

論 文

鑄鐵의 性質에 미치는 Sb 添加의 效果에 關한 研究 (I)
(機械的 性質과 Pearlite의 安定化效果를 中心으로)

李炳燁* 李啓完**

A study for the Effects of Sb Addition on the properties of Cast Iron(I)

Byeong-Yehp LEE* Kye-Wan LEE**

Abstract

It is very important to obtain gray and ductile cast irons with completely pearlitic structure by addition more economical alloying elements.

In this study, 9 melts of gray iron and 5 melts of Mg-treated ductile cast iron were made according to Sb content (0-0.08% Sb). Each melt were casted to ϕ 20mm test bars in sand mold under the same condition and inspected microstructure, mechanical and thermal properties.

The results obtained from this study are as follows:

1. It is confirmed that Sb should be an economical, simple and useful additive for avoiding ferrite in gray and even in ductile cast irons.
2. For gray cast iron, the recommended ladle addition of metallic Sb amounts to 0.05%. At these levels, Sb has no detrimental influence on the mechanical properties of gray cast irons, which are normally modified according to their pearlite content without increasing the chilling tendency.
3. Despite its adverse influence on graphite shape in ductile iron, Sb can be used as a pearlite stabilizing alloying element even in the case of Mg - treated iron. The quantity to be added does not exceed 0.04% in the case of thinwalled castings.
4. The nodule count is increased very much and the shape of graphite particles become remarkably spheroidal. The matrix may be fully pearlitized, except for thin - walled castings, because the high nodule count results inevitably in some ferrite.
5. The A_{c1} and pearlite decomposition temperature are rised in accordance with increasing of additive Sb amount.

1. 緒 論

완전 Pearlite 조직의 일반 회주철과 구상 흑연주철을 제조하는 가장 일반적인 방법 중의 하나는 합금원소

로서 Cu를 0.5%이하, Sn을 0.1%이하로 첨가하는 방법이다. 이 방법은 일반적으로 효과가 좋으나 생산비가 고가이므로 문제가 된다. 본 연구의 목적은 보다 염가로 동일한 결과를 얻을 수 있는 첨가원소를 선택하고자 하는 데에 있다.

Sb는 강력한 pearlite 안정화 원소로 알려져 있으

* 大田開放大學 敎授
** 漢陽大學 敎授

며,^{1),2),3),4),5)} 유럽 여러 나라에서 널리 사용되기 시작하여 점차 그 용도가 확대되어가고 있으나 우리나라에서는 아직 실용화되지 못하고 있는 실정이다.

본 실험에서는 일반 회주철과 구상흑연주철에 대하여 Sb 첨가량을 0.01~0.1% 범위로 변화시켰을 때에 현미경조직, 강도, 경도 및 고온에서의 체적팽창현상등에 미치는 효과를 조사 검토하였다.

2. 實驗方法

2-1. 片狀黑鉛鑄鐵試料의 製造

Sb의 pearlite 안정화 효과를 명백히 하기 위해서 ferrite화 경향이 강한 高C, 高Si 선철을 주원료로 사용하였다. 선철과 강 scrap을 목표로하는 조성비로 30 KVA cryptol로의 #15 도가니에 장입하여 1,500℃로 용해시킨 다음 Mn%와 Si%를 조정하여 전체 조성이 일반의 공정주철 범위가 되도록 하였다(Table 1). 분말상의 Sb를 목표량만큼씩(0~0.1% 범위) 칭량하여 미리 예열시켜 놓은 #1 도가니에 투입하고 여기에 시료용탕을 단시간에 주입한 다음 교반시켜서 1,380℃에서 사형주조하여 Sb%에 따라 9종의 직경 20mm 시험봉을 제조하였으며 이 중 Sb를 첨가하지 않은 1개의 시험봉은 이후의 시험에서 비교용 참고시료로 하였다.

Table 1. Chemical analysis of FG samples(%)

	C	Si	Mn	S	P	Ni	Cr	Cu	Sb
FG0	3.364	2.730	0.408	0.064	0.044	0.051	0.073	0.060	0
FG1	//	//	//	//	//	//	//	//	0.004
FG2	//	//	//	//	//	//	//	//	0.008
FG3	//	//	//	//	//	//	//	//	0.016
FG4	//	//	//	//	//	//	//	//	0.024
FG5	//	//	//	//	//	//	//	//	0.032
FG6	//	//	//	//	//	//	//	//	0.048
FG7	//	//	//	//	//	//	//	//	0.064
FG8	//	//	//	//	//	//	//	//	0.080

Table 1은 동일 용탕에서 채취한 시료에 대해 Shimadzu GV500 분광분석 장치에 의한 화학분석치이다. Sb의 recovery는 75%~80%이었다.

2-2. 球狀黑鉛鑄鐵試料의 製造

구상흑연주철시료도 cryptol爐를 이용하여 용해 제조하였다. 원료선철을 1,550℃로 용해시켜 C, Si 및 Mn량을 목표에 따라 조정된 다음 8~10% Mg-Fe-Si을 플러저를 이용하여 첨가하였다. 이때 원료 중의 S%가 적정량보다 많아서 Mg의 소모가 심할 것을 감

안하여 첨가Mg량을 목표잔유Mg량+0.075×S%로 하였다. 다음에 분말상의 Sb를 예열시킨 도가니 바닥에 투입하고 여기에 구상화처리한 1,450℃의 용탕을 주입하면서 6~12 mesh의 Fe-Si(75% Si)으로 전체 Si의 0.4%에 해당하는 양만큼 접종한 후 교반하여 1,380℃에서 사형에 주조해서 직경 20mm 시험봉을 제조하였다. 이후의 용해작업은 Sb의 첨가량만 다를 뿐 동일하게 하였으며, Sb를 첨가하지 않은 한 용탕의 시료를 비교용 참고시료로 하였다.

Table 2는 구상흑연주철 시료의 화학분석치이다. 화학분석은 Shimadzu GV500 분광분석장치에 의해 시행했다.

Table 2. Chemical analysis of DCI samples(%)

	C	Si	Mn	S	P	Ni	Cr	Cu	Mg	Sb
DC0	3.410	2.621	0.312	0.024	0.028	0.054	0.055	0.032	0.076	-
DC1	3.548	2.456	0.371	0.039	0.030	0.072	0.064	0.054	0.110	0.008
DC2	3.441	2.665	0.305	0.017	0.030	0.055	0.053	0.031	0.085	0.016
DC3	3.458	2.759	0.277	0.023	0.039	0.059	0.068	0.047	0.075	0.024
DC4	3.456	2.640	0.299	0.023	0.025	0.053	0.052	0.030	0.077	0.032

2-3. 試驗片의 製作

위의 방법으로 제조한 시료들을 편상흑연주철의 경우는 KSB 0801 8B호, 구상흑연주철의 경우는 KSB 0801 4호의 인장시험편으로 기계 가공하여 인장시험(Shimadzu DCS-25T UTM)한 다음 그 머리 부분에서 현미경조직시편, 경도시편, 열분석시편을 채취하여 각각의 시험을 실시하고, 열분석시험 후의 시편을 최종의 현미경시료로 하였다.

3. 實驗 結果 및 考察

3-1. 片狀黑鉛鑄鐵의 顯微鏡組織

Fig.1의 Fe-Sb상태도에서 보는 바와 같이 Fe에 대한 Sb의 최대 고용도는 상온에서 약 5%, 1,000℃에서 11% 정도이며, Sb는 austenite 구역 폐쇄형 원소이다.⁸⁾

회주철의 조직에 미치는 Sb의 가장 큰 효과는 pearlite를 안정화시키는 능력이다.^{1) 7)} 이 능력은 Cu의 100배, Sn의 2배정도 강하며, 사형주조한 직경 100mm 환봉형의 완전 ferrite 주철을 pearlite로 변환시킬 수가 있다고 알려지고 있다⁷⁾.

Fig.2는 Sb첨가량에 따른 편상흑연주철의 현미경조직이다(주조시편의 지름 20mm).

현미경조직에 있어서 Sb는 주로 Fe₃C에 용해되고, cell 경계에 편석하며 독립물질을 형성한다.^{1) 3)}

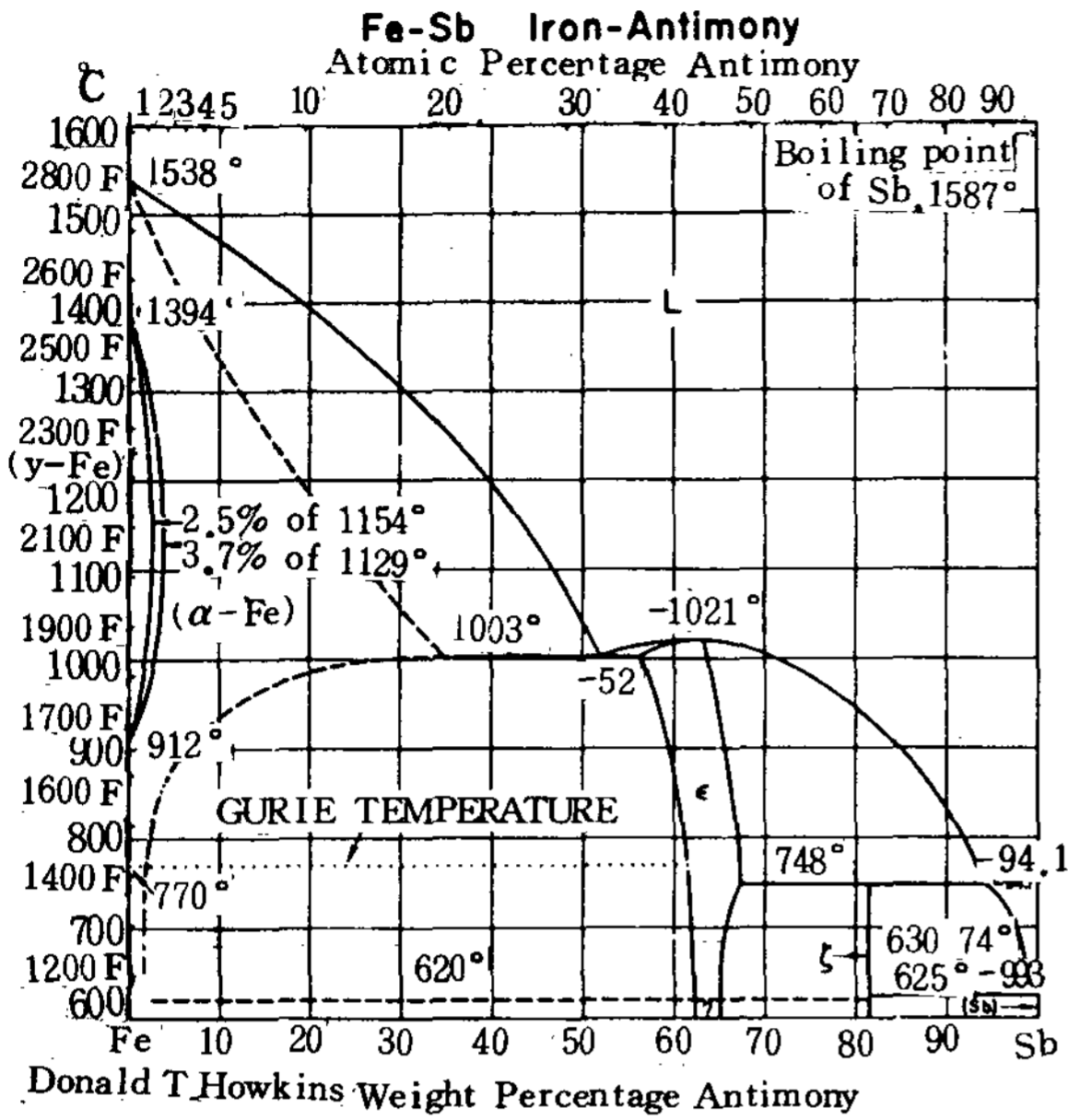


Fig.1. Fe-Sb phase diagram



(c) Sb=0.032



(d) Sb=0.064

Fig.2. Microstruture of flake graphite cast irons(as cast x 200). Nital.

Fig.2에서 보는 바와 같이 0.032% Sb 이상에서는 matrix가 거의 모두 pearlite화 하였으며, 0.05% Sb 정도까지는 흑연의 크기, 형상, 분포상태 및 chill 깊이에 주목할만한 영향을 미치지 않았다.⁷⁾ 그러나 0.06% Sb 이상으로 되면 흑연편들이 보다 길고 가늘어지며, 또한 대단히 가늘은 分枝狀의 흑연이 발생하고 공정 cell 들은 더욱 작아졌다.²⁾

3-2. 球狀黑鉛鑄鐵의 顯微鏡組織

일반 편상흑연주철에서와 같이 Sb는 pearlite가 형성되는 704~538°C의 범위에서 austenite→ferrite의 변태를 지연시킨다.⁷⁾ 따라서 Sb는 뚜렷한 pearlite 안정화 효과를 나타낸다. 한편 Sb는 0.01% 정도 이하에서 구상화 저해작용을 한다고 보고되어 있다.^{6,7)} 이 작용은 본 실험에서도 확인되었으나 그 정도는 Sb의 첨가 방법과 잔유 Mg 량에 따라 차이가 있다는 사실을 발견하였다. 즉, Sb를 Mg 처리제와 함께 첨가



(a) Sb=0



(b) Sb=0.016

하는 경우는 구상화 저해작용이 극심하였으나, 접종과 동시에 ladle 첨가의 경우는 보다 완화되었다. 또, 잔유 Mg 량이 0.06 %이하에서는 소량의 Sb 첨가로도 흑연 구상화가 불완전하며, 잔유 Mg 량이 그 이상인 경우는 저해작용이 보다 완화되었다.

Fig. 3은 nodule 수에 미치는 Sb의 효과를 나타낸 것이다.

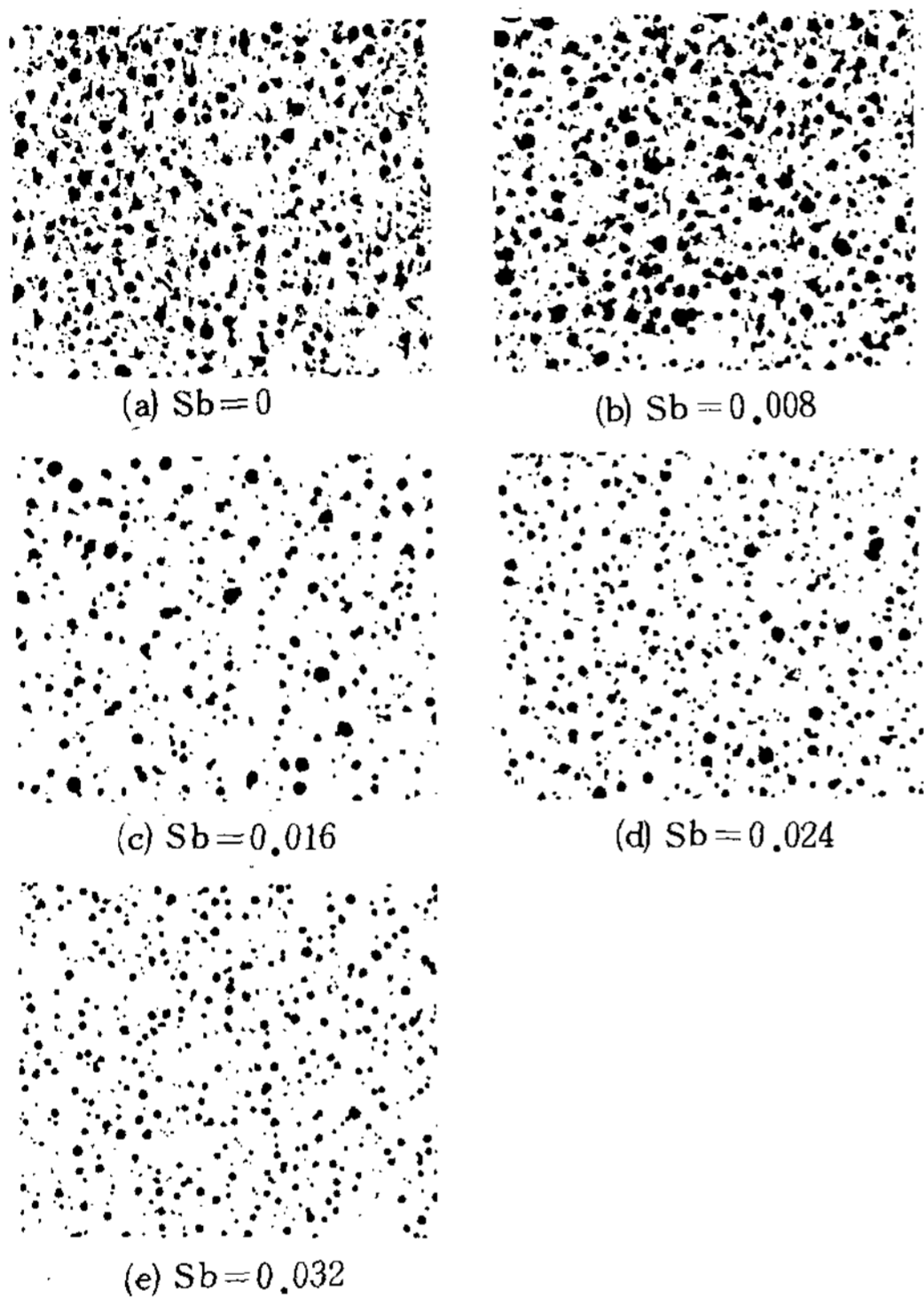
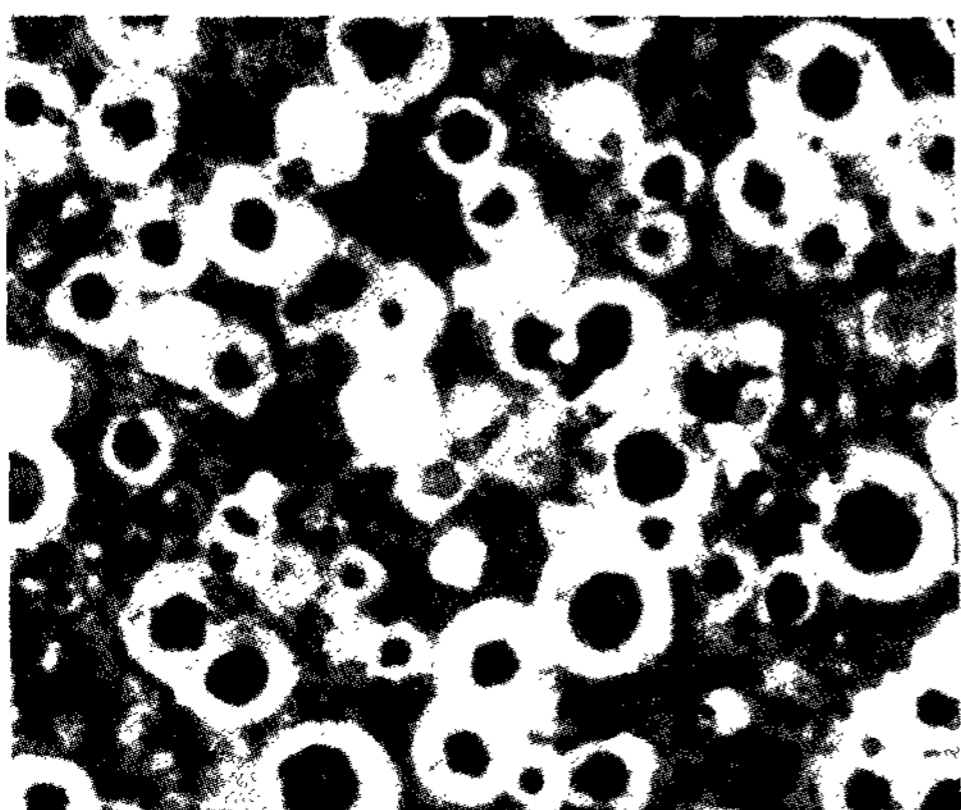
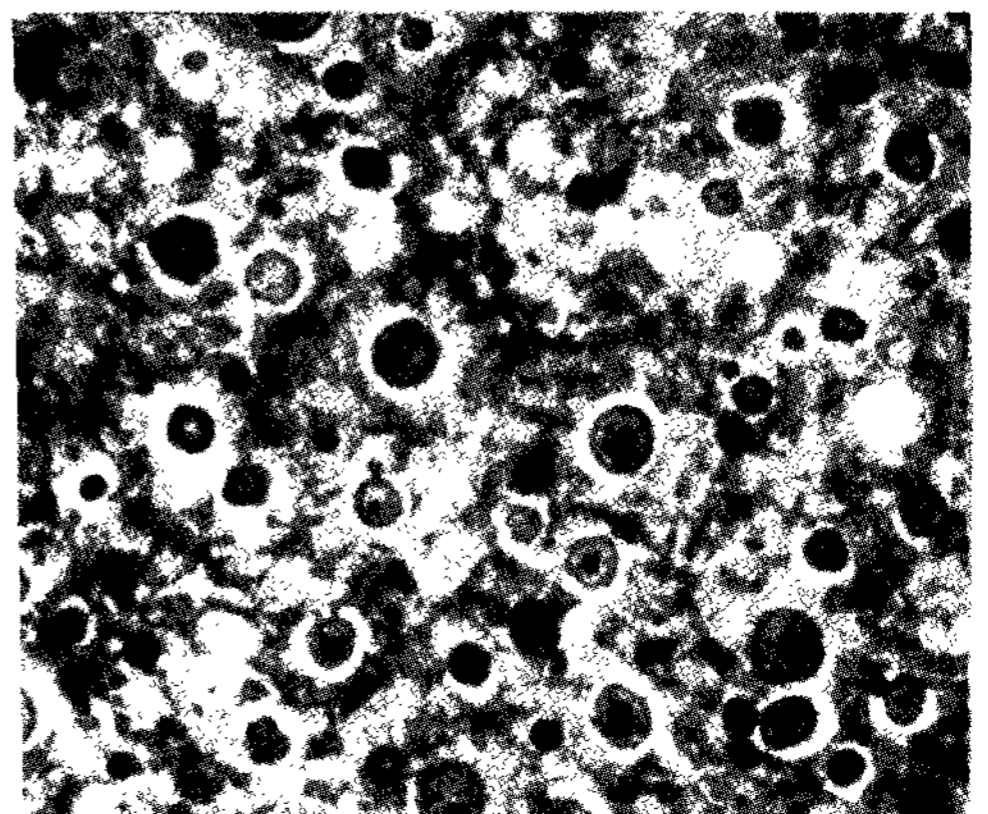
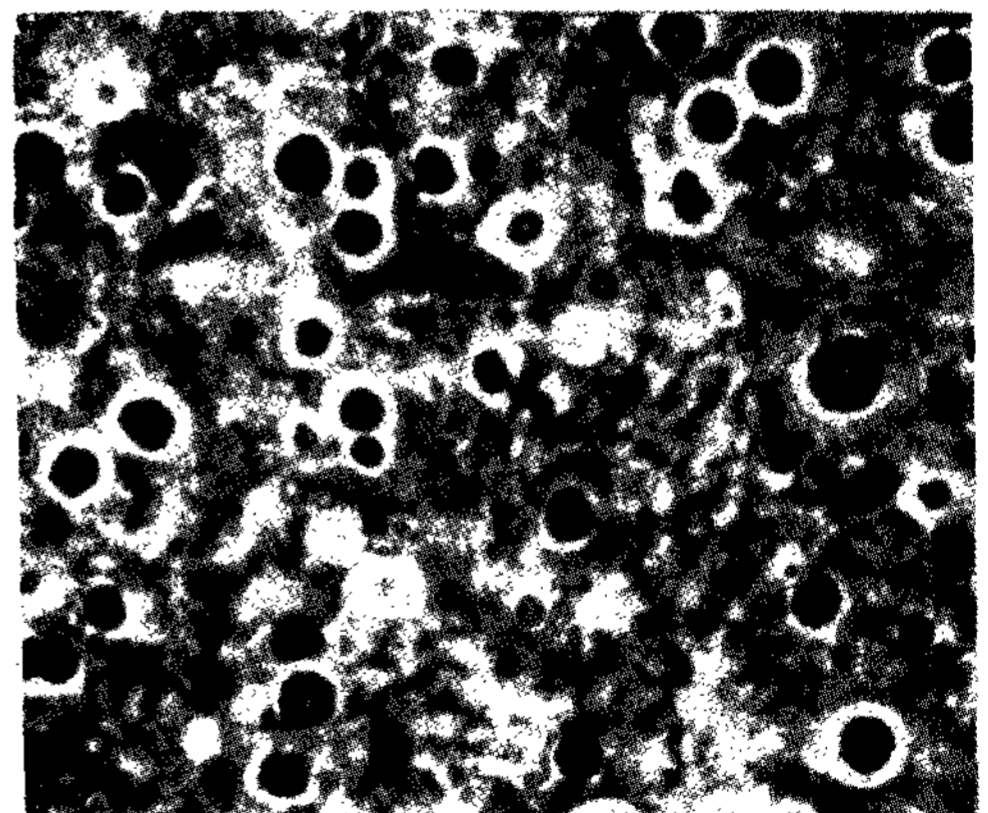
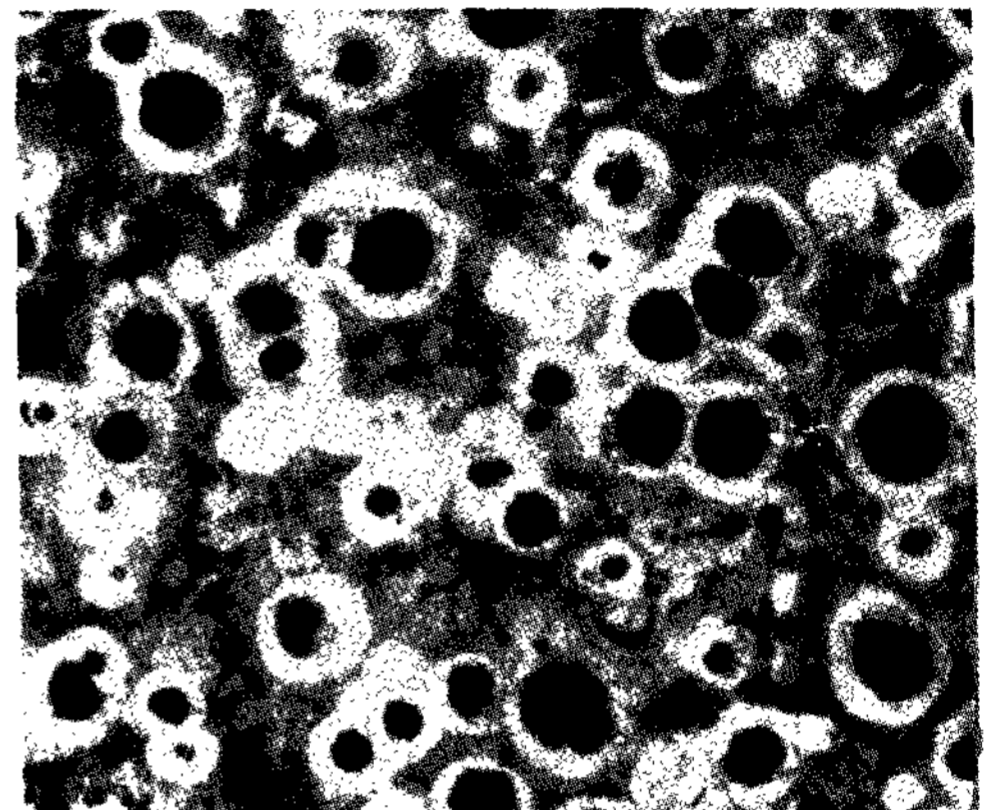


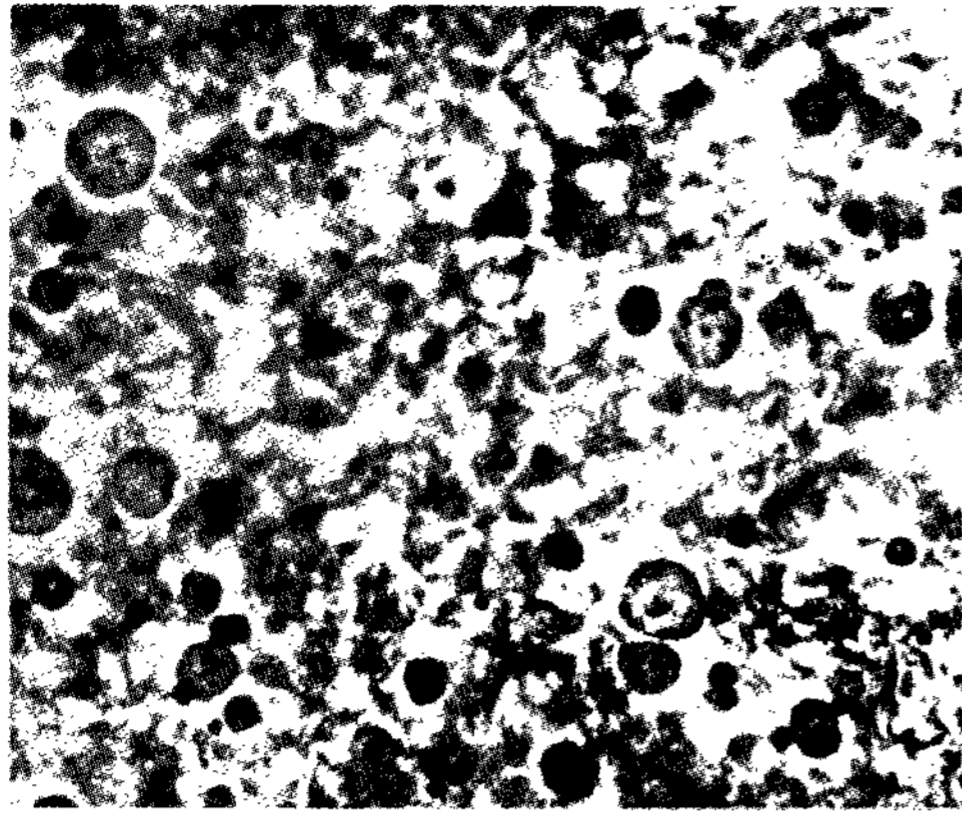
Fig. 3. Effect of different Sb additions on nodule count and size (x 50), as polishing.

Fig. 3에서 보는 바와 같이 0.03 %까지 Sb 첨가량이 증가할수록 nodule의 크기가 작아지고 그 수가 많

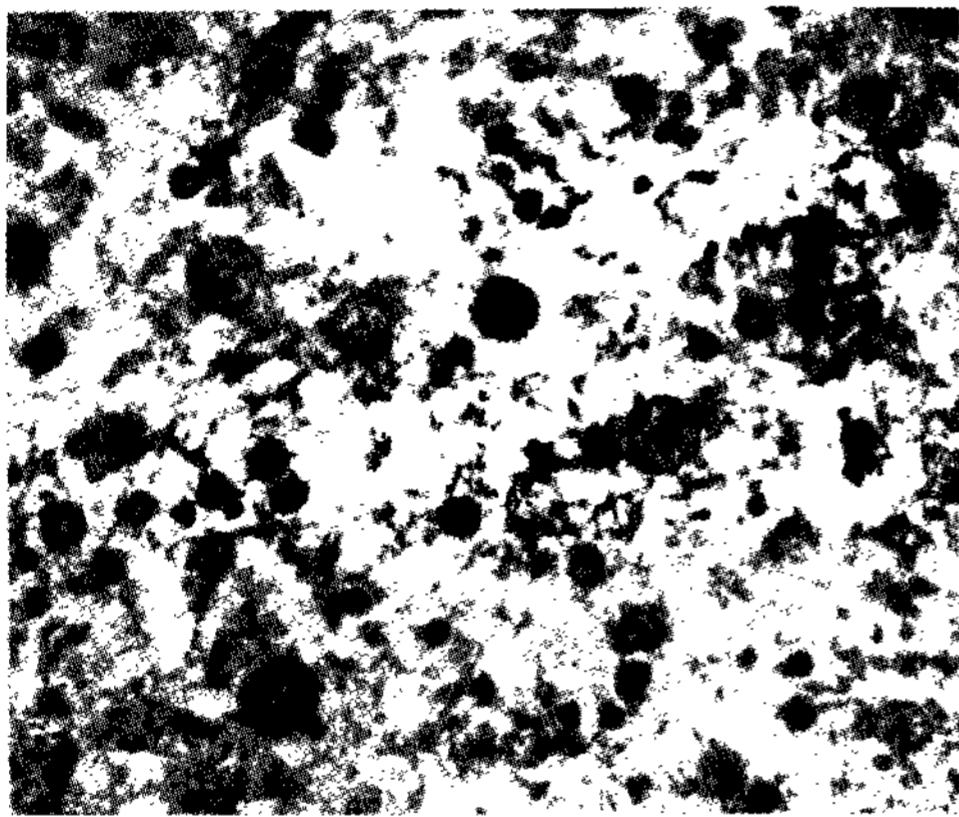
아졌다. 그러나 0.04 % Sb 이상으로 되면 구상화 저해작용으로 편상흑연화 하므로 nodule 수가 급격히 감소된다.

Fig. 4는 현미경조직에 미치는 Sb의 효과를 보인 것이다(φ 20 mm test bar). 0.03% Sb 범위에서 matrix는 거의 모두 pearlite화하였고, Sb 량이 그 이상으로 되면 유리탄화물이 생성되었다. 이와 같이 편





(e) Sb = 0.032



(f) Sb = 0.04

Fig. 4. Effect of different Sb additions on microstructure (x 100). Nital.

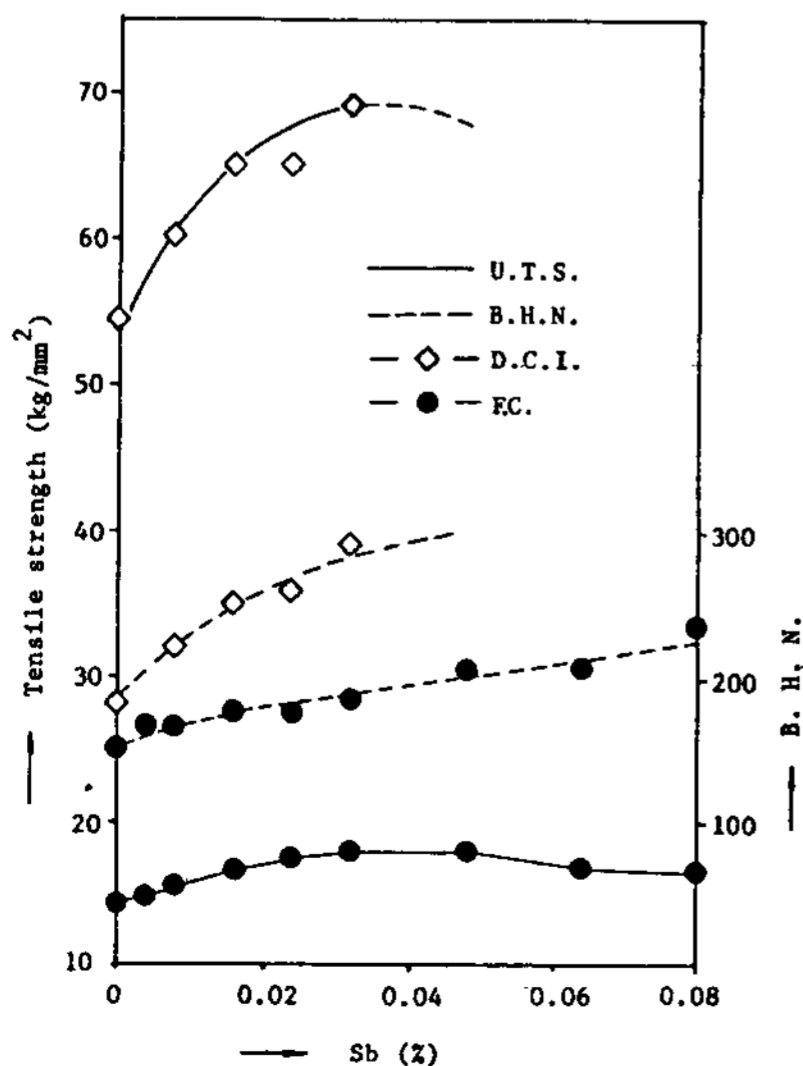


Fig. 2. Effect of different Sb additions on tensile strength and hardness

상흑연주철에서보다 훨씬 낮은 Sb 함량에서 유리탄화물이 생성되는 이유는 Mg 과 Sb의 탄화물 안정화에 대한 복합작용 때문으로 사료된다.

3-3. 機械的性質에 對한 考察

Fig. 5는 지름 20 mm로 주조한 편상 및 구상흑연주철의 강도와 경도에 미치는 Sb첨가효과를 나타낸 것이다.

3-3-1. 片狀黑鉛鑄鐵에 對하여

지름 20 mm인 봉상 주조재의 경우(비교용 시료(Table 1의 FGO)의 ferrite 량은 15%), 인장강도는 0.05% Sb 범위까지 Sb 량이 증가함에 따라 증가(비교용 시료의 14kg/mm² 으로부터 19kg/mm² 까지) 하였으나 그 이상의 Sb 량에서는 완만한 감소를 보였다. 강도의 증가는 Sb에 의하여 matrix의 ferrite가 pearlite화 하는 것이 주 요인이므로 ferrite 량이 많은 주철일수록 Sb첨가에 의한 강도의 증가 폭이 크게 된다 Fig. 5에서 최대 강도를 나타내는 0.03~0.05% Sb 범위의 주철조직은 전술의 편상흑연주철 조직사진(Fig. 2)에서 확인할 수 있는 바와 같이 완전 pearlite이다. 이후의 강도 저하는 시료의 냉각속도(ferrite 량)에 비하여 Sb 량이 과다하므로 유리 cemente가 석출되고, 앞에서 언급한 바 있는 分枝狀흑연이 cell 경계 부근에 편석되기 때문이라 할 수 있다.³⁾

냉각속도가 보다 늦은 경우(φ 40 mm봉재)는 약 0.1% Sb 부근까지 강도가 증가하며, 인장강도의 냉각속도 의존성(質量效果)은 Sb를 첨가하지 않은 일반주철에 비하여 훨씬 작았는데, 이것은 Sb에 의하여 안정화된 pearlite는 고온에서도 대단히 안정하므로 냉각 도중에 분해되기 어렵기 때문이다(Fig. 6 참조).⁷⁾

한편 경도(HB)는 비교용 시료(Sb % = 0)의 150에서 부터 0.1% Sb의 230까지 거의 직선적으로 증가하였다.

3-3-2. 球狀黑鉛鑄鐵에 對하여

지름 20 mm 봉상 시료의 경우(비교용 시료의 ferrite 량은 40%), 인장강도는 0.04% Sb 범위까지 Sb 량이 증가함에 따라 증가(Sb 무첨가 시료의 54 Kg/mm² 에서 부터 69kg/mm² 까지)하였으나 그 이상의 Sb 량에서는 유리 cementite가 석출되고, 또 Sb의 구상화 저해작용이 현저하여 편상흑연의 량이 증가하므로 감소하였다. 한편 경도(HB)는 Sb 무첨가 시료의 181에서부터 0.04% Sb의 287까지 증가하였다. 구상흑연주철에서 Sb첨가량 0.04% 이상의 범위에 있어서는 전술한 바와 같이 유리 cementite의 석출, 불완전구

상화 등의 현상이 나타났는데, 이는 용탕의 냉각속도, 잔유 Mg 량, S 량 등에 따라 효과가 다르게 되는 것 같았으나 불분명한 점이 많으므로 차기의 연구 대상으로 하고, 본 실험에서는 검토하지 않았다.

3-4. pearlite의 安定化에 對한 考察

Sb에 의하여 安定化된 pearlite의 安定도를 알아보기 위하여 인장시험편으로 부터 채취한 시료를 열팽창계(SINKU-RIKO, ULVAC TA-1,500)를 이용해서 최고 가열온도 900 ℃, 가열 및 냉각속도 10 ℃/min로 열분석하고, 동일 시료의 현미경조직을 조사하였다.

Fig.6과 Fig.7은 편상흑연주철과 구상흑연주철에 대한 열분석곡선이고, Fig.8과 Fig.9는 열분석한 이후의 동일 시료에 대한 현미경조직이다.

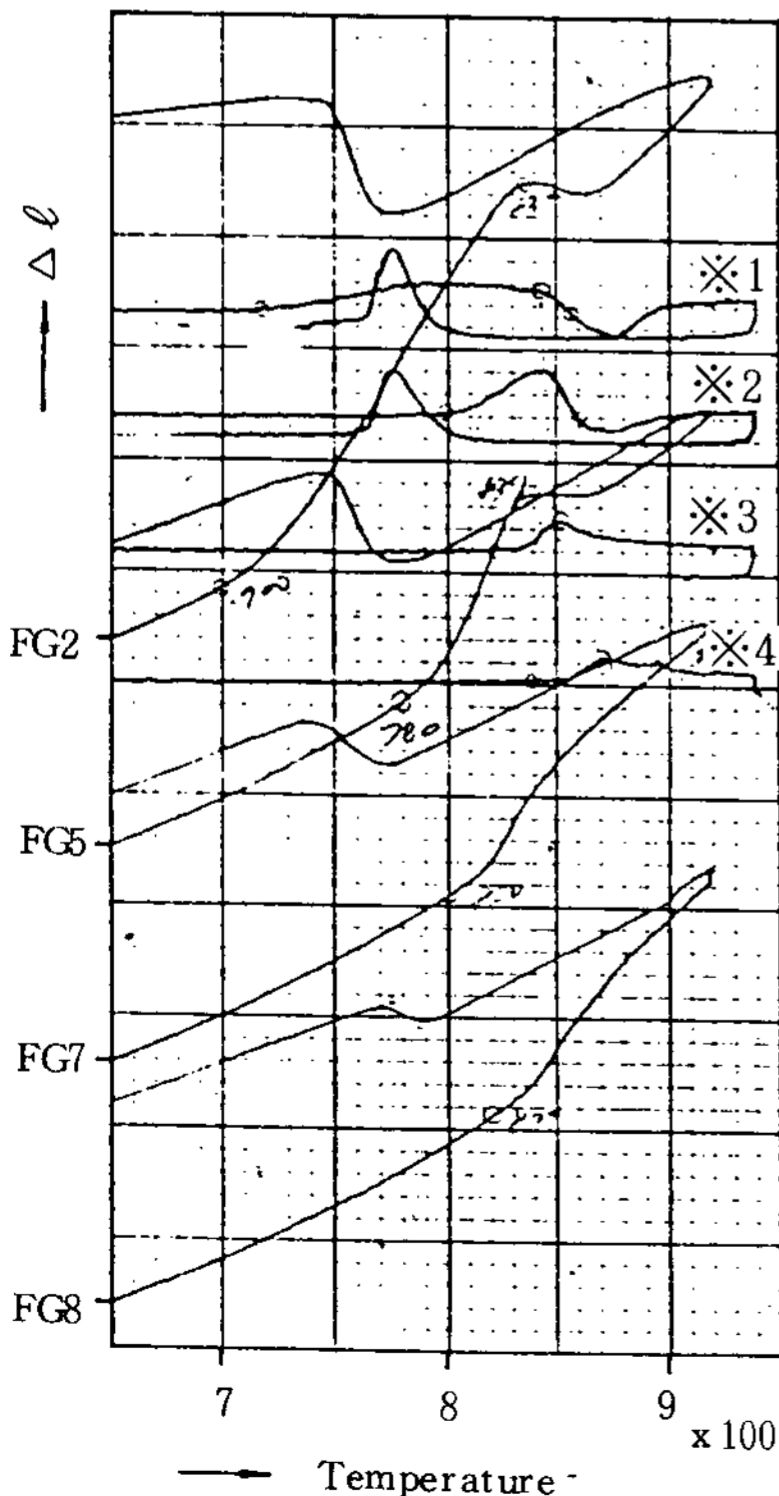
열분석곡선과 현미경조직으로부터 확인할 수 있는 바와 같이 Sb의 pearlite 安定化 효과는 대단히 크다.

편상흑연주철의 경우(Fig.8), 열분석한 후의 Sb 무첨가 시료는 pearlite가 거의 전부 분해하여 ferrite로 되었으나 0.064% Sb 이상에서는 거의 전부가 분해되지 못하였다.

한편, 구상흑연주철의 경우는 Fig.9에서 보는 바와 같이 편상흑연주철에서보다 Sb 함량이 낮은 0.03% Sb

이상에서 거의 모든 pearlite가 분해를 일으키지 못하고 있다.

Sb를 소량(0.08%) 첨가하면 $r \rightarrow \alpha + G$ 로의 반응을 $Fe_3C \rightarrow \alpha + G$ 로의 분해에 대한 만큼 억제하나,



※1~4는 각각 FG, 2-8에 대한 열분석 곡선의 미분 곡선임.

Fig.6. Thermal analysis curve of FGCI samples.

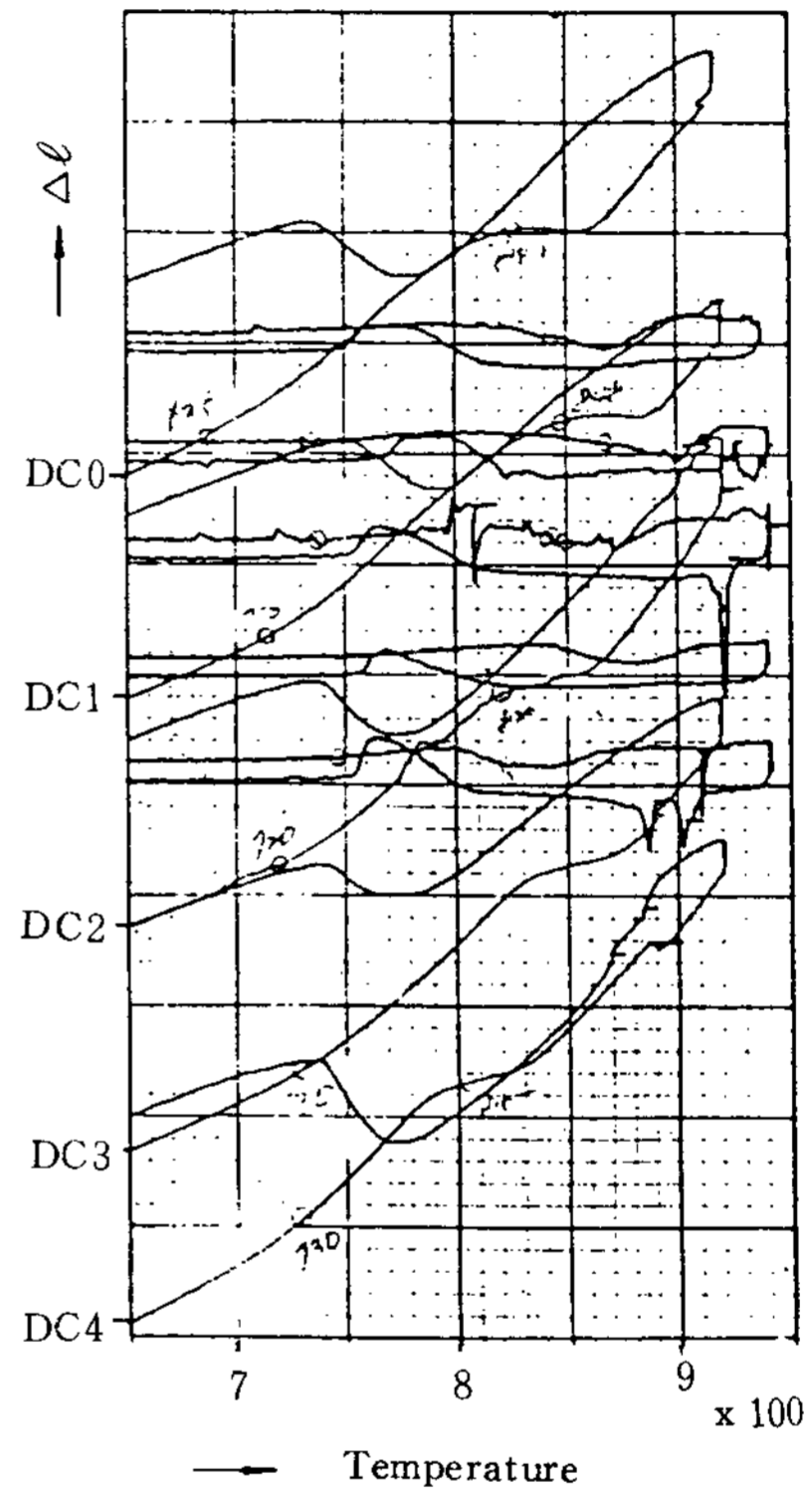
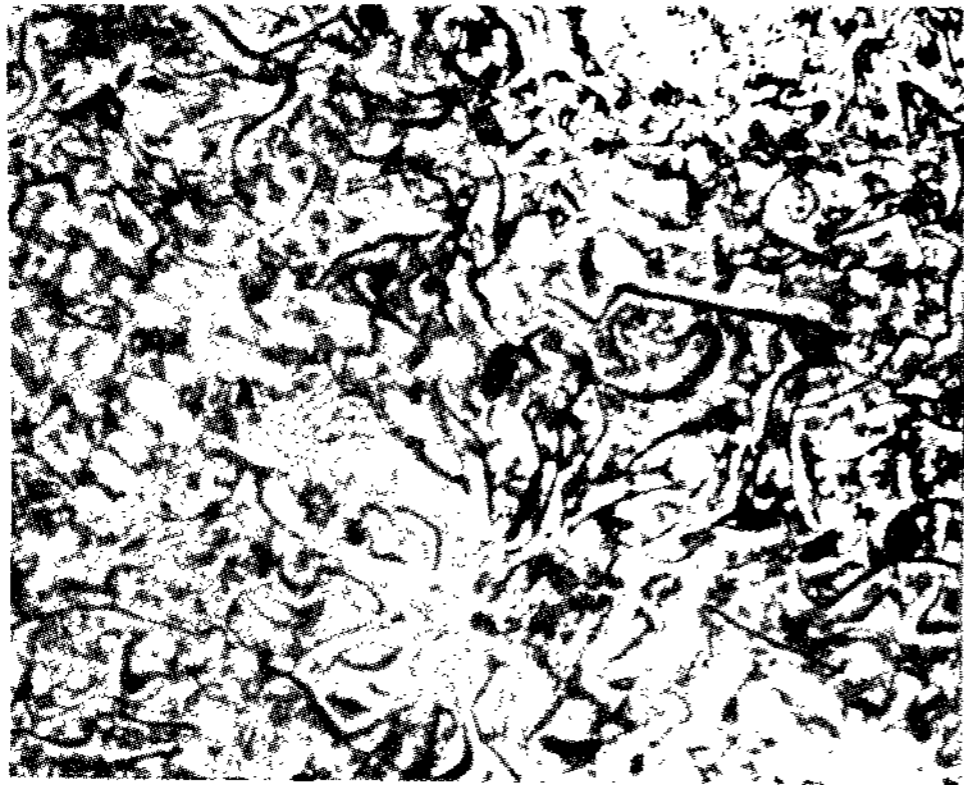


Fig. 7. Thermal analysis curve of DCI samples.

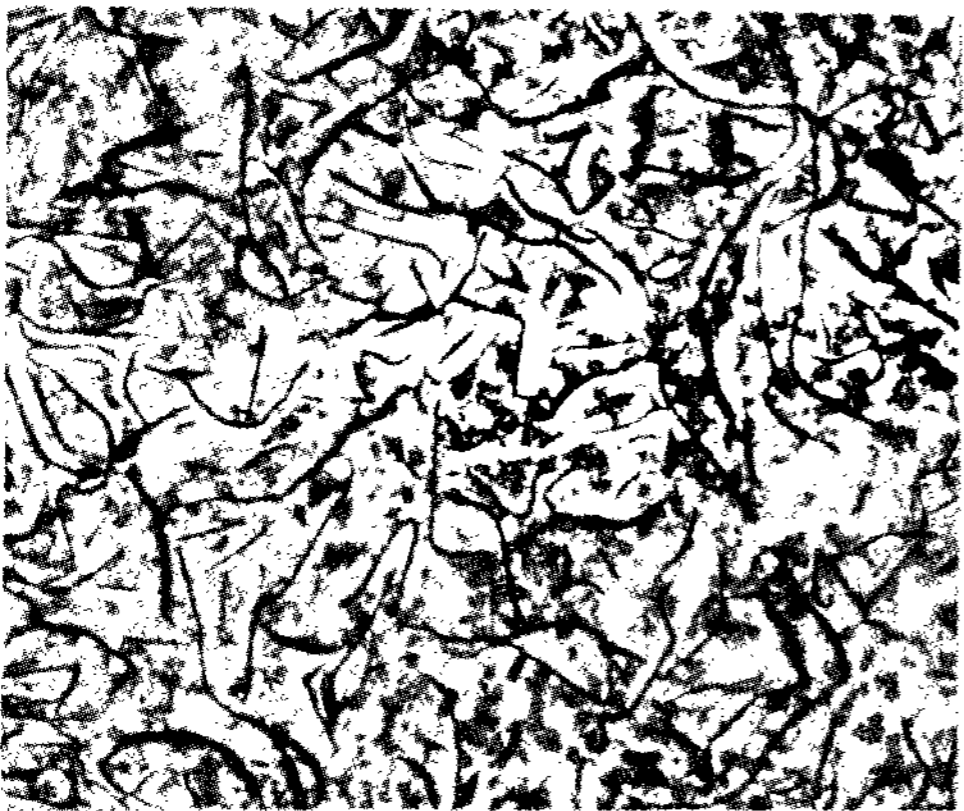
준안정 $r \rightarrow \alpha + Fe_3C$ 반응에 현저하게 영향을 미치지 않는다고 알려져 있는데,³⁾ 이 현상은 강의 austenite 구역 폐쇄형 원소들이 나타내는 유사한 성질들이라 할 수 있을 것이다. 또 Sb는 응고 중에 구상흑연과



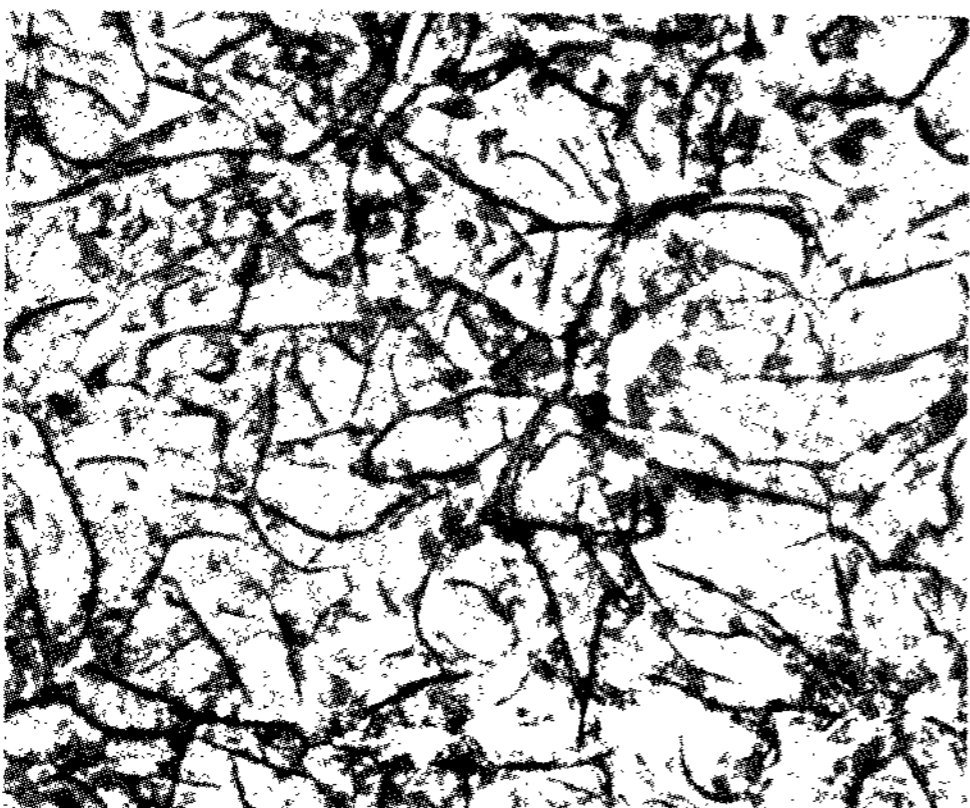
(a) Sb=0.032



(b) Sb = 0.016



(c) Sb = 0.032



(d) Sb = 0.064

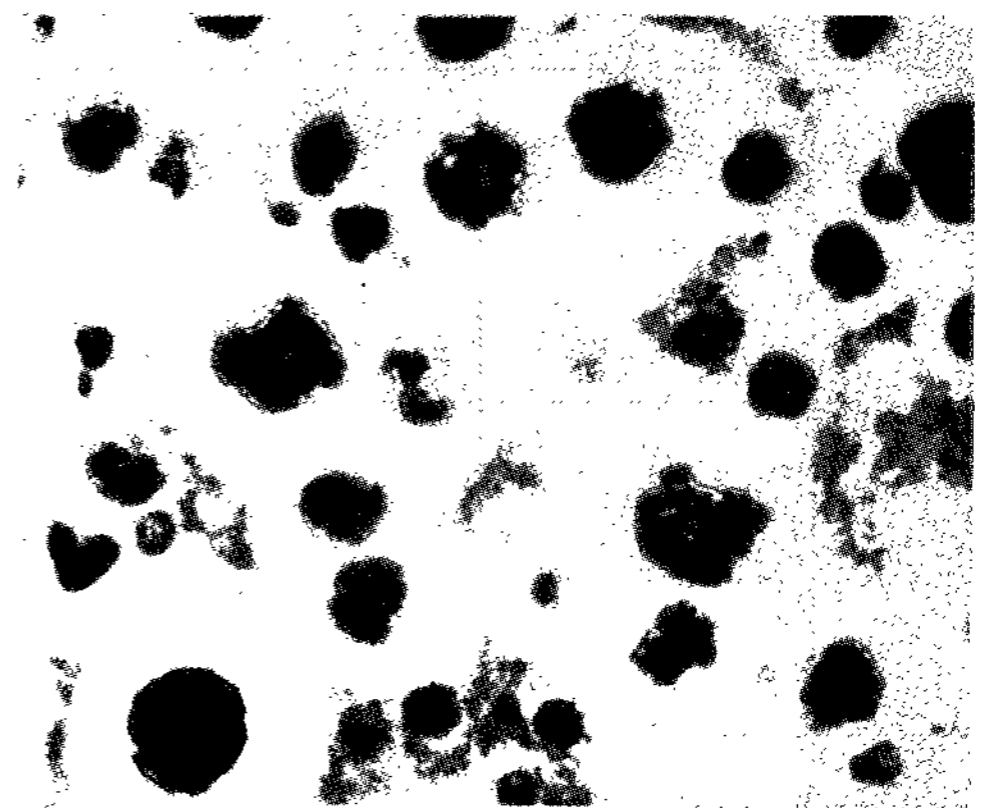
Fig.8. Room temperature microstructure of flake graphite cast irons after thermal analysis (x 200). Nital.

금속 2相間의 境界에 흡수되는 것으로 확인되고 있는데, 이 흡수층은 兩相間의 境界를 통한 탄소의 자유 이동에 대하여 하나의 장벽과 같이 작용 한다고 볼 수 있으며, 이동하고자 하는 탄소들이 이 장벽에 걸려 침

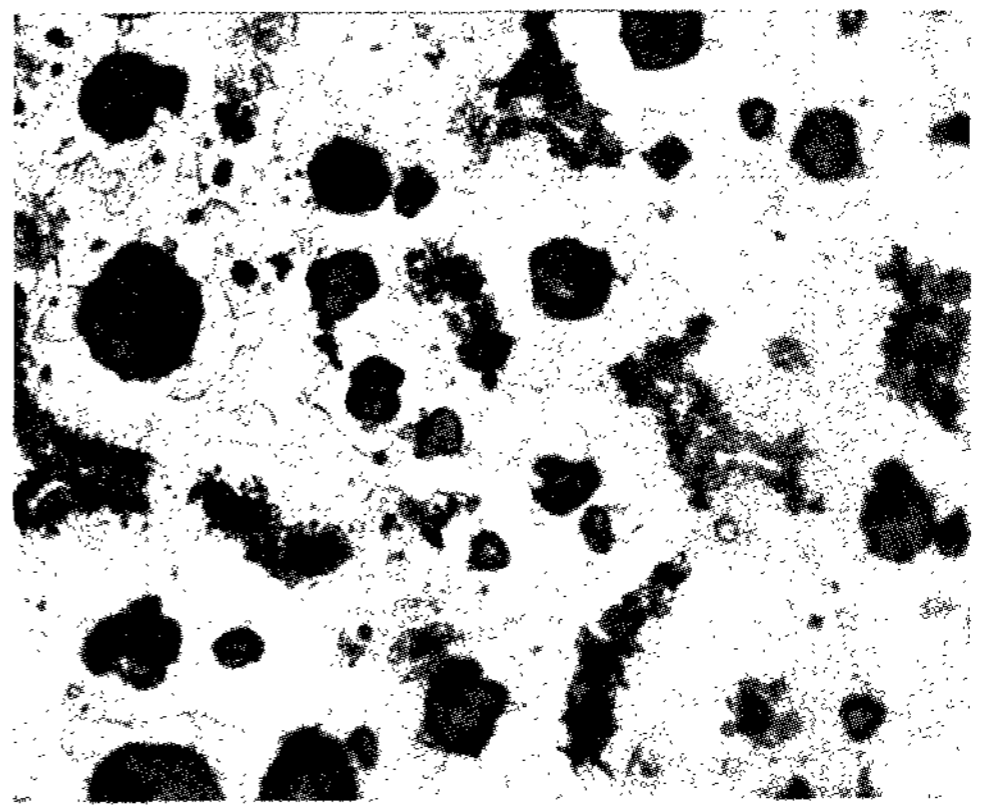
전되어서 nodule들이 변태에 참여하는 것을 방해할 것이므로 합금은 Fe-C 합금과 같이 변태할 것이고, 따라서 형성된 pearlite는 상대적으로 안정하게 될 것이다.

3-5. 高温成長에 對한 考察

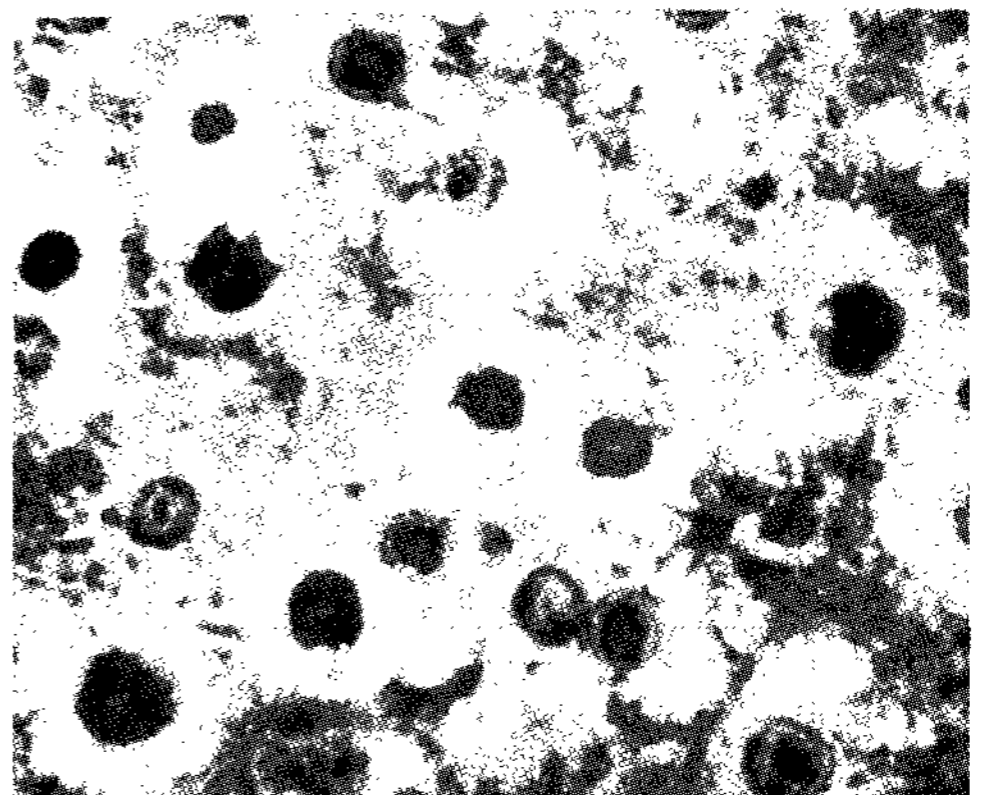
Fig.10은 편상 및 구상흑연 주철의 고온성장예 미치는 Sb의 첨가 효과를 나타낸 것으로서, 전술한 열팽



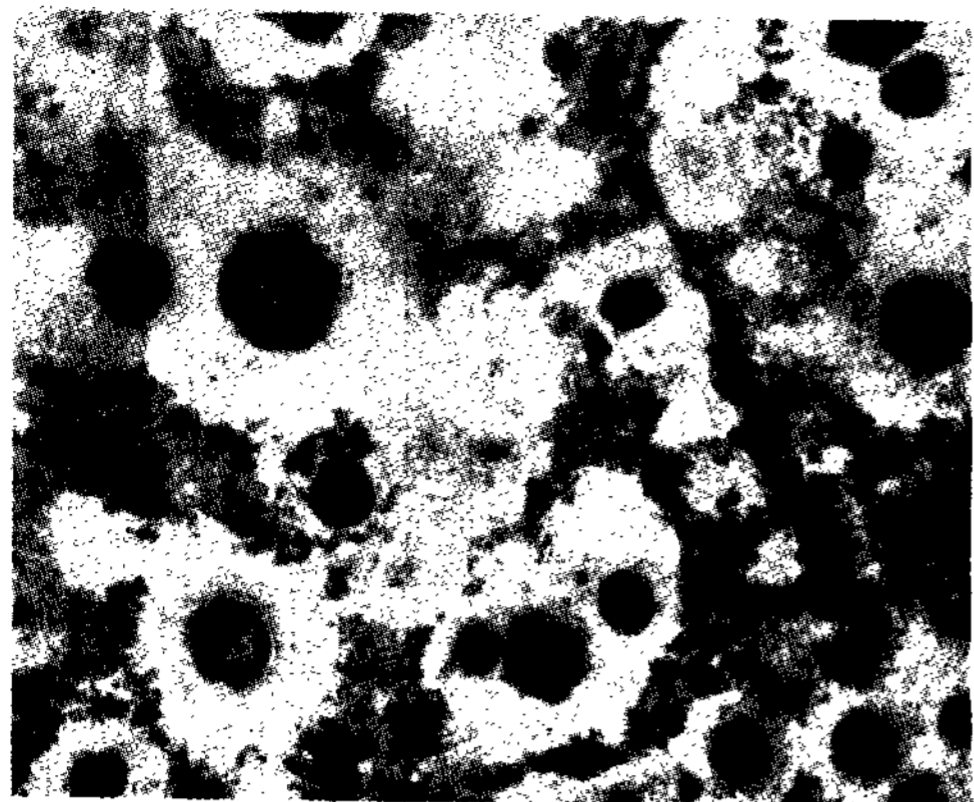
(a) Sb = 0



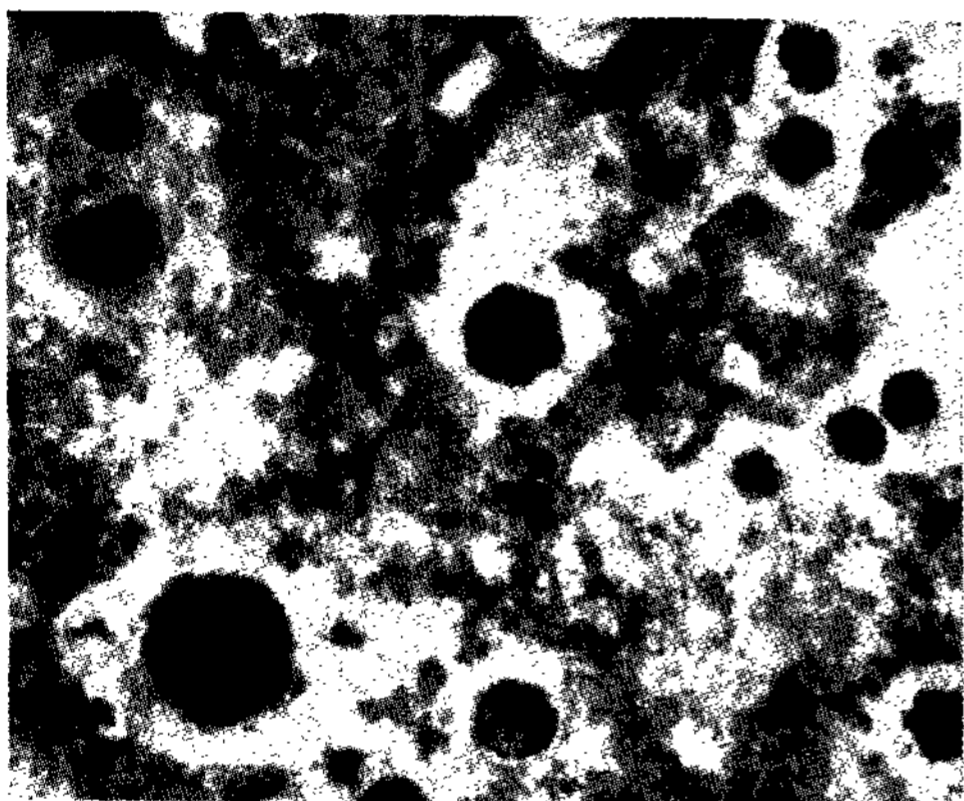
(b) Sb = 0.008



(c) Sb = 0.016



(d) Sb = 0.024



(e) Sb = 0.032

Fig.9. Room temperature microstructure of nodular cast irons after thermal analysis (x 200). Nital.

창시험으로부터 얻은 결과이다.

편상흑연주철의 성장율(상장에 의한 팽창길이/시료의 처음길이)은 0.06% Sb 범위까지 첨가량의 증가에 따라 급격히 감소하고, 그 이상의 Sb 량에서는 극히 완만하다. 이 사실로부터 Sb의 pearlite 안정화 능력은 0.06% Sb 이상에서 안정됨을 알 수 있다.

구상흑연주철의 경우는 Fig.10에서 보는 바와 같이 성장율이 0.01% Sb 전·후까지 감소하고, 0.03% Sb 부근까지 증가하였다가 그 이상에서 다시 감소 현상을 보였다. 이것은 소량의 Sb와 Mg의 복합작용에 의해서 준안정화(상온에서는 안정)되었던 일부의 pearlite가 열분석 최고 가열 온도인 900°C까지 견디지 못하고 분해하는 량이 다르기 때문에 생긴 현상으로 판단된다.

편상과 구상흑연주철 간의 성장율의 극심한 차이는 비교용 편상흑연주철조직중의 ferrite 량이 15% 미만인

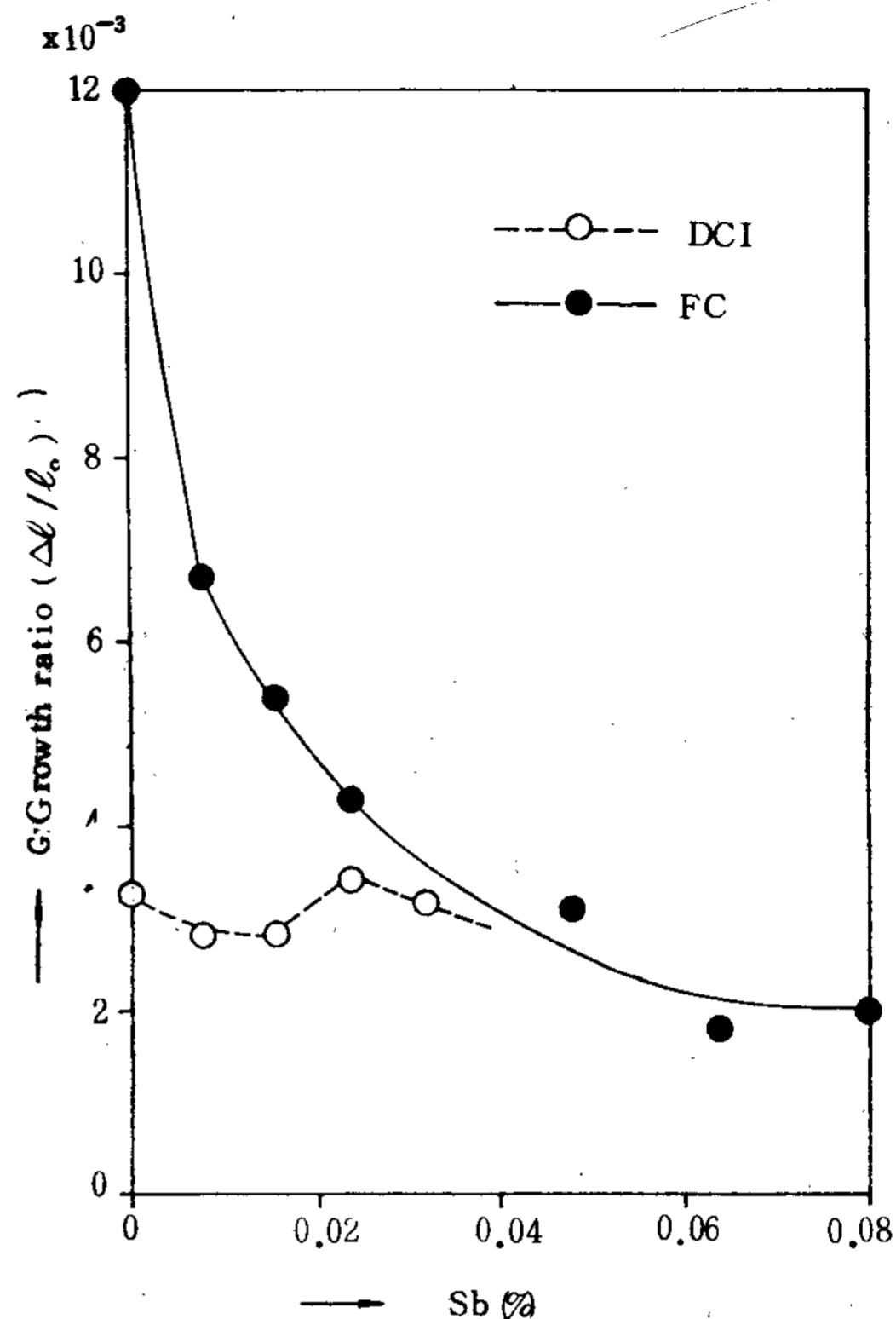


Fig.10. Effect of different Sb additions on growth of cast iron.

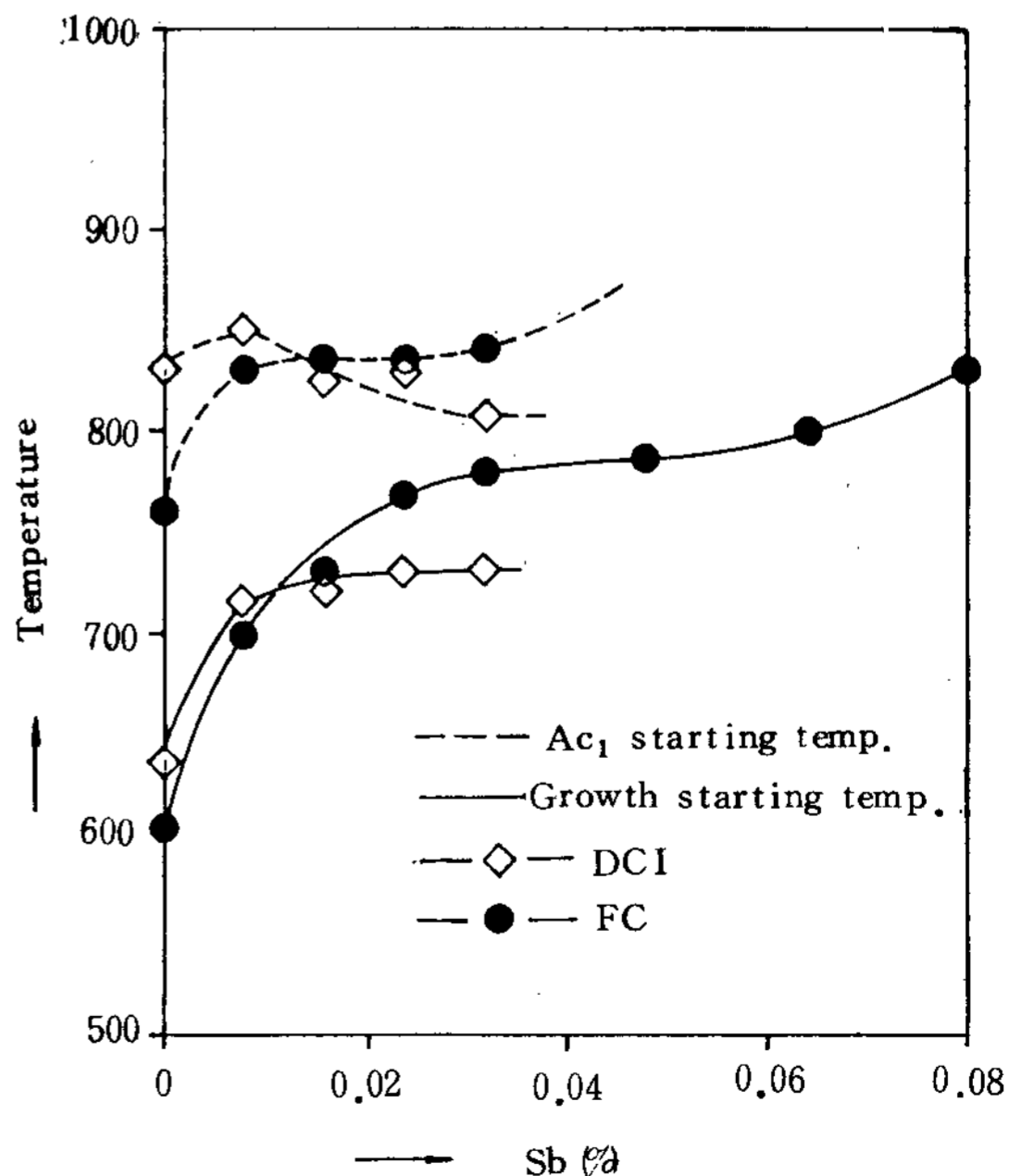


Fig.11. Effect of different Sb additions on Ac₁ and growth starting temperature.

있음에 비하여 비교용 구상흑연주철에서는 약 40%로써, 상대적으로 구상흑연주철 쪽의 pearlite 량이 적었기 때문이었으며, Sb=0인 시료중의 ferrite 량이 동일한 편상과 구상흑연 주철 간의 Sb에 의한 성장율이 어떻게 될 것인지에 대하여는 조사하지 않았음을 밝혀둔다.

3-6. 變態溫度에 對한 考察

Fig.11은 Sb첨가량과 Ac₁변태온도 및 성장(pearlite의 분해)개시온도와의 관계로서, 전술의 열분석 시험으로부터 얻은 결과이다.

Sb가 Ac₁변태온도에 미치는 영향은, 편상흑연주철의 경우 0.01% Sb까지는 Ac₁개시온도를 급격히 상승시키고, 그 이상의 Sb%에서는 완만한 상승을 보이거나 Ac₁종료온도는 Sb%의 증가와 함께 대단히 높아져서 0.064% Sb 이상에서는 900℃까지 실시한 열분석곡선상에 Ac₁종료온도가 나타나지 않고 있다(Fig 6). 이것은 Sb가 austenite 구역 폐쇄형 원소로서 Ac₁변태를 억제하기 때문이다. 구상흑연주철에서는 0.01% Sb 부근까지는 Ac₁온도를 다소 상승시키나 그 이상의 함량에서는 오히려 강하시키는 경향을 보였으며, Sb에 의한 Ac₁온도 변화폭이 편상흑연주철에 비하여 작았다.

한편 pearlite의 분해에 의한 체적팽창개시온도는 편상흑연주철의 경우 비교용시료(Table 1 FGO)의 약 600℃로부터 0.08% Sb의 약 820℃까지 현저하게 상승하였으나 그 상승폭은 0.02% Sb 부근까지가 가장 컸으며, 구상흑연주철의 경우는 비교용시료(Table 2 DCO)의 약 630℃로부터 0.01% Sb의 약 720℃까지 급상승하고, 그 이상의 Sb%에서는 거의 변화 없이 오히려 편상흑연주철의 경우보다 온도가 낮았다.

이상과 같이 Sb가 Ac₁ 및 pearlite의 분해온도를 상승시키는 작용은 전술한(3-4절)바 있는 pearlite의 안정화에 크게 기여한다고 할 수 있다.

3-7. 熱膨脹에 對한 考察

Fig.12는 Sb첨가에 의한 편상 및 구상흑연주철의 열팽창계수(50~150℃)의 변화관계를 나타낸 것이다. 열팽창계수는 Thermal Analyzer(SINKU-RIRO ULVAC TA-1500)를 이용하여

$$\alpha = \frac{\Delta l}{(T_1 - T_0) \times l_0} + \alpha' q$$

의 식으로 구하였으며, 식 중 α 는 열팽창계수, l_0 는

시험편의 처음길이, Δl 은 측정온구구간 $T_0 \sim T_1$ ℃간에서 시험편이 팽창한길이이고, $\alpha' q$ 는 열팽창계에서 석영봉의 팽창에 대한 고유보정값(0~400℃에서 5.72×10^{-7})이다.

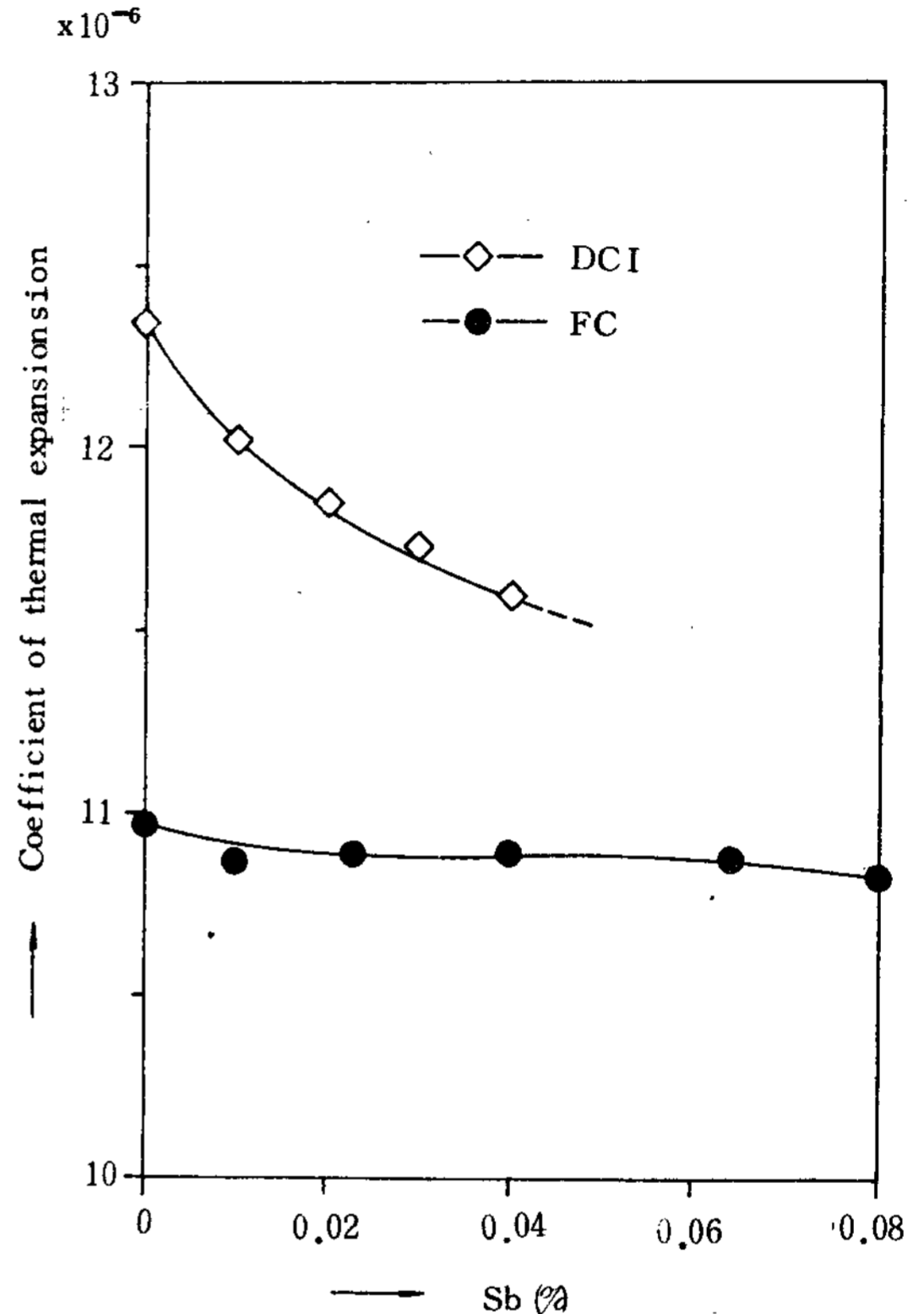


Fig.12. Effect of different Sb additions on coefficient of thermal expansion.

일반으로 구상흑연주철의 열팽창계수는 $11.6 \times 10^{-6} / \text{℃}$ 전·후로서 보통주철의 $10 \sim 11 \times 10^{-6} / \text{℃}$ 정도보다 크다.⁶⁾ 그러나 이 값들은 주철중의 흑연의 형상과 분포상태, matrix의 여하 등에 따라서 달라지게 된다.

본 실험에서 편상흑연주철의 열팽창계수는 비교용 시료의 $10.967 \times 10^{-6} / \text{℃}$ 로부터 0.08% Sb의 $10.844 \times 10^{-6} / \text{℃}$ 로 약간의 감소를 보인데 대하여 구상흑연주철의 열팽창계수는 Sb=0인 시료의 $12.35 \times 10^{-6} / \text{℃}$ 로부터 0.04% Sb의 $11.605 \times 10^{-6} / \text{℃}$ 로 감소폭이 훨씬 컸다. 이것은 앞에서 언급한 바와 같이 구상흑연주철에서 Sb의 증가에 따라 nodule 수가 많아지고, matrix의 ferrite가 pearlite화 하는 것이 주 원인이라 할 수 있다.

Fig.12에서 0.04% Sb 이상의 구상흑연주철에 대한 열팽창계수가 표시되지 않은 것은 그 이상의 Sb%에

서는 Sb의 구상화 저해작용으로 완전한 구상흑연주철을 얻을 수 없었기 때문이다.

가 감소하나, 그 감소 정도는 회주철에서보다 구상흑연주철에서 더욱 현저하다.

4. 結 論

주철의 성질에 미치는 Sb첨가의 효과에 관한 이상의 실험 결과들을 종합하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1). Sb는 일반 회주철뿐만 아니라 구상흑연주철에서도 ferrite의 성장을 억제하고 pearlite 주철을 생산하는 데에 경제적으로 유용하게 사용할 수 있는 첨가원소이다.

2). 회주철의 경우, 금속Sb의 ladle 첨가량은 0.05%까지가 바람직하다. 이 범위의 함량에서 Sb는 chill 경향을 증가시키지 않고 pearlite 량의 증가와 함께 기계적성질을 향상시킨다.

3). 구상흑연주철에서 Sb는 흑연 구상화 저해작용을 하지만, 일정량 이내의 범위에서는 pearlite 안정화 합금원소로 사용할 수 있으며, 첨가량은 0.04%를 초과하지 않는 것이 좋다. 이 첨가량을 초과하면 구상화가 불완전하게 되고, 유리탄화물이 형성되어 기계적성질을 저하시킨다.

4). Sb의 첨가에 의하여 구상흑연의 수가 대단히 증가하고, 흑연粒의 형상이 현저하게 眞球에 가깝게 되며, matrix가 완전 pearlite로 된다.

5). 첨가Sb량이 증가함에 따라 Ac₁ 및 pearlite의 분해가 대단히 억제되고, 그 온도가 현저하게 상승된다.

6). 첨가 Sb량이 증가함에 따라 주철의 열팽창계수

參 考 文 獻

- 1) J. Charbonnier and J.C. Margerie, "Micro-Segregation in Cast Iron," Recent Research in Cast Iron, edited by H.D. Merchant (New York: Gordon and Breach, 1964), pp 389-415.
- 2) R.H. Aborn, "What Antimony May do for you in Gray and Ductile Iron," AFS Transaction, Vol 84, pp 503-506 (1976).
- 3) E. Voros, "The Effect of Antimony Contents on Solidification and Cast Iron Properties," 36th International Foundry Congress (Belgrade: Sept. 1969).
- 4) "Sb turns iron into bearings," Foundry, p28 (Oct. 1968).
- 5) P. Pelleg, "Antimony Treated Cast Iron," AFS Transactions, pp666-672 (1962).
- 6) 日本金屬學會 鑄造分科會編, "球狀黑鉛鑄鐵の理論と實際", pp. 129~135.
- 7) C.E. Bates and J.F. Wallace, "Effects and Neutralization of Trace Elements in Gray and Ductile Irons," AFS Transaction, Vol 182, pp 571-592(1974).
- 8) ASM. Metals Handbook, V8, pp306.

