

# 機械設計에 있어서의 形狀決定(I)

金 鎬 龍  
 <延世大學校 機械工學科>

다음 글은 1984. 9. 15 학술진흥재단에 제출된 “기계 설계에 있어서의 형상결정”에 대한 연구보고서의 주요 내용 및 결과를 요약 정리한 것임.

## 1. 서 론

設計를 한다는 것은 한마디로 결정을 한다는 말로 표현할 수 있다. 이유는 설계가 무수한 결정과정을 거쳐 성취되기 때문이다. 기계설계를 할 때 크게 나누어 3세가지에 대한 결정을 한다. 즉 완성된 기계부품의 (1) 크기(size), (2) 재료(material), (3) 형상(shape)에 대한 결정을 하는 것이다.

크기와 재료는, 해석적인 방법에 의해 결정할 수 있다. 즉 크기는 근본적으로 기계설계의 기초단계인 기구학 및 운동학에 의해 기본구조를 결정하고, 공업역학(고체역학, 동역학, 열역학, 유체역학)에 의한 응력 및 변형을 계산에 의해 길이나 두께의 치수가 결정되겠으며, 이와 관련하여 재료역학이나 금속공학에 의해 재료에 대한 결정을 할 수 있다. 그러나, 크기와 재료가 결정된 후, 최종적으로 어떠한 형상으로 완성시키는가를 결정하는 해석적인 방법이 거의 없으며, 기계공학법에 따라 일부는 결정이 되나, 대부분 비용과 시간을 들여 쌓은 숙련된 기계설계자의 경험에 의하여 결정이 되고 있는 실정이다. 이유는 형상의 결정이 앞의 2가지 결정요

소 즉 크기나 재료의 결정과는 달리 주로 광범위한 제조과정의 지식을 선행조건으로 하며, 여러가지 요인에 의해 영향을 받고, 또 뚜렷한 판단기준의 설정이 어려워 해석적 방법이 용이하지 않기 때문이다.

이러한 이유가, 우리나라가 기계설계분야에서 뒤떨어진 하나의 중요한 요인이기도 하다. 계산에 의한 설계, 즉 크기나 재료를 선택결정하는 것은, 이미 여러 전문적이거나 문헌에 의해 널리 알려져 있으나, 기계를 설계하여 제작까지 함으로써 시행착오나 경험에 의해 얻어지는 형상결정은, 시간과 비용이 들기 때문에 어려운 것이다.

우리나라의 기계설계가 낙후된 것은, 기계설계 역사가 짧아 숙련된 기계설계자가 너무나 적은 물론이고, 무엇보다도 형상결정에 대한 이렇다할 서적이나 지침서가 뚜렷이 없어, 최종결정을 못 내리기 때문에, 막대한 대가를 지불하고 외국설계도면에 거의 전부가 의존해 왔기 때문이기도 하다.

따라서 본 해설에서는 해석적방법이 어려운 형상의 결정을 주요 요인에 따라 분류하고 체계적으로 정리하여, 기계설계에서 일반적으로 적용될 수 있는 기본 또는 공통원칙이나, 원리를 제시하므로서, 기계설계에 있어서, 숙련된 기계설계자는 물론이고 초보자도 어려움없이 신속하게 형상을 결정할 수 있도록, 체계적이고 집적된 형상결정 방안 및 지침서에 대해 중점적으로 기

술하려 한다.

## 2. 형상결정

기계설계에 있어서 최종결정단계인 형상결정이 막대한 비용과 시간을 필요로 하며, 또 결정방안에 대한 뚜렷한 기준이 없다는 것은 이미 앞에서 말한 바와 같다. 따라서 본 해설에서는 체계적이고 집적된 형상결정방안 및 지침서를 제공하기 위해 국내의 기계설계 및 기계공학법과 제조분야에서 실용되고 있는 기계설계의 실제 예를 수집 및 참고 하였으며, 이에 본 필자의 지식과 경험을 토대로 형상결정 부분을 발췌하고 상술된 요인에 따른 결정에 의거하여 다음과 같이 16 가지로 분류하였다.

- (1) 기구학이나 운동학에 의한 기본설계(구조 및 골격)에 따른 결정.
- (2) 기계부하에 따른 결정
- (3) 재료에 따른 결정
- (4) 제조방법 및 생산공정에 따른 결정
- (5) 공간 및 면적에 따른 결정
- (6) 크기 및 치수에 따른 결정
- (7) 무게 즉 중량에 따른 결정
- (8) 표준부품사용에 따른 결정
- (9) 현존하는 제품에 따른 결정
- (10) 외형에 따른 결정
- (11) 취급 및 운전상 용이성에 따른 결정
- (12) 관리 및 유지문제에 따른 결정
- (13) 경비 및 보수문제에 따른 결정
- (14) 표면 특성에 따른 결정
- (15) 선적에 따른 결정
- (16) 동력 요구량에 따른 결정

### 2.1. 기구학이나 운동학에 의한 기본설계(구조 및 골격)에 따른 결정

기계의 기본설계는 기계가 정해진 운동을 무리없이 반복수행함으로써 그 목적이 성취되므로, 그 주어진 운동을 얼마만큼 정확히 효율적으로 성취시키는 가에 달려있다. 따라서 주어진 운동을 만족시키기 위해서는 기본적으로 기구학

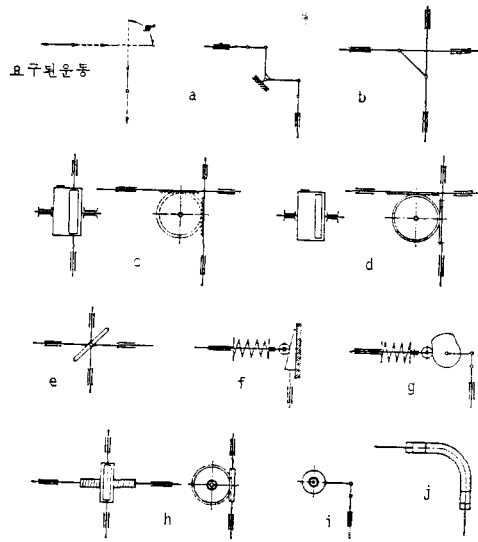


그림 1 요구된 운동을 만족시키기 위한 여러가지 기구

이나 운동학에 의한 기본설계에 따라 기계의 기본구조나 골격이 결정되어야 한다(그림 1 참조). 한편으로는 설계의 첨단기술인 최적화 기법(optimization technique)을 기구학이나 운동학에 응용하여 수행할 수도 있다.

즉 한 운동이 주어졌을때 주어진 운동학적 제한범위 내에서 구조오차를 최소화 시키도록 수식화(數式化)한 다음, 최적화 기법을 사용 그 형상을 결정한다.

### 2.2. 기계부하에 따른 결정

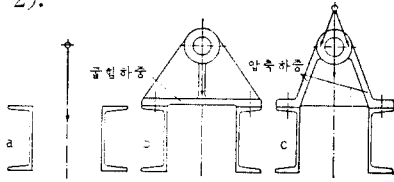
기계에 작용하는 부하는 기계설계자가 기계의 형상과 치수를 결정하는 첫번째 기준점이 된다.

기계의 각 부품은 힘을 전달하게 되므로 설계자는 부품력 및 치수가 가능한 한 작게되도록 형상설계를 해야한다.

규 칙 ;

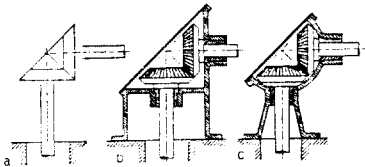
- (1) 가능한 한 교응력 부분을 피하고 단순한 힘 전달장치가 되도록 형상을 결정할 것(이상적인 경우는 오직 인장이나 압축응력만이 작용될 때임).

(2) (1)의 이상적인 경우를 위해서는 재료를 힘의 작용선과 같은 방향이 되도록 배치할 것 (그림 2).



(b) 불만족 (c) 만족  
그림 2 베어링 지지대

(3) 가능한 한 작은 응력을 받는 형상 즉, 원통형, 원추형 또는 구형(球形)등을 사용할 것 (그림 3).



(b) 불만족 (c) 만족  
그림 3 베벨기어의 하우징

(4) 외력과 내력의 존재를 먼저 결정하고 부수적인 관성력, 탄성변형 및 충격하중의 여부를 검토할 것.

(5) 항상 부품을 내부로부터 외부쪽으로 설계할 것.

(6) 초기에는 고전적 재료역학 이론에 따라 대략적으로 계산하여 치수를 정할 것.

(7) 응력증가 부분 및 최대응력 부분을 찾아 다음 그 최대응력의 감소 여부를 검토할 것.

(8) 마지막으로 피로강도와 계산된 응력에 의거 치수 및 형상을 결정할 것.

### 2.3. 재료에 따른 결정

재료의 성질은 보통 3가지로 분류된다.

- (1) 물리적 성질
- (2) 화학적 성질
- (3) 기술적 성질

기술적 성질은 일반적으로 피구조성, 피단조성, 디이프드로오잉 수용량, 피절삭성, 피용접성, 표면특성, 수축성등을 일컫는다.

이 항에서의 재료에 따른 형상결정의 구체적 설명은 본 해설에서는 생략하고, 앞으로 전개될 형상결정 항목설명에서 상기한 3가지 재료의 성질을 고려한 형상결정법칙만 내용상 간략히 기술하고자 한다.

### 2.4. 제조방법 및 생산공정에 따른 결정

제품들의 형상은 그 제품이 제조된 방법들을 나타낸다.

종래에는 설계자가 부품이 제조 가능하고 또 그 기능을 수행하도록 설계를 하면 대부분 만족하였다. 그러나 현대는 치열한 생산경쟁으로 인한 경제성의 요구가 증대됨으로써 설계자들은 제조면에서 가장 저렴한 제품의 설계가 되도록 강요되고 있다.

먼저 설계시 형상결정이 생산비에 많은 영향을 미치는 구조부터 살펴보자.

#### (1) 회주철에 대한 규칙

(가) 강도면에서 가장 적합한 형상을 선택할 것(그림 4)

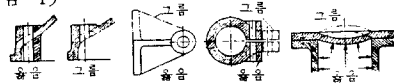


그림 4 강도를 고려한 형상결정 (인장 및 굽힘응력을 피함)

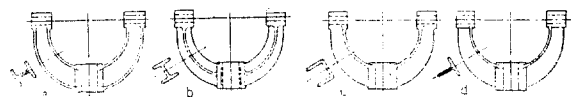
(나) 300°C 이상의 온도나 충격하중을 받는 부분에서는 주철의 사용을 피할 것.

(다) 주물 두께가 최대한 균일하게 되도록 설계할 것.

(라) 예리한 구석이나 모퉁이는 가능한 한 피하거나 둥글게하고 재료의 밀집을 피할 것.

(마) 단면변화를 가능한 한 완만하게 할 것.

(바) 주물과 주형의 분리틀을 쉽게하기 위해 필요한 곳에 경사면을 줄것(그림 5).



(a),(d) 옴 (b),(c) 그림

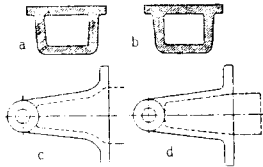
그림 5 보강 리브를 이용한 구조

■ 解 說

(사) 필요한 곳에 등글기를 줄것.

(아) 부분적 폐쇄형태, 부착물 또는 밀폐공간 등을 피할 것.

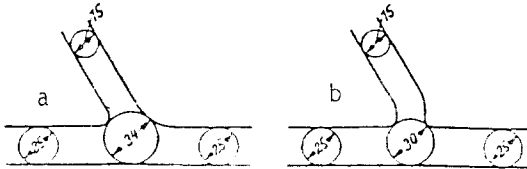
(자) 코어(core)는 단순형태로 하여 올바르게 지지시킬 것(그림 6).



(a), (c) 비짜다 (b), (d) 싸다  
그림 6 코어의 단순화

(2) 주강에 대한 규칙

(가) 재료의 집중을 피할 것(그림 7).



(a) 그림 (b) 읊음

그림 7 리브 접착면의 경사방지(금속의 밀집초래)

(나) 라이저(riser)를 가능한 한 많이 사용할 것.

(다) 라이저 설치를 위한 충분한 면적을 허용할 것.

(라) 라이저 제거를 용이하게 할 것.

(마) 적절한 곳에 등글기를 주어 과도한 수축을 피할 것.

(바) 주물벽 두께를 가능한 한 균일하게 할 것.

(사) 항상 리브(rib)를 벽보다 얇게 할 것.

(아) 수축방지리브(rib)를 사용함으로써 수축시 균열을 방지할 것(그림 8).

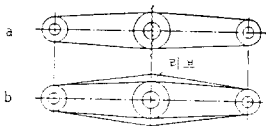


그림 8 균열 및 수축방지 리브의 설정

(자) 코어를 적절히 지지시키고 또 쉽게 분리

되도록 형상결정할 것.

(3) 가단주철에 대한 규칙

(a) 흑심 가단주철인 경우에는 형상결정법과 동일하게 할 것.

(b) 백심 가단주철 일때

(가) 균일한 두께(8~15 mm)를 사용하고 금속의 밀집을 피할 것(그림 9).

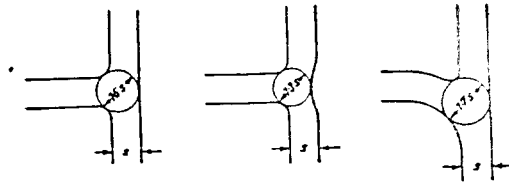


그림 9 원에 의한 금속밀집 검사

(나) 면이 접하는 부분에서는 등글기를 적절히 주어 사용할 것.

(다) 금속의 대량 집중 대신에 리브나 오목면을 사용할 것.

(라) 가능한 한 코어의 사용을 피할 것.

(4) 알루미늄 주조에 대한 규칙

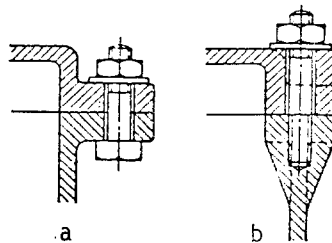
(가) 벽두께를 가능한 한 균일하게 하고 절삭여유를 적게할 것.

(나) 필요에 따라 벽두께를 작게하고 보강시킬 것.

(다) 리브나 오목면을 사용하여 금속의 밀집을 막을 것.

(라) 단면의 급격한 변화를 피하여 수평면은 경사면으로 대체시킬 것.

(마) 라이저의 설치를 고려할 것.



(a) 불만족 (b) 만족

그림 10 작용력의 올바른 분산

(바) 적절한 응력형태가 되도록 형상결정 할 것(그림 10).

(사) 코어는 올바르게 위치 시키고 코어를 과도하게 많이 사용하지 말 것.

(5) 가압금형주조에 대한 규칙

(가) 금형의 형상을 가능한 한 단순화 시킬 것.

(나) 형상의 급격한 변화를 피하고 벽두께를 균일하게 할 것.

(다) 수축의 여유를 두고 금속의 집중을 피할 것(그림 11).

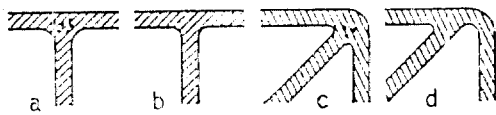


그림 11 금속집중의 방지

(라) 필요에 따라 경사면을 주고 기계 가공면의 여유를 줄 것.

(마) 부분적으로 폐쇄된 형상이나 밀폐공간을 피할 것(그림 12).

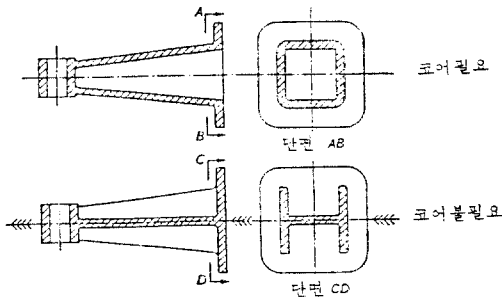


그림 12 형상의 변화에 따른 코어 생략

(바) 주물귀(flash) 제거가 쉽도록 형상을 정하고 형상결정에 표준치수 정밀도를 참작할 것.

(6) 플라스틱주조(plastic moulding)에 대한 규칙

(가) 주형의 형상은 비록 설계상 자유롭지만 가능한 한 단순한 형태로 할 것.

(나) 주형으로부터의 분리를 쉽게 하기 위해 최소한  $\frac{1}{100}$ 의 경사면의 기울기를 압력방향과 평행한 면에 줄 것.

(다) 응력과 균열의 위험을 피하기 위해 벽두께를 가능한 한 균일하게 할 것. 이것이 불가능할 시는 사출성형(injection moulding)으로 할 것.

(라) 경화가 어렵거나 또는 불만족하게 되므로 벽두께를 두껍게 하지 말 것.

(마) 노치효과를 상승시키므로 모서리나 구석을 예리하게 하지 말 것.

(바) 요각(凹角) 형상은 피할 것(비싼 분할 코어를 사용해야 하므로).

(사) 중공(中空) 형상을 피하고, 불가피할 시는, 분리 성형 시킨 후 접착 조립할 것.

(아) 재료의 밀집을 막을 것(경화가 올바르게 안되어 균열의 원인이 되기 때문).

(자) 밀집을 막기 위해서는 보강용 리브를 사용할 것.

(차) 중요 작용면을 너무 좁게 하지 말 것(경도가 작기 때문에 쉽게 손상을 입거나 사용 불가능하게 되기 때문).

(7) 용접에 대한 규칙

(가) 주물, 리벳 및 단조설계로 부터 맹목적인 복사를 금할 것.

(나) 가능한 한 작용력이 직선형태가 되도록 형상결정할 것(그림 13).

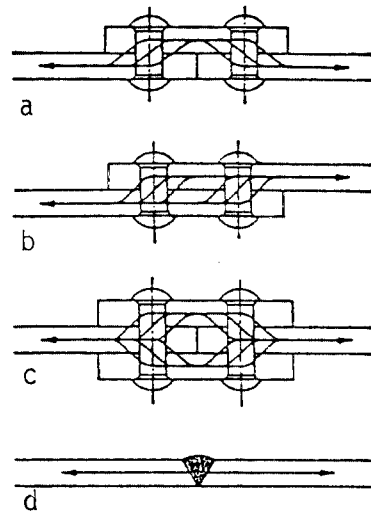


그림 13 리벳이음과 용접이음의 작용력

■ 解 說

(다) 겹치기 이음이나 덮개판 이음 또는 보강 용 앵글(angle)등을 피하고 가능한 한 맞대기 용접을 사용할 것.

(라) 사용된 용접수를 제한하고 용접부의 두께를 서로 같게 할 것.

(마) 취약부분의 용접은 피하고 위치맞춤 장치나 턱을 주어 조립을 용이하게 할 것.

(바) 용접부로의 접근을 용이하게 하고 가능한 한 용접 고정구의 사용을 줄일 것(비싸므로).

(사) 열응력의 변화를 허용하고(그림 14) 교번응력을 받을때는 용접부분이 최대 주응력의 방향에 직각이 되지 않게 할 것. 이유는 용접의 피로 한도가 낮기 때문이다.

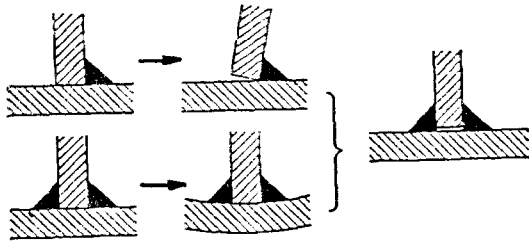


그림 14 필렛 용접수축의 영향(오른쪽은 교정법)

(아) 무거운 하중은 용접부를 중방향으로 길게 하여 분산시키고 용접부가 굽힘하중을 받지 않게 할 것.

(자) 최대변위점에서의 용접을 피하고, 리브의 사용은 신중을 기할 것(부당한 형상으로 치수 결정된 리브들은 노치 효과를 가중시키기 때문).

(차) 굴곡 변형하기 쉬운 대형 평벽은 가능한 한 피하고 형철(swage)을 사용할 것(리브가 항상 유용하지는 않음).

(타) 부품이 용접될 순서를 정하고, 이에 따

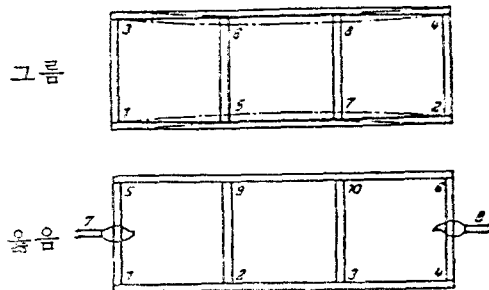


그림 15 용접순서

라 작업장에서의 계획을 세울 것(그림 15).

(파) 제작도면에 용접품질, 용접형상, 용접길이 등의 세부작업내용을 기재할 것.

(8) 단 조

(a) 헤머(hammer)단조

(가) 단조작업이 용접으로 대체될 수 있는가를 먼저 검토할 것(그림 16).

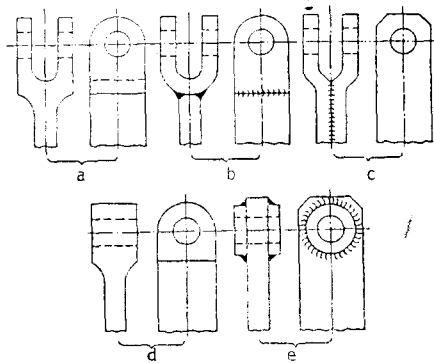


그림 16 단조품의 용접제조

(나) 단조작업의 특성에 맞는 형상을 택할 것(그림 17).

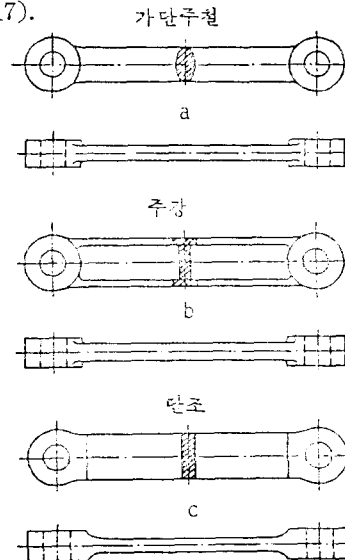


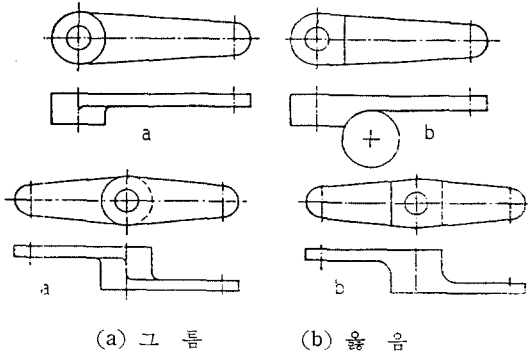
그림 17 제조방법에 따른 형상결정

(다) 단순한 형상을 택하고 급격한 변화는 피할 것.

(라) 가능한 한 업세팅 가공 및 급격한 경사면

이나 원추형상을 피할 것.

(마) 둥근 보스나 곡선형상 또는 굴곡면은 피할 것(그림 18).



(a) 그 틈 (b) 울 음  
그림 18 둥근 보스나 허브의 헤머단조 부적당

(바) 단일단조가 어려운 부분은 분해단조 할 것(그림 19).

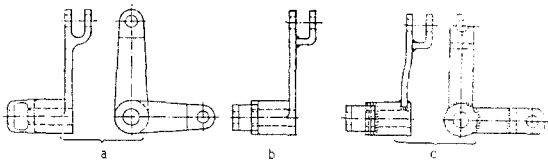


그림 19 단조와 용접을 사용한 벨-크랭크제작

(사) 모서리나 구석을 너무 예리하게 하지 말고 굽힘반경을 너무 작게 하지 말 것.

(아) 기계가공부분 및 단조공차를 상세히 기

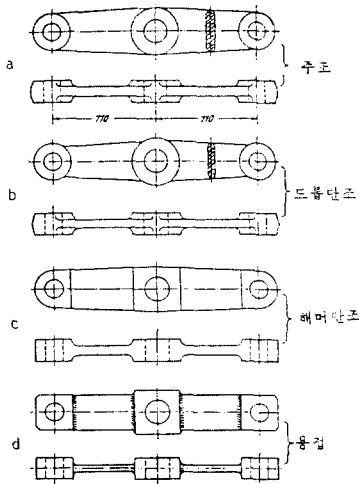


그림 20 제조방법에 따른 링크 형상의 비교

술할 것.

(b) 드롭(drop)단조

(가) 가공이 용접이나 인발 또는 스탬핑 작업으로 쉽게될 수 있으나 검토할 것(그림 20).

(나) 압흔(impression)이 가능한 한 평면이 되도록 금형의 분리면을 배치시킬 것.

(다) 시임(seam)부분이 수평으로 매끈히 되도록 단조의 형상을 결정할 것.

(라) 리브를 높게하지 말고, 금형의 깊이를 너무 깊게하지 말 것.

(마) 측면에 적절한 경사를 주고 금속의 유동이 원활하도록 형상결정 할 것.

(바) 가능한 대로 단일금형을 쓰도록 형상을 결정하고 언더컷(under cut)을 피할 것.

(9) 기계절삭가공

(a) 기계가공성(그림 21)

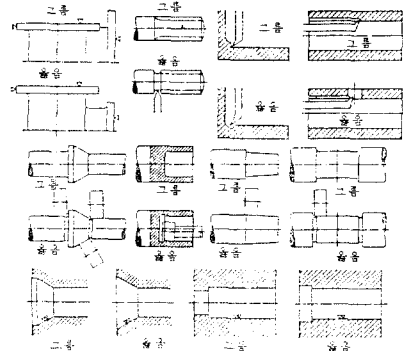


그림 21 기계가공성을 고려한 제반 형상결정

(가) 중요한 부분외에는 가공을 피하고 가공되는 부분에서는 공구이동의 여유를 줄 것.

(나) 가공작업을 단순화시키는 형상으로 설계할 것.

(다) 드릴작업에서는 드릴공구의 절삭부의 저항이 같도록 가공될 부분의 형상을 결정할 것(그림 22).

(라) 가장자리 가까이 구멍의 위치를 피하고(주철인 경우 부서지기 쉽고, 강인 경우 드릴작업중 휘어지며 작업후 스프링백(springback)이 되어 원형이 안됨) 공구의 접근 및 이동을 가능하게 할 것.

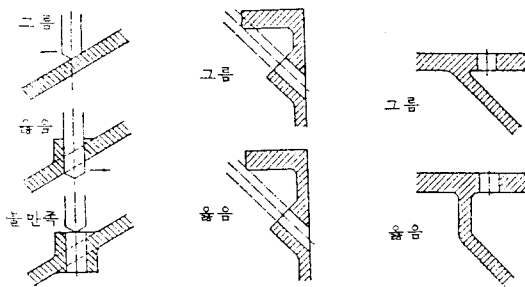
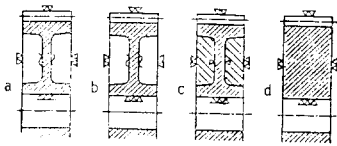


그림 22 드릴가공의 형상설정

(마) 내경 절삭시 스핀들의 진입을 위한 개구부(開口部)설치 및 외부베어링을 위한 설비를 마련할 것.

(b) 경제성

(가) 기어등을 기계가공할 때 주조, 단조 또는 단일체로 부터의 기계절삭등을 고려 크기와 가공방법에 따라 비용이 적게 드는 방법을 택할 것(그림 23).



(a)주조 (b) 드롭단조 (c)기계가공 (d)아암부분 절삭안함

그림 23 제조방법에 따른 치차의 형상

(나) 기계절삭가공이 최소가 되도록 형상결정하고, 가공될 면적을 가능한 한 줄일 것.

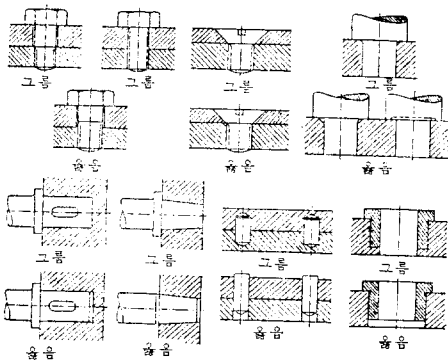


그림 24 불필요한 작업의 방지

(다) 척(chuck)에의 재착탈, 공작물의 고정 및 공구착탈의 시간 및 그 회수가 최소가 되도록 형상결정할 것(그림 24).

(라) 현존하는 공구의 사용이 가능한 형상을 선택하고 특수공구의 사용을 요하는 형상을 피할 것.

(마) 불필요한 작업 및 정밀가공을 요하는 과잉 끼워맞춤은 가능한 한 피할 것(그림 25).

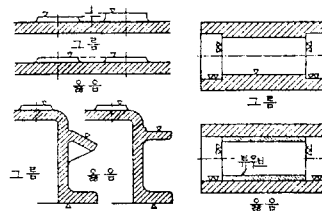


그림 25 무리한 끼워맞춤의 개량형상

(c) 고정구의 고려

정밀가공을 위한 필수조건은 확고한 고정용 설비로서 형상설계에서 고려되어야 하므로 고정 위치면, 보스 및 받침부를 적절히 설정할 것.

(d) 조립의 용이

(가) 체결 및 연결구로의 접근을 용이하게 할 것(그림 26).

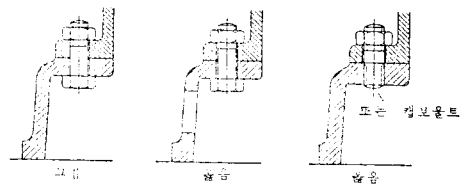


그림 26 접근을 용이하게 하는 형상

(나) 체결될 부분에 적당한 요철(spigots, dowel pins, tenons)을 두거나 경사면을 주어 조립을 쉽게할 것(그림 27).

(다) 올바른 조립을 위해, 다른 직경의 핀이나 조립용 기어 또는 조정 가능한 링크 기어를 사용하거나 비대칭 구멍, 구멍 피치나 갯수를 다르게 형상결정 할 것.

(5) 공간 및 면적에 따른 결정

모든 기계부품은 다른 부품과의 연관없이 단독



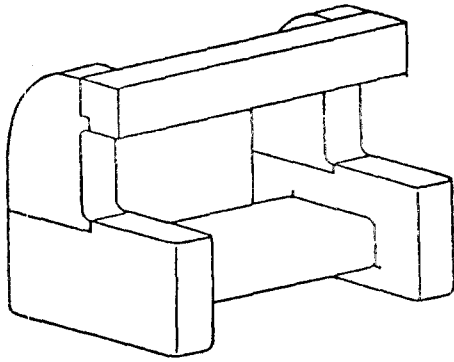


그림 27 조립을 쉽게 한 형상의 설계

적으로 설계되지 않기 때문에 다른 부품과의 접촉여유 및 그 부품이 차지한 공간 및 면적의 결정이 상당히 어렵다.

한편 경제성 문제에 따른 재료의 절감으로서 크기를 가능한 한 적게 하여야 하는데 이것이 형상결정의 제한조건이다. 일반적으로 부당할 정도의 공간 및 면적의 제한은 거의 없기 때문에 대개 최소 또는 최대크기의 한도가 주어지며 최적조건을 만족시키도록 결정되어야 한다(그림 28).

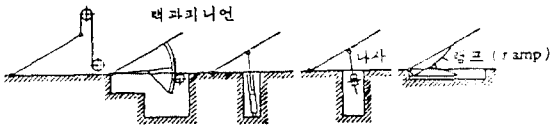


그림 28 펌프트럭 경사장치 형상에 따른 공간과 면적의 비교

규 칙 :

(가) 주어진 공간 및 면적에 알맞도록 설계하고, 기존장치의 형태를 바꾸든가 또는 그 배치를 변화시킨다(그림 29).

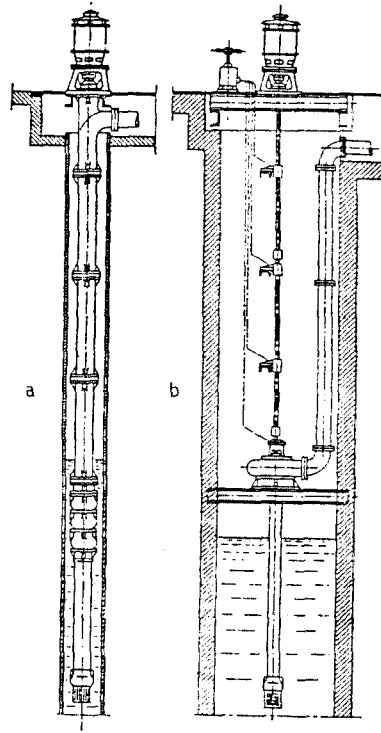


그림 29 펌프 구동축을 관내로 통과 시키고 원심펌프를 다단식으로 하여 작은 직경의 우물에 설치한 경우

(나) 첫번째 단계의 보조수단으로 더 작은 장치로 세분화 시키든지, 고강도재질을 사용하거나 또는 용접을 채택한다.

(다) 상기수단이 실패하면 설계요구조건을 일부를 바꾼다.

(라) 요구된 기능을 실행할 방법들 중 가장 바람직한 방법의 선택이 일반적으로 적절한 해결책을 준다.

(다음호에 계속)