

鑄鐵의 炉前管理 試驗法

崔 昌 鈺*

1. 序 論

鑄物生産을 위한 熔解作業에 있어서는 熔解炉로 부터 出湯한 熔融金屬을 鑄型에 鑄込하기 전에 미리 신속히 그리고 正確하게 把握하여 이를 根拠로 하여 適切한 措置를 취하는 熔湯의 管理가 必要하다.

따라서 熔湯管理를 正確하게 실시 하므로 因하여 材質의 健全성과 不良減少를 기대할 수 있을 것이다.

이와같이 熔湯의 管理를 爲한 試驗을 炉前試驗(foundry test)이라 하며 日本鑄物協會 編 「鑄物用語辭典」에는「炉前試驗이란 熔湯의 性狀을 現場에 있어서 간 이 신속하게 判定하는 試驗法으로 熔湯의 成分分析, 溫度測定, 熱分析, chill試驗, 破面觀察, 湯面모양觀察, 流動性測定등 여러가지 方法이 있다」라고 정의하고 있다.

最近 鑄物材質의 多樣화와 용해로의 種類나 熔解法이 여러가지로 變遷함과, 더욱 이 코오크스등의 燃料 및 선철, 고철 등 조악한 材料사용은 熔湯의 노전시험이 더욱 必要하게 된다.

그러므로 鑄鐵鑄物의 熔解에 있어서 熔湯管理를 爲한 여러가지 炉前試驗法에 대하여 종래 使用하는 方法이나 最近의 方法에 대하여 概要나 特徵을 기술코져 한다.

2. 熔湯溫度測定

熔解된 熔湯이 어느 정도의 溫度를

갖고 있는가를 測定하는 것은 健全한 鑄物을 만들기 위해서 대단히 중요한 要因이 된다.

이들 熔湯의 溫度測定에 使用되는 溫度計는 一般的으로 熱電對 溫度計(thermo-electric pyrometer), 光高溫計(optical pyrometer), 輻射溫度計(radiation pyrometer) 및 色溫度計(color Pyrometer) 등이 있다.

이중 熱電對 溫度計가 개인차도 없고 精度가 높으나 現場에서 취급이 容易하지 않아서 比較的 싼 값으로 취급이 간단한 光高溫計가 널리 使用되고 있으나 最近 새로운 熱電對溫度計가 개발되어 利用되고 있다. 光高溫計가 熔鐵炉의 炉前으로서 산화피막이나 스라그에 의하여 影響을 받게 되므로 용선로의 出湯통로(cupola spout)으로 부터 落下되는 位置에서 測定이 좋다.

2-1 光高溫計

高溫物體의 溫度와 輝度 사이에는 일정한 關係가 存在하므로 2종물체의 輝度を 비교하여 알고 있는 쪽의 溫度로부터 다른 쪽의 溫度를 측정하는 것이다.

光高溫計는 標準輝度を 전구의 필라멘트를 使用하여 高溫物體에 接觸시키지 않고 溫度를 測定하는 方法이다. 따라서 光高溫計의 溫度는 完全暗黑體의 輝度溫度를 나타낸 것이 있으므로 熔湯등의 暗黑體가 아닌 것은 輻射率에 의하여 補正을 할 必要가 있다.

* 大韓金屬工業株式會社 常務理事

여러가지 輻射率에 대한 補正値를 그림 1에 表示하며 鑄鐵系熔湯의 輻射率은 約 0.4 ~ 0.45 로서 現場에서 취급하는 정

도의 溫度範圍에서는 一律적으로 +100°C 의 補正을 실시하면 實用上 充分하다.

그림 2는 光高温計의 例를 表示한다.

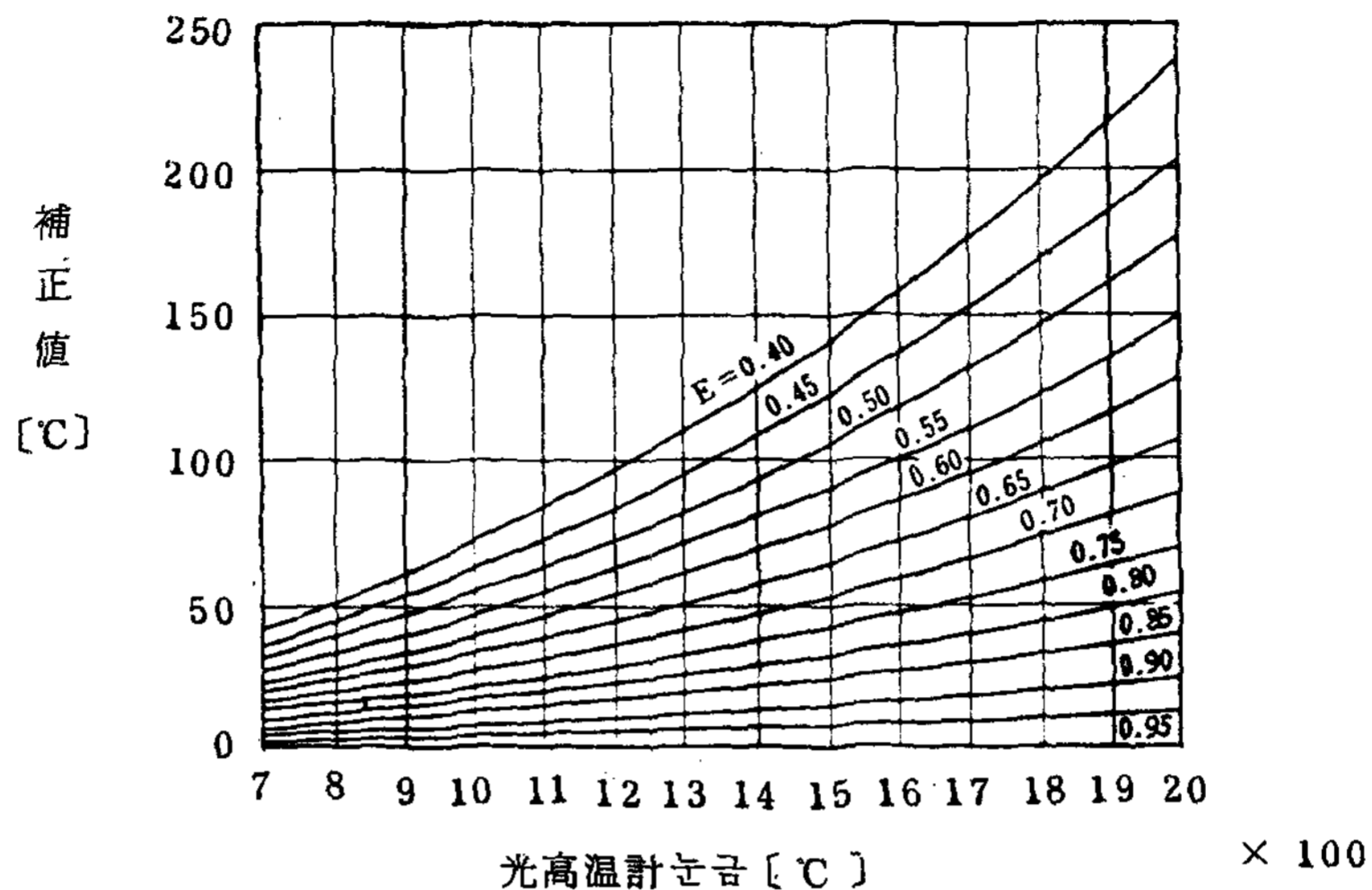


그림 1. 光高温計의 輻射率에 의한 補正圖



그림 2. 光高温計例

2-2 浸漬型熱電溫度計

熱電對를 保護管으로 커바하여 鑄鐵熔湯에 浸漬하여 장시간 연속측정에 使用하거나 간헐적測定에 使用한다. 熱電對의 使用範圍를 表 1에 表示한다.

熱電對로서는 鑄鐵에는 白金系나 아루멜 크로멜系를 使用하며 代表的인 것을 表 2에 表示한다.

白金熱電對는 환원성개스나 炭素에 弱하므로 充分히 주의를 해야 한다.

保護管으로는 장시간 浸漬測定에는 磁性管이 適當하며 每回 測定에는 不透明 石

英管이 適當하다. 또한 表示計器에는 可動線輸型計器와 電子管型自動平衡計器가 있다. 最近에는 디지털을 이용한 것을 使用하는 예도 있다. 이를 그림 3에 表示한다.

<表 1> 熱電對의 使用範圍

熱電對	線徑 mm	常用限度 °C	過熱使用限度 °C
Pt-Rh(13)Pt	0.5	1,400	1,600
	3.2	1,000	1,200
	2.3	900	1,000
Chromelo Alumel	1.6	850	1,050
	1.0	750	950
	0.65	650	850
鐵, Constantan	0.5	650	850
	3.2	600	800
	2.3	550	750
	1.6	500	650
	1.0	450	550
	0.65	400	500
銅, Constantan	0.5	400	500
	1.6	300	350
	1.0	250	300
Constantan	0.65	200	250
	0.5	200	250

<表 2> 浸漬型 熱電溫度計에 使用하는 代表的인 熱電對의 性質

약 호	組 成 (%) (+) (-)	使用限度(°C)		熱起電力 (mV)			(+)(-)判別	補償導線	注 意
		상 용	파 열	1,300°C	1,400 °C	1,500 °C			
P R	Pt-Rh(13) Pt	1,400	1,600	14,582	15,970	17,355	구부러서 경한것이 (+)	흑 피 복	환원성개 스에약함
R H	Pt-Rh(30) Pt-Rh(6)	1,650	1,800	7,890	9,000	10,130		보상도선이 없음銅선가	



그림 3. 浸漬型 熱電溫度計 例

2-3 기타溫度計

熔湯의 溫度測定에는 前述한 2가지 方法이 大部分 實際 利用되고 있으며 以外에 色溫度計, 光電管高溫計 등이 있으나 이는 노전시험으로서는 適當하지 않다. 그러나 輻射高溫計는 最近 現場에서 使用하는 예도 있다.

3. 熔湯成分測定

熔湯중의 각 化学成分은 熔湯의 炉前 試驗으로서 가장 신속하게 그리고 正確하게 알아야할 事項이다. 最近에는 이를 爲하여 각종 機器分析이 개발되어 實用化되고 있으나 일부 分析裝置가 고가이기 때문에 一般 鑄物工場에서는 보유하기 困難하여 一般 습식 化学分析法이나 간단한 機器分析(예: silicon meter) 등을 利用하여 C.E meter를 노전시험법에 使用하고 있다.

또한 간단한 方法으로는 熔湯중의 C, Si, Mn 등의 高低 경향을 알기 위한 試驗法으로 出湯時 熔湯의 불꽃이나 湯面모

양을 보는 것도 있다.

따라서 熔湯의 成分測定에는

- ① 각 成分의 高低 경향을 아는 方法
- ② 化学成分을 신속히 分析하는 方法으로 分類된다.

3-1 불꽃시험(火花試驗)

熔湯이 용선로에서 出湯하는 境遇 出湯 通路 部分이나 또한 레들에 주입될 때 가는 불꽃을 發生하는 境遇가 있다.

이것이 어떤 개스에 의하여 發散되는지 아직 確實하지 않으나 불꽃을 發生 하는 境遇는 C, Si가 낮은 材料가 많다.

C, Si가 많으면 一般적으로 불꽃이 적다.

3-2 湯面模樣

熔湯을 대기중에서 1,400 °C以下로 冷却하면 表面에 接하는 部分에 산화피막을 發生하여 이것이 움직이고 있는 것을 볼 수 있다. 따라서 内部에 酸化되지 않은 湯面이 간격을 통하여 보이고 있다.

湯面模樣에 의하여 熔湯의 C, Si 量이나 溫度 및 酸化程度 등 熔湯의 性状이 判斷되고 있다. 이들 湯面模樣을 크게 分類하면 다음과 같다.

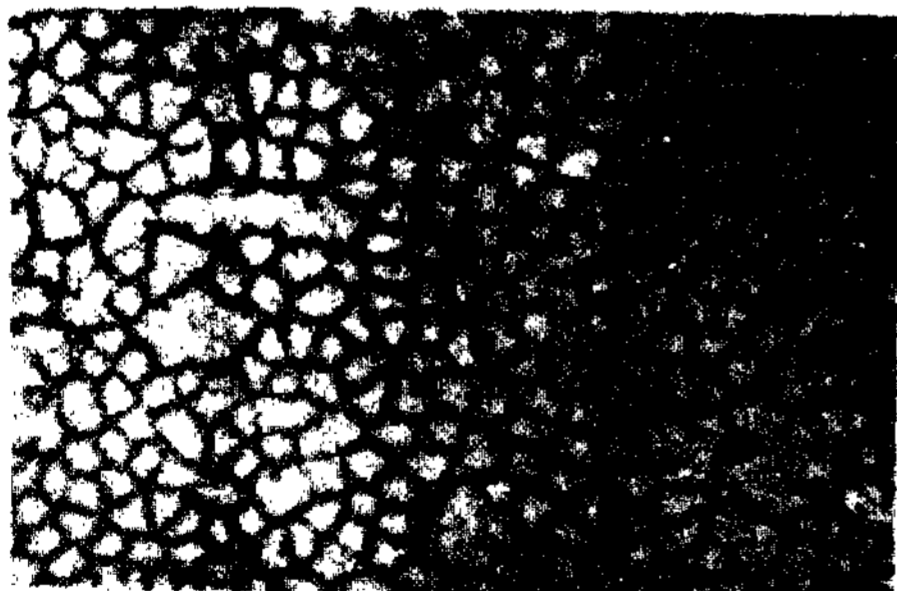
- ① 酸化膜이 두꺼워서 湯面模樣을 나타내지 않은 것
- ② 龜甲模樣을 나타내는 것
- ③ 笹葉模樣을 나타내는 것

熔湯의 溫度가 높으면 酸化는 C가 支配하여 熔湯表面은 CO 가스 등에 의하여 산화막은 나타나지 않으나 溫度가 낮으면 Si 나 Mn이 산화하여 산화막이 생긴다.

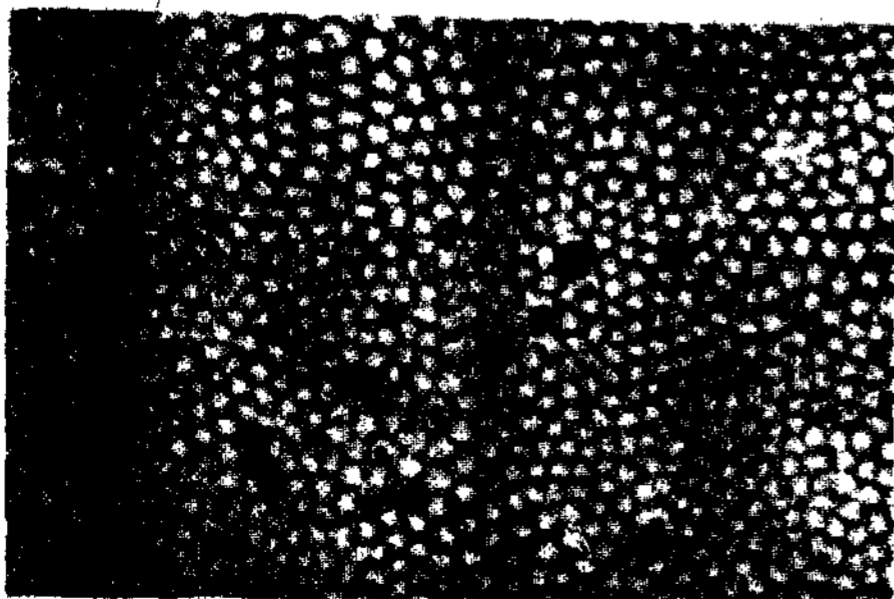
一般的으로 1,350℃ 前後가 가장 되기 쉬우며 1,200℃ 以下에서는 피막이 두껍게 되어 全然 보이지 않는다. 酸化熔湯은 溫度에 관계없이 나타나며 또는 나타난 모양이 分明하지 못하다. 따라서 熔湯의 산화정도 判斷에 使用되기도 한다.

熔湯을 直徑 50 mm, 길이 50 mm의 生型에 鑄込하여 1,300 ~ 1,350℃에서 判定하는 方法도 있다.

熔湯의 湯面模樣의 代表的인 4 가지 種類를 그림 4에 表示한다.



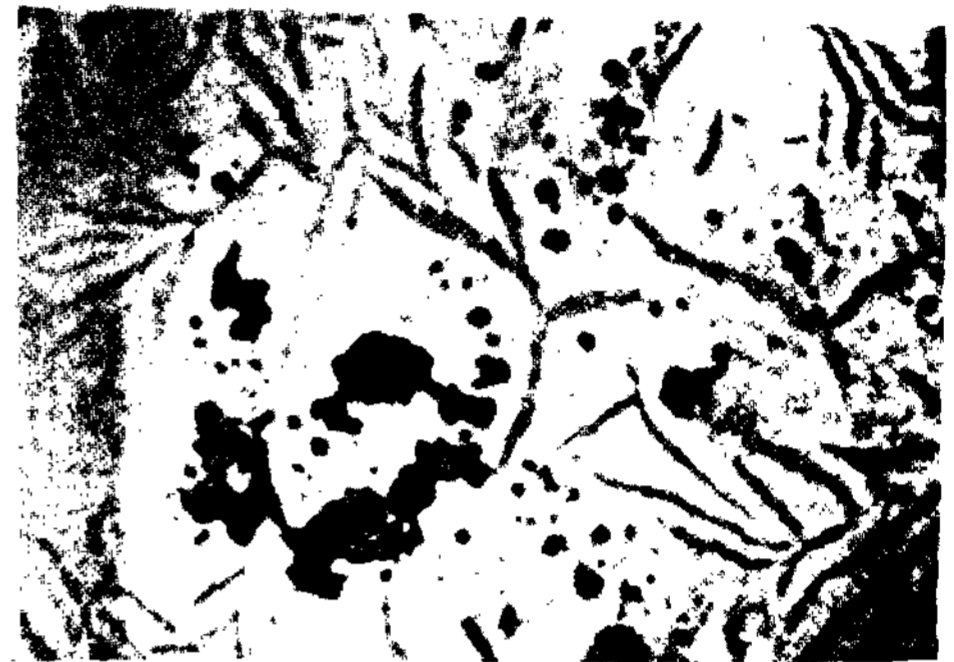
(a) 龜甲型大



(b) 龜甲型小



(c) 笹葉型大



(d) 笹葉型小

그림 4. 代表的인 湯面模樣의 狀態圖

3-3 C.E.meter (熱分析法)

C.E.meter는 熔湯의 熱分析에 依하여 얻어지는 冷却曲線으로 부터 初晶溫度를 구하여 미리 作成된 檢量線과 대비 하여 熔湯의 炭素當量(C.E)를 測定하는 計器이다. 測定裝置는 熔湯保持鑄型과 自動記錄裝置를 갖춘 熱電溫度計도 되어 있다.

미리 熱電對를 挿入한 鑄型에 熔湯을 鑄込하여 冷却曲線을 自記記錄되는 간단한 操作으로 1回測定이 된다.

熱電溫度計의 熱電對에는 PR線 또는 CA線이 使用되며 CA線은 測定溫度가 높아서 熱接点部의 반복사용이 困難하다.

熱分析을 하면 그림 5에 表示한 바와같은 冷却曲線이 記錄된다. 이것으로 부터 初晶溫度를 구하여 C.E값을 알 수가 있다.

예를들면 亞共晶鑄鐵에 있어서 C.E. meter에 의하여 얻은 CE값과 化学分析에 의하여 얻은 CE값을 대비하면 그림 6과 같으며 標準偏差는 0.044% 정도로서 兩者는 잘 일치하여 이 測定法の 정도가 좋은 것을 알 수 있다.

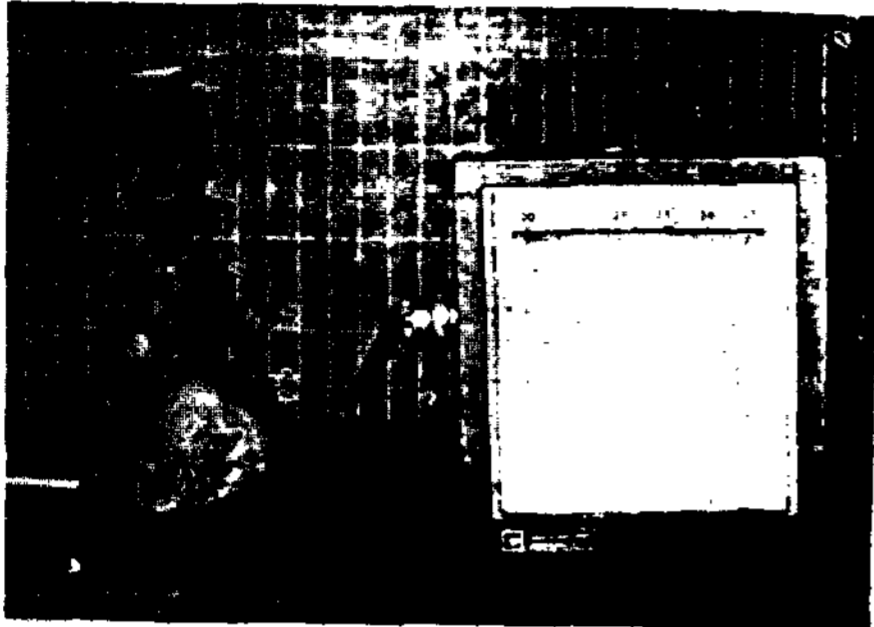
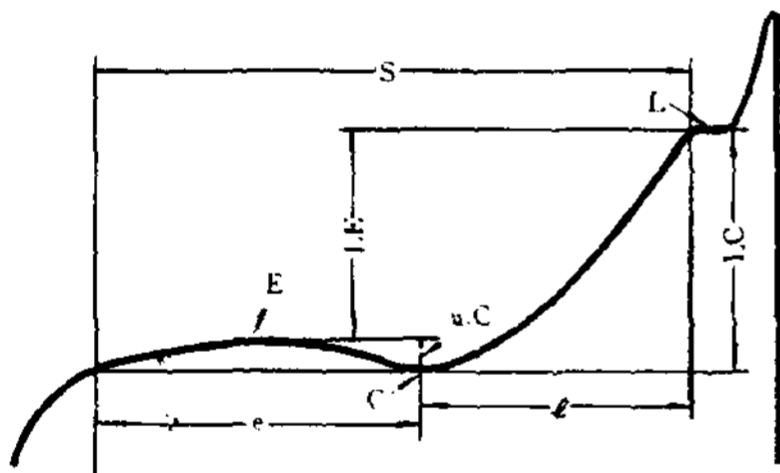


그림 5. C.E. meter의 예



1. 初晶温度 : L
2. 共晶凝固温度 : E
3. 液相線凝固温度巾 : LC
4. 初晶・共晶温度差 : LE
5. 液相線凝固時間 : l
6. 共晶凝固時間 : e
7. 全凝固時間 : S
8. 液相線温度勾配 : $\tan\theta = LC/l$
9. 液相線凝固時間比 : l/e
10. 過冷度 : $uc = E - C$
11. 過冷點 : C

그림 6. 冷却曲線의 各解析點

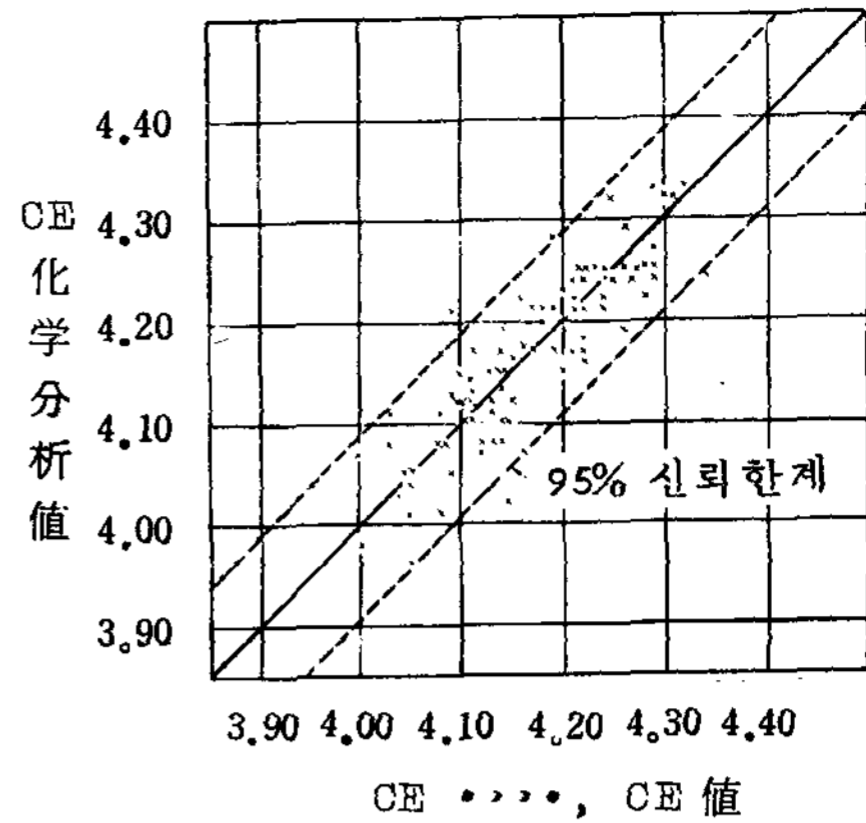


그림 7. C.E. meter에 의한 회주철의 CE값 測定例

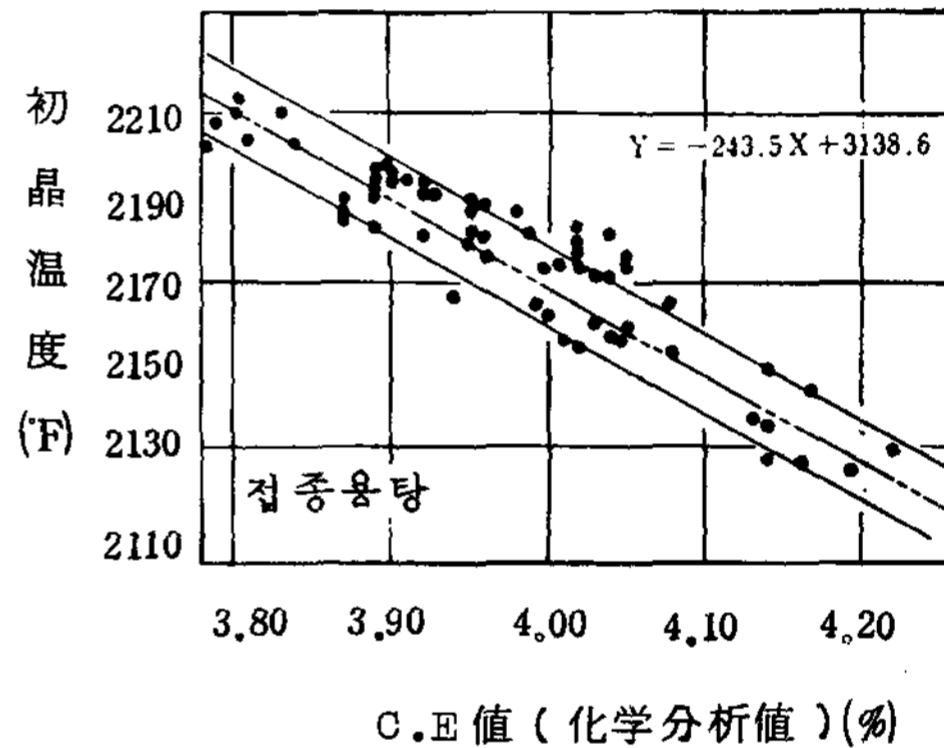


그림 8. C.E. meter의 초정温度 L와 CE값의 關係

한편 過共晶鑄鐵에서는 冷却線상에 初晶屈曲點이 보이기 어렵기 때문에 이 計器로서 測定은 適用되지 않는다.

그러나 最近에는 熔湯을 받는 鑄型의 内面에 테리리움 化合物을 도포하여 熔湯을 自鐵으로서 凝固하여 初晶의 停點을 구하는 方法도 實用化하여 球狀黑鉛鑄鐵의 元湯成分測定에도 이 計器를 使用할 수 있다.

이와같이 C.E. meter는 超晶温度에 의하여 熔湯의 C.E.값을 測定하는 것이 主이나 그림 6에 表示한 바와 같이 初晶温度 以下에서도 共晶温度, 過冷温度, 共晶凝

固範 등 여러가지 特性값을 알 수 있다.

이들 값도 熔湯의 性状과 米모한 관련을 갖고 있음을 최근의 研究結果에 依하여 알려지고 있다.

예를들면 過冷溫度와 共晶溫度는 熔湯의 chilling) 깊이와 관련이 있으며 한편 熔湯處理, 熔解法의 상위등에 依하여 熔湯 性상의 變化에 대비할 수가 있음을 알 수 있다. 한편 C.E.meter는 初晶溫度 에 依하여 C.E測定 以外에 熱分析 曲線 을 자세히 觀察하면 熔湯管理用 計器로서 有效하게 될 수 있을 것으로 推定한다.

表 3은 재질별로 조정溫度, 初晶・共晶溫度差 LE, 炭素포화도 SC (Saturated carbon) 및 인장강도와의 關係를 나타낸다.

따라서 C.E.meter의 初晶溫度에 依하여 炭素포화도 및 인장강도 推定이 可能하다. 또한 炭素포화도와 炭素 및 규소 (및 인)의 關係를 그림 9에 表示한다.

炭素當量 CE값과 炭素포화도 SC 값이 實用化되고 있으며 CE = 4.3일때는 共晶, 4.3以下는 亞共晶, 4.3以上은 過共晶 이 며 또한 SC = 1일 때 共晶, 1以下이면 亞共晶, 1以上이면 過共晶을 나타낸다.

그러므로 CE 및 SC가 成分에 따른 關係式은 다음과 같다.

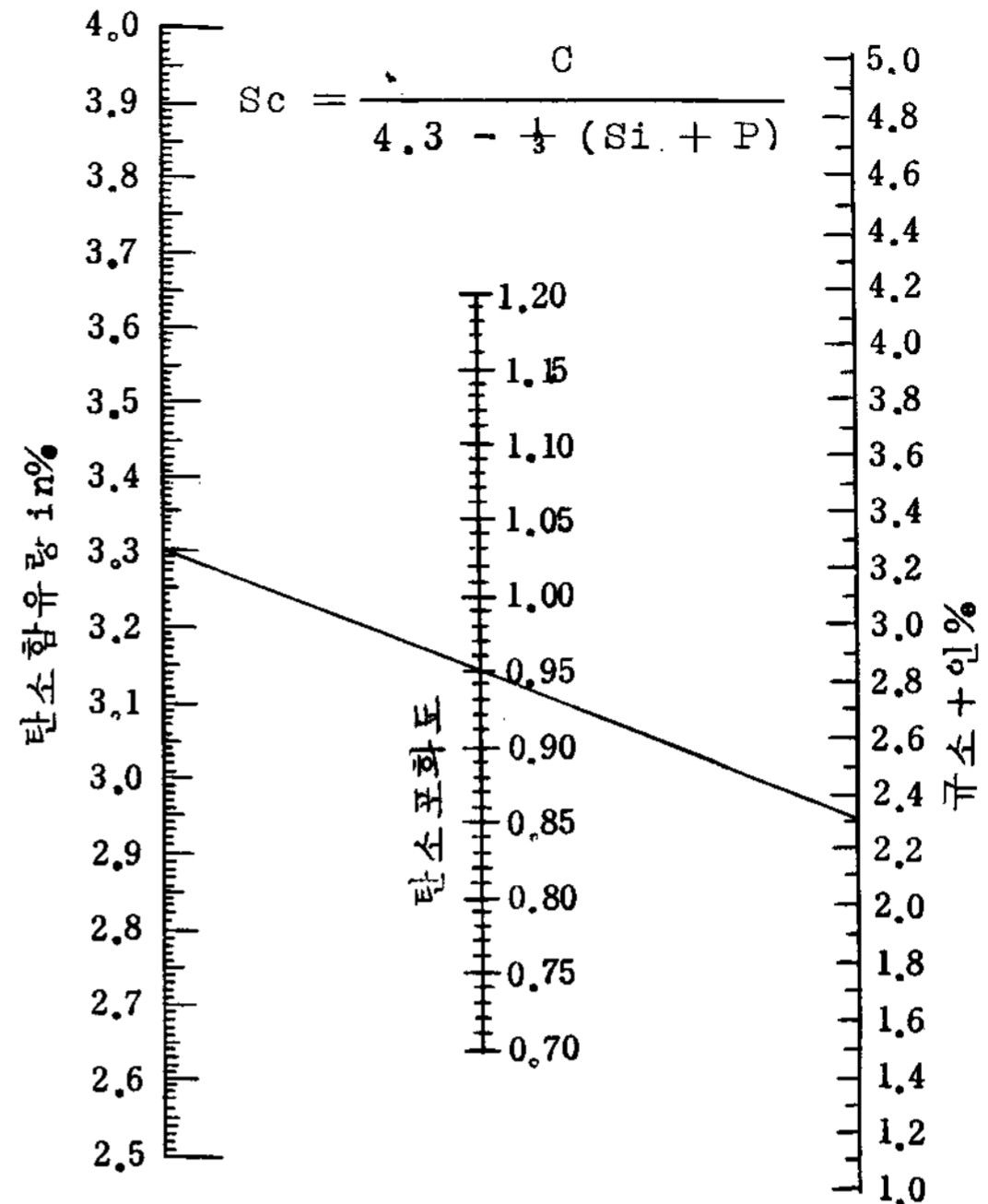
$$CE = TC \% + \frac{1}{2} (Si \% + P \%)$$

$$SC = \frac{TC \%}{4.3 \% - \frac{1}{2} (Si + P)}$$

$$= \frac{TC \%}{4.3 \% - CE + TC \%}$$

따라서 CE와 SC의 關係는 다음과 같다.

$$CE = 4.3 + T.C \% \left(1 - \frac{1}{SC} \right)$$



예 : 3.3% C : 2.1% Si : 0.4% P

$$Sc = 0.95$$

3-4 Si meter (熱起電力法)

一般으로 鑄鐵의 熱起電力은 규소含有量의 增加에 따라 크게 된다. 따라서 미 리 化學分析에 依하여 규소함유량을 구한 시료에 대하여 규소의 含有量과 熱起電力 과의 關係를 조사한 檢量線을 구하여 이 檢量線에 依하여 규소함유량을 測定하는 裝置이다.

이는 규소 신속分析裝置로서 溫度差 (一般으로 100℃)를 갖인 銅製電極과 溫度 조절裝置 및 微少直流電圧計로 構成되어 있다.

熱起電力은 一對의 電極과 試料로서 構成된 熱電對의 起電力으로 구한다.

이는 니크롬線으로 加熱된 電極을 棒狀

<表3> 各 材質別 初晶温度 및 S C 關係

GC 20				GC 25				GC 30				GC 35			
LT (°C)	LT-ST (°C)	SC	$\delta\beta$ (KP/mm ²)	LT (°C)	LT-ST (°C)	SC	$\delta\beta$ (KP/mm ²)	LT (°C)	LT-ST (°C)	SC	$\delta\beta$ (KP/mm ²)	LT (°C)	LT-ST (°C)	SC	$\delta\beta$ (KP/mm ²)
1150	12	1.02	20.1	1169	37	0.96	25.2	1189	62	0.90	30.2	1208	86	0.85	35.1
1151	13	1.02	20.3	1170	38	0.96	25.4	1190	63	0.90	30.4	1208	87	0.84	35.3
1152	14	1.01	20.5	1171	39	0.96	25.6	1191	64	0.90	30.6	1209	88	0.84	35.5
1152	15	1.01	20.7	1172	40	0.95	25.8	1191	65	0.90	30.8	1210	89	0.84	35.7
1153	16	1.01	20.9	1173	41	0.95	26.0	1192	66	0.89	31.0	1211	90	0.84	35.9
1154	17	1.01	21.1	1173	42	0.95	26.2	1193	67	0.89	31.2	1212	91	0.84	36.1
1154	18	1.00	21.3	1174	43	0.95	26.4	1194	68	0.89	31.4	1212	92	0.83	36.3
1155	19	1.00	21.5	1175	44	0.94	26.6	1194	69	0.89	31.6	1213	93	0.83	36.5
1156	20	1.00	21.7	1176	45	0.94	26.8	1195	70	0.88	31.8	1214	94	0.83	36.7
1157	21	1.00	21.9	1176	46	0.94	27.0	1196	71	0.88	32.0	1215	95	0.83	36.9
1158	22	0.99	22.1	1177	47	0.94	27.2	1197	72	0.88	32.2	1215	96	0.82	37.1
1159	23	0.99	22.3	1178	48	0.93	27.4	1198	73	0.88	32.4	1216	97	0.82	37.3
1159	24	0.99	22.5	1179	49	0.93	27.6	1198	74	0.87	32.6	1217	98	0.82	37.5
1160	25	0.99	22.7	1180	50	0.93	27.8	1199	75	0.87	32.8	1218	99	0.82	37.7
1161	26	0.99	22.9	1180	51	0.93	28.0	1200	76	0.87	33.0	1219	100	0.81	37.9
1162	27	0.98	23.1	1181	52	0.93	28.2	1201	77	0.87	33.2				
1162	28	0.98	23.3	1182	53	0.92	28.4	1201	78	0.87	33.4				
1163	29	0.98	23.6	1183	54	0.92	28.6	1202	79	0.86	33.6				
1164	30	0.98	23.8	1183	55	0.92	28.8	1203	80	0.86	33.8				
1165	31	0.97	24.0	1184	56	0.92	29.0	1204	81	0.86	34.1				
1166	32	0.97	24.2	1185	57	0.91	29.2	1205	82	0.86	34.3				
1166	33	0.97	24.4	1186	58	0.91	29.4	1205	83	0.85	34.5				
1167	34	0.97	24.6	1187	59	0.91	29.6	1206	84	0.85	34.7				
1168	35	0.96	24.8	1187	60	0.91	29.8	1207	85	0.85	34.9				
1169	36	0.96	25.0	1188	61	0.90	30.0								

註)

LT = Liquidus Temperatur

ST = Solidus Temperatur

LT - ST = 凝固区間

1°C(LT) = 0.0029SC

1°C(LT-ST) = 0.0023SC

試料의 연마面에 接觸하는 方法과 溫度가 다른 2種類의 유체를 각각 다른 銅管中에 보내면서 切粉을 銅管 사이에 넣는 方法이다 (그림 10 參照)

試料를 採取하는 경우 조직要素가 熱起電力에 影響을 미치므로 高炭素, 高硅素鑄鐵에서는 砂型에 鑄込한 灰鑄鐵로서 試料를 採取하는 것이 좋고 炭素量이 2.5% 以下の 경우에는 白銑試料로서 하는 것이 좋다. 특히 班銑組織이 發生하면 測定값이 커서 變化에 주의를 해야 한다.

또한 切粉의 試料를 使用하는 경우는 65 mesh 정도로 粒度를 만드는 것이 必要하다. 한편 규소 以外에 熱起 電力에 크게 影響을 미치는 元素는 Mn이 있다.

특히 유황이 적은 鑄鐵의 경우는 Mn 량에 의하여 熱起電力이 대단히 變化되므로 보정할 必要가 있다. 測定에 있어서 규소의 局部的偏析이나 組織의 變化 등을 고려하여 可能하면 廣範圍하게 測定하여 平均값을 구하여야 한다.

熱起電力測定에 의하여 규소分析에 要하는 分析時間 및 分析精度를 다른 규소分析法과 比較하면 표 4 와 같다.

從來 炉前에서 熔湯의 成分管理를 하는 경우 장시간을 요하나 이 計器를 利用하면 신속히 성분관리가 可能하다.

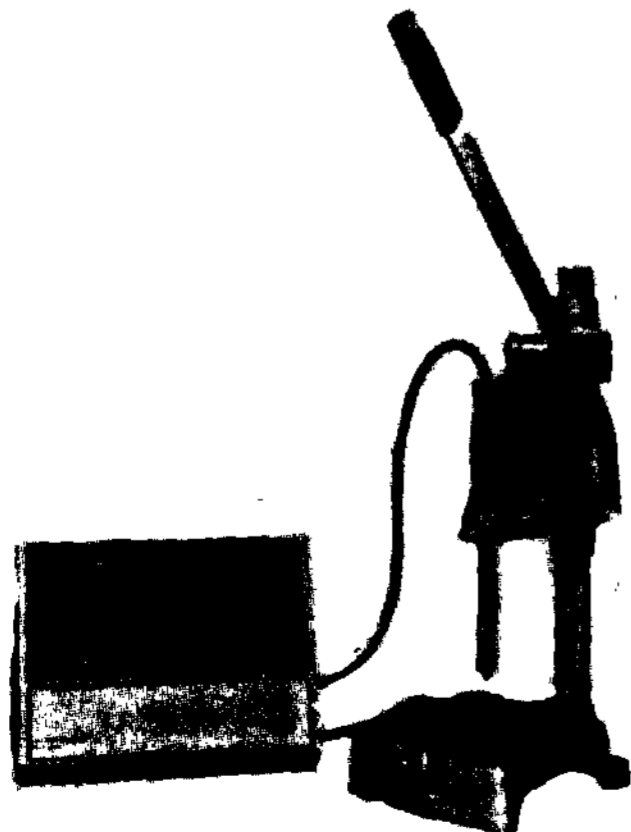


그림 10. Si meter의 예

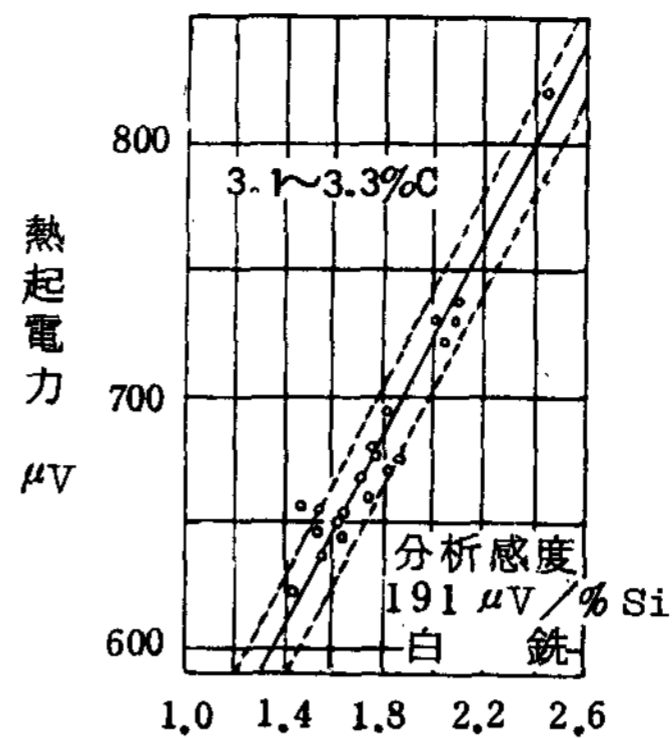


그림 11. 규소함유량과 熱起電力과의 關係

<表 4> 규소分析에 있어서 分析時間 및 分析精度

分析方法	鑄鐵의種類	成分範圍 %	分析時間 min	分析精度 %
重量法		1~3	17~20	0.04
容量法		1~3	約 20	0.1
熱起電力測定法	可鍛鑄鐵	0.9~1.4	3	0.04
	普通鑄鐵	1.1~2.1	3	0.07

2-5 光電測光法에 의한 發光分光分析法

多元素를 동시에 定量分析하는 경우에 有効한 方法이다. 試料中の 原子를 高電圧으로 勵起하여 勵起한 원자가 정상狀態로 될 때 나타내는 빛을 測定하는 方法이다.

이 方法에 의한 使用하는 裝置는 發光裝置, 分光器, 測光裝置도 되어 있으며 發光裝置에서 얻은 高電圧을 試料에 주어서 發生하는 빛을 分光器로 각 파장의 빛에 分散하여 測光裝置로서 必要한 原子 빛의 強度를 測定한다.

이 方法은 저농도의 分析에 適合하며 또한 分光器를 眞空으로 하므로 C, P, S 의 分析이 可能하다. 約 10 元素를 1分

30 초로서 測定이 可能하다. 그러나 이 裝置는 高價이며 恒溫恒濕室이 要求되므로 大工場에서만 노전시험으로 利用될 수 있다.

2-6 螢光 X線分析法

光電測光法에 의한 螢光分光分析法과 같이 多元素를 同時에 定量分析하는 경우에 有效한 方法이다.

螢光分光分析法과 다른 點은 高濃度の 分析에 適合한 것으로 定量하는 元素가 다른 元素의 影響을 받기가 困難한것, 원자번호 11(Na) 以下の 元素分析이 困難한 것이다. 이 分析原理는 X-線관구로 부터 發生하는 강력한 1次 X선을 試料로 照射하며 함유元素는 勵起하는 元素 特有의 X線을 發生한다. 이 X線을 分光室에 보내어 強度를 測定함에 의하여 含有量을 구한다.

2-7 炭素迅速分析法

炭素分析法으로는 燃燒法이 가장 많이 使用된다. 이 方法은 試料를 酸素氣流中에서 燃소하여 發生하는 炭酸가스량을 測定하여 炭素分析을 하는 方法이다. 이 炭酸가스를 測定하는 方法에 따라 흔히 重量法, 容量法, 中和適定法, 電氣電導度法, 電量測定法등으로 分類하며 이중 容量法, 電量測定法이 迅速分析法으로 주로 利用된다.

燃燒容量法은 比較的 간단한 裝置와 단순한 조작에 의하여 대단한 精度를 가진 定量이 可能하여 現場에서 分析法으로 지금까지 보급되었으며 最近 加熱 燃燒裝置로서 高周波 유도토에 의한 急速加熱, 高溫을 얻기 위한 高周波 燃燒裝置의 發達에 의하여 分析時間이 大幅 단축되었다.

燃燒電量測定法은 炭素의 燃소에 의하여 생긴 炭酸가스를 일정의 pH에 설정된 過塩素酸바륨吸收液에 흡수하여 여기에

하여 變化된 pH값이 기본 pH값이 될 때까지 電氣分解를 하여 이 電氣分解에 要하는 電氣量을 측정하여 Faraday 法則에 따라 炭素의 定量을 하는 方法이다.

이는 完全自動化한 裝置가 시판되어 간단한 조작으로서 신속성과 精度가 높아 最近 많이 보급되고 있다.

表 5 는 炭素分析에 있어서 容量法과 電量測定法에 의한 分析時間과 精度를 表示한다.

以外에 自動定量裝置로서는 흡수액의 電氣傳導度の 變化測定에 의하여 定量한다.

電導度式 分析裝置도 利用되며 氣體元素의 열전도도가 다른 것을 利用하여 CO₂와 熱傳導度の 차가 큰 기체(Ar, He 등)을 대상개스로서 使用하여 熱傳導度 검출기로서 CO₂을 分析하는 熱傳導度 測定法도 있다.

<表 5> 炭素分析에 의한 分析時間 및 分析精度

分析 方法	成分範圍 %	分析時間 min	分析精度 %
燃燒개스容量法	2 ~ 4	7 ~ 8	0.05
燃燒電量測定法	2 ~ 4	3 ~ 4	0.04

4. 칠시험

칠시험(chill test)은 炉前試驗의 代表적인 것으로 조작이 간단하며 比較的 信賴性이 높고 一定의 시험편조건에 주입하여 ① 주입하는 製品의 두께와 칠發生의 關係 ② 熔湯의 C, Si %, ③ 白銑化元素의 混入 ④ 용선로 노환등의 判定 ⑤ 接種의 有無 및 기타 效果등을 신속히 알 수 있는 方法이다.

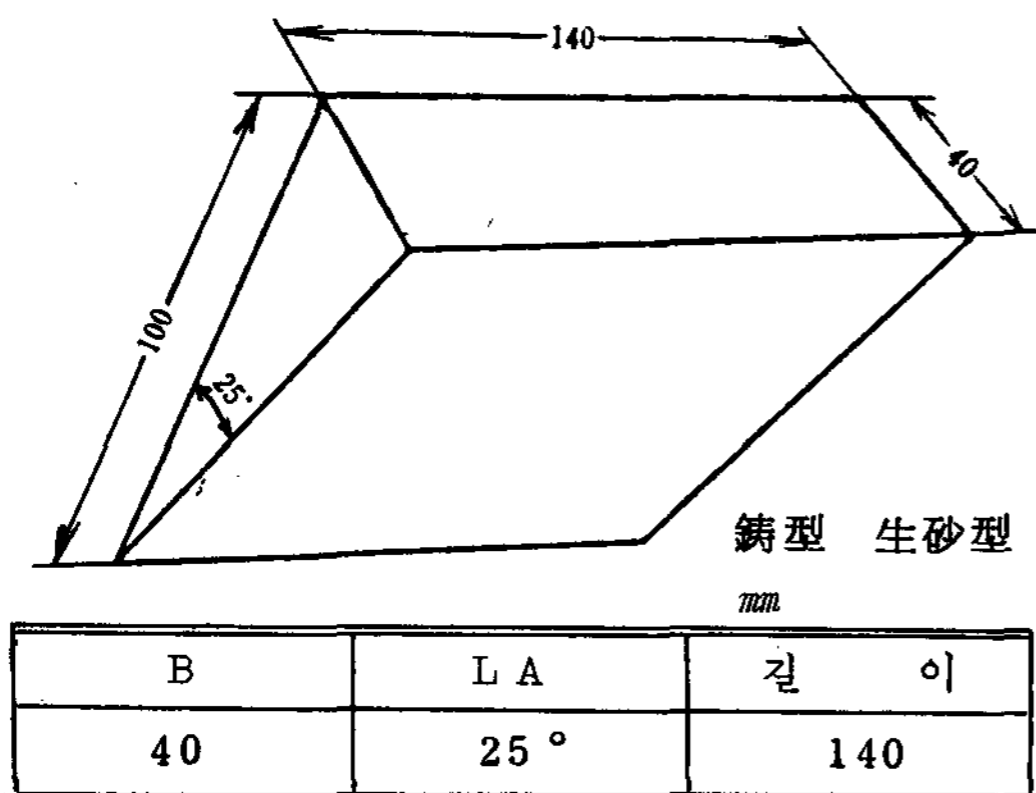
4-1 楔型試驗

이 方法은 日本鑄物協會(NIK)法, 日本學術振興會法 ASTM法, 미하나이트법 등이 廣

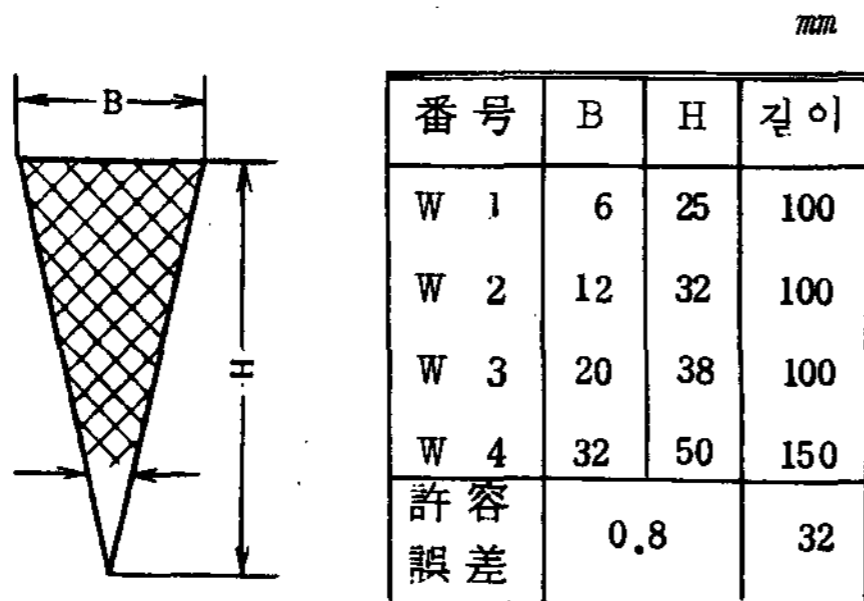
範圍하게 使用되고 있으며 여기서는 試驗 偏의 種類나 鑄型에 대하여 기술하고자 한다.

楔型試驗法の 鑄수에 대해서는 一般적으로 使用하고 있는 미국 ASTM法, 日本學術振興會法, 미하나이트法 및 日本鑄物協會 (NIK)法 등에 대하여 그림 12에 表示한다.

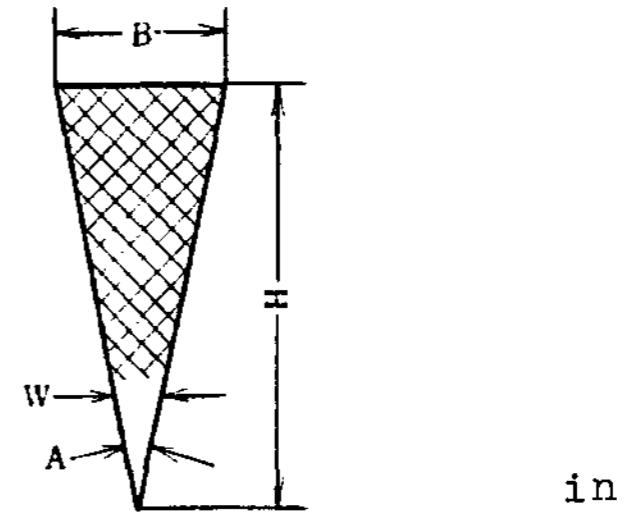
鑄型은 주로 CO₂型, 油砂型, 自硬性型, Shell型 등이며 生型의 경우는 粒度를 規定하여 使用하는 경우도 있다. 어느 경우던지 鑄型條件은 가능한 均一한 것을 選擇하여야 하며 鑄込溫度, 鑄込方法 등도 標準化함이 重要하다. 또한 鑄込方法으로는 세워서 하는 경우와 옆으로 하는 경우가 있다. 이를 그림 13에 表示한다.



(a) 日本學術振興會法

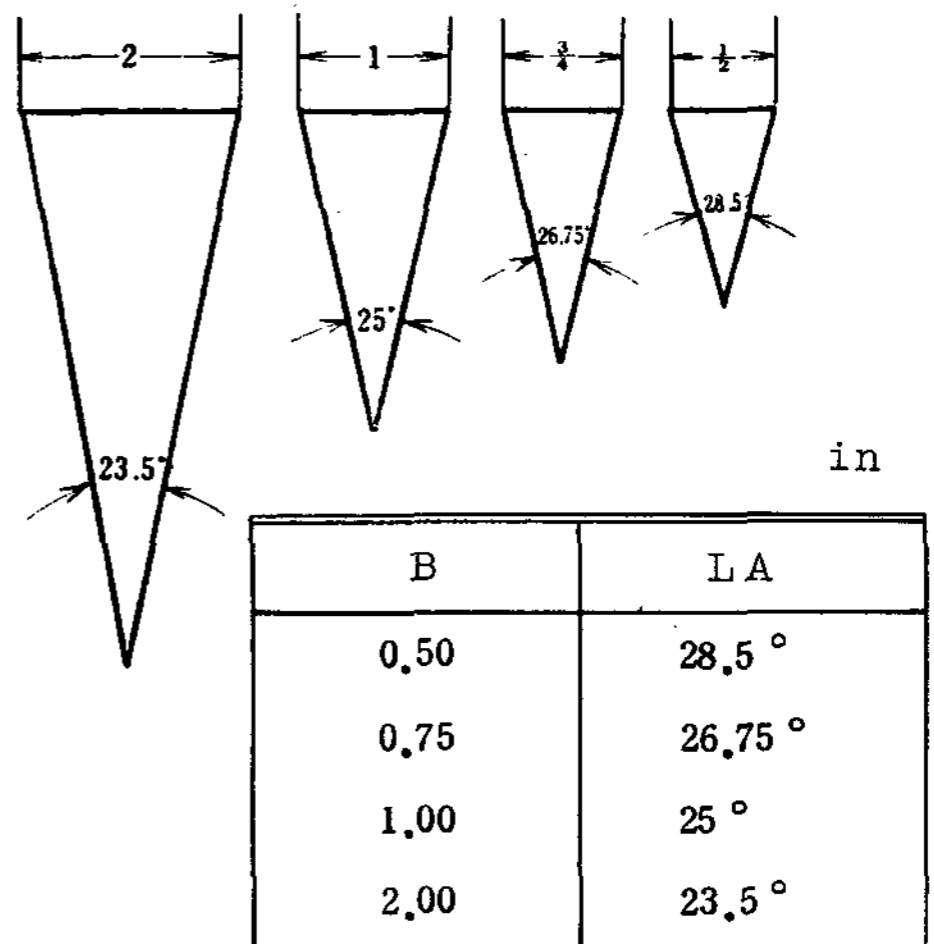


(b) N I K 法



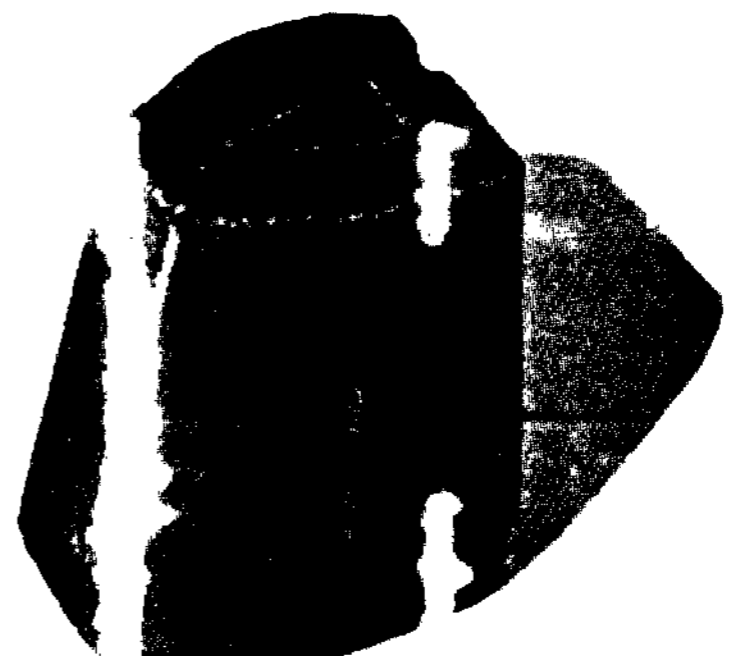
番号	B	H	LA	길이
W 1	0.20	1.00	11.5°	4
W 2	0.40	1.25	18°	4
W 3	0.75	1.50	28°	4
W 3 ½	1.00	1.75	32°	5
W 4	1.25	2.00	34.5°	6

(c) A S T M 法



(d) 미하나이트法

그림 12. 各種 楔型試驗片의 鑄수



(a) 油中子 세워서 鑄込

4-2 強制板 chilling 試驗

이 방법은 中物, 小物에서 材質이 軟한 鑄鐵의 試驗에 利用한다.

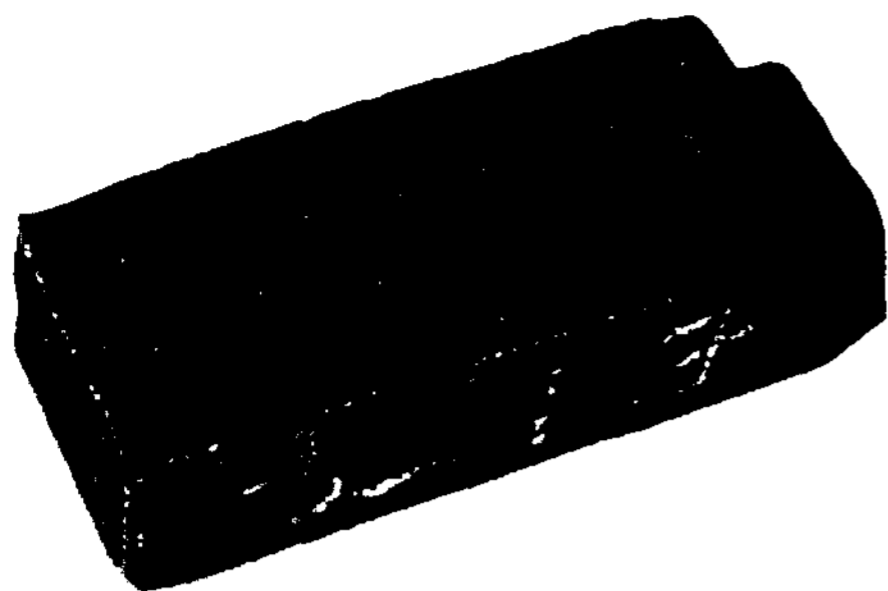
楔型과 다른 시험편의 두께를 일정하게 하고 한쪽을 chilling 板에 接觸시켜 鑄込을 하며 鑄型이 적고 冷却速度가 빨라서 결과를 신속히 알 수 있어서 便利하다.

Chill 板은 鑄鐵, 鋼, 銅, 黑鉛등이 使用되나 鑄鐵製内部에 冷却用 물의 순환파이프를 갖은 것이 便利하다.

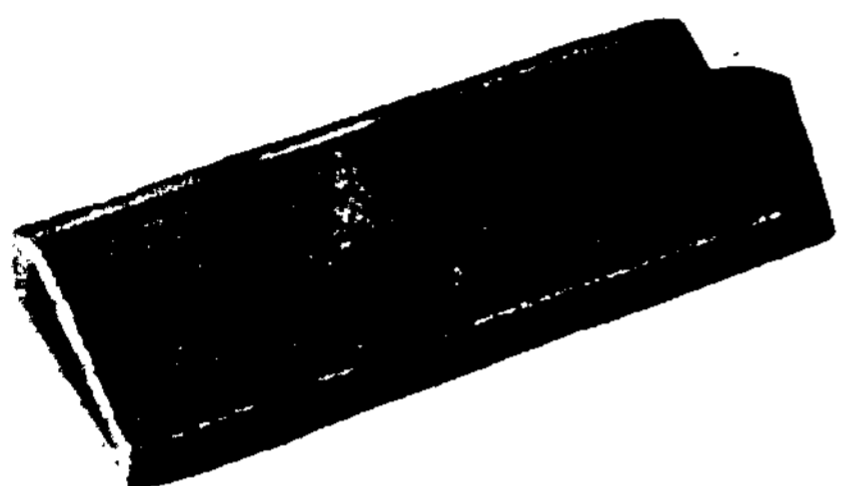
冷却水를 使用하지 않은 chill 板의 溫度가 250 °C보다 높지 않도록 주의를 하여야 한다. 一般的으로 使用하는 ASTM 法과 NIK 法을 그림 14에 表示한다.

CE 값과 楔型 및 強制板 Chill에 대한 Chill 깊이의 關係를 그림 15에 表示하며 이경우 鑄込溫度의 폭은 50 °C 以内로 하며 1300 ~ 1350 °C가 적당하다.

또한 Chill 깊이와 인장강도 및 경도와 의 關係를 그림 16 및 그림 17에 나타낸다.

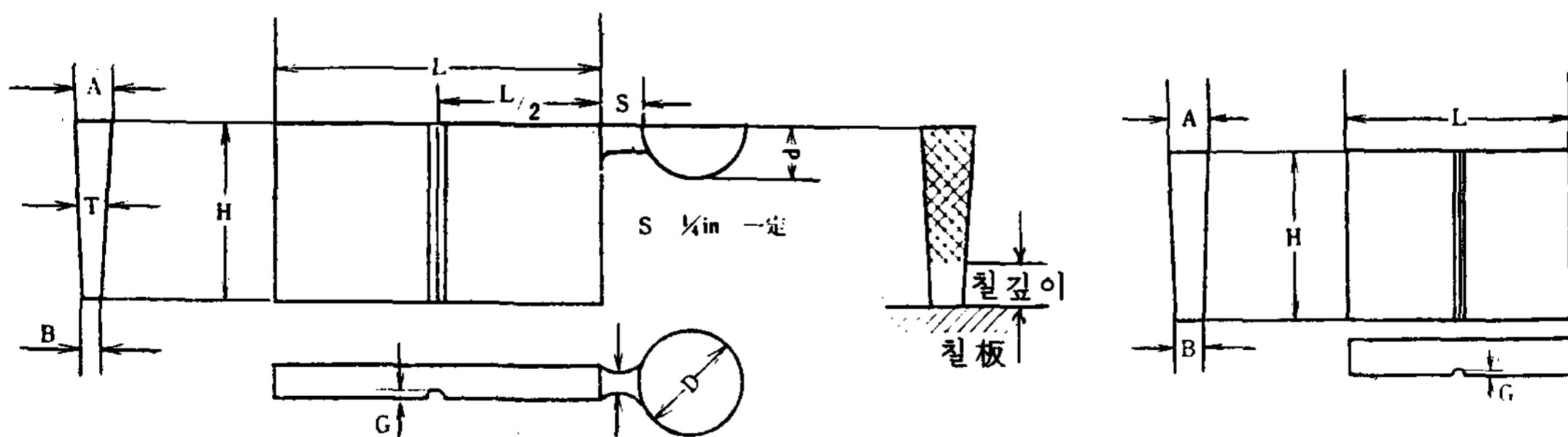


(b) 油中子 平鑄込



(c) 색형 세워서 鑄込

그림 13. 楔型 chilling 試驗편의 各種 鑄型



番号	T	A	B	H	L	D	d	G	chilling 板 測定範圍 1/32
1 C	3/16	1/4	1/8	1 1/4	2 1/2	3/4	1/2	1/32	3-12
2 C	1/4	5/16	3/16	1 1/2	3	7/8	1/2	1/32	4-16
3 C	3/8	7/16	5/16	1 3/4	3 1/2	7/8	1/2	1/16	6-24
4 C	1/2	9/16	7/16	2	4	1	5/8	1/16	8-32
5 C	3/4	13/16	11/16	2 1/2	5	1	5/8	3/32	12-48

(a) ASTM 法

呼称	A	B	H	L	G
1 C	6.5	3.5	40	52	0.8
2 C	8.0	5.0	40	52	0.8
3 C	11.0	8.0	40	52	1.0
4 C	13.0	10.0	40	52	1.0

(b) NIK 法

그림 14. 각종 chilling 板 시험편의 치수

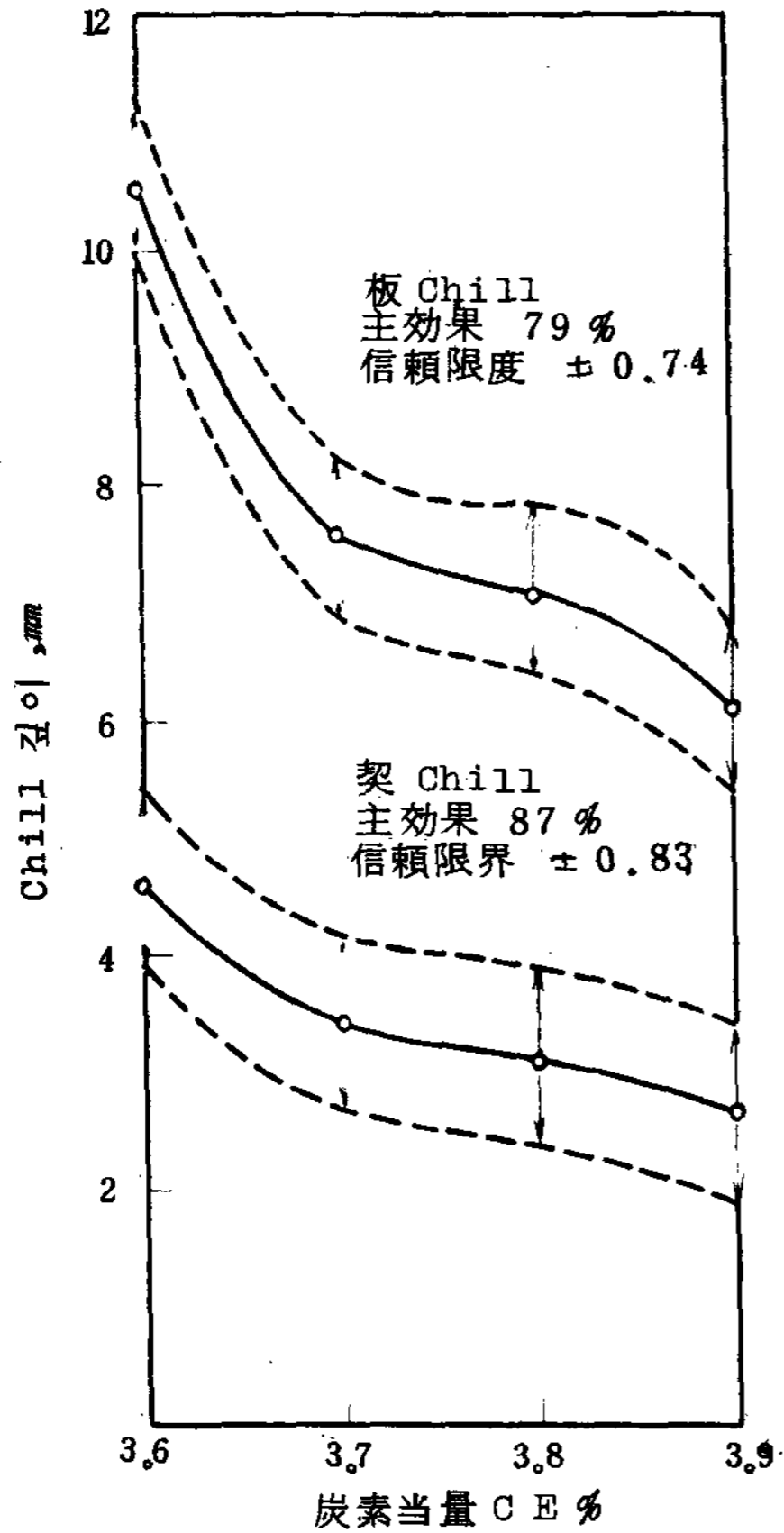


그림 15. Chill 깊이의 炭素当量關係

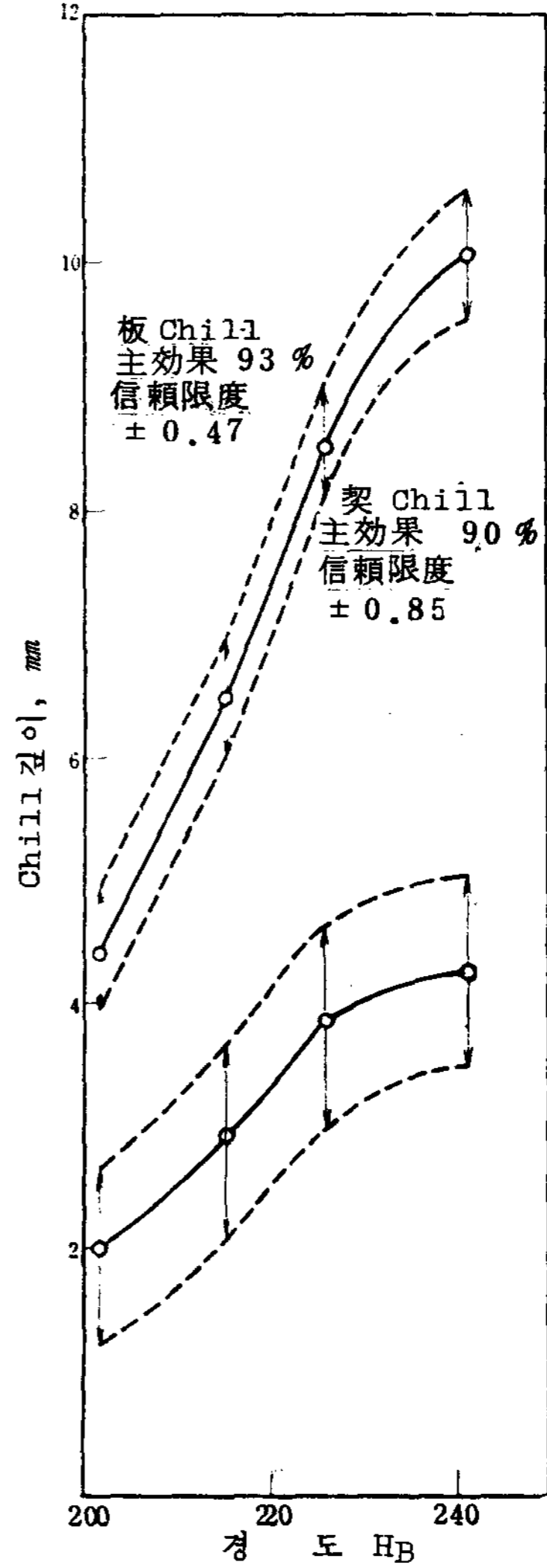


그림 17. Chill 깊이의 경도관계

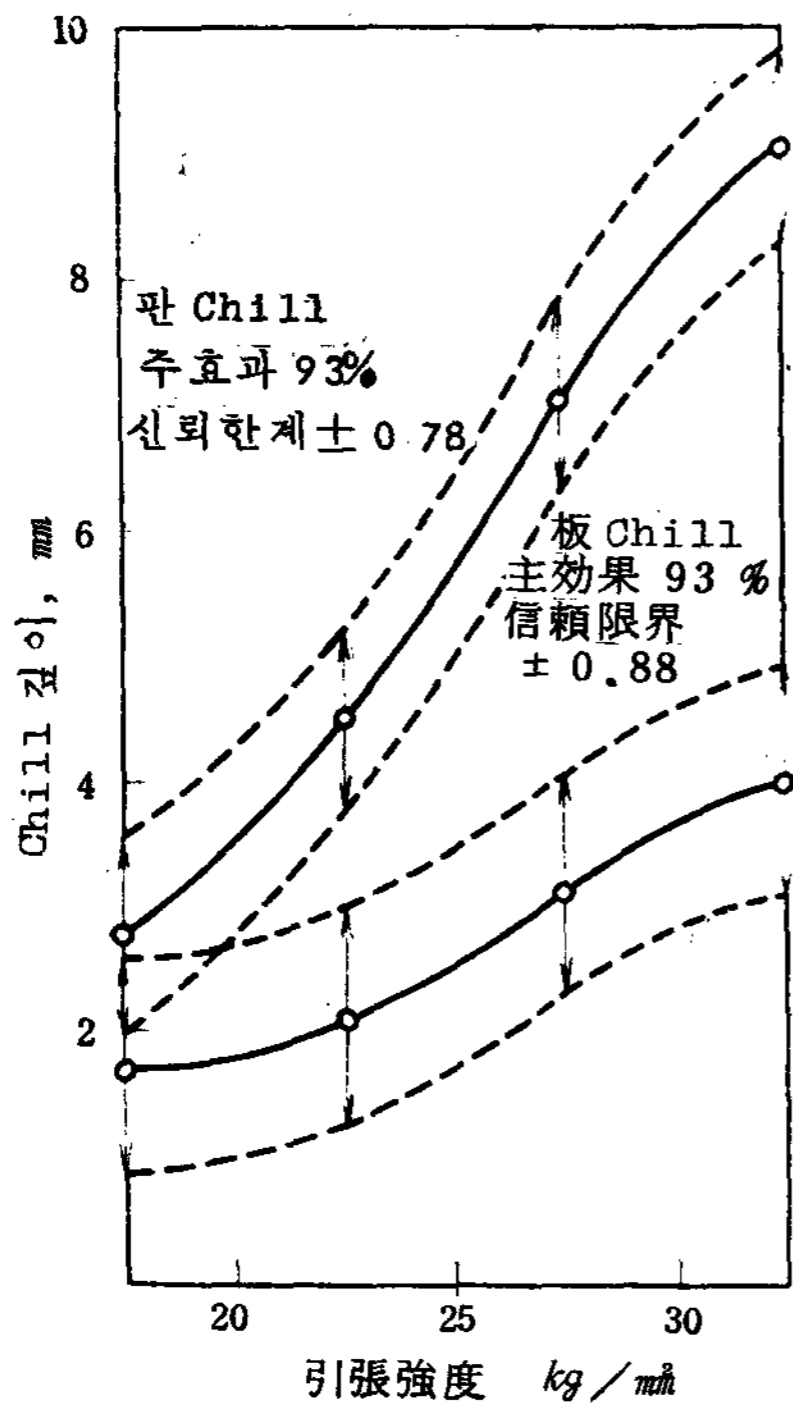


그림 16. Chill 깊이의 인장강도관계

4-3 円筒金型試驗

日本鑄物協會에서 採用한 方法으로서 원통금형에 熔湯을 鑄込하여 외주로부터 急冷하여 外周部에 생긴 Chill部의 깊이와 鑄湯後 凝固될 때까지 시험편 頭部の 狀況觀察에 의한 方法으로서 반복사용하면 金型이 소착되어 鑄込한 시험편이 나오지 않으며 使用하는 熔湯이 많은 경우가 있다. 그러나, 鑄湯後 凝固中 試料 頭部の 現象에서 어느정도 判정되는 점은 편리하다.

그림 18은 시험편 칫수와 分類番号 狀態圖이며 그림 19는 두부형상의 類別과 炭素当量과의 關係를 表示한다.

그림 20은 頭部形状과 Chill 깊이를 나타내며 그림 21는 頭部形状과 경도와의關係를 나타낸다.

4-4 截面試驗

두께가 서로 다른 截面시험편을 利用하여 各種 두께의 끝부분으로부터 Chill을 측정하는 方法으로서 試수의 예를 그림 22에 나타낸다.

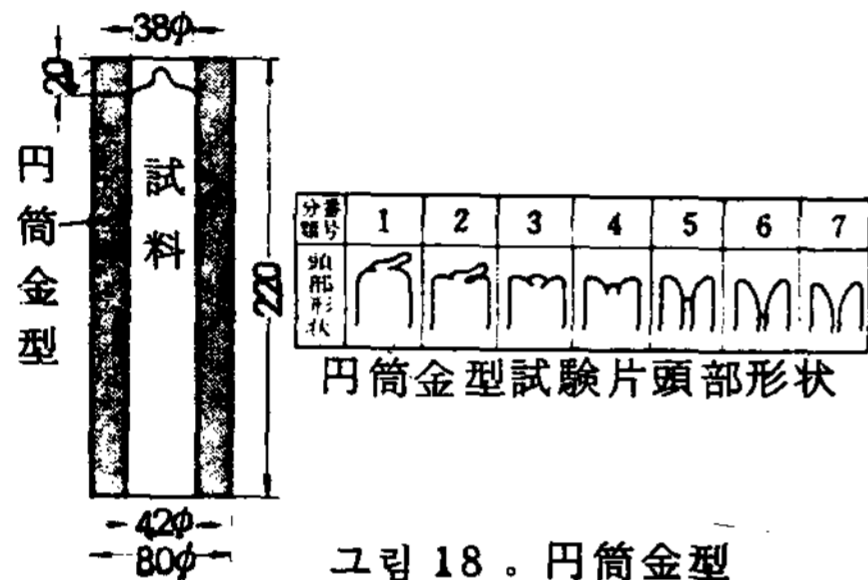


그림 18. 円筒金型

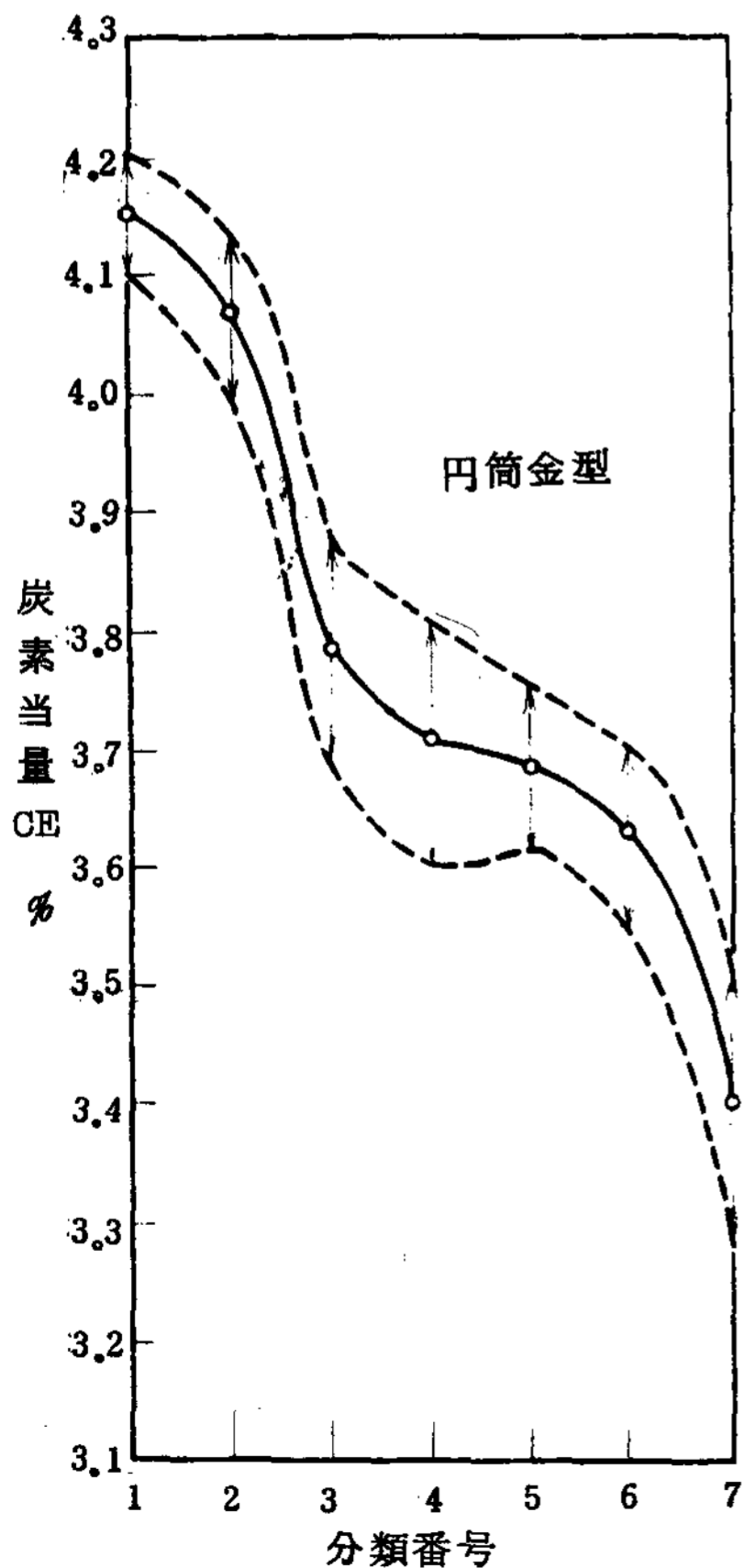


그림 19. 두부형상과 CE 關係

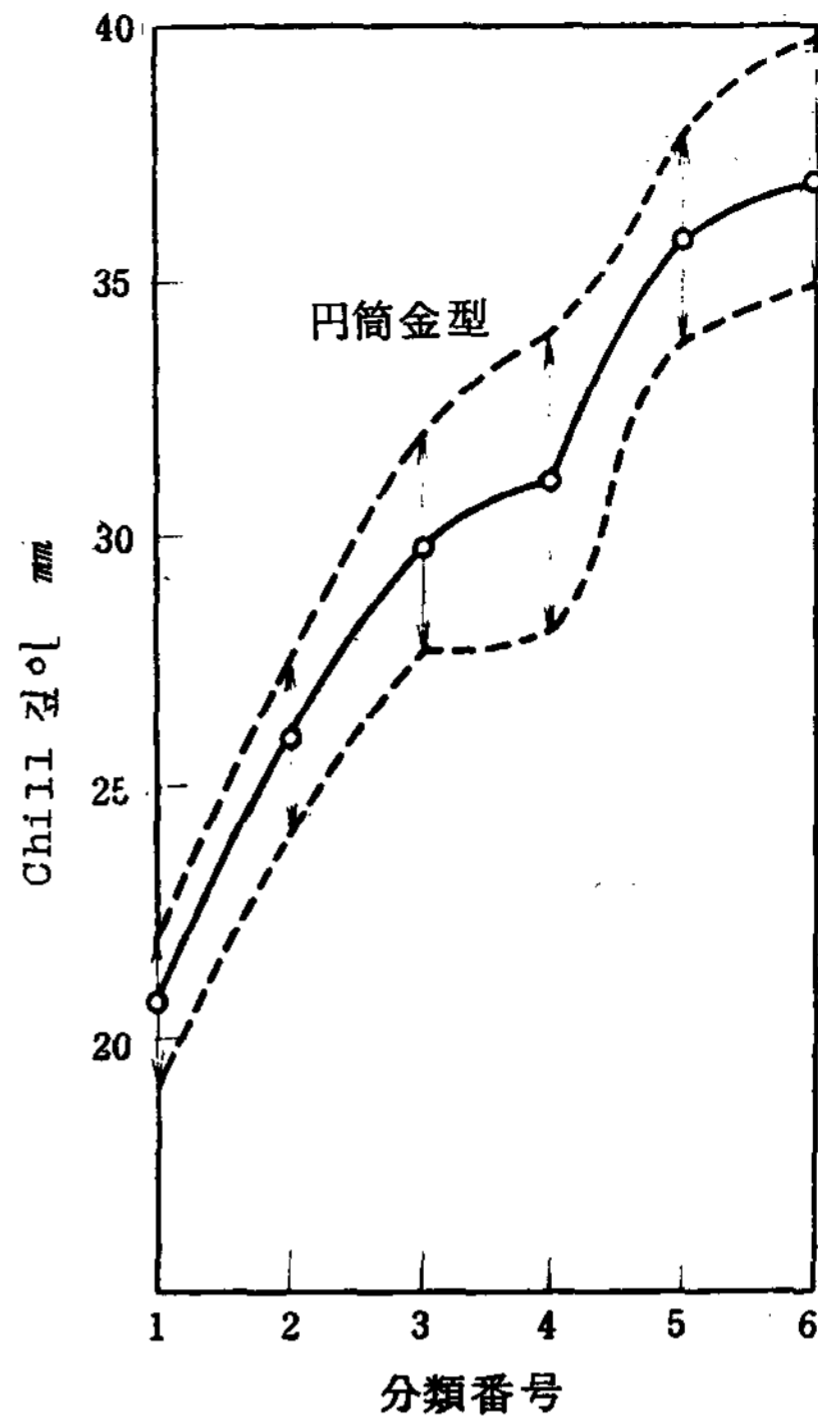


그림 20. 두부형상과 Chill 깊이

5. 熔湯材質 迅速測定法

鑄放狀態의 鑄物을 간단히 加工하여 시험편으로서 신속히 測定하므로 熔湯의 材質을 신속히 노전에서 판단할 수 있는 것은 대단히 重要な 것으로 이들 目的을 爲하여 最近 楔型破壞試驗과 音波試驗이 實用化되어 보급되고 있다.

5-1 楔型破壞試驗法

楔型破壞試驗法은 直径 30 mm 程度의 鑄放棒을 두께 6 mm 程度の 薄片으로 切断하여 이것을 楔로서 破壞하여 이때 破壞荷重으로부터 引張強度를 測定하는 方法이다. 이 方法은 試驗片의 製作이 比較的 용이하고 試驗機로서도 總荷重 3 t 程度の 小型으로서도 可能하므로 現場에서 適用할 수 있는 간단한 迅速試驗法으로서 利用할 수 있다.

따라서 楔型破壞強度와 引張強度와의 關係를 對比하여 引張強度를 구한다.

楔型破壞強度와 引張強度와의 關係를 나타낸 例를 그림 23에 表示한다.

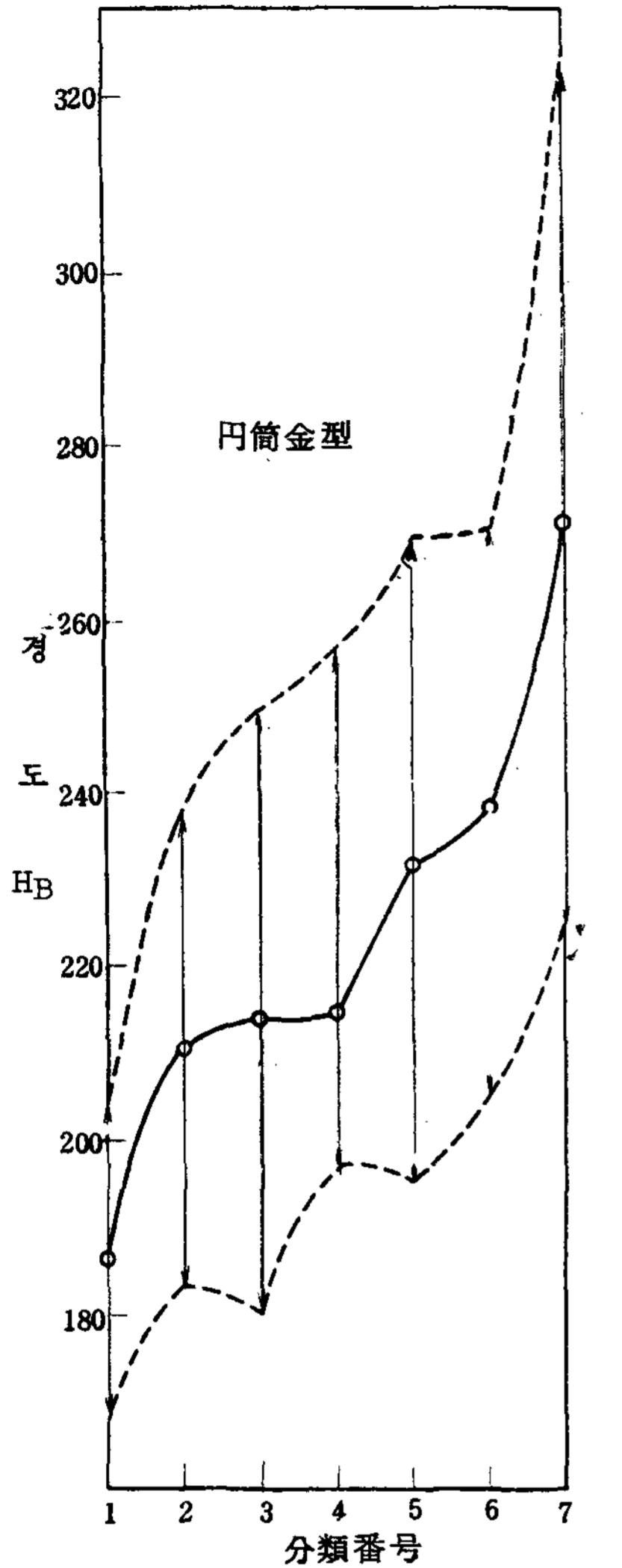


그림 21. 두부형상과 경도관계

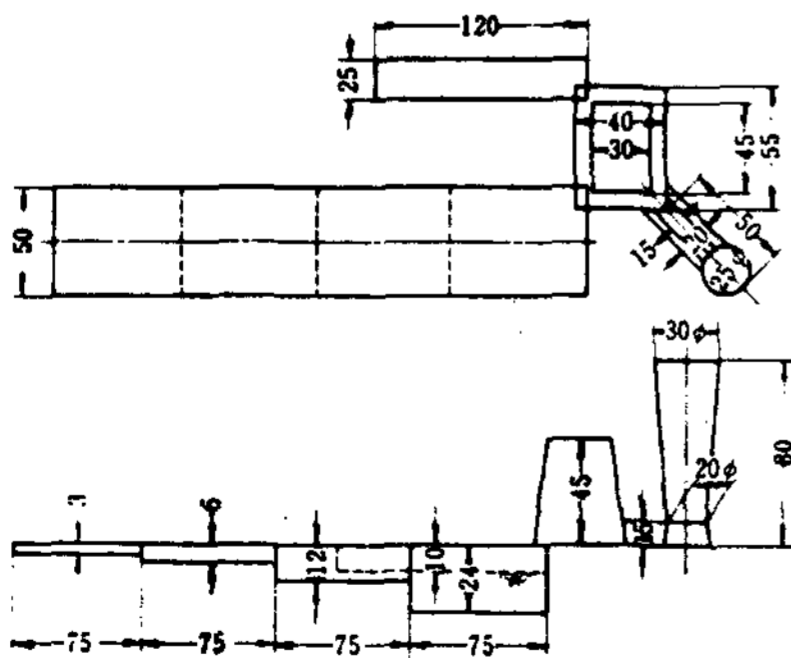


그림 22. 계단축 시험편의 치수에

그림에는 断面積이 다른 2種試料의 測定結果를 같이 表示하였다. 兩者는 거의 섞여 있으므로 이 정도의 断面積 차이

가 있어도 單位断面積當 破壞값을 求하면 引張強度를 充分히 推測할 수 있다. 이 實驗例로서 引張強度 (σ_B), 楔型破壞強度 (σ_w)와의 關係式을 구하면

$$\sigma_B = 1,441 \sigma_w - 0,22$$

가 된다. 이 경우 回歸精度는 $1,6 \text{ kg/mm}^2 \sigma_B$ 이다.

이 試驗에서는 迅速히 測定을 하기 위하여 黑皮鑄放狀態로서 測定하는 경우도 있으나 切削加工한 試料와 比較하여도 加工試料가 약간 높은 破壞強度와의 相關을 구하면 鑄放狀態試料를 使用하여도 큰 차이가 없다.

이 試驗法에서는 材料試驗과 같이 큰 裝置와 시험편加工을 必要로 하지 않고 간단한 裝置로서 대단히 높은 값인 신속히 精度를 引張強度를 推測할 수 있는 試驗法이다.

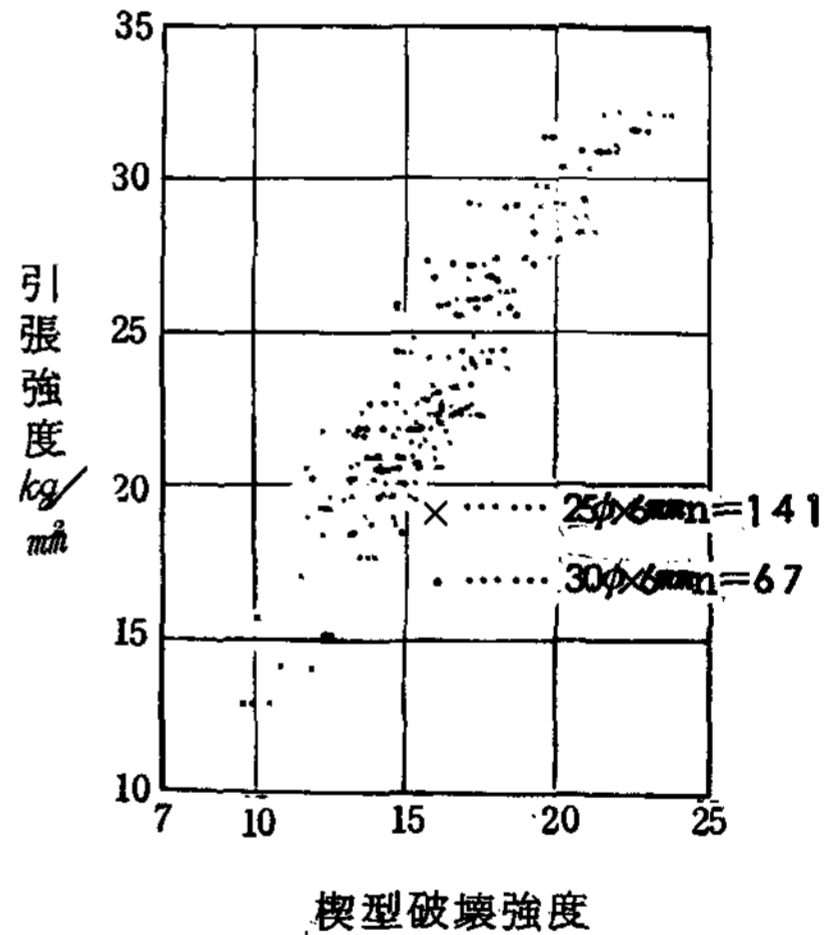


그림 23. 楔型破壞強度와 引張強度關係

5-2 音波試驗

音波試驗을 利用하여 鑄鐵의 材質을 非破壞로서 迅速히 判定할 수 있다. 音波試驗에는 共振周波數 測定法과 超音波 減衰度測定法이 있다.

鑄鐵棒에 音波를 接觸시키면 鑄鐵材質에 特有한 周波로서 共振한다. 이 共振周波數는 鑄鐵中の 黑鉛의 形狀, 分布 量이나 基地組織등에 의하여 크게 影響을 받는다. 따라서 미리 黑鉛의 形狀分布나 基地組

織과 共振周波数와의 關係를 구하면 共振周波数를 測定하여 鑄鐵의 材質을 신속히 推定할 수 있다.

片状黑鉛鑄鐵의 共振周波数와 引張強度와의 關係를 구한 예를 그림 24에 表示한다.

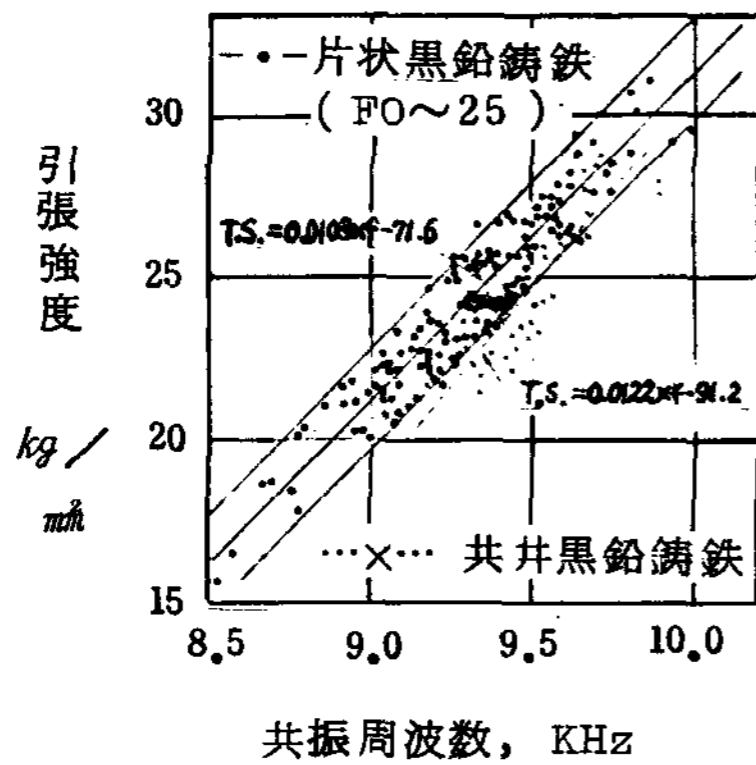


그림 24. 片状黑鉛鑄鐵 共振周波数와 引張強度 關係

6. 収縮

収縮결합자신은 鑄造方案등에 의하여 대단히 影響을 받으나 熔湯自身이 収縮이 쉬운 것인가 또는 収縮이 어려운 것인지 判정은 方案이나 鑄込条件을 正確히 할 수 있도록 한다. 一般的으로 収縮결합은 어느 製品鑄物을 대상으로 方案으로서 对策을 강구하는 경우가 많으나 같은 方案으로서 収縮不良이 發生하는 경우가 있다.

이는 熔湯自身이 갖는 化学成分이나 다른 性質을 검토해야 한다.

6-1 分銅型収縮試驗

収縮시험편은 반드시 수축소의 생성이 용이한 형상의 것을 選擇할 必要가 있다.

이 分銅型시험편은 分厚形状으로써 中心까지 끌어진 부분이 있다. 이 部分은 熔湯이 주위에 둘러쌓여 있어 保温의 效果를 보인다.

시험편의 寸수와 方案圖를 그림 25에 表

表示한다. 이 경우 主型砂는 生型보다 셀 鑄型쪽이 편차가 적다. 分銅型에 나타나는 収縮의 形態는 크게 分類하면 3種類가 있으며 이를 그림 26에 表示한다.

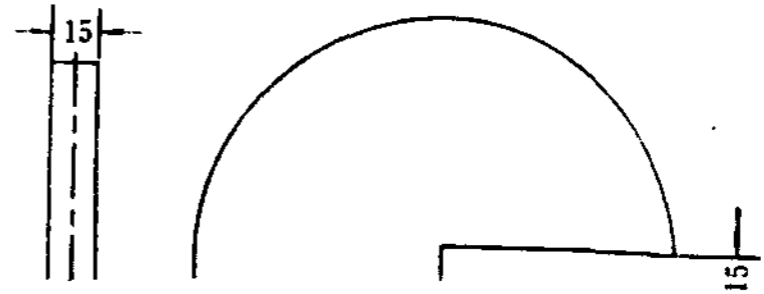


그림 25. 分銅型収縮試驗寸수

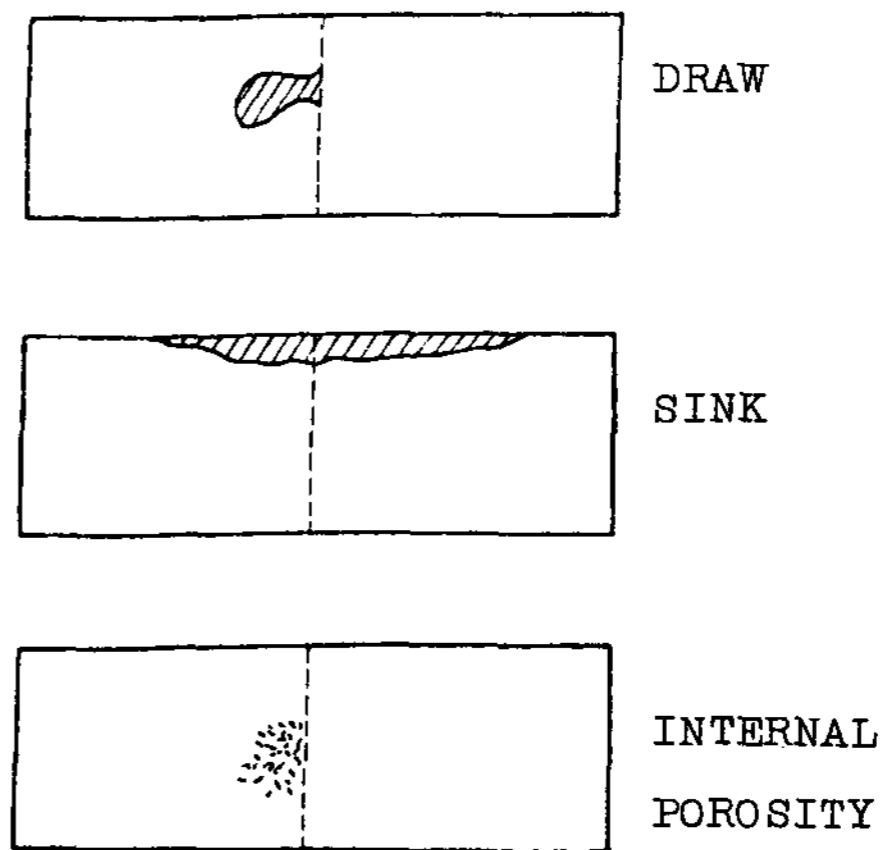


그림 26. 分銅型収縮試驗편에 나타나는 형상

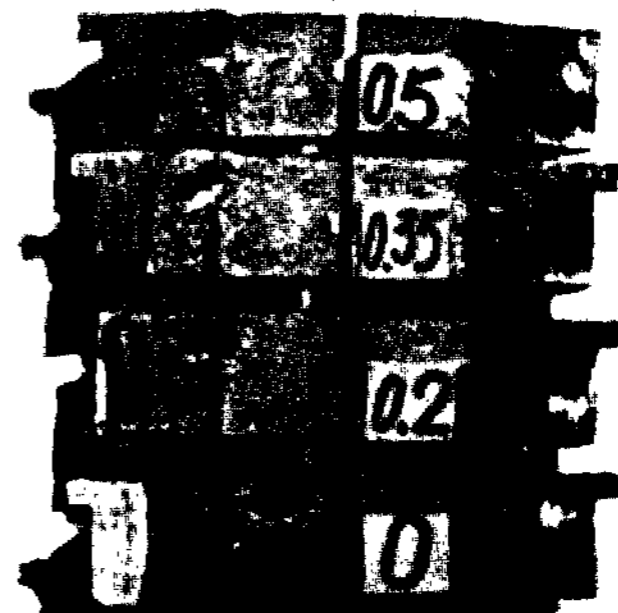


그림 27. 接種添加量과 収縮狀態

接種제의 實驗에 의하여 接種量을 여러 가지로 變化하는 경우 나타나는 収縮狀態를 그림 27에 表示한다.

6-2 보스형 収縮試驗

그림 28 과 같이 平板에 두꺼운 보스를 갖인 주물형상을 시험편으로 한것으로 내부수축등의 구조결함을 신속히 判斷할 때 使用한다.

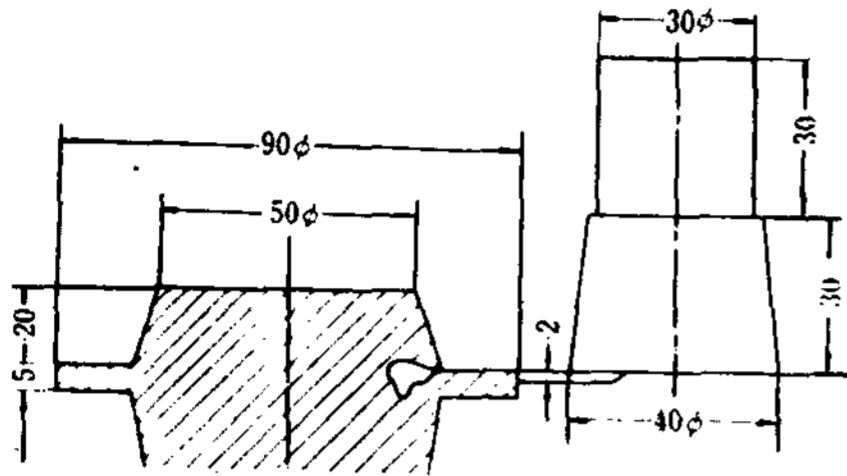


그림 28. 보스형 수축시험편

7. 熔湯의 산화정도

鑄鐵熔湯이 酸化되면 여러가지 결함이 發生하기 쉽다. 이는 収縮이나 収縮巢가 發生하거나 유동성이 나쁘거나 칠이 增加하거나 機械的性質이 저하된다. 따라서 炉前試驗에서 熔湯의 산화현상을 신속히 判定되면 이를 시정할 수 있을 것이다.

熔湯의 산화를 단적으로 정의하면 산소 함유량이 增加하는 것이지만 鑄鐵의 경우에는 含有되는 산소의 形態가 문제이다.

熔鋼에 있어서 산화는 熔融酸素의 增加를 지적하나 제련 과정에 있어서 스라그 처리나 Si, Mn, Al 등의 強脫酸劑의 장입에 의하여 脫産을 하므로 酸化의 해를 막을 수 있다. 그러나 鑄鐵에 있어서는 Si 이나 Mn 은 必要性分으로서 반드시 素材중에 상당량이 함유되어야 하므로 산화되면 熔解酸素量이 많이 남아 있게 된다.

따라서 용선로 용해에 있어서 鑄鐵의 산화를 방지하기 위해서는 過剩한 酸素源을 감소시키며 또한 산소가 있어도 高温 熔解를 하여 可能的 C로 脫酸을 하여 SiO₂ 등의 생성을 방지하여야 한다.

鑄鐵熔湯의 산화정도를 判斷하는 方法은 스라그색에 의한 方法과 湯面模樣에 의한 方法등이 있다.

7-1 스라그색에 의한 試驗

鑄鐵熔湯이 酸化되면 FeO가 增加하므로 따라서 스라그중에 FeO가 많으면 산화용해의 증거가 된다. 특히 스라그색으로 산화용해를 判定하려면 FeO에 의하여 스라그가 검은색을 나타내게 된다.

이는 벅트코오크스의 저하나 過剩송풍등의 원인에 대하여 조치를 취하여야 한다.

또한 炉況이 점차 高温의 還元性 분위기가 되면 녹색으로 된다. 스라그 성분과 스라그색의 關係를 表 5에 表示한다.

<表 5> 스라그성분과 스라그색의 관계

스라그색	SiO ₂	FeO	MnO	CaO
녹색	50.20	7.49	1.24	22.15
갈색	51.18	2.79	12.30	18.90
靑色	51.20	5.47	1.87	26.97
白色	50.20	3.47	1.79	30.55
黑茶色	48.95	19.02	3.82	15.58
黑色	48.06	15.26	3.85	20.16

7-2 湯面模樣에 의한 試驗

湯面模樣의 項에서 前述한 바와 같이 산화용탕이 되면 湯面模樣은 溫度에 關係없이 나타나므로 判斷할 수 있다.

7-3 C.E.meter에 의한 試驗

熔湯이 산화되면 U.C (過冷度)가 깊고 ℓ (液相線凝固時間)가 길게 되는 것이 一般的이다.

ℓ가 길면 CE값이 같아도 單位時間에 結晶核의 發生率이 적게 된다. 外部와 中心部の 冷却速度 차가 크면 外部는 凝

固하였으나 内部는 아직 未凝固되어 收縮 등의 결함이 發生되기 쉽다. 또한 材質的 的으로 均일하지 못하다.

7-4 산소의 신속分析에 의한 試驗

鑄鐵中の 酸素分析은 炉前試驗으로서는 一般으로 採用하지 않지만 最近 機器分析 法으로 試料를 溶融發生시킨 CO를 CO₂ 로서 알카리에 吸收하여 吸收前後의 알카 리의 電氣傳導度の 差로 부터 O₂를 定 量하는 方法의 개발로 인하여 熔湯의 산 化정도의 판단이 可能하게 되었다.

8. 流動性試驗

流動性은 鑄込温度和 液相線과의 差, 한편 熔湯이 完全히 液体狀態에 있는 時 間에 크게 左右되며 過冷現象도 여기에 크게 影響을 미친다. SC가 크게 되면 流動性이 良好하게 되는 경향이 있으며 더욱이 SC가 1部近을 넘으면 流動性은 급격히 良好하게 된다.

따라서 熔湯의 流動성은 여러가지 要因 에 의하여 影響을 받으므로 目的으로 하 는 熔湯成分差, 熔湯酸化程度, 鑄型 또는 鑄込條件등에 따라서 變化되므로 실제 現

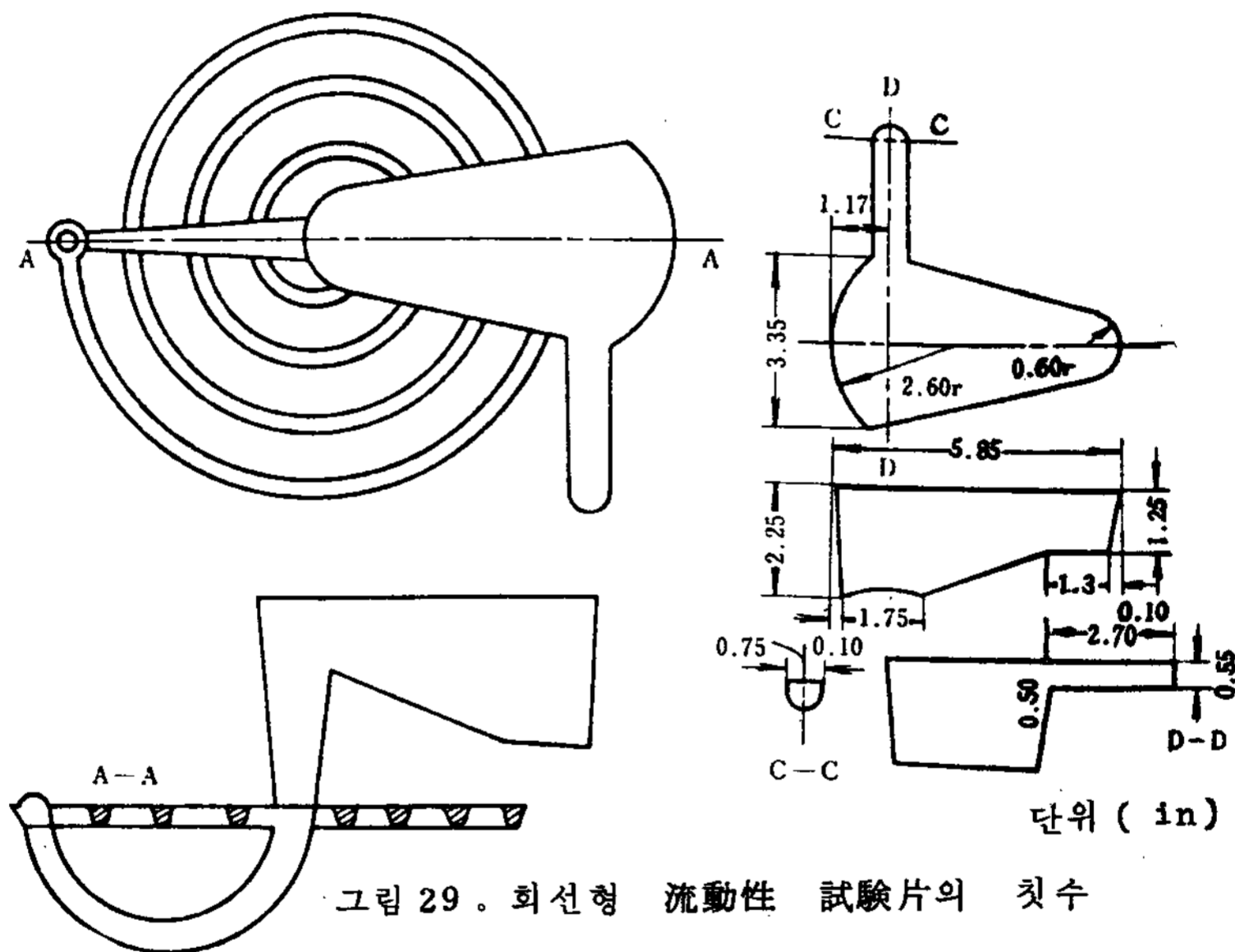


그림 29. 회선형 流動性 試驗片의 寸수

場에서는 그다지 使用하지 않는다.

그러나 얇은 주물등 湯廻不良이 많이 發生되기 쉬운 製品에 대해서는 炉前에서 流動性을 測定하면 效果가 있다.

流動性試驗은 그림 29 및 그림 30에 나 타낸 寸수의 시험편을 使用한다.

9. 結 論

鑄鐵熔湯의 炉前試驗은 理想的인 熔湯 을 얻기 위해서 하는 試驗法으로서 熔湯 을 鑄型에 주입하기 전에 신속 正確하게 把握하여 이에 따른 조치를 취하여 熔湯 을 管理하여야 한다.

따라서 철시험 결과에 따라 接種劑의

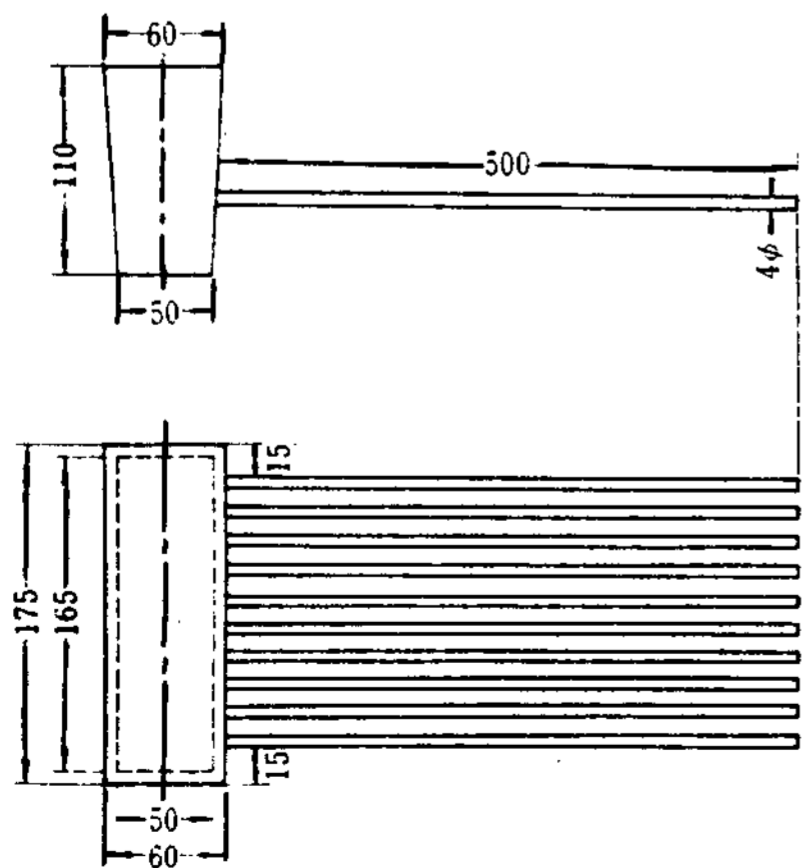


그림 30. 串형 流動性 시험편의 寸수

使用량을 변화시키는 것과 용선로의 조업 방법을 변화시키는 것이 용탕 관리의 방법이 될 것이다.

炉前試驗은 어느 試驗을 每時間當 1회 또는 2회로 하는 것과 시편 採取場所등을 선정하여 실시하므로 目的하는 均질의 製品生産을 기대할 수 있을 것이다.

이상에서 기술한 각종 炉前試驗法을 실정에 알맞은 方法을 選擇하여 실시하므로 製品의 品質向上에 조금이나마 도움이 되기를 바라는 마음 간절하다.

参 考 文 献

1. 日本鑄物協會編 : Cupola handbook (1969)
2. 岩田耕司 : 技術資料 11(1972)
3. 齊藤和夫 : 綜合鑄物, Vol.12, No.12 (1971)
4. 山中 昇 : Foundry News No.67(1970)
5. V.D.G : Merkblatt
6. A.F.S : Cupola handbook(1975)
7. 加山延太郎 : 鑄鉄鑄物教本
8. 其他資料

國際鑄物關係行事日程

1979

6月9日~6月15日

GIFA 79, International Foundry Congress and Exposition

Verein Deutscher Giessereifachleute
"Düsseldorf, West Germany

6月24日~6月28日

36th Annual World Conference on Magnesium
International Magnesium Association
Oslo, Norway

6月26日~6月30日

76th Annual Conference
The Institute of British Foundrymen
Holiday Inn, Bristol, England

9月30日~10月3日

46th International Foundry Congress
Madrid, Spain

10月12日~10月15日

第96回 全国講演大会 日本鑄物協會
名古屋市, 日本

11月11日~11月14日

1979 National Convention
Australian Foundry Institute
Melbourne, Australia

1980

6月25日~6月27日

77th Annual Conference
The Institute of British Foundrymen
London, England

47th International Foundry Congress

Jerusalem, Isreal

3月25日~3月27日

BCIRA International Conference
1980

British Cast Iron Research Association

Nr. Coventry, England