

技術資料

# 대형 주강품의 주조방안에 대한 고찰

鄭 信 儉\*

## Discussion of Casting Design for Large Steel Castings

S. K. Jeong\*

### 1. 개 요

大型 鑄鋼品의 주조방안을 설정함에 있어서 우선 검토되어야 할 중요한 사항은 목형방안(pattern design)과 탕구방안(gating system) 및 압탕방안(resin design)이다. 목형방안은 제품의 수량과 형상 및 크기에 따라 현형과 분할 조립형 또는 회전형, 굽기형 등의 경제적 방안이 채택될 것이며 주형 제작이 가장 용이하도록 상, 하형 분할면을 결정하는 것은 오랜 주조 경험에 의존하고 있다.

한편 탕구방안과 압탕방안도 경험과 일부 계산식(응고 modulus 계산 등)에 의해 결정되고 있으나 새로운 형상의 제품을 접할 경우에 체계화된 경험값을 적용시키는데는 많은 어려움이 수반된다.

본 보고서는 이러한 어려움에 다소 도움이 될까 하여 탕구방안과 압탕방안 설정에 대한 다년간의 체계화된 경험적 data를 일부 수록코져 하며, 특히 수직급탕 영역을 확장하기 위하여 부여되는 덧살(padding)은 강주물의 품질 등급에 따라 구분하였고 주물의 교차부에서 응고계수 증가율은 교차부 형상에 따라 세분하여 응고 modulus 증가계수를 게재한다.

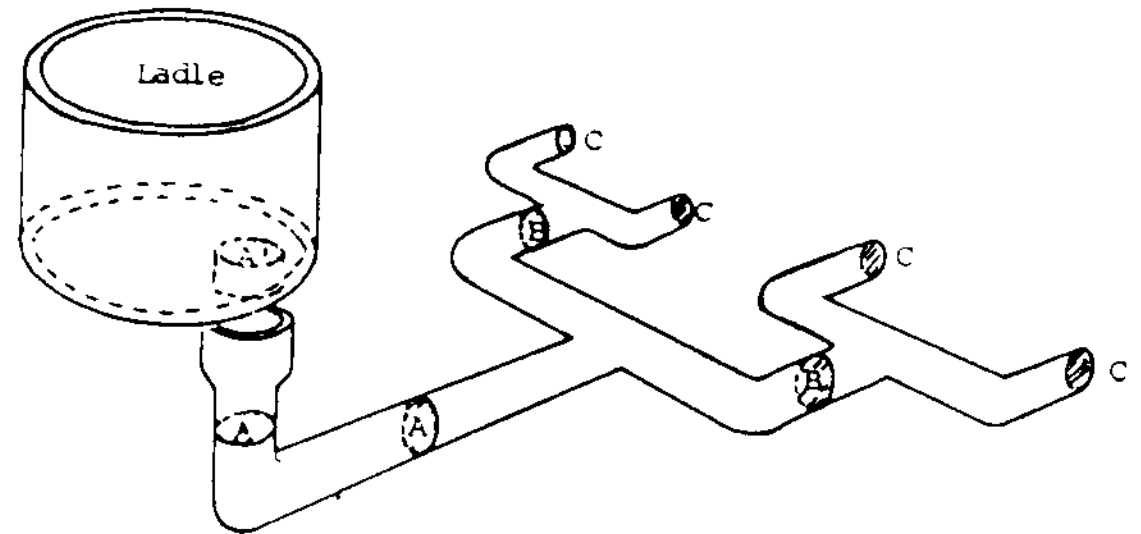
### 2. 강주물의 탕구방안(Gating system of large steel casting)

#### 2-1. Gating system을 결정하는 factor

- 1) 주형내에서의 용강의 상승속도
- 2) 주입 중량
- 3) 용강의 유동성
- 4) ladle의 형태

#### 5) ladle의 nozzle 직경

#### 2-2. Ladle nozzle 및 Down sprue, ingate간의 단면비



- 1)  $A \geq a$ 일 경우 molten steel은 over flow가 발생하므로  $A \geq 1.2a$ 가 되어야 한다.
- 2) 탕구계 내에서 충류를 유지하기 위하여  $B \geq 2A, C \geq 2B$ 의 Ratio를 유지하여야 한다. (B와 C는 각각 runner와 ingate의 전체 단면적을 의미함)

#### 2-3. Ingate 단면적과 ladle nozzle 단면적 결정

- 1) 주입시간과 주형내 용강 상승속도

주형내 용강 상승속도(V)

$$= \frac{\text{casting의 높이(mm)}}{\text{목표 주입시간(sec)}} \text{ (mm/sec)}$$

Table 1. 일반 제품의 목표 주입 시간

Casting weight (ton)	Pouring time(sec)	
	Stainless steel	Common steel
4ton 이하	10	20
4 - 10	15	30
10 - 25	20	40
25 - 40	30	60
40 - 60	40	80
60 - 100	50	100
100ton 이상	60 - 120	120 - 250

\* 韓國重工業(株)

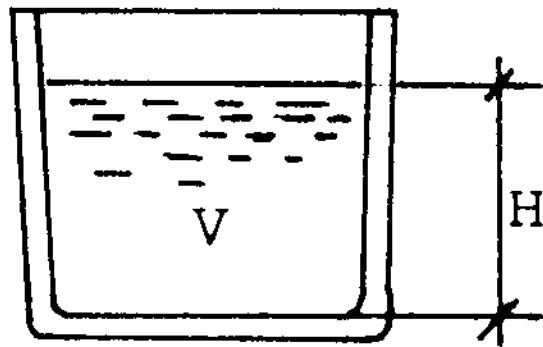
Table 2. 주형내의 용강 상승 속도

Material	Rising speed in mould (mm/sec)
Carbon steel(일반주강)	15-20
Low alloy steel	20-30
13Cr-1Ni stainless steel	30-40
13Cr-4Ni, 18Cr-9Ni Impeller	40-60

- 일반적으로 30-40mm/sec가 많이 적용되고 있음.
- turbine casing의 경우 ; 40-50mm/sec
- rising speed가 낮으면 inclusion 결함 발생이 높다.

2) Ladle nozzle 직경 결정

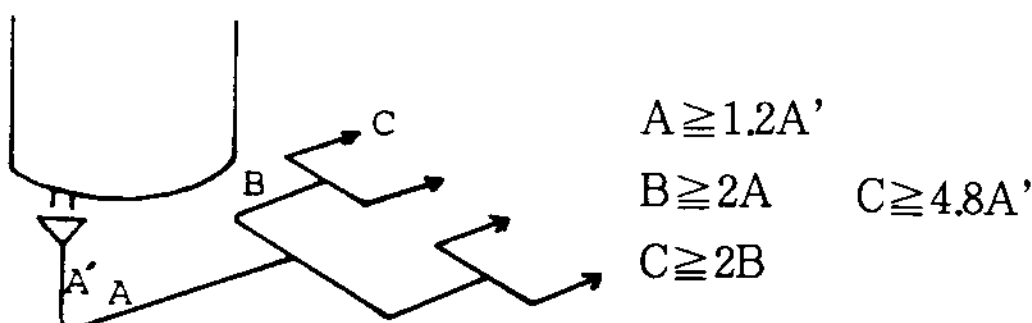
$$t = \frac{2 \times A(\sqrt{h_0} - \sqrt{h})}{C \times S \times 2g}$$



- 여기서 A : ladle의 평균 단면적(A=V/H)  
 V : ladle내의 용강의 부피  
 H : ladle내 용강 높이  
 C : 용강 유출계수(≒0.85)  
 S : ladle nozzle 단면적  
 h<sub>0</sub> : ladle내의 초기 용강면에서 runner까지의 높이  
 h : 주입후 ladle내의 용강 면에서 runner까지의 높이  
 g : 중력가속도  
 t : 용강 유출시간(filling time of casting)

3) Ingate 수량 및 ingate 직경 결정

a) 앞에서 목표주입시간과 ladle의 nozzle 직경이 결정되면 단면적비에 의해서 down sprue와 ingat의 단면적이 결정됨.



b) 위의 단면적 비를 만족하면서 1개의 ingate 당 통과되는 용강량이 3-4ton/EA되게 정한다 (Max. 7-8ton/EA).

c) Ingate를 통과한 용강의 유동거리는 최대 2m 이내가 되어야 한다.

3. 강 주물의 압탕 설계

3-1. 압탕 크기 결정

1) 압탕이 주물보다 늦게 응고하기 위해서는 압탕의 응고 modulus가 주물보다 커야 한다. 즉,

$$M_R \geq 1.2M_C$$

여기서

M<sub>R</sub> : modulus of riser

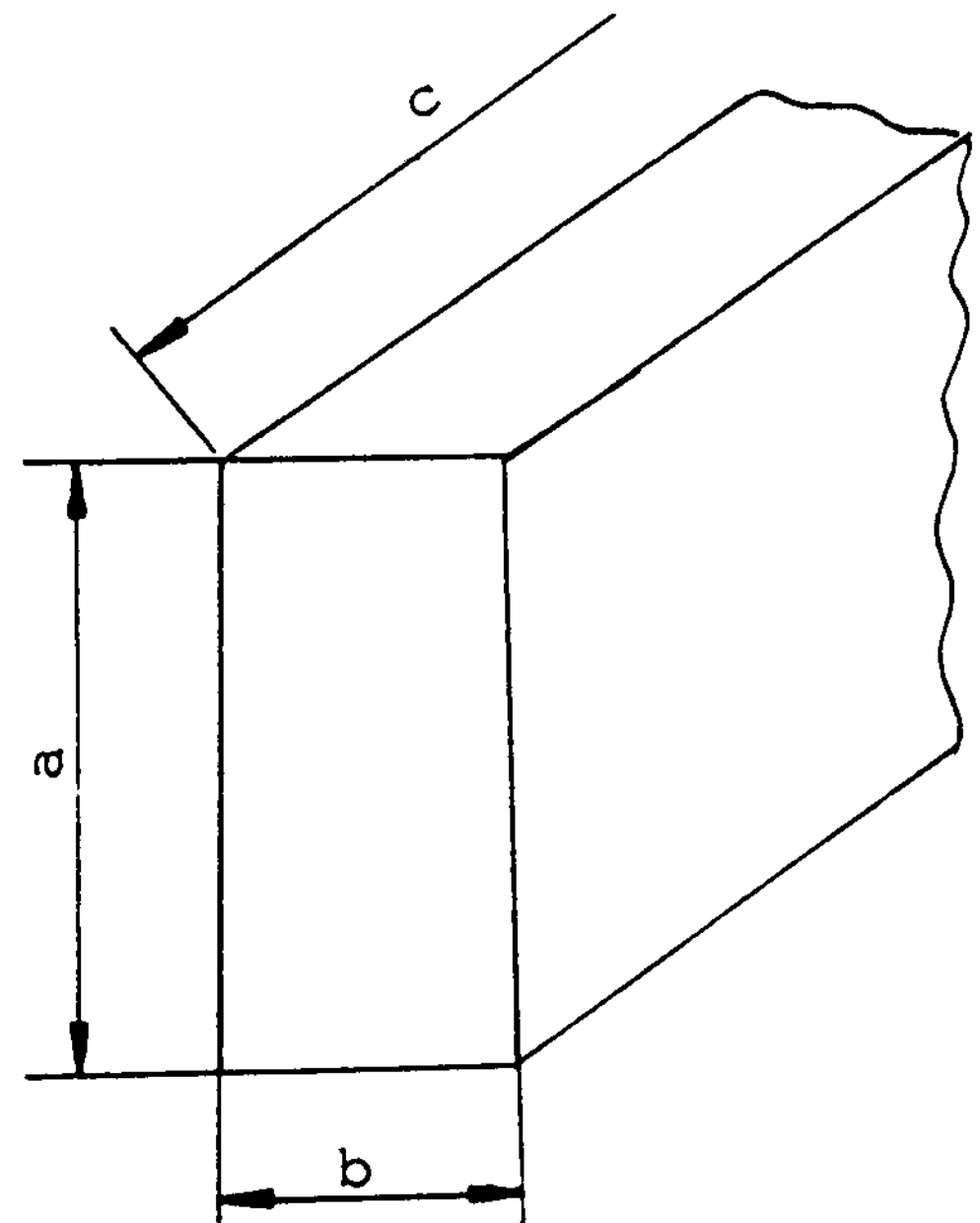
M<sub>C</sub> : modulus of casting

2) 급탕 영역의 주물의 액상수축을 급탕하기 위하여 압탕의 용적은 액상수축과 급탕율을 고려한 용적이상이 되어야 한다.

3) 압탕의 위치에서 급탕 가능한 거리를 고려하여야 한다.

3-2. 응고 modulus 계산

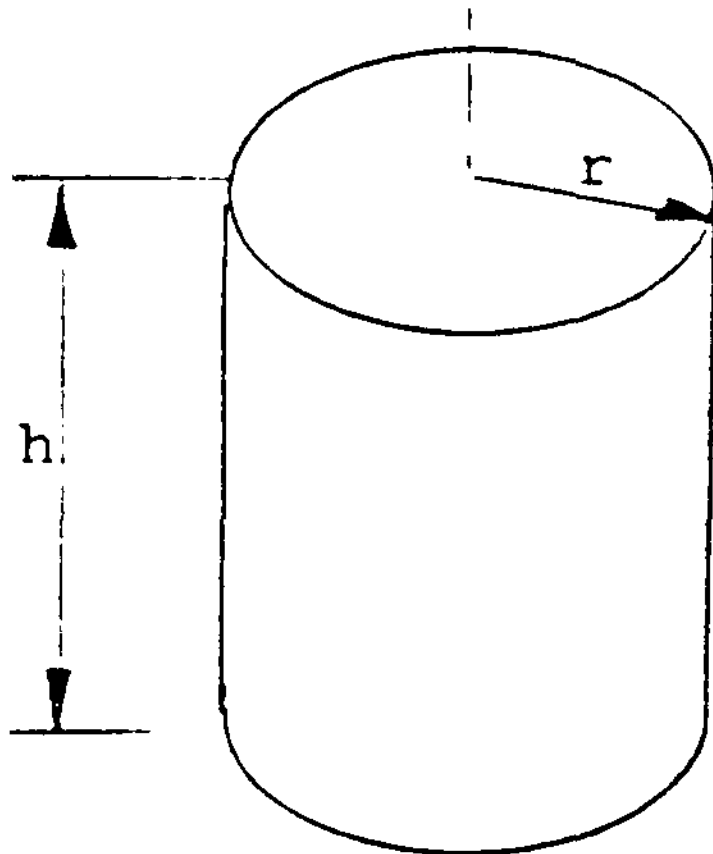
$$\text{응고 modulus(cm)} = \frac{\text{주물의 체적(cm}^3\text{)}}{\text{주물의 방열표면적(cm}^2\text{)}}$$



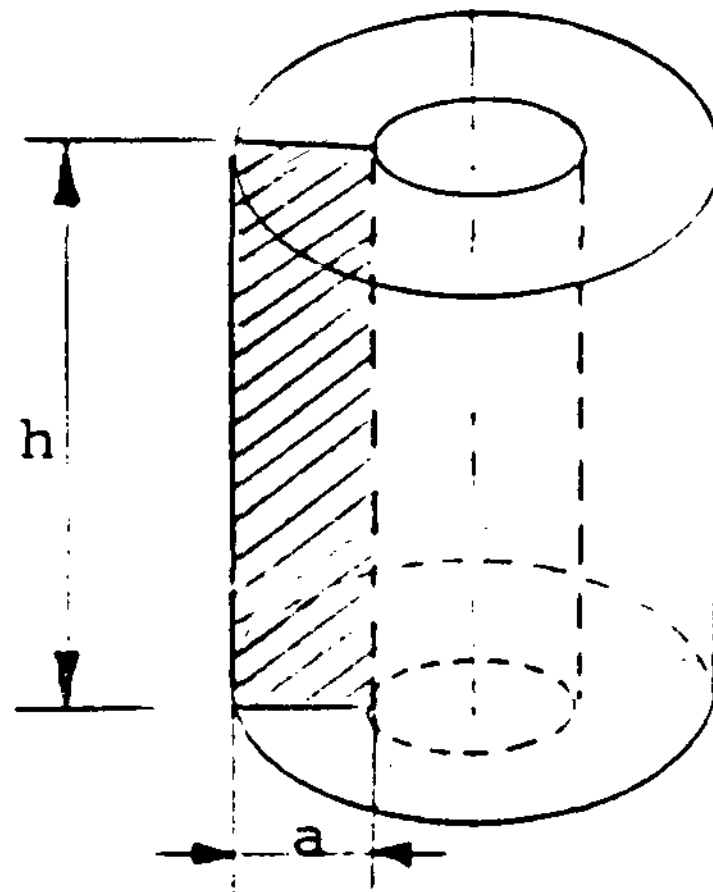
1)  $c < 5a$  일때  $M = \frac{V}{S} = \frac{a \cdot b \cdot c}{2(ab+bc+ac)}$

2)  $c > 5a$  일때  $M = \frac{a \cdot b}{2(a+b)} \left( \frac{a \cdot b \cdot c}{2(a+b) \cdot c} \right)$

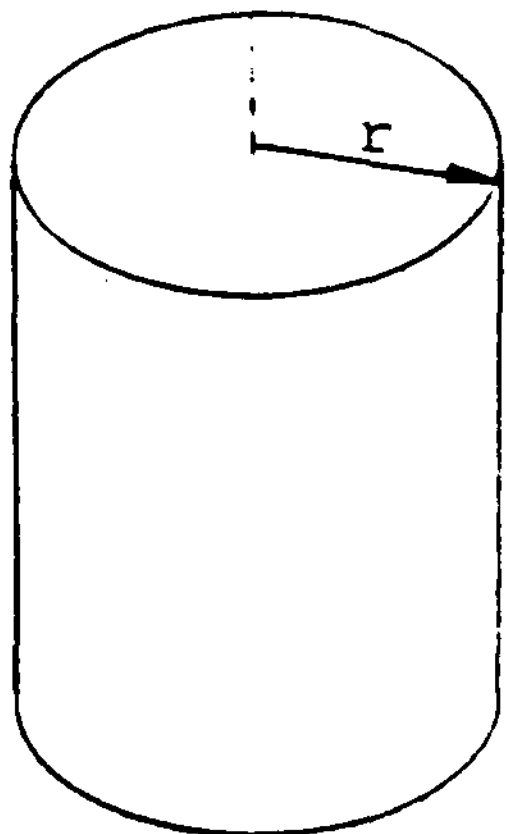
3) PLATE( $a > 5b, c > 5a$ )  $M = \frac{b}{2}$



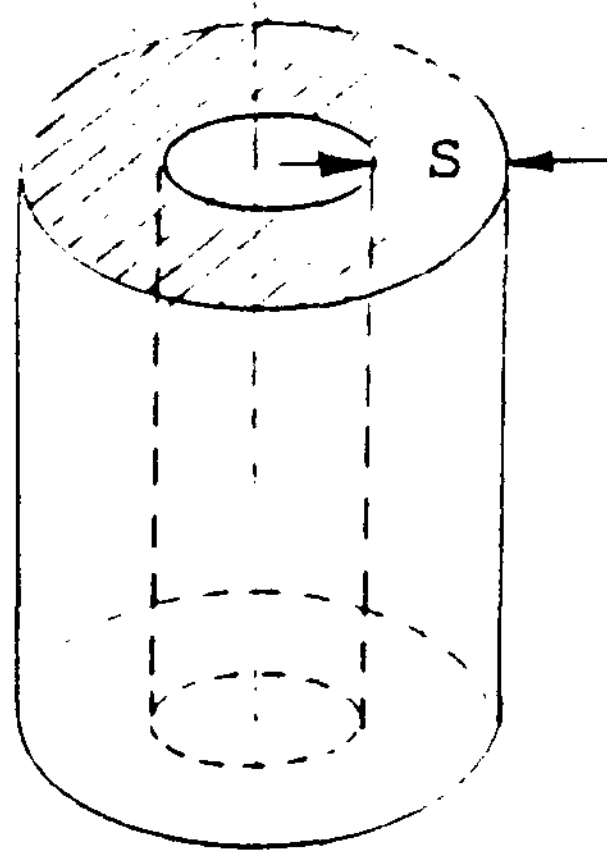
$M = \frac{r \cdot h}{2(r+h)}$



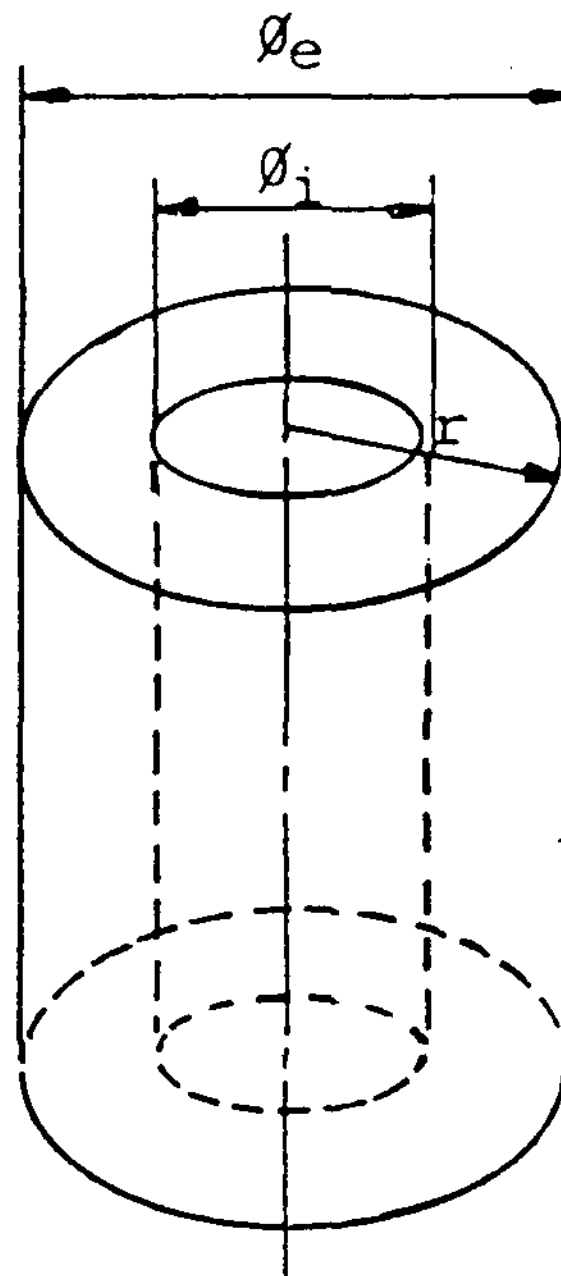
$M = \frac{a \cdot h}{2(a+h)}$



$M = \frac{r}{2}$

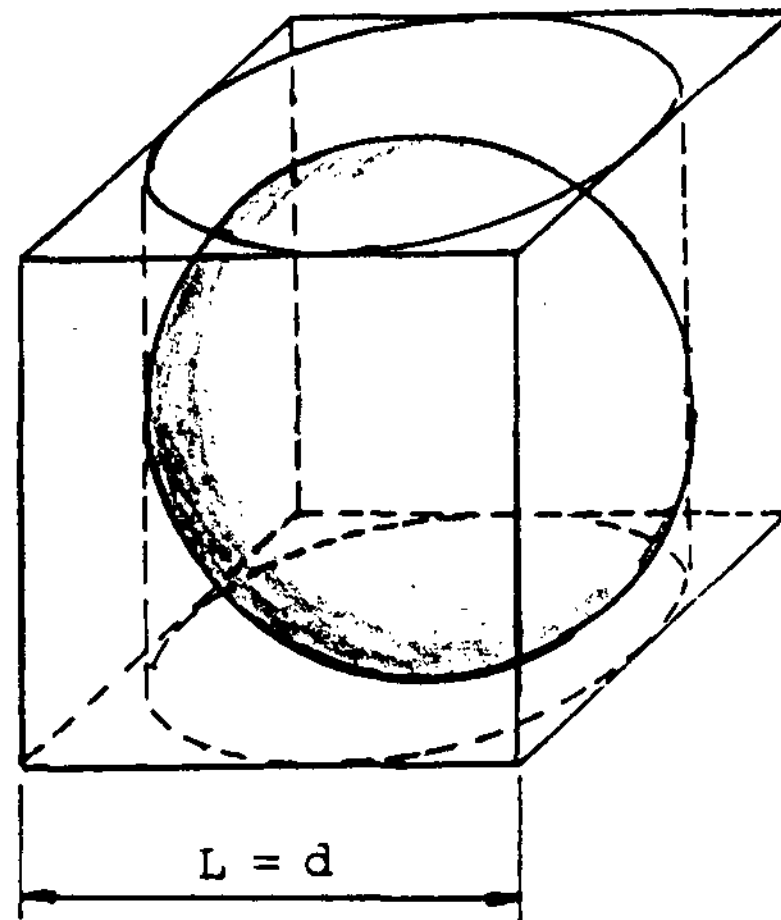


$M = \frac{s}{2}$

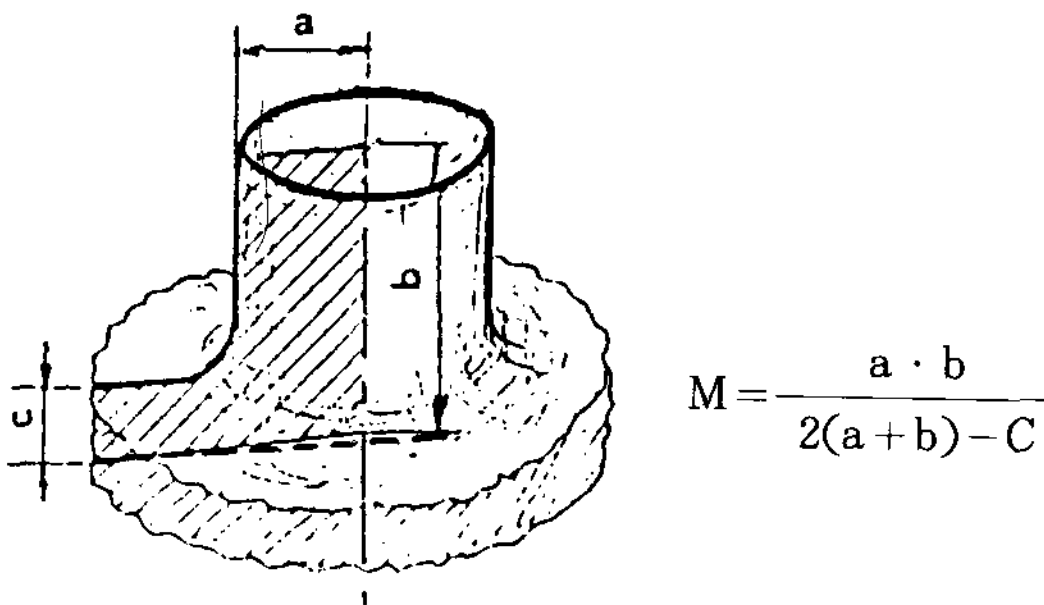
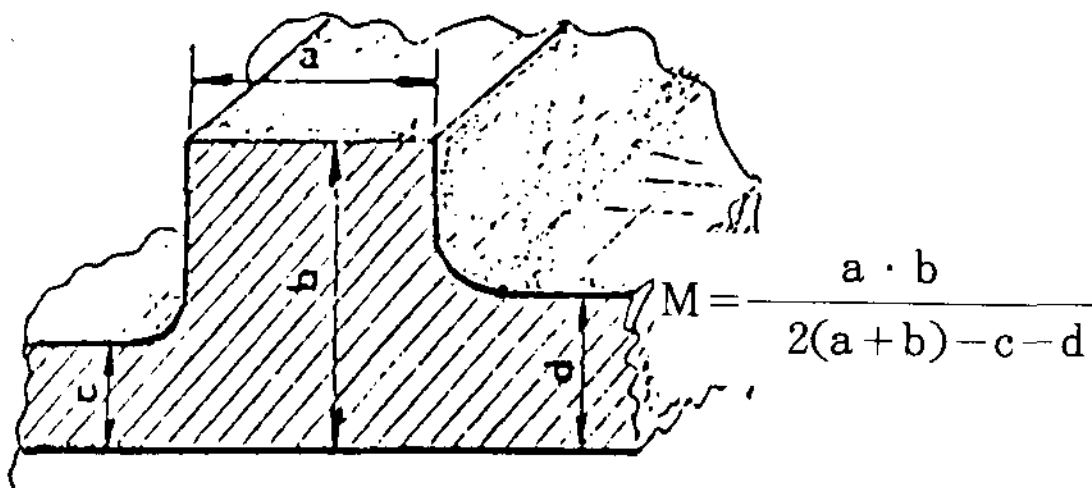
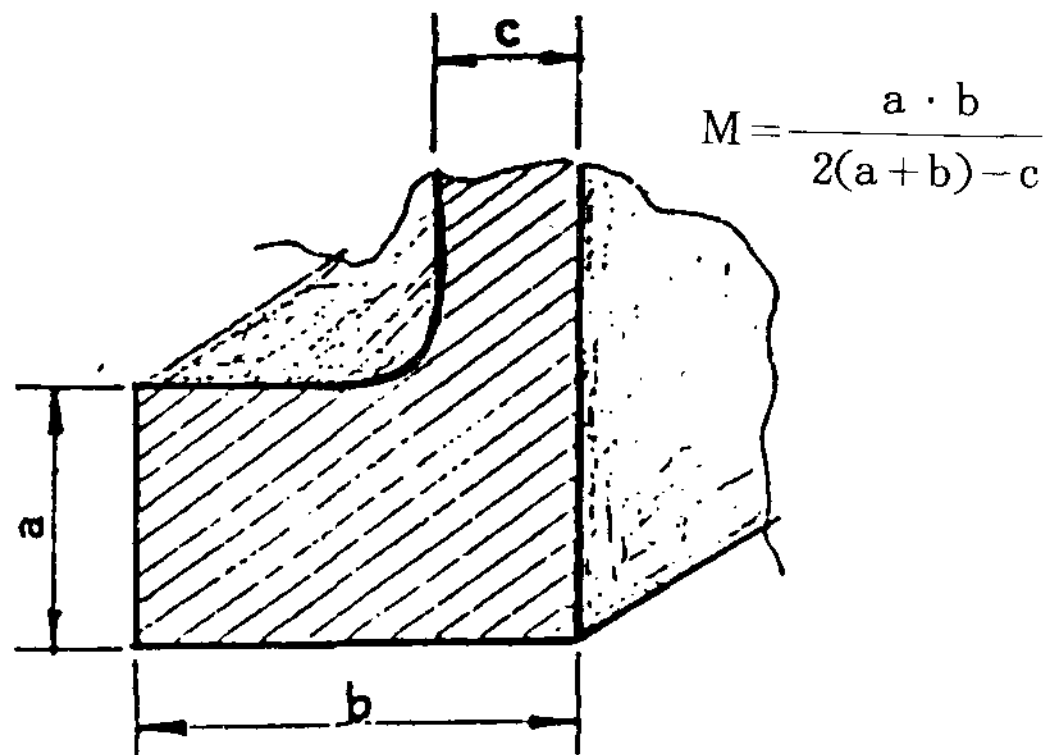


$\frac{\delta_e}{r} \geq 40;$

일때  $M = \frac{r}{2}$

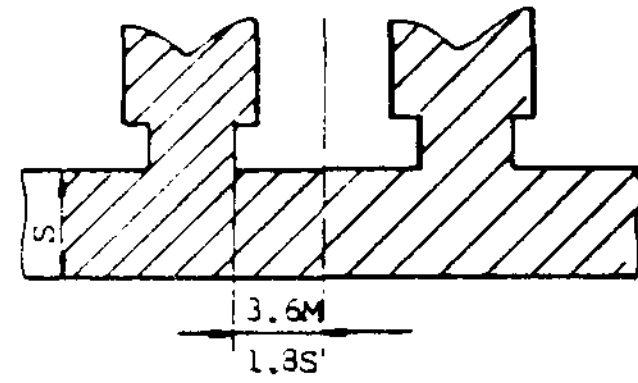
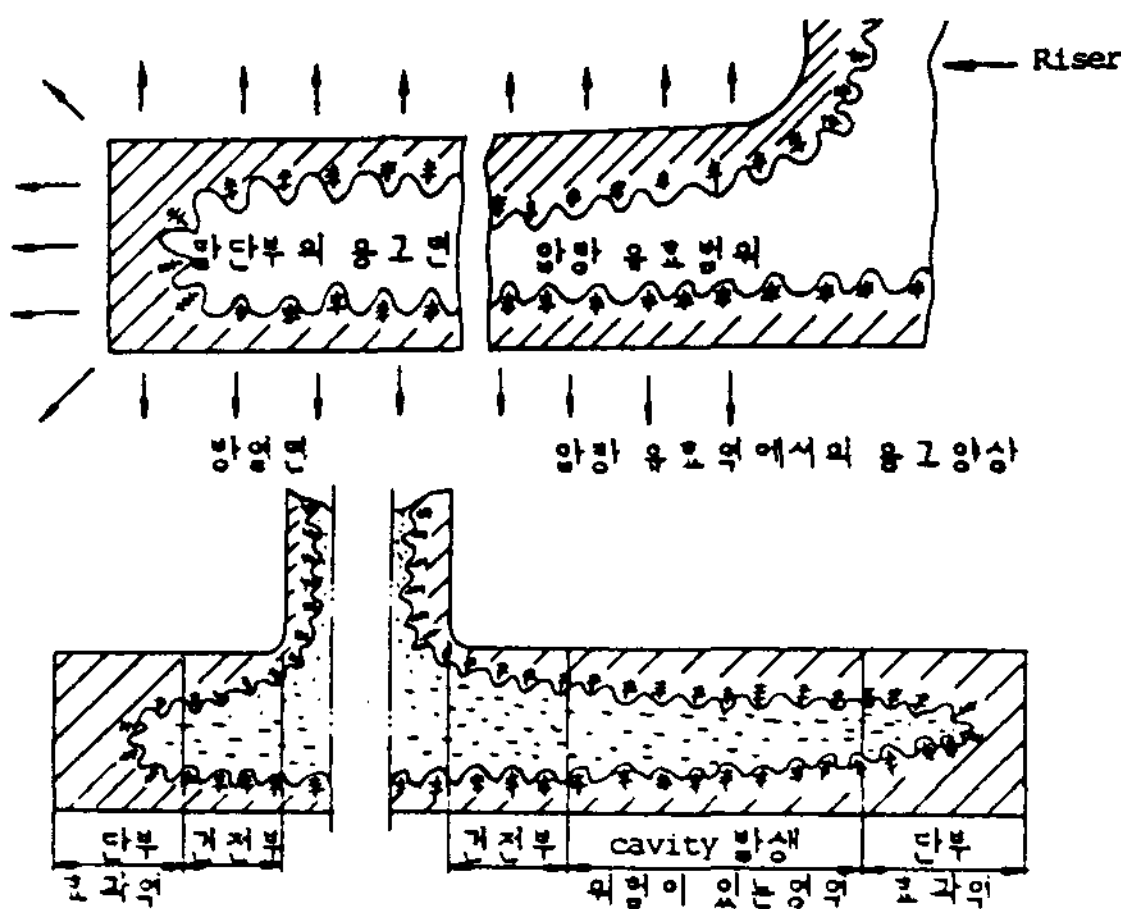


$M = \frac{r}{6}$

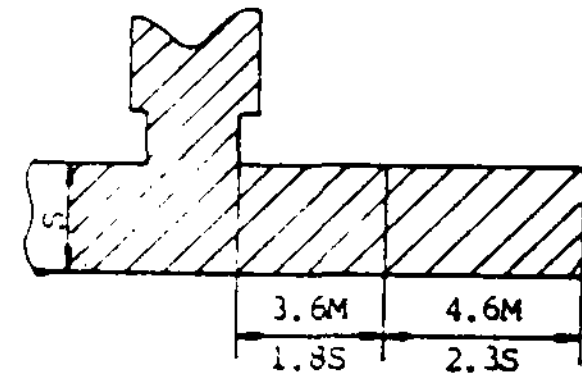


3-3. 급탕거리

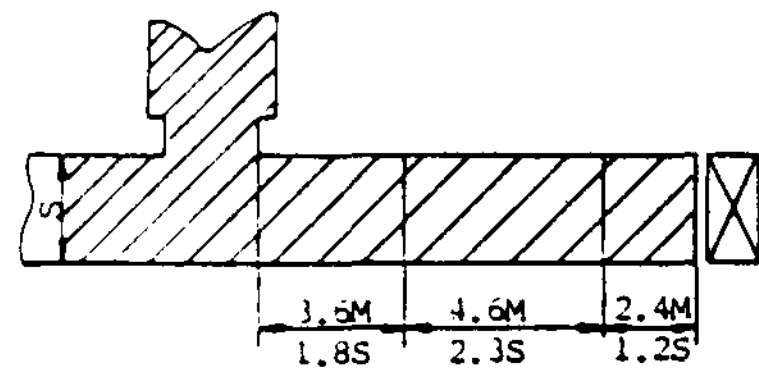
1) 수평 급탕거리



급탕거리(L) L=3.6M  
L=1.8M

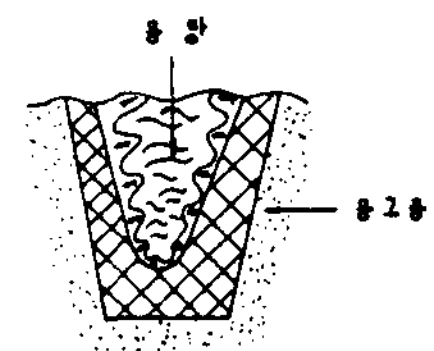
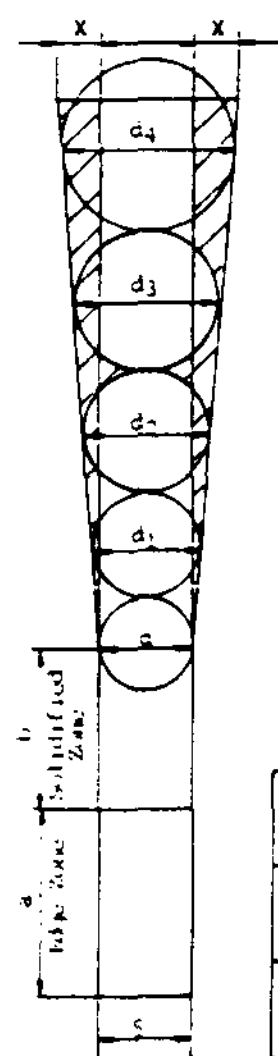


L=4.6+3.6=8.2M  
L=2.3+1.8=4.1S



L=2.4+4.6+3.6=10.6M  
L=1.2+2.3+1.8= 5.3S

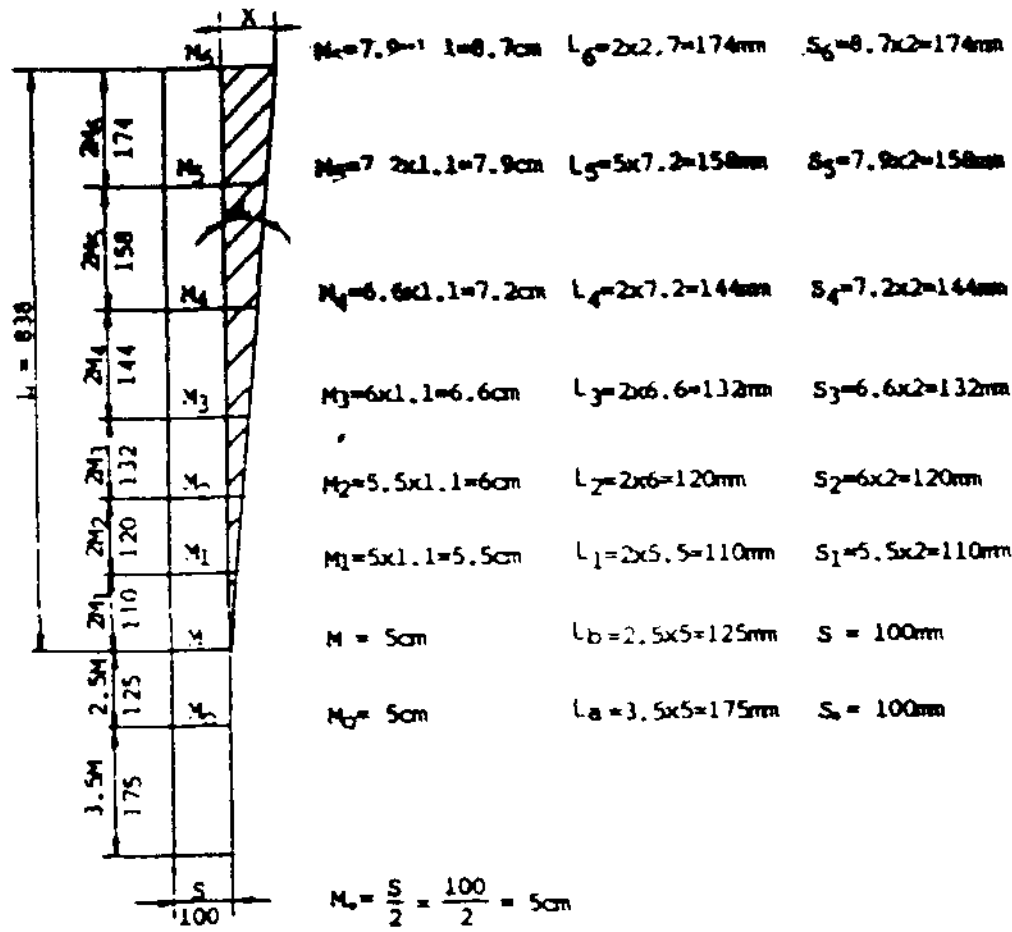
2) 수직 급탕거리와 padding



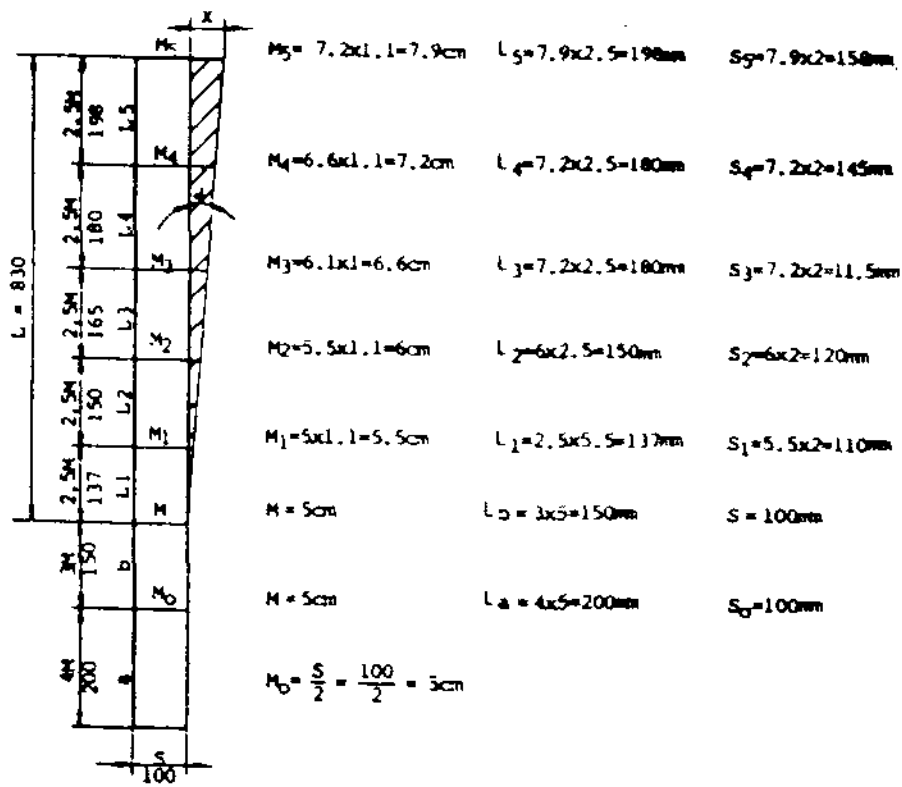
수직 급탕을 위해서는  
M<sub>1</sub> = 1.1M  
M<sub>2</sub> = 1.1M<sub>1</sub> 가 되어야 함.

CLASS ASTM	a	b	INCREMENT % in Thickness	INCREMENT % in Volume
1 - 1.5	1.8S	1.0S	10%	9%
2 - 2.5	2S	1.5S	8%	7%
3 - 3.5	2.2S	1.8S	6%	5.8%
4 - 5	2.5S	2.0S	5%	4.8%

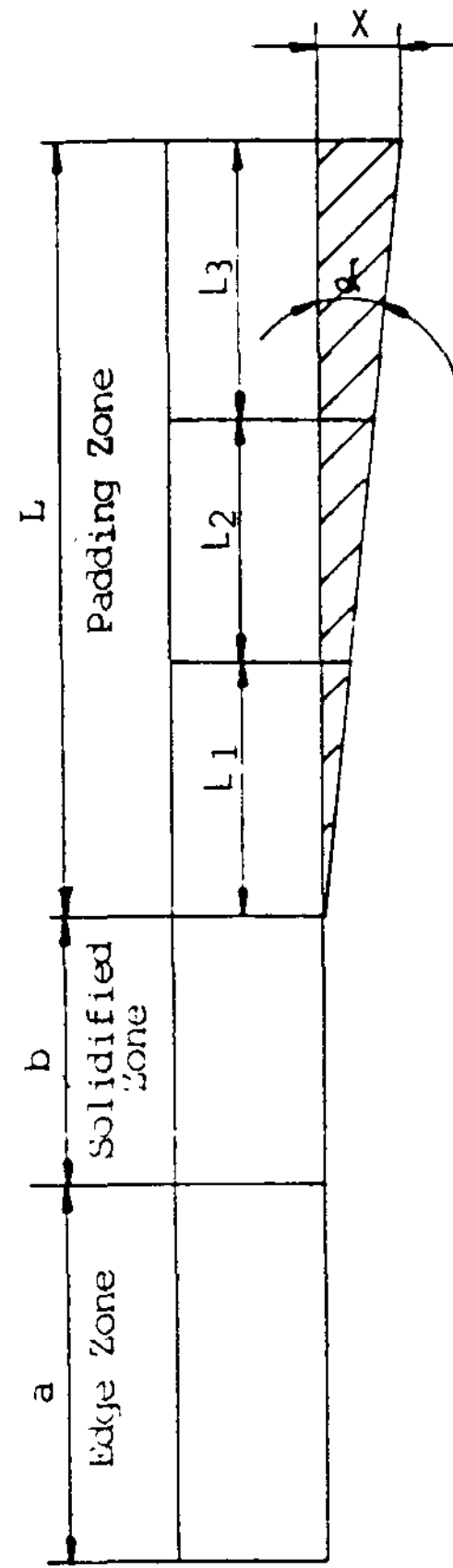
Quality grade of ASTM 2-2.5



$\tan \alpha = \frac{174 - 100}{838} = \frac{74}{838} = 0.09$   
 Increment 9% in thickness  
 $\alpha = 5^\circ$   
 $X = L \times \tan \alpha = 838 \times 0.09 = 75 \text{mm}$   
 $X_1 = 1000 \times 0.09 = 90 \text{mm/M}$   
 Increment 37% in volume

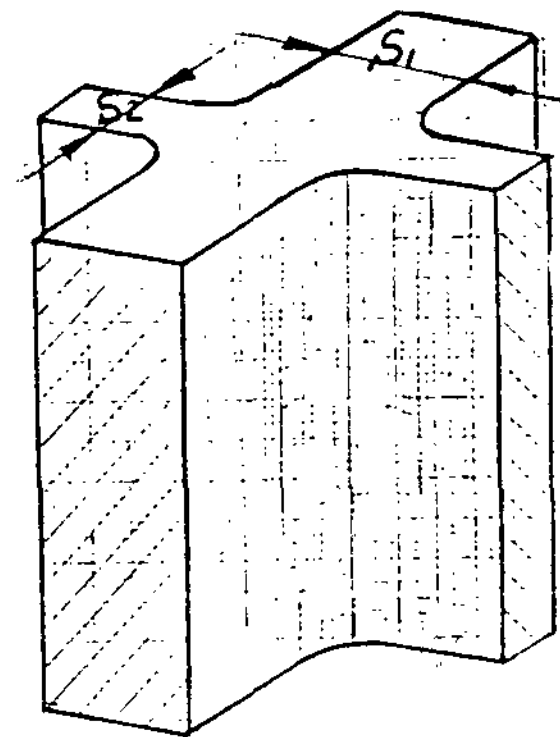


$\tan \alpha = \frac{158 - 100}{830} = \frac{58}{830} = 0.07$   
 Increment 7% in thickness  
 $\alpha = 4^\circ$   
 $X = 830 \times 0.07 = 58 \text{mm}$   
 $X_1 = 1000 \times 0.07 = 70 \text{mm/M}$   
 Increment 29% in volume

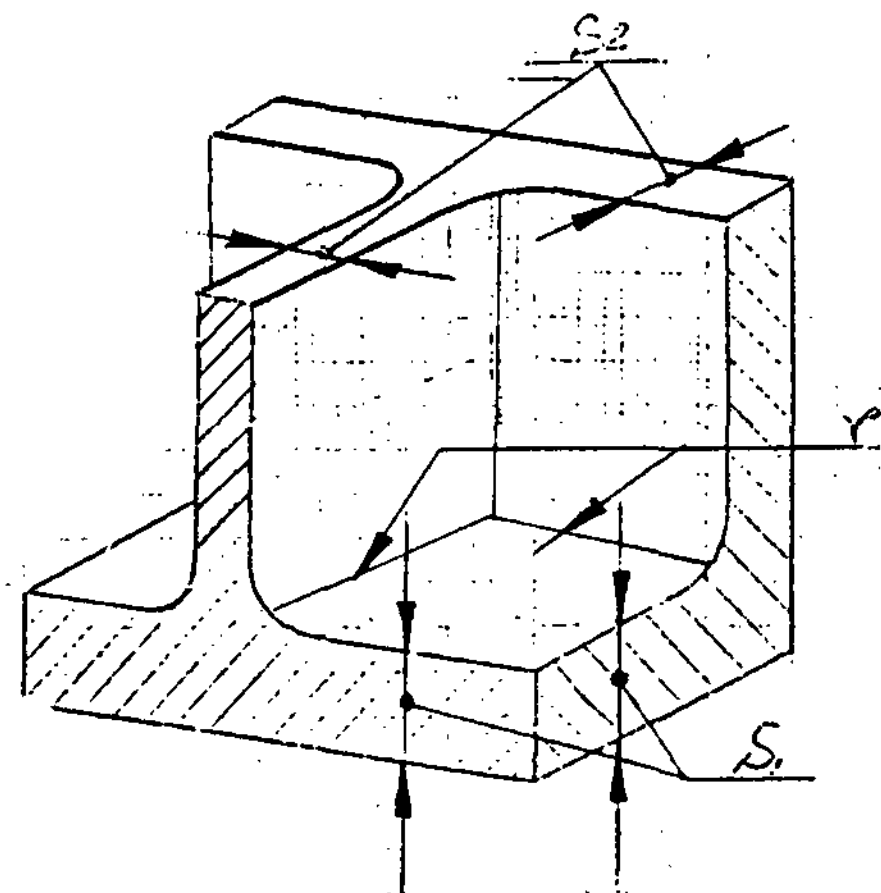
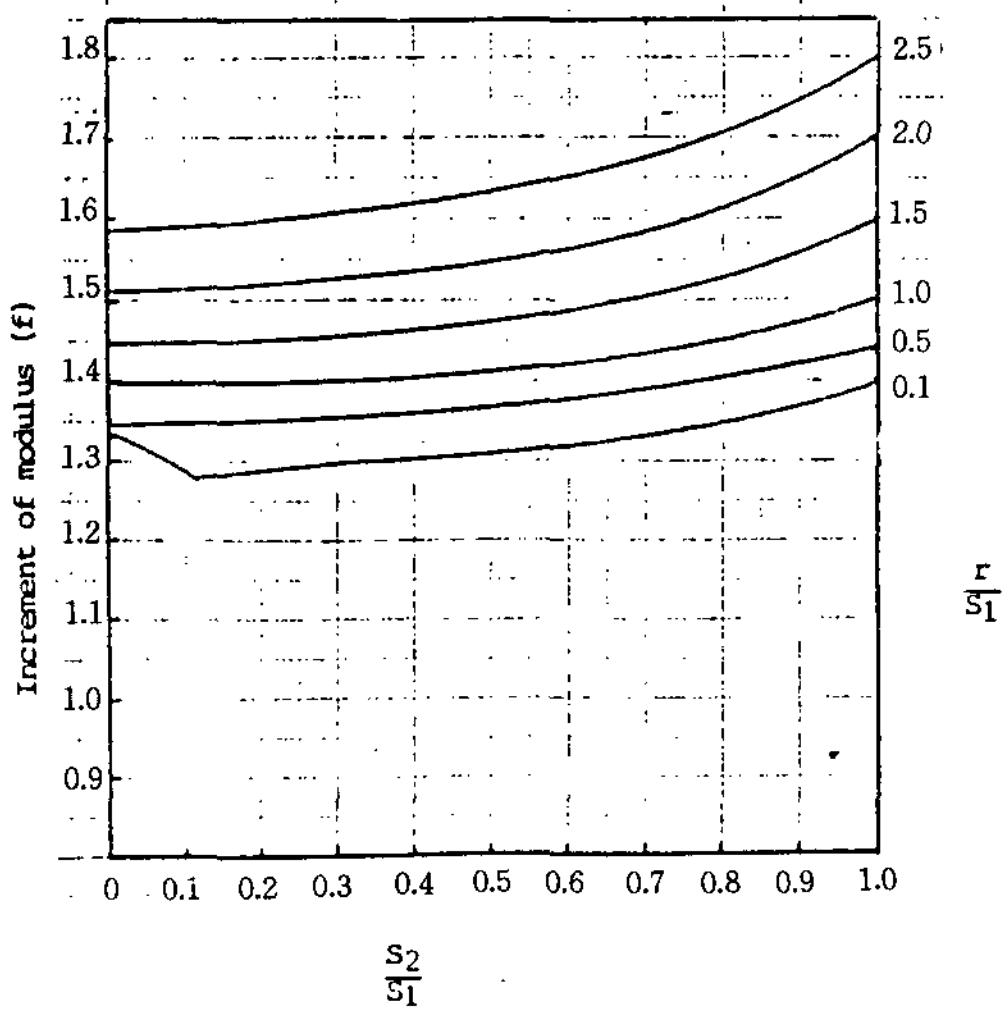
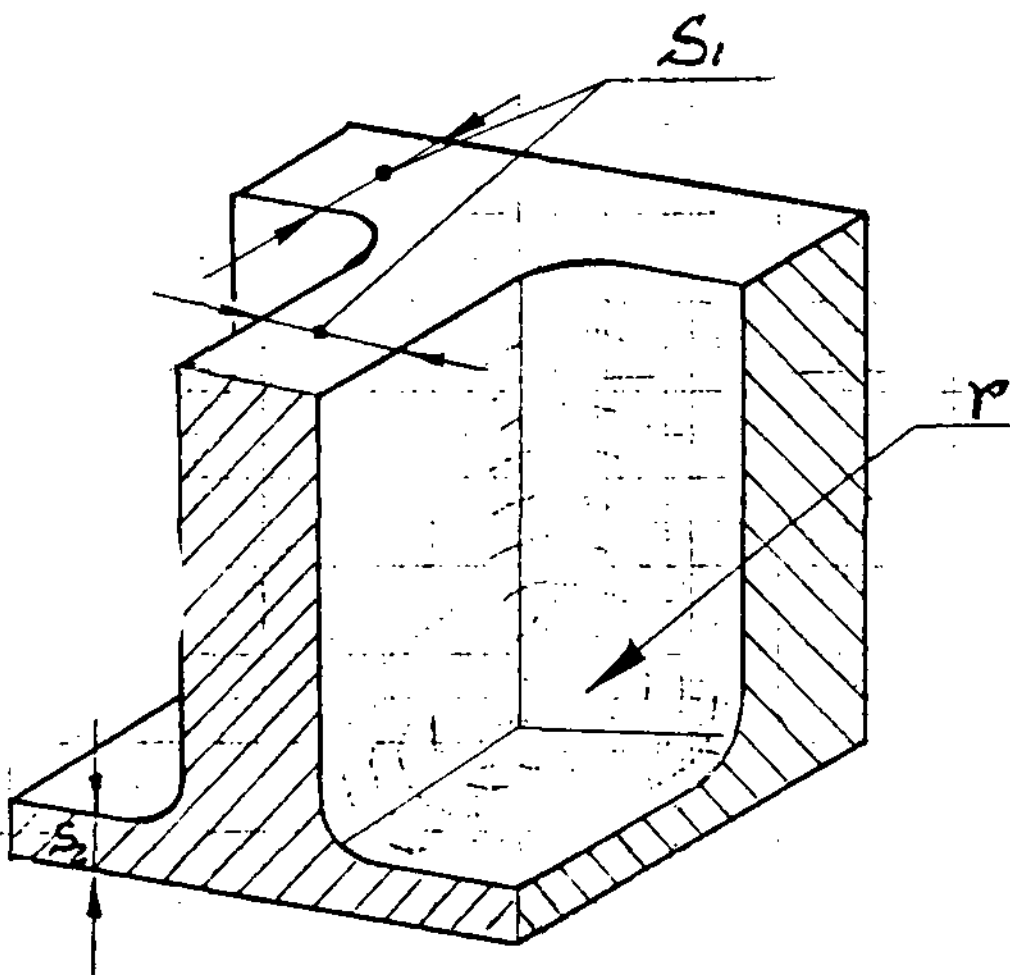
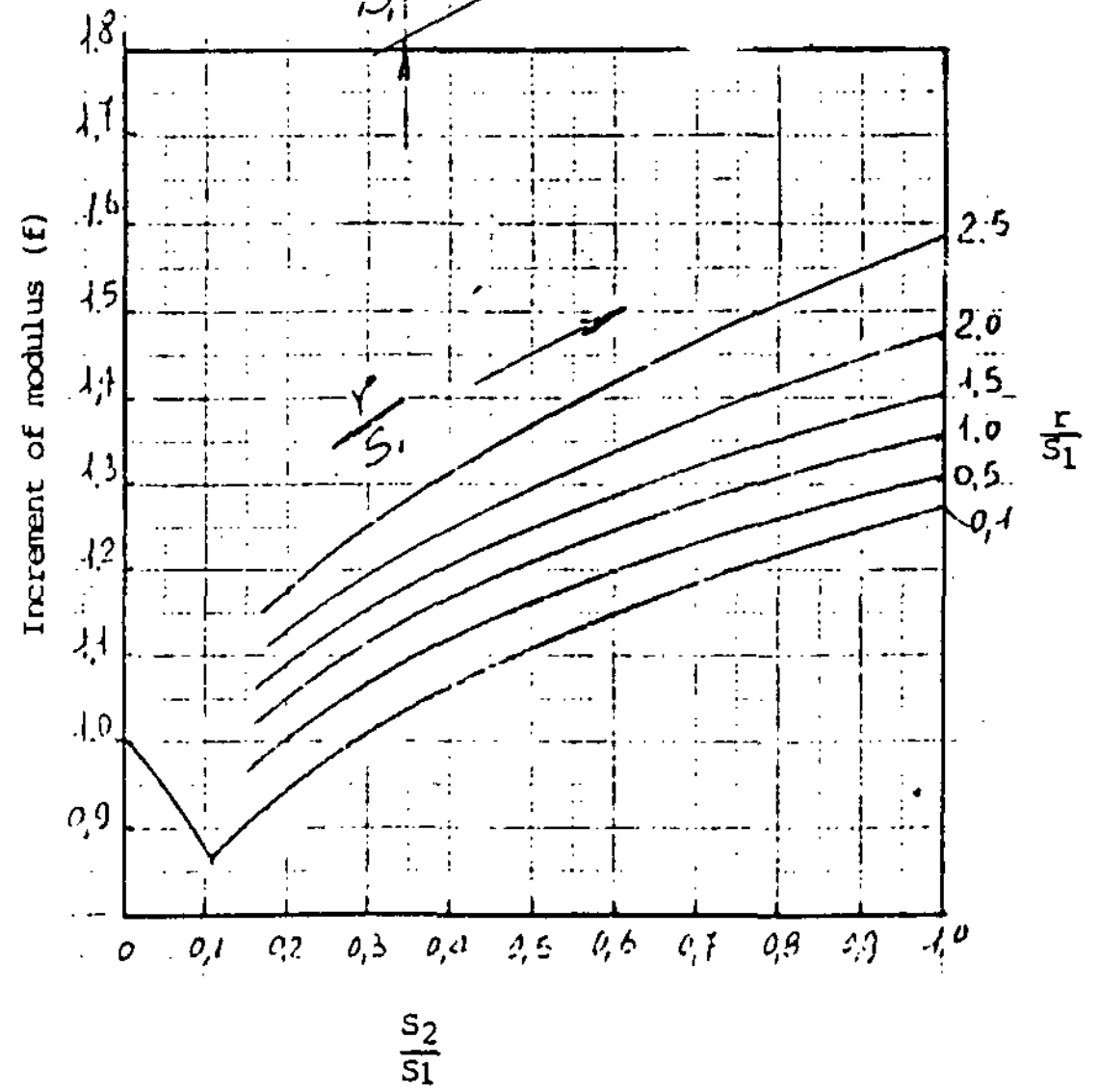
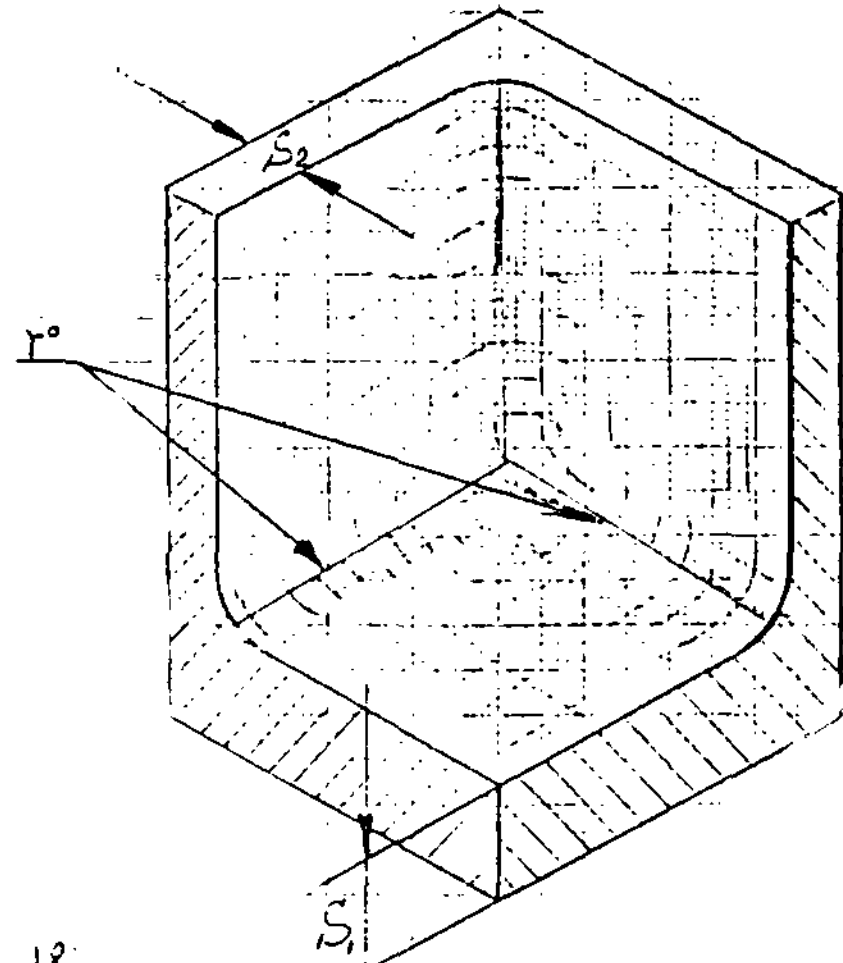
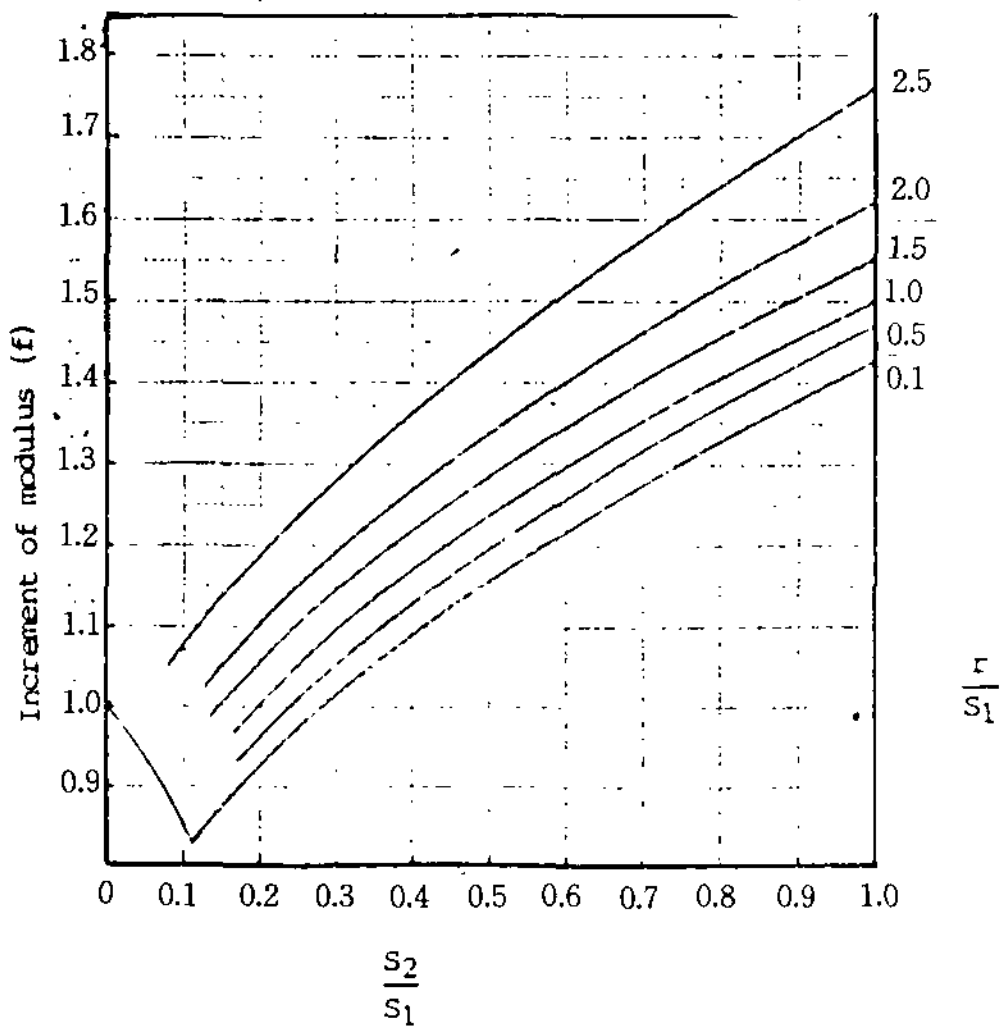


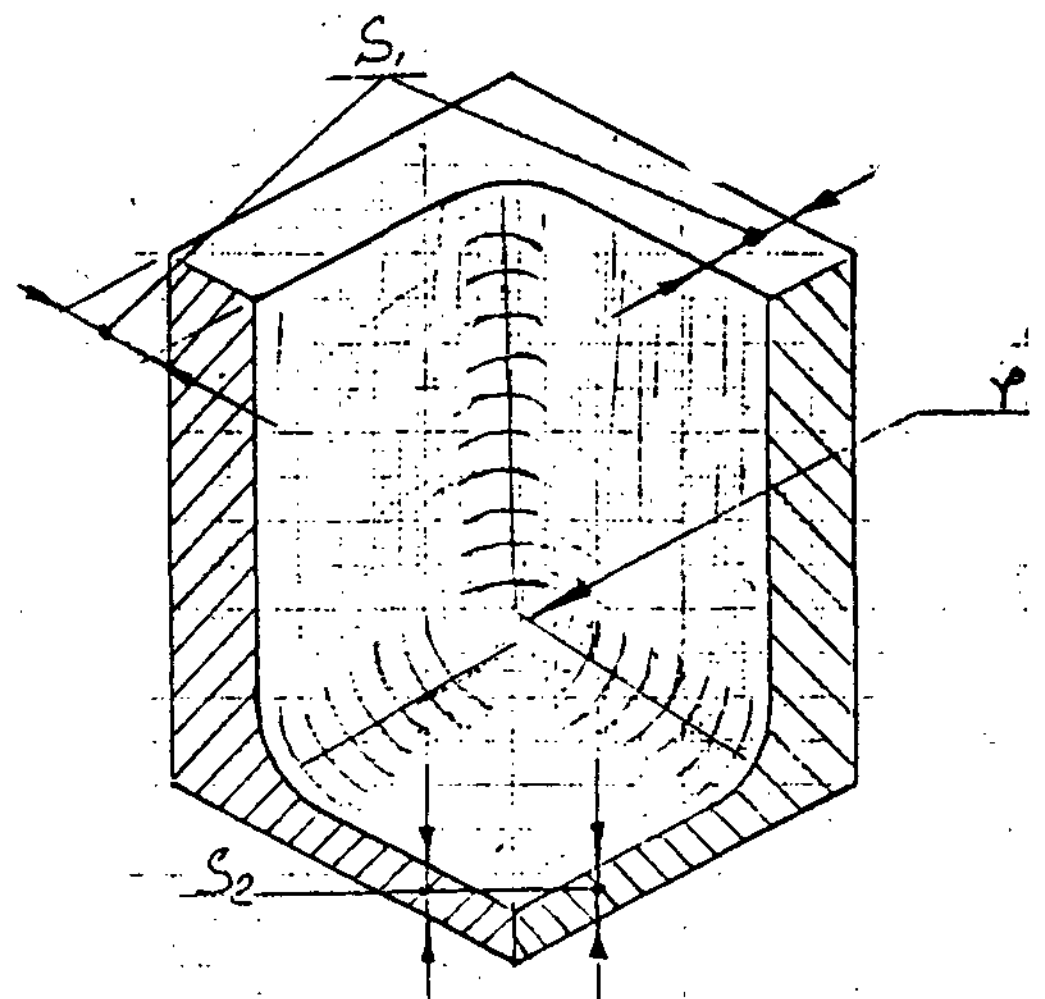
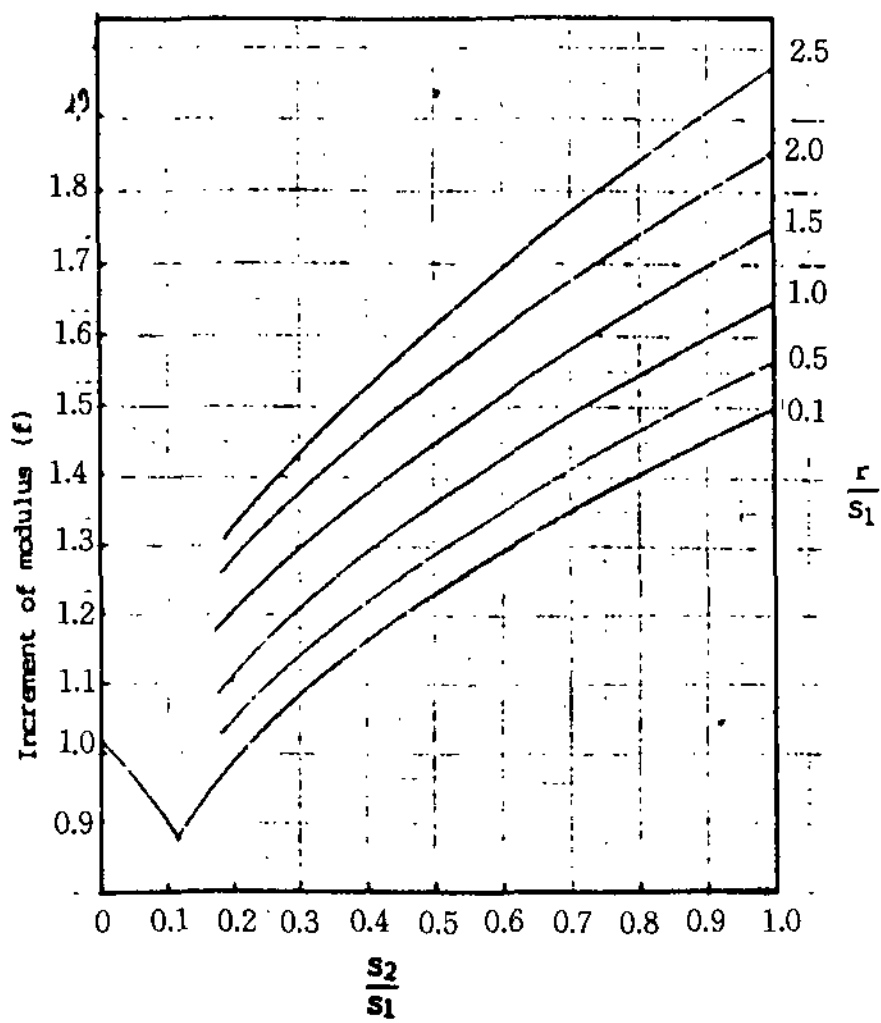
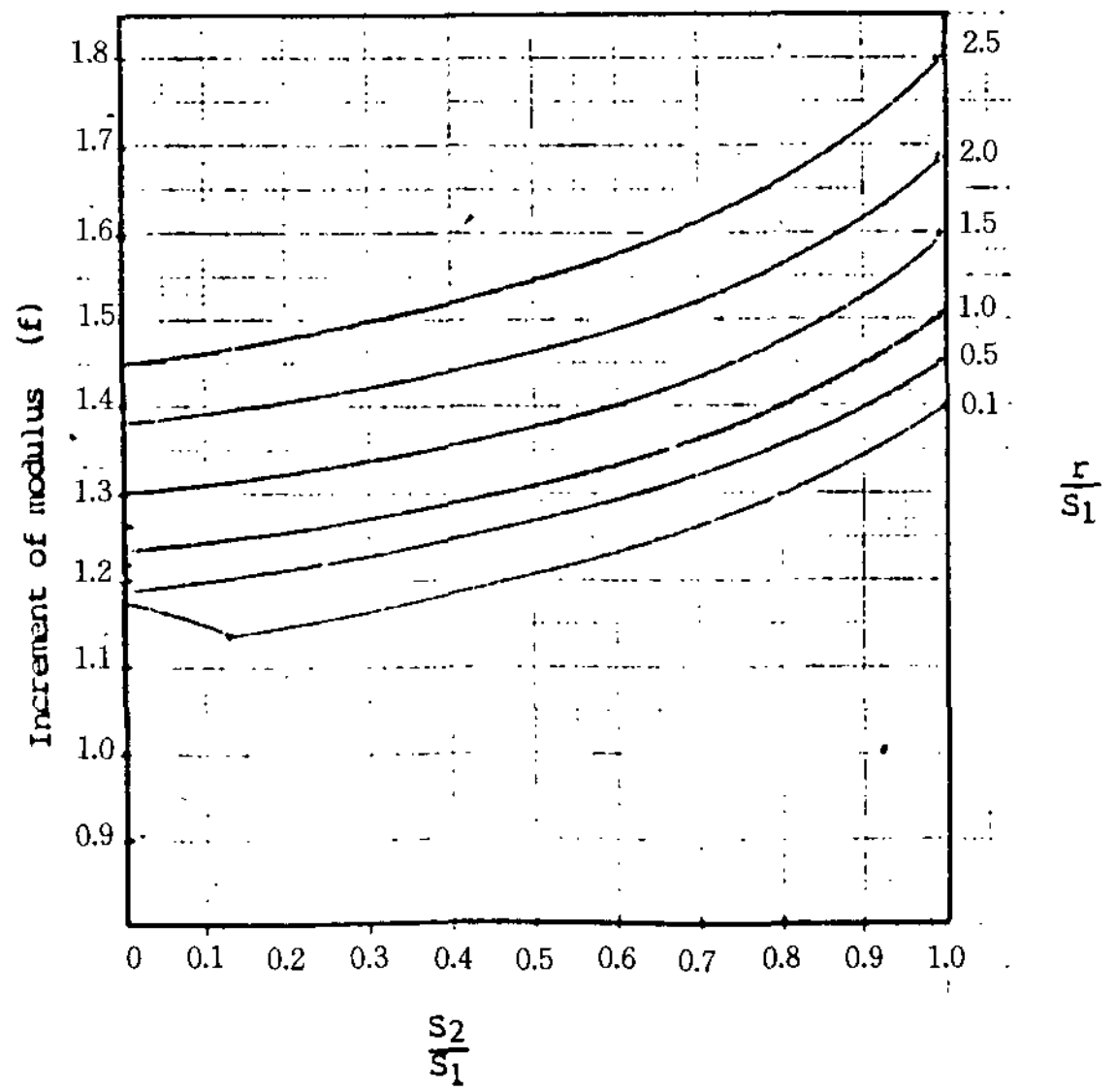
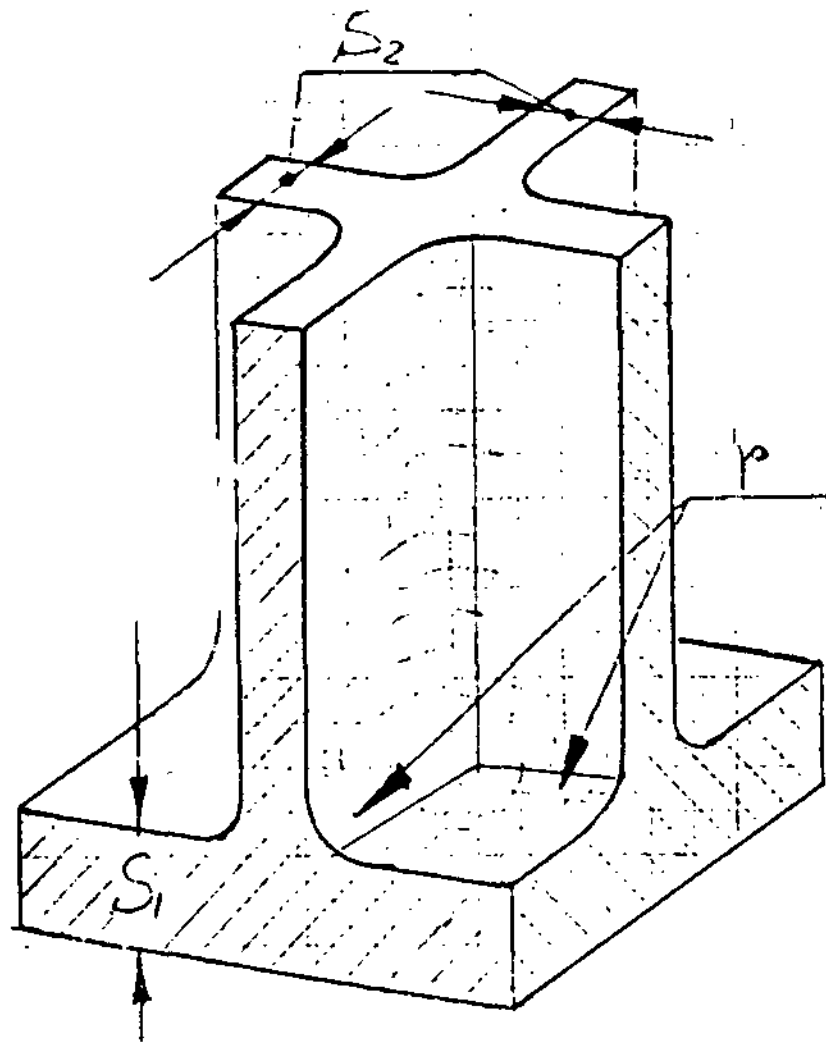
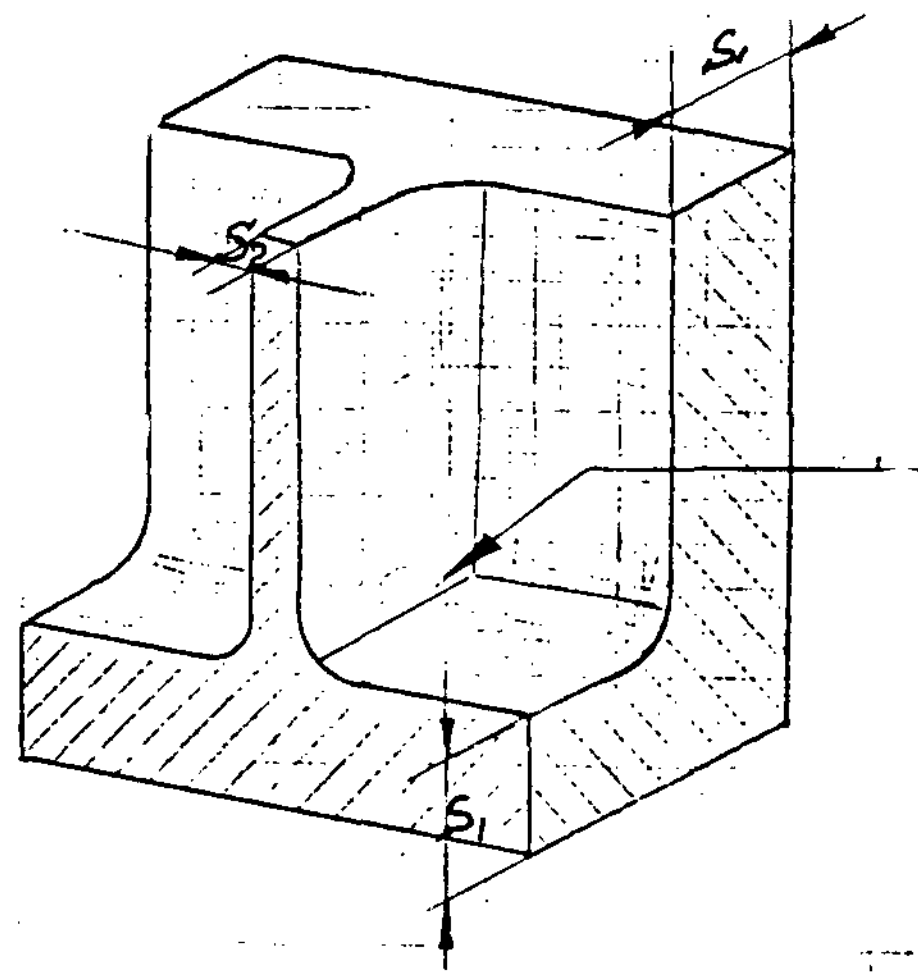
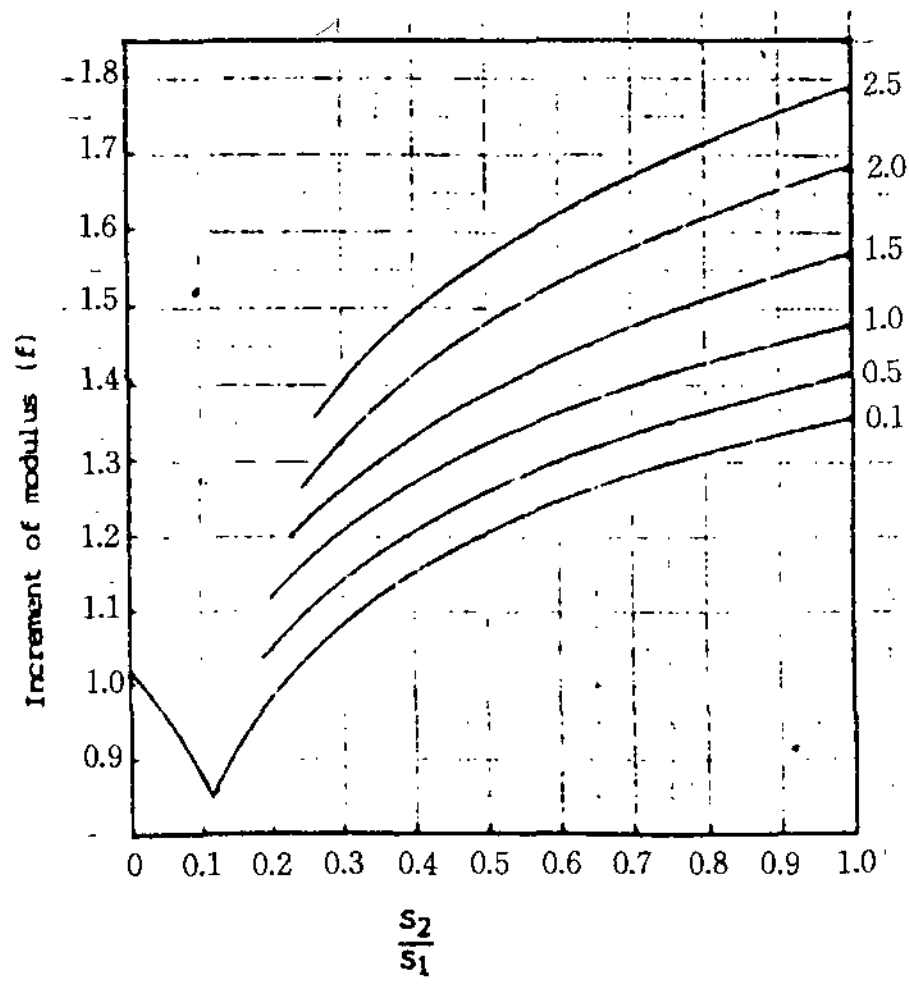
$X = L \times \tan \alpha$

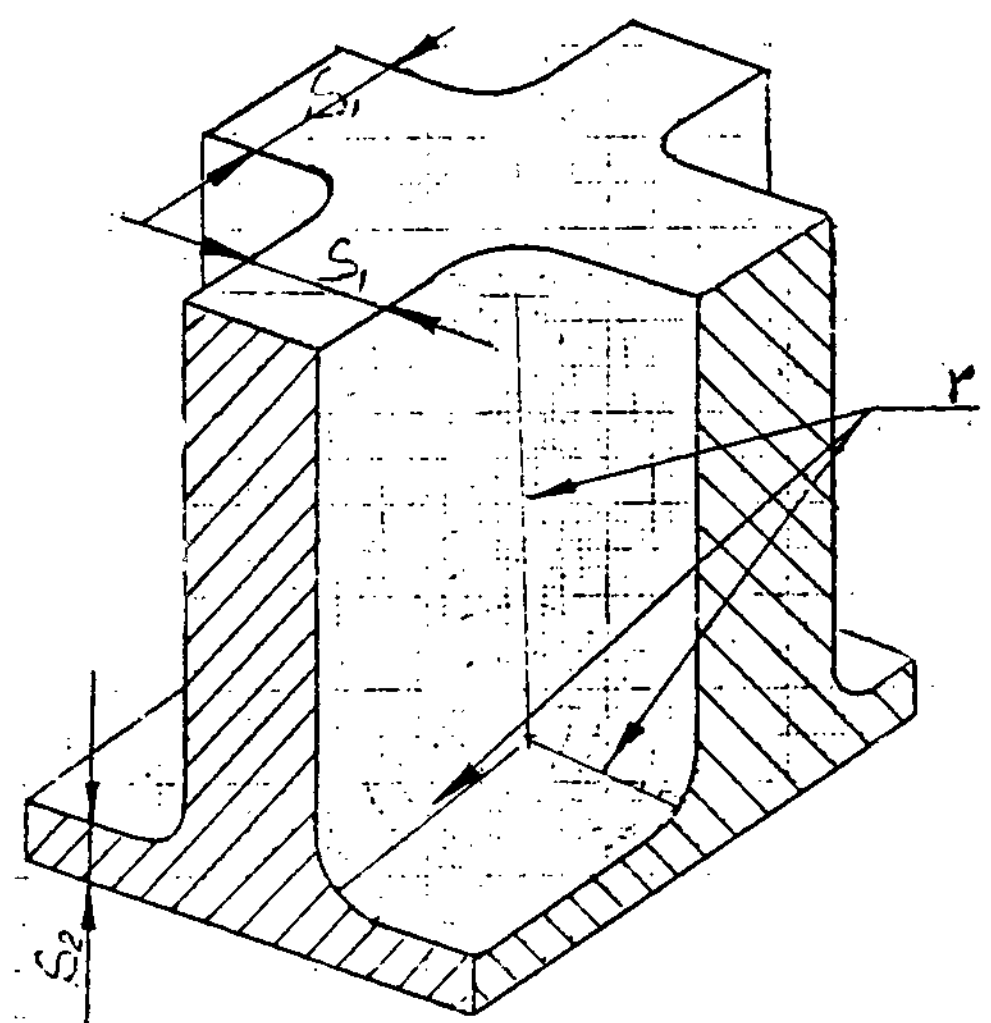
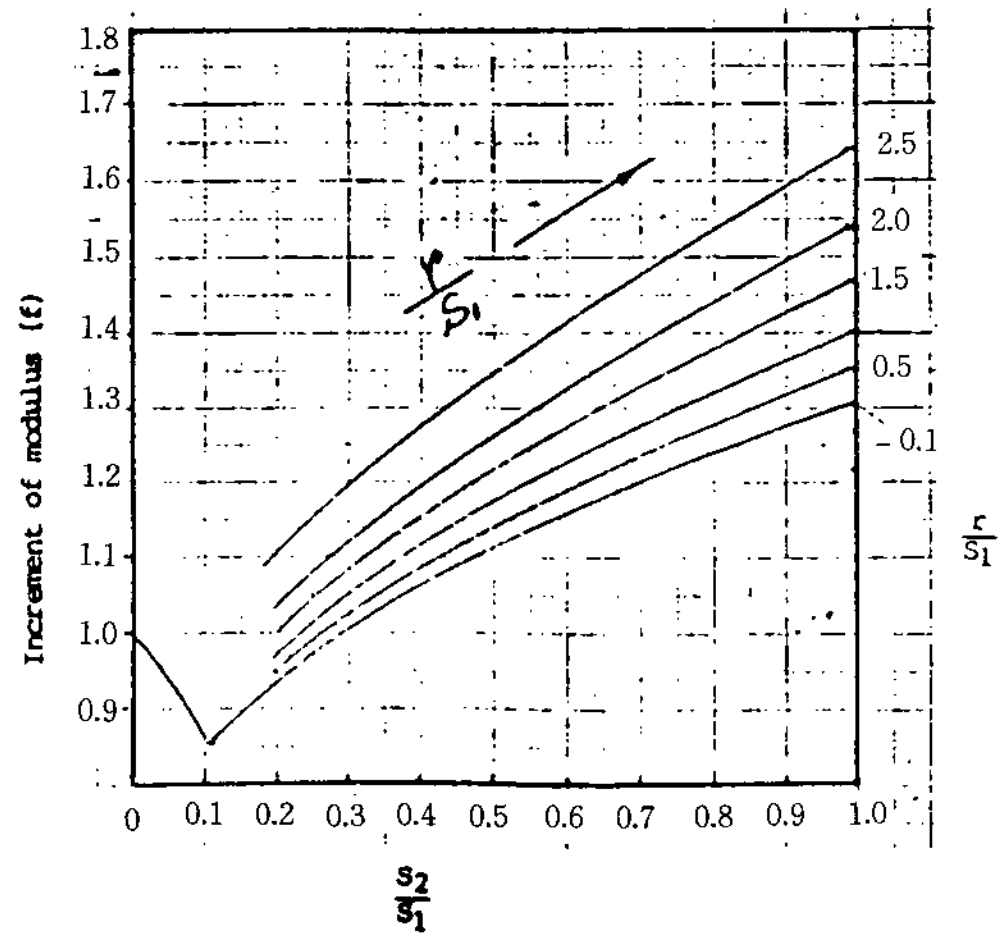
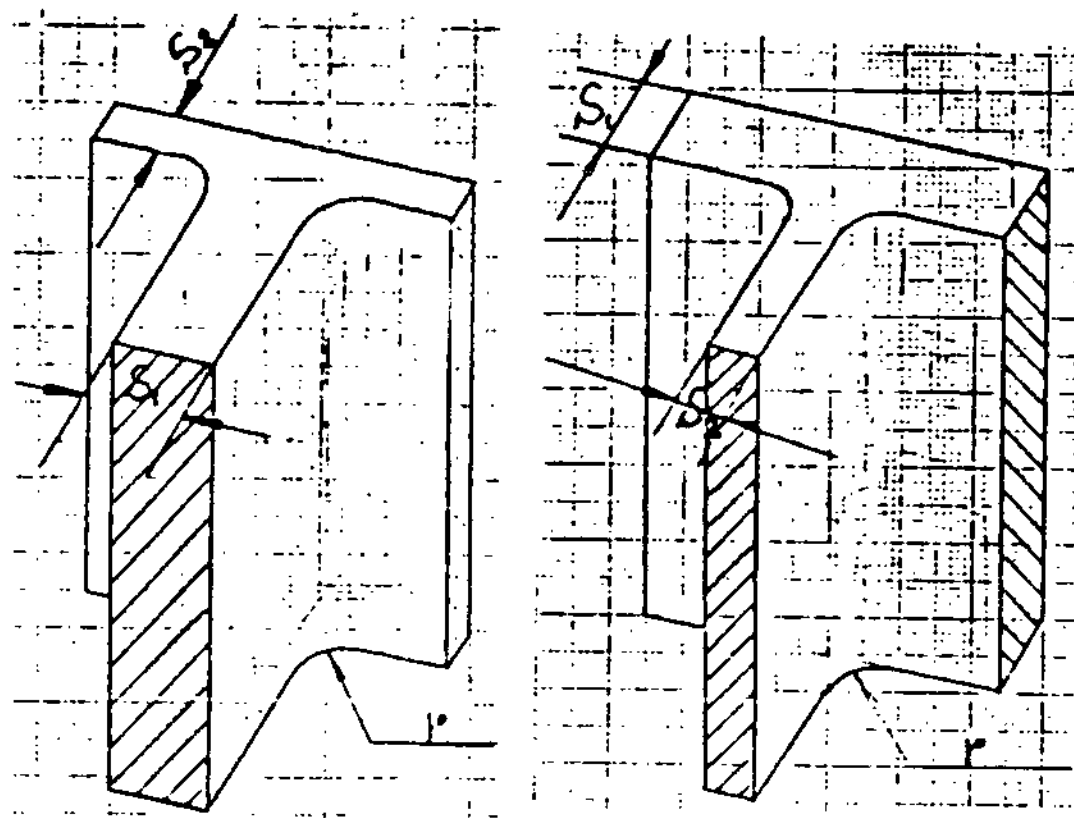
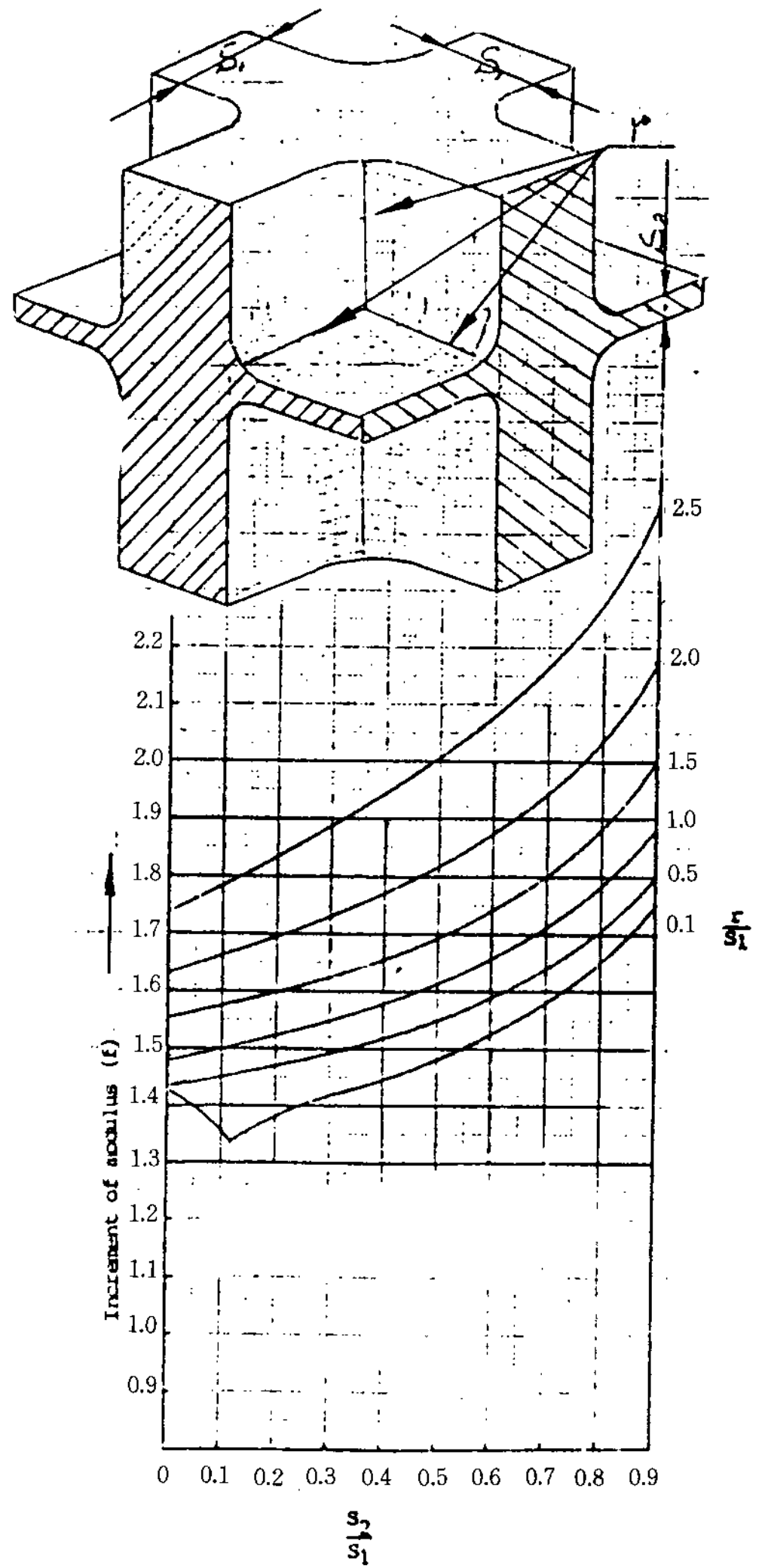
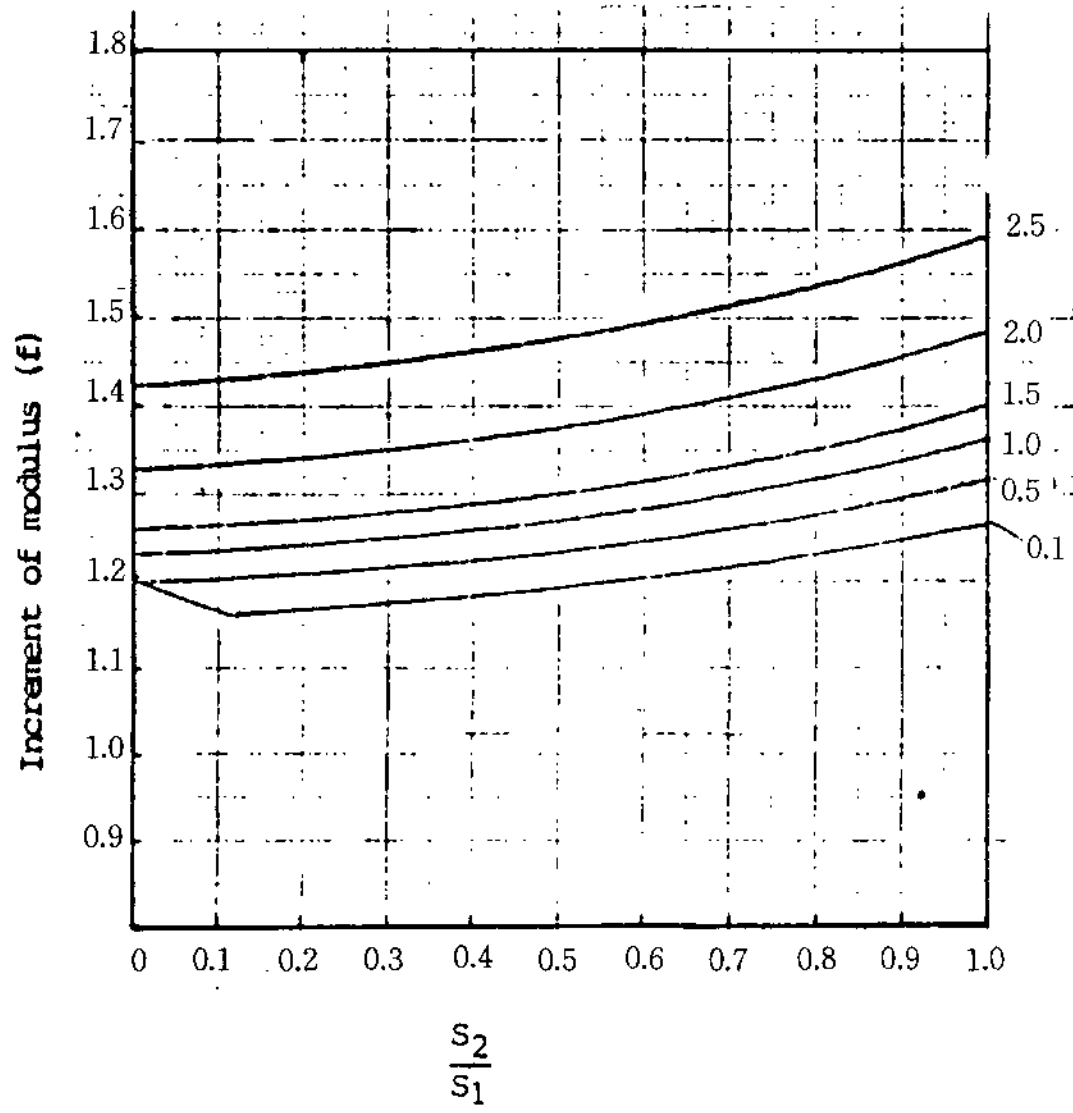
3-4. 형상에 다른 주물교차부의 응고 modulus 증가 계수



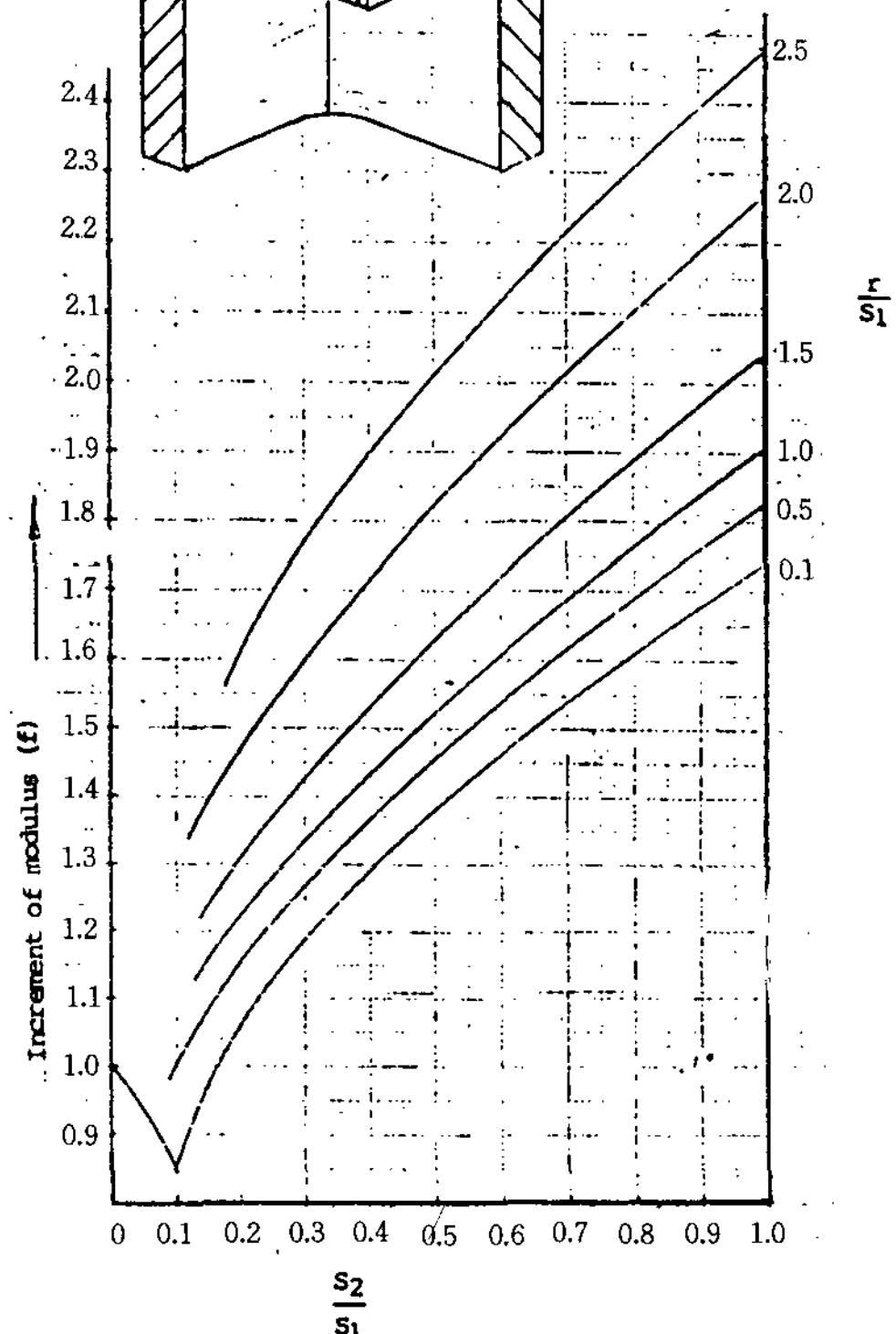
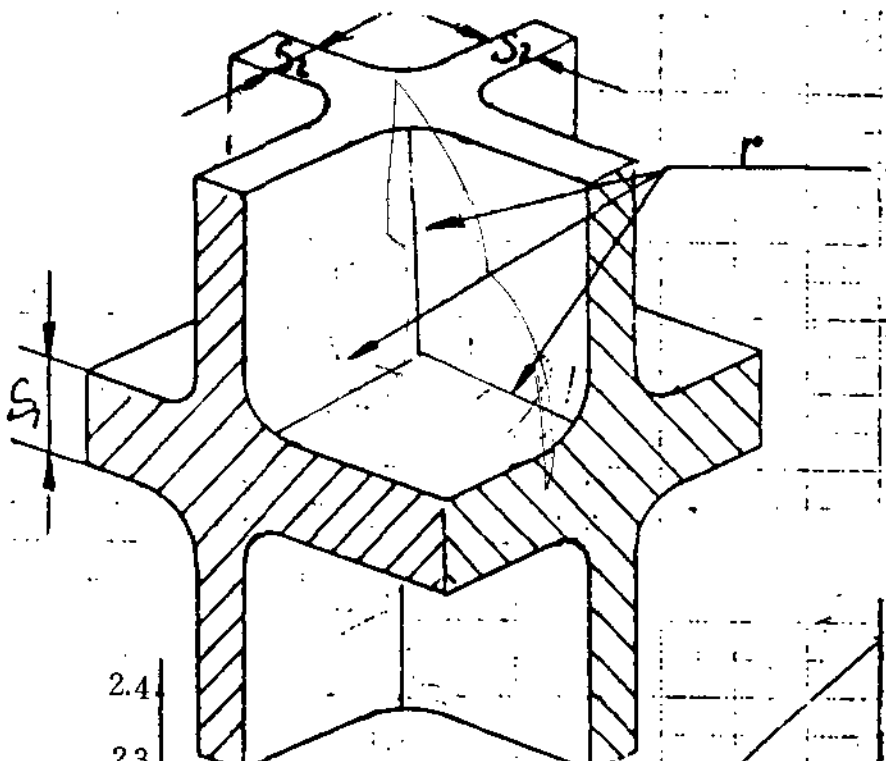
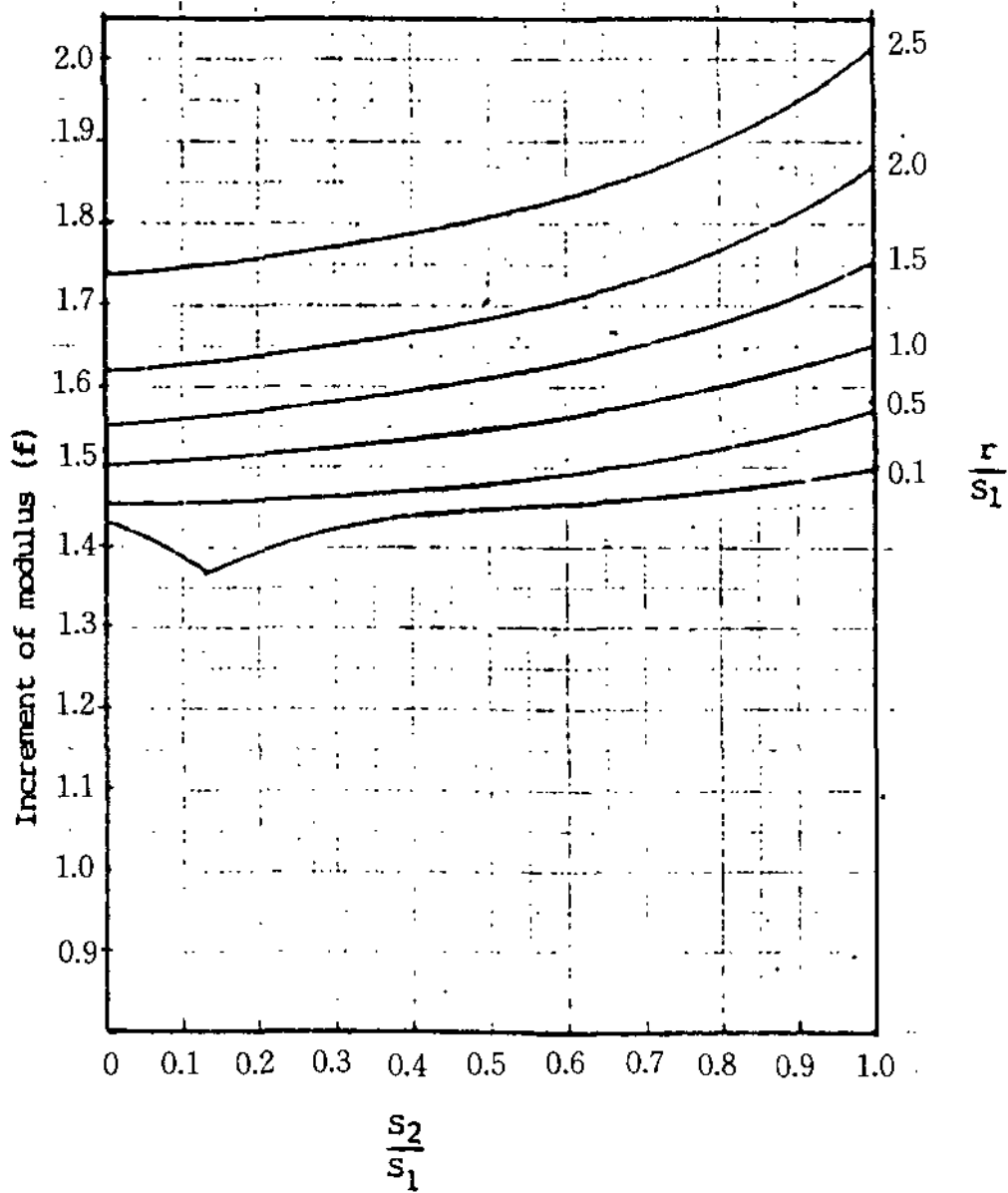
ASTM CL.	a	b	Li	$\alpha$	$\tan \alpha$	Increm. % in Thickness	Increm. % in Volume
1-1.5	3.5M	2.5M	2 M	5°	0.09	9%	37%
2-2.5	4 M	3 M	2.5M	4°	0.07	7%	29%
3-3.5	4.5M	3.5M	3 M	3°30'	0.06	6%	22%
4-5	5 M	4 M	4 M	2°30'	0.044	4.4%	16%







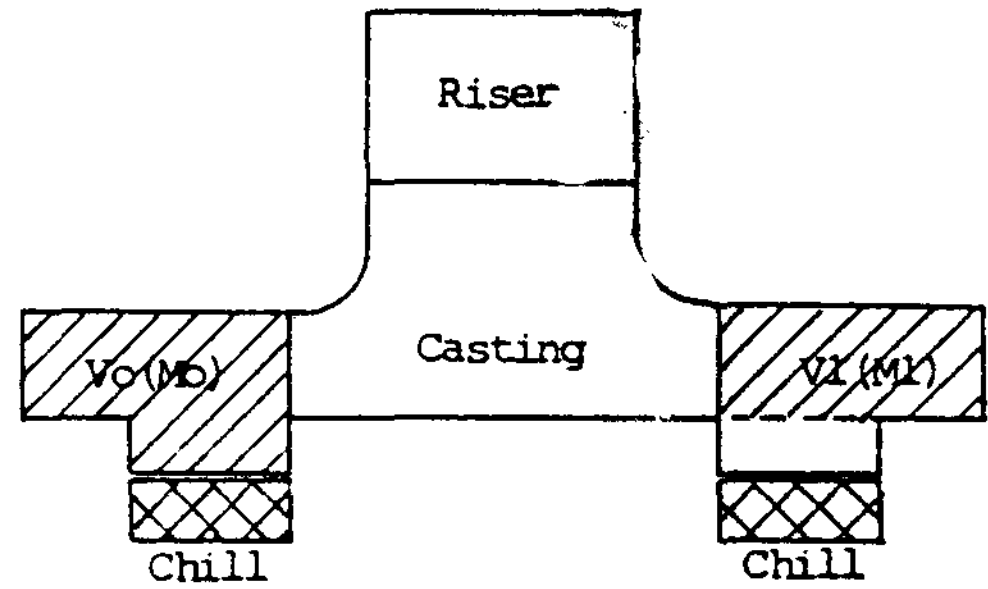




3-5. 외부 chill에 의한 열구배 증가

아래 그림에서 돌출부의 응고 modulus를 감소시켜 건전한 casting을 얻기 위하여 chill을 사용할 때 chill의 중량 계산은 다음과 같다.

$$W_{ch} = \frac{\text{casting에서 제거되어야 할 열량(Kcal)}}{\text{chill의 단위 중량당 흡수되는 열량(Kcal/kg)}}$$



Riser Vo(Mo) Casting V1(M1) Chill Chill Vo(Mo)

$$W_{ch} = \frac{(V_o - V_1) \times Y \times (L + S)}{H_s \times \Delta T}$$

$$= \frac{Y(L + S)}{H_s \times \Delta T} \times V_o \times \left( \frac{M_o - M_1}{M_1} \right)$$

여기서

Wch : chill 중량

Vo : chill의 영향을 받는 전체 casting volume

V1 : chill을 사용하여 목표응고 modulus에 해당하는 casting volume

Vo-V1 : difference of Volume

Y : specific weight (=7500kg/m<sup>3</sup>)

L : latent heat (=65Kcal/kg)

S : super heat

ΔT : casting의 응고 종료시 chill의 온도차

Hs : specific heat of chill (=0.16Kcal/kg.°C)

Mo : 급탕영역 전체의 응고 modulus

M1 : chill을 사용한후 목적하는 casting modulus

\* 응고 종료시 Chill의 온도

1) 소형 주강품의 경우 : 900°C, ΔT=880°C

2) 대형 주강품의 경우 : 1000°C, ΔT=980°C

4. 結 言

앞에서 검토된 탕구 방안은 stopper nozzle이나

sliding nozzle의 ladle을 사용하여 nozzle을 완전 개방한 상태로 강주물을 주입할 때 주입중량 5ton 이상의 제품에 대하여 비교적 잘 부합된다.

한편 수직급탕 영역 확장을 위한 덧살(padding) 두께는 제품의 품질 등급에 따라서 端部效果域을 제외한 주물의 높이에 대해 적정 경사각을 적용하

므로써 쉽게 계산 될수 있고 교차부의 응고 modulus 증가율도 각 경우에 대하여 예시되어 있으므로 쉽게 계산될 수 있을 것이다. 전술한 자료들이 鑄造現業에 다소나마 도움이 되길 바라며 부족한 자료들은 추후 수정, 보완을 위하여 배전의 노력을 경주코져 한다.

國內外鑄物關聯行事

1989年

2月17日 - 2月19日

The Institute of Indian Foundrymen  
The 37th Annual convention  
Ashok Hotel, Delhi, India

4月 2日 - 4月 7日

Associala'o Brasileira Demetals  
II Seminary In Technology of Aluminum  
Industry  
sao paulo, Brasil

4月28日 - 4月29日

大韓金屬學會  
春季學術講演 및 發表大會  
全北大 全州

5月 7日 - 5月10日

日本鑄物協會  
第115回 全國講演大會  
日本國

4月22日 - 4月23日

韓國鑄造工學會  
春季學術研究發表 및 技術講演會  
극동호텔 부산

6月22日 - 6月23日

The Institute of British Foundrymen  
Institutes Annual Conference  
Moat House International Hotel,  
Birmingham, England

9月 4日 - 9月 6日

Fourth  
International Symposium on the Physical  
Metallurgy of Cast Iron  
Ichigaya, Tokyo

9月12日 - 9月14日

Furnaces Asia 89  
Hilton Intermtional Hotel  
Hongkong

5月20日 - 5月26日

國際鑄物產業博覽會(GIFA)  
뒤셀돌프, 서독

5月19日 - 5月23日

CIATF(국제주물기술연합회)  
第56回 國際鑄物大會  
뤼셀돌프 서독