

鑄型砂의 燒着挙動에 關한 研究

郭 彰 燮*

A Study on the Behavior of the Burn-On in Sand Mold

Chang-sup Kwak

Abstract

The behavior of the burn-on in sand mold has been investigated by varying the pouring metal, bonding materials, additive materials and molding sand.

The results obtained from these experiments are as follows;

- 1) The burn-on layer of silica sand decreased in order of carbon steel, gray cast iron and stainless steel, and these burn layer proceeded mostly by producing FeO.
- 2) The burning reaction of silica sand mold in carbon steel castings declined with increasingly bentonite content, but water-glass scarcely took part in the burn-on reaction.
- 3) The addition of feldspar and seacoal to silica sand promoted the inhibiting burn-on, especially seacoal addition is more remarkable inhibiting burn-on.
- 4) The burn-on layer of sand mold decreased of silica sand, chromite sand and olivine sand.

1. 序 論

鑄造는 機械工業의 基礎素材를 供給하는 重要한 分野로 鑄物을 製作하는데 있어서 鑄型을 構成하는 鑄物砂는 鑄物의 良否를 左右하는 重要한 要素이다. 이러한 鑄物砂의 性質은 常溫性質과 高溫性質의 두가지로 区分할 수 있으며, 最近에는 熔融金屬을 砂型에 鑄込하여 機械素材를 製作하는

工程에 實際적으로 接近하기 위해서 高溫性質의 究明쪽으로 研究가 移行되는 實情이다. 그래서 外國에서는 高溫性質에 關한 重要한 研究報告^{1, 2, 3)}가 있으나 國內에서는 아직 初期段階에 머무는 狀況이다.

그리고 健全한 鑄物을 製作하기 위해서는 鑄型에 高溫의 熔融金屬이 鑄込되는 동안 熔融金屬의 壓力 및 外力에 充分히 견딜 수 있는 強도와 熔融金屬에 대한 鑄型의 物理 化學的變化가 적고 安定

*仁川大學 工學部 機械工學科

성이 커야한다는 必要性을 고려한다면 鑄物砂의 高温性質의 把握은 時急한 課題라 할 수 있다.

以上과 같은 觀點에서 本 研究는 前報⁵⁾에 이어서 安眠島産硅砂로 製作된 鑄型和 鑄込金屬과의 界面에서 發生하는 燒着挙動을 鑄込金屬, 粘結劑 및 鑄型砂의 種類를 變化시켜가면서 調査하므로써 鑄物製作에 必要한 基礎的인 資料를 얻고자 하였다

2. 實驗方法

2-1. 材 料

2.1.1 硅 砂

鑄型の 製作에 使用된 硅砂는 安眠島産으로 人工精製(浮選法)하여 使用하였다. 이 硅砂의 化學組成은 Table 1에, 粒度分布는 Table. 2에 表示한 바와 같다. 또한 이 試料의 水分 및 粘土 含有量을 測定한 結果 各各 0.1%以下 였으며, 粒形은 準角形이었다.

Table 1. Chemical composition of anmyun-do silica sand

Composition	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	HgO	K ₂ O	Na ₂ O	TiO ₂
Weight(%)	95.94	2.15	0.08	0.09	1.08	0.18	0.06

Table 2. Size distribution of anmyun-do silica sand

Sieve No.(mesh)	30	40	50	70	100	150	200
Weight(%)	-	-	0.70	4.5	75.3	10.5	9.0

2.1.2 벤토나이트 및 물유리

粘結劑로 使用한 벤토나이트는 美國 Wyoming 州에 位置한 Black Hill에서 産出되는 Western 벤토나이트 였으며 -150 mesh인 것만을 使用하였다. 벤토나이트 및 물유리의 化學組成은 Table 3 및 Table 4에 表示하였다.

Table 3. Chemical composition of bentonite

Composition	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	K ₂ O	Na ₂ O
Weight(%)	55.9	18.9	3.39	2.54	1.05	0.48	2.54

Table 4. Chemical composition of water glass

Composition	SiO ₂	Na ₂ O	Fe ₂ O ₃	Moisture
Weight(%)	32.5	17.5	0.05	49.95

2.1.3 鑄込材料로 使用된 金屬片

鑄込金屬으로 使用된 金屬片인 炭素鋼, 灰鑄鐵 및 스텐레스鋼의 化學的 組成은 Table 5, 6 및 7에 表示하였다.

Table 5. Chemical composition of stainless steel

Composition	Cr	Ni	C	Si	Mn	P	S
Weight(%)	18.0	8.4	0.08	0.87	1.46	0.04	0.01

Table 6. Chemical composition of gray cast iron (GC-20)

Composition	C	Si	Mn	P	S
Weight(%)	3.27	2.38	0.69	0.05	0.05

Table 7. Chemical composition of carbon steel

Composition	C	Mn	Si	Ni	Cr	Mo	P	S
Weight(%)	0.41	0.71	0.25	1.45	0.12	0.19	0.01	0.01

2-2. 試片의 製作方法

硅砂에 4% 粘結劑를 添加하여 30分間 混鍊하여 10g을 취하고 이것을 試片製作管에 넣어서 14 mmφ × 23 mm h의 크기로 製作한 다음 14 mmφ × 4 mm h의 金屬片을 密着시켜 Sand Rammer로 3回 다짐하여 1日間 데시케이터에 방치하여 乾燥시킨 후 實驗에 使用하였다.

2-3. 實驗方法

製作된 試片을 실리코니트로에 넣고 CO 및 CO₂ 개스를 1:1로 混合하여 300 ml/min 速度로 爐內에 流込시키고 所定溫度로 60分間 加熱하였다. 그리고 이 試片을 爐冷시켜서 꺼내어 樹脂에 매립하여 圓柱狀의 試驗片中心部를 수직으로 絶斷하여 反應層即 黑色의 燒着層의 두께를 測定하였다.

3. 實驗結果 및 考察

Fig. 1은 炭素鋼, 灰鑄鐵 및 스텐레스鋼에 대한 燒着層의 두께를 溫度變化에 따라 나타낸 그림이다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이 炭素鋼과 灰鑄鐵

은 溫度增加에 따라 燒着層의 形成이 增加되는 反面 스테인레스鋼은 거의 變化가 없었다.

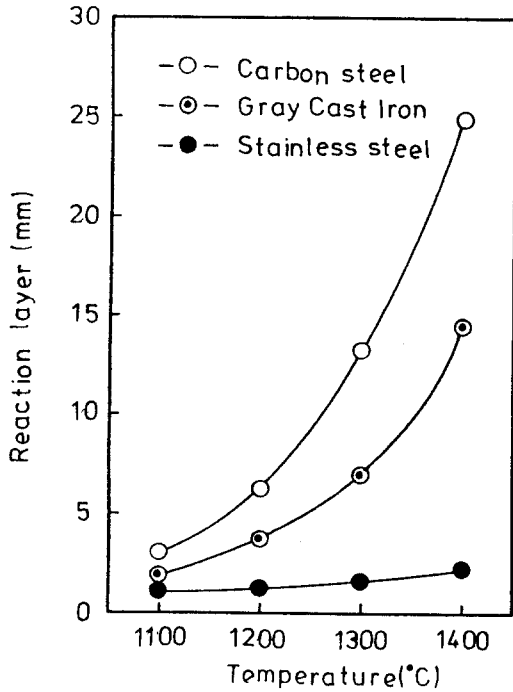


Fig. 1. Relation between thickness of reaction layer and temperature at various alloy metals

炭素鋼이 頭著한 燒着層을 形成하는 것은 炭素鋼이 高溫에서 酸化性개스에 依하여 酸化되어 酸化鐵(FeO)이 表面에 生成되고 이 酸化鐵은 다시 鑄型의 主構成要素인 硅砂(SiO₂)와 反應하여 低融點 硅酸鹽인 Fayalite (2FeO·SiO₂)를 生成하게 된다. 이 Fayalite는 融點이 낮기 때문에 이것이 鑄型和 鑄込材料間의 中間層에 生成한 경우는 炭素鋼이 融體化되기 以前이나, 응고된 후에도 溶融 또는 軟化狀態에 있기 때문에 鑄型的 砂粒子間에 浸透해서 燒着層의 形成을 促進하기 때문이다. 또한 이 燒着生成物인 Fayalite는 燒着層의 X線 分析結果 (Fig. 2. 및 Fig. 3)에서 確認되었다. 即 硅砂만을 1,400°C로 加熱했을 때는 石英의 高溫生成物인 α-cristobalite만 生成되었으며 (Fig. 2), 炭素鋼을 附着시켜 1,400°C로 加熱했을 때는 燒着部分에서 FeO와 SiO₂의 反應生成物인 Fayalite가 檢出되었다 (Fig. 3).

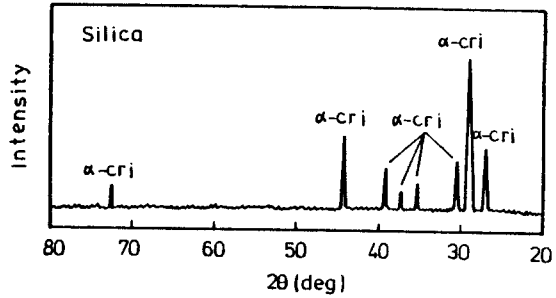


Fig. 2. X-ray diffraction pattern of silica sand (1400°C, FeKα) Cri: Cristobalite

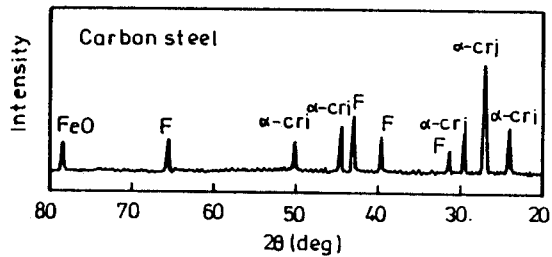


Fig. 3. X-ray diffraction pattern of carbon steel (1400°C, FeKα) Cri: Cristobalite, F: Fayalite, FeO: Wüstite

한편 鑄鐵의 경우에는 炭素鋼에 比해서 炭素量, 실리콘량이 많기 때문에 FeO의 量이 炭素鋼보다 적어 FeO와 SiO₂의 反應生成物인 Fayalite의 生成이 抑制되어 燒着이 比較的 微少한 것으로 生覺된다.

그리고 스테인레스鋼의 경우는 Cr成分이 表面에 Cr₂O₃의 酸化物을 形成하고, 이 Cr₂O₃는 SiO₂-Cr₂O₃系 平衡狀態圖에서 알 수 있듯이 1,728°C의 高溫에서는 共晶을 이루고 1,400°C 以下에서는 反應이 잘 일어나지 않음을 알 수 있다. 뿐만 아니라 Cr₂O₃의 膜은 FeO와 SiO₂의 反應을 抑制하는 作用을 附加적으로 하는 機能이 복합적으로 作用되기 때문에 燒着層의 두께가 거의 變化가 없는 것으로 推測된다.

Fig. 4는 炭素鋼을 鑄込材料로 하였을 때 粘結劑인 벤토나이트 添加量 變化에 따른 鑄型砂의 燒着層의 두께를 나타낸 그림이다. 이 結果에서 알 수 있듯이 燒着層의 두께는 벤토나이트의 添加量 增加와 더불어 減少하며, 溫度增加에 따라서 燒着層의 두께는 增加한다.

이와 같은 現象은 벤토나이트 添加량이 增加하면 砂粒子間의 結合력은 增大하고 또 砂粒子 相互

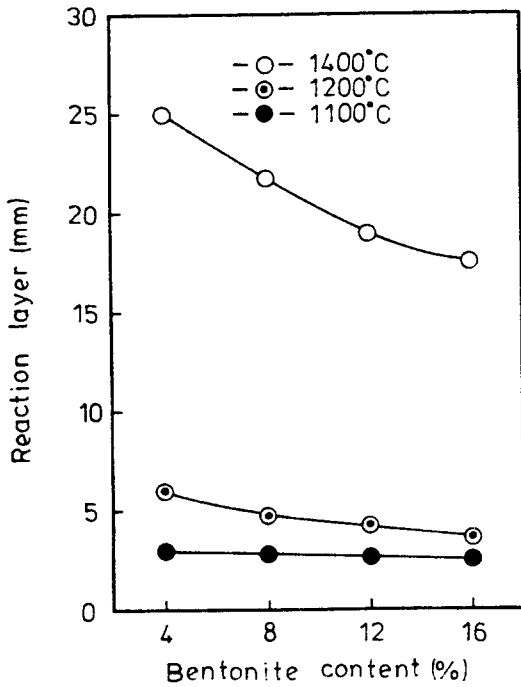


Fig. 4. Relation between thickness of reaction layer and bentonite content at various temperatures

間은 벤토나트에 의하여 結合되어 大部分 연속된 하나의 粒子和 같은 形態를 갖으며, 900℃ 以上에서 벤토나이트는 溶融, 軟化⁷⁾ 하기 때문에 砂 粒子間의 空隙을 메워서 鐵氧化物(FeO)과 硅砂 와의 界面反應을 抑制하며 아울러 反應生成物의 浸透도 困難하게 하므로서 燒着의 두께가 減少하는

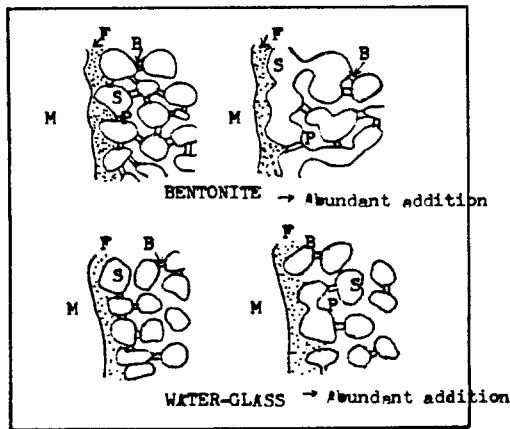


Fig. 5. Binding model of silica sand⁷⁾
(M: Metal, F: Fayalite, B: Binder, S: Sand, P: Porosity)

것으로 解釋된다. 竹木⁷⁾은 鑄 砂의 高温性質에 대한 研究에서 粘結劑에 依한 砂 粒子間의 結合 狀態를 Fig.5와 같은 모델로서 提示하였으며 本 研究結果와도 類似함을 알 수 있다.

그리고 1,400℃에서 燒着層의 形成이 急激히 增加된 것은 이 溫度가 酸化鐵(FeO)의 融点⁸⁾으로서 溶 液狀態의 FeO가 砂 粒子間에 浸透하고, SiO₂와 反應生成物의 增加와 더불어 反應의 活性化에 依해서 燒着層의 두께가 增大한다고 生覺 된다.

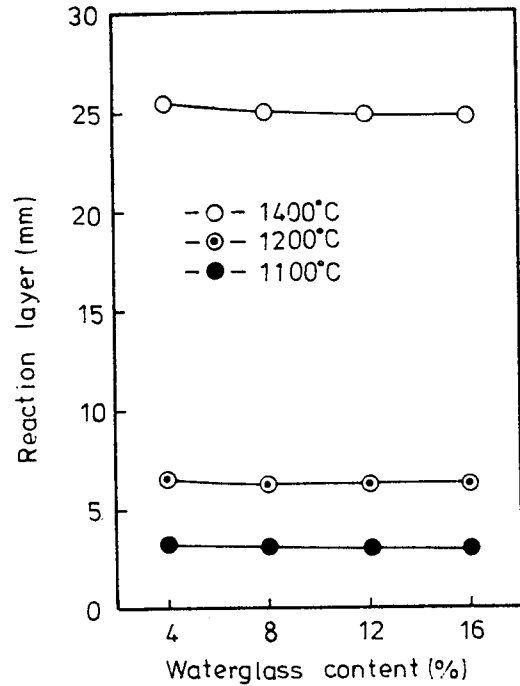


Fig. 6. Relation between thickness of reaction layer and water-glass content at various temperatures

Fig.6은 Fig.4와 同一條件에서 벤토나이트代身 물 유리를 粘結劑로 添加했을 때의 燒着層의 두께를 나타낸 그림이다.

그림에서 알 수 있듯이 燒着層의 두께에는 물 유리가 影響을 주지 못함을 나타내고 있다. 이것은 물유리가 膨脹⁹⁾을 助長하여 均열을 發生케하고 따라서 砂 粒子는 여러곳에서 分離되어 反應의 進行이 보다 困難하게 되기 때문으로 思料된다.

Fig.7은 添加劑로 使用한 Seacoal이 燒着層의 形成에 미치는 影響을 調査한 것으로 加熱溫度

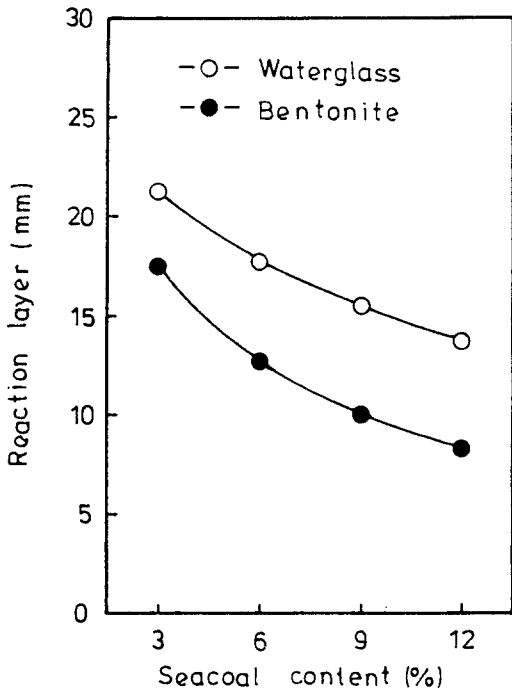


Fig. 7. Relation between thickness of reaction layer and sea coal content at various binding materials

는 1,400℃로 하였다.

實驗의 結果에서 알 수 있듯이 Sea coal을 添加하므로써 燒着層의 形成이 顯著히 抑制됨을 나타내고 있다.

Sea Coal에 의한 鑄型砂와 鑄込材料間의 燒着防止에 대한 理論을 大略 3가지로 区分된다. 即 가스쿠션 理論^{10,11)} (gas cushion theory), 還元性 가스분圍氣 理論^{12,13)} (reducing gas theory) 및 러스트러스 카본 理論¹⁴⁾ (lustrous carbon theory)이다. Sea coal의 燒着抑制 機構는 最近까지도 一致하고 있지 않다. 近來 國內에서 洪等¹⁵⁾은 러스트러스 카본理論이 有力함을 發表한바 있다. 即 Sea Coal의 輝發가스가 熱分解하여 固體炭素가 析出되고, 이 固體炭素가 砂粒表面에 被覆되어 酸化鐵(FeO)과 硅砂와의 反應을 抑制한다고 主張한 것이 興味롭다.

Fig. 8은 Fig. 7과 同一條件에서 添加제로 長石을 添加하였을 때 燒着層의 形成에 미치는 影響을 나타낸 것이다.

그림에서 알 수 있듯이 長石의 添加量이 增加하면

燒着層의 두께가 減少함을 나타내고 있다. 長石의 添加에 依해서 燒着이 抑制되는 現象은 反應生成物의 組成이 $SiO_2 - FeO - Al_2O_3 - Na_2O - K_2O$ 가 복잡한 형태로 되어있다. 이 경우 $SiO_2 - FeO$ 가 燒着의 主要因子로 볼 수 있다. 長石을 첨가하지 않은 경우 燒着層의 組成分析結果에 依하면 $FeO : 44.2\%$, $SiO_2 : 44.5\%$ 였으며, 長石을 9% 添加한 경우는 $FeO : 15\%$, $SiO_2 : 69.2\%$ 였다. 이 結果에서 燒着의 主體인 FeO의 生成은 長石을 添加한 경우가 顯著히 減少된다. 따라서 長石은 FeO의 生成을 抑制함이 分明하다. 또 하나의 附加的인 要素는 Al_2O_3 등의 增加로 因하여 反應生成物의 表面張力이 減少하고 粘性이 增大하여 砂粒子間의 浸透가 困難하게 하는 것이다.

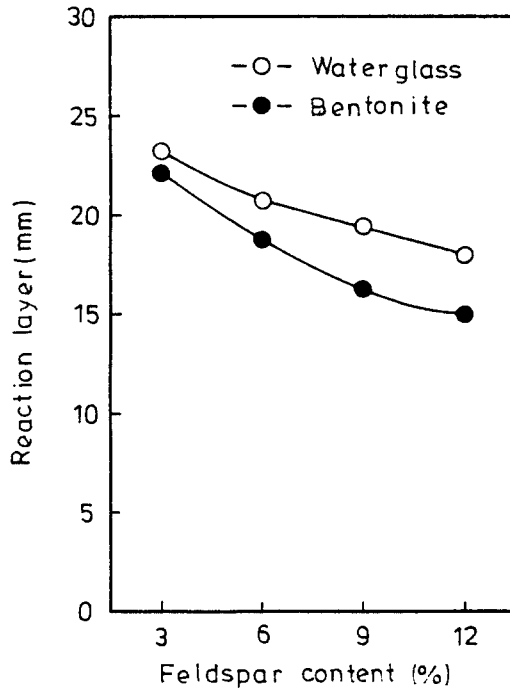


Fig. 8. Relation between thickness of reaction layer and feldspar content at various binding materials

Fig. 9는 炭素綱을 鑄込材料로하여 鑄型을 構成하는 材料를 硅砂, 크로마이트砂 및 올리빈砂로 하였을 때 溫度變化에 따른 燒着層의 두께를 나타낸 그림이다. 이 그림에서 알 수 있듯이 燒着層의 두께는 硅砂→크로마이트砂→올리빈砂 順으로 減少하는 傾向을 나타내고 있다.

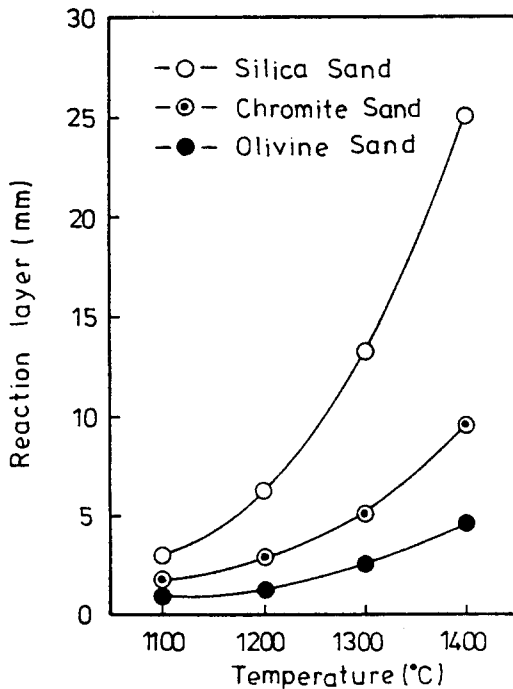


Fig. 9. Relation between thickness of reaction layer and temperature at various molding sand

이것은鑄型砂를構成하는成分중 크로마이트砂는 Cr_2O_3 를, 올리빈砂는 MgO 를 各各 多量 含有되어 이들이 燒着防止의 要因이다. 即 炭素鋼의 酸化物인 FeO 와 Cr_2O_3 및 MgO 와의 活性的 反應이 일어나지 않기 때문에 燒着層이 顯著히 減少된다.

4. 結 論

鑄型砂의 燒着挙動을 把握하기 위하여 行한 實驗에서 다음과 같은 結論을 얻었다.

1. 鑄型砂의 燒着은 炭素鋼→灰鑄鐵→스텐레스鋼 順으로 減少하였으며, 燒着要因은 酸化鐵(FeO)의 生成과 密接한 關係가 있다.
2. 벤토나이트 添加量이 增加되면 炭素鋼에 依한 鑄型砂의 燒着은 抑制되었으며, 물유리는 別 영향이 없었다.
3. 長石 및 Sea Coal 은 다같이 炭素鋼에 依한

鑄型砂의 燒着을 抑制시켰으며, Sea Coal 이 매우 效果的이었다.

4. 炭素鋼에 依한 鑄型砂의 燒着은 硅砂→크로마이트砂→올리빈砂 順으로 減少되었다.

参 考 文 獻

1. 片島三朗, 『鑄物砂・高温試片의 急熱膨脹機構』, 鑄物. 42卷, 5號, pp.14~21.1970
2. 山本治, 青木修, 『有機粘結劑を用心を用心た鑄型の熱間強度についフ』, 『鑄物』, 52卷, 10號, pp.27-29, 1968.
3. N. Ridsdale, "I.B.F. Journal," Vol.21, p.271 1967.
4. R.P. Stanbridge, "Trans. AFS." Vol.82, p.169, 1974.
5. 郭彰燮, 『仁川大學 論文集』, pp210~217 1985.
6. The American Ceramic Society, Inc., "Phase Diagram for Ceramist," p.130, 1964.
7. 木下, 竹本, 『ファンドリーニユース』 56.1967.
8. L.S. Parken, R.W. Gurry, Jour. Amer. Chem. Socs. Vol.68, p.798 1966.
9. 日刊工業新聞社編: 鑄造技術講座 8, 普通鑄型, p39 1968.
10. M.W. Pietert et al, Trans. A.F.S. Vol. 52, p.733, 1944.
11. E.T. Richards: Giesserei, 33/35, p.147, 1948.
12. F. Hoftman, Giesserei, 43, p.767, 1956.
13. W.M. Peterson, J.E. Blanke, Trans. A.F.S. Vol.88, p.503, 1980.
14. B. Hird, I.B.F. Journal, Vol.22, p.345 1928.
15. 洪英明, 鑄造, 3卷, 2號, pp20 ~ 25.1983.