

論 文

「低알루미늄 합금鑄鐵의 凝固組織과 機械的 性質에 미치는 니켈의 影響」

姜樂遠*, 康仁燦**

[Effect of Ni addition on the Structure and Strength of gray cast iron containing aluminium]

Nak Won Kang,** In Chan Kang,*

ABSTRACT

Recently there were many studies on the development of cast iron for increasing strength, thermal resistance and mechanical properties, etc.

The effects on mechanical properties and variation of solidification structure of hypo-eutectic cast iron was investigated when Ni(Al) was added with a fixed quantity of Al(Ni) content.

The conclusions are as follows.

- 1) Tensile strength was the maximum(over 41 kg / mm²) when Al is added about 0.72 %.
2) Torsional strength and angle were increased with increasing Al content and represents maximum value, when Al and Ni content are 1.5 and 2.0 %.
3) With increasing Ni content, tensile strength decreased because of the effect of graphite coarsening. But torsional strengths were increased with the appropriate addition of (Ni%+Al%) content because of the effect of strengthened matrix.

1 . 緒 論

鑄鐵에서 강도, 내마멸성 및 내식성등의 성질을 개선하기 위하여 합금元素를 한가지 또는 그 이상 첨가하고, 이들 元素들이 鑄鐵組織이나 기계적 성질에 미치는 영향을 여러 논문에 발표되고 있다. 즉 최근에는 회주철에 소량의 Al을 첨가하여 응고조직이나 기계적 성질에 어떠한 영향을 주는가에 대한 연구가 행하여지고 있으며, 그 결과 chill 깊이의 감소, 共晶 cell 수의 증가, 회주철의 공정온도의 상승, 흑연화의 촉진 등의 효과가 있다고 밝혀지고 있다. 또한 Al의 함유량이 2.5% 가까이 증가되면 회주철이나 구상흑연주철이 고온에서의 산화가 극히 방지되는 효과¹⁾도 발표되었다. 그리고 일정한 냉각속도로, 응고시킬경우 Al의 첨

가량이 증가되면 ferrite의 량도 증가된다는 사실도 발표되었고²⁾ Sinatora³⁾ 등은 Al의 첨가가 기조직 뿐만아니라 구상흑연의 수나 크기에도 영향을 미친다는 연구 결과를 보고하고 있다.

따라서 본 연구에서는 소량의 Al을 함유하는 회주철에서 응고조직, 인장강도, 비틀림강도 및 경도에 미치는 냉각속도 및 Ni의 함유량의 영향을 조사하였다.

2 . 實驗方法

전해철, 전국흑연, 금속규소, 고순도Al, 및 전해니켈 등을 장입하여 40KVA의 고주파유도로에서 산성도가니(#3)를 사용하여 용해하였다. 용해온도는 1500~1550℃, 주입온도 1400~1450℃로 하였다. 본 연구에서 Fig.1(a)와 같은 췌기형 시험편에서는 응고조직을 관찰하였으며, Fig.1(b)와 같은 봉상시험편으로는 인장

* 嶺南 工業專門大學 金屬科 教授
** 仁荷大 工科大學 金屬科 教授

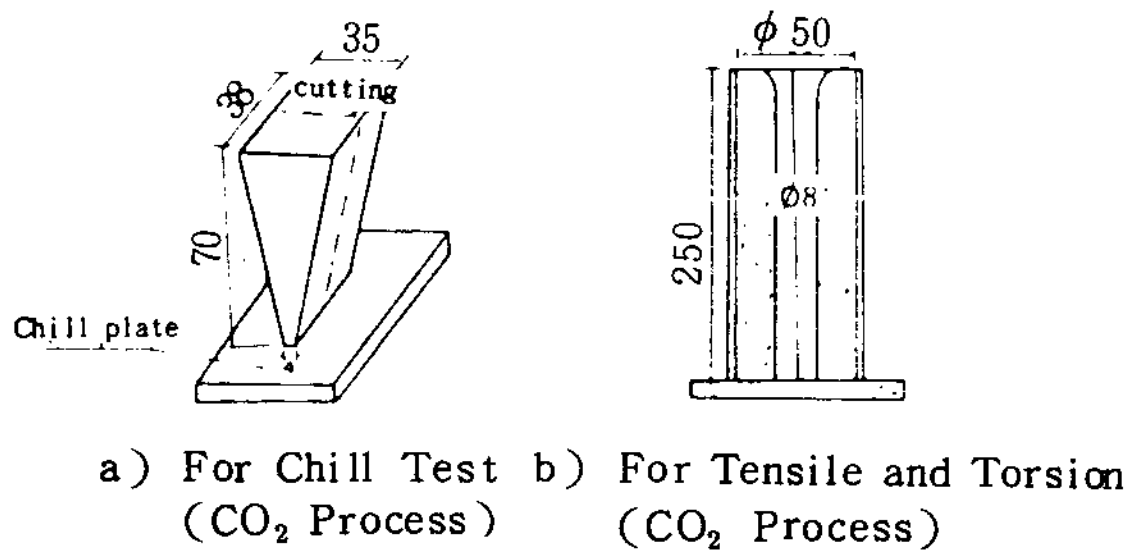
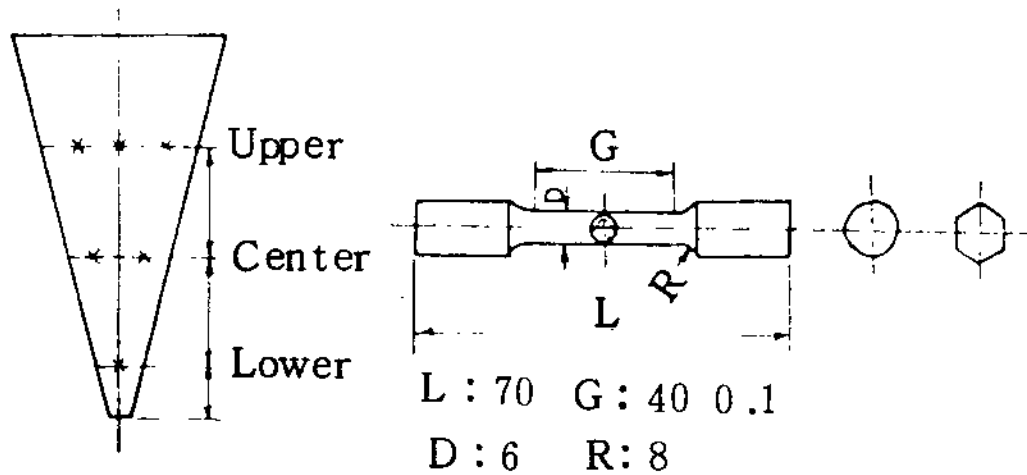


Fig.1 Mould for Preparation of Specimen.

강도 및 비틀림특성을 조사하였다. 썰기 형 시험편에서 냉각속도에 따른 응고조직의 변화를 관찰하고자 Fig.2 (a)와 같이 Chill면으로 부터 10,30 및 50mm 떨어진 위치에서의 조직을 광학현미경으로 관찰하였으며, 각 위치에서 경도를 Brinell Hardness 로 측정하였다. 경도에 미치는 Al 및 Ni의 영향을 조사하기 위하여 Fig.2 (b)와 같은 인장 및 비틀림 시험편을 사용하여 인장강도 및 비틀림강도를 측정하였다. 본 실험에서 사용한 시료의 화학조성은 Table. 1 과 같았다.

Table.1. Chemical Compositions of the specimens (Wt %)

Alloy	C	Si	Al	Ni	Fe
A 1	3.4	2.0	0.33	-	Bal
A 2	//	//	0.37	0.86	//
A 3	//	//	0.39	1.79	//
A 4	//	//	0.38	2.70	//
B 1	//	//	0.72	-	//
B 2	//	//	0.92	0.77	//
B 3	//	//	0.68	1.81	//
B 4	//	//	0.68	2.44	//
C 1	//	//	1.50	-	//
C 2	//	//	1.65	0.94	//
C 3	//	//	1.34	1.75	//
C 4	//	//	1.52	2.73	//
D 1	//	//	2.02	-	//
D 2	//	//	2.16	0.85	//
D 3	//	//	1.96	1.91	//
D 4	//	//	2.04	2.78	//



a) Hardness and Structure Test Specimen b) Tensile and Torsion Test Specimen

Fig.2 Dimension of Test Specimen.

3. 實驗結果 및 考察

3.1 凝固組織

저 Al 합금주철의 응고조직에 미치는 냉각속도 및 Ni 함유량의 영향을 Photo.1~Photo.4에 나타냈다. Photo.1은 Al 함유량이 0.35% 정도인 회주철에서 흑연조직에 미치는 냉각속도 및 Ni 함유량의 영향을 나타낸 것으로서, 냉각속도가 빠른 하부에서는 모든 시험편에서 dendrite 가 방향성을 가지고 성장하고 있으나 중부 및 상부에서는 그 방향성이 점점 감소하고 있

으며, Ni의 첨가량이 증가할수록 그 경향이 현저하였다. 또한 흑연조직은 Ni 함유량이 0.86% 정도일때가 가장 미세하고 2.7%일때는 상당히 조대 화합을 알 수 있다. Photo.2는 Al 함유량이 0.72~0.68% 정도인 경우로서 하부에서는 미세한 dendrite 조직이 방향성을 가지고 성장하고 있으며, Ni의 양이 0% 보다도 오히려 0.77%, 1.81%, 함유한 경우의 시험편에서는 흑연조직이 미세하였다. Ni을 2.24% 함유한 경우에는 상부에서는 조대한 편상흑연이 晶出되기 시작하였다. Photo.3은 1.5% 정도의 Al을 함유한 경우로서 하부 조직은 앞의 경우와 비슷하나 중부에서 상부로 갈수록 흑연조직이 조대 화하고 있음을 알 수 있다. 상부에서는 거의 모든 조성의 경우에서 조대한 흑연이 정출되어 있다. Photo.4는 Al을 2.0% 정도 함유한 경우로서 하부에서는 미세한 흑연이 정출하고 있으나 중부 이상에서는 상당히 조대한 흑연이 정출되고 있으며 상부에서는 완전히 ASTM규격(No.247-47)의 C형에 가까운 黑鉛組織을 나타내고 있다. 따라서 (Ni%+Al%)의 양이 어느한도 이상이 되면 조대한 黑鉛組織을 형성하게 됨을 알 수 있었다.

3.2 機械的 性質

(1) 경도에 미치는 Al의 영향

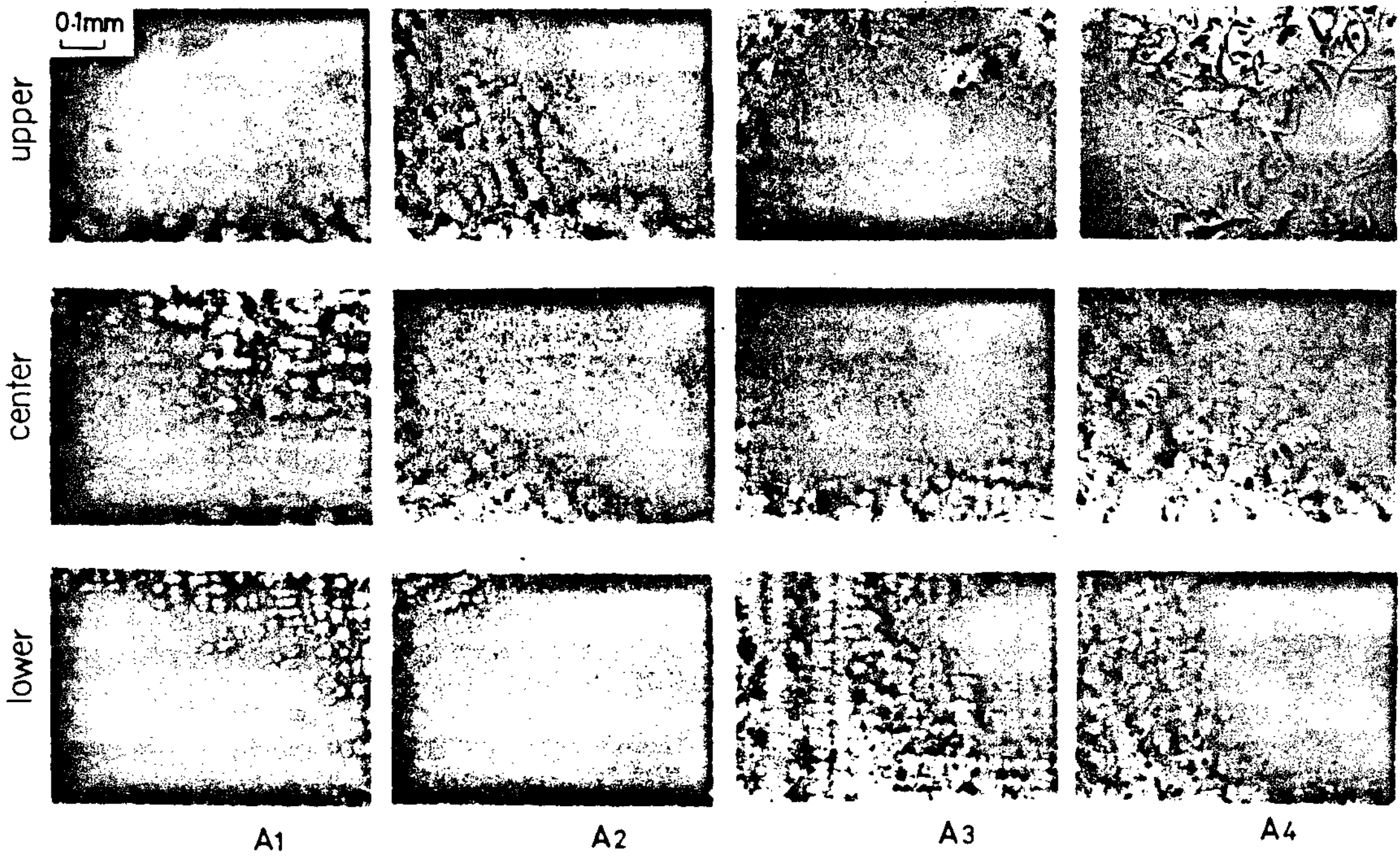


Photo.1. Structures of Fe-3.4C-2.0Si-0.35Al gray iron, according to the rate of solidification and increasing Ni contents.

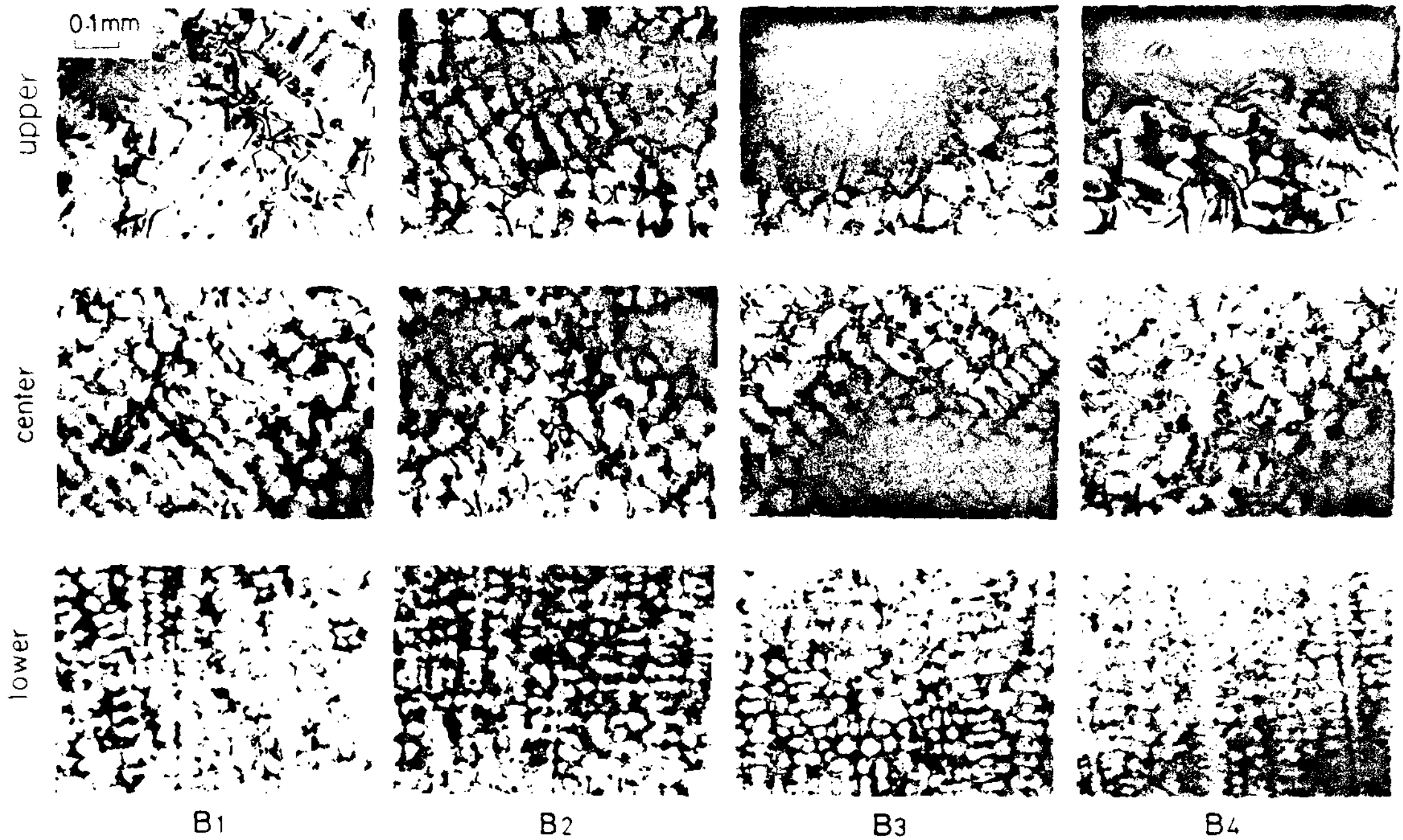


Photo.2. Structures of Fe-3.4C-2.0Si-0.7Al gray iron, according to the rate of solidification and increasing Ni contents.

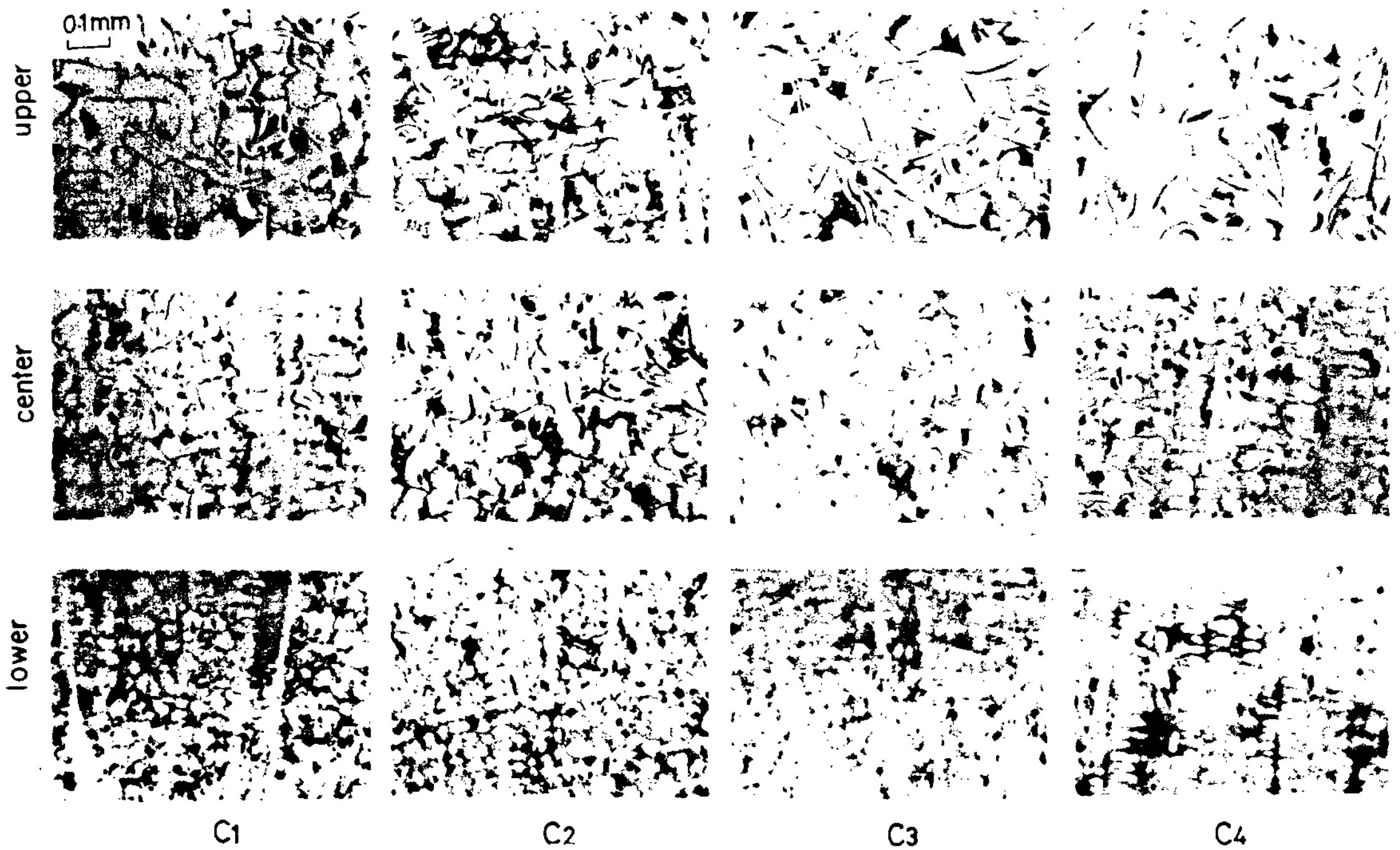


Photo.3. Structures of Fe-3.4C-2.0Si-1.5Al gray iron, according to the rate of solidification and increasing Ni contents.

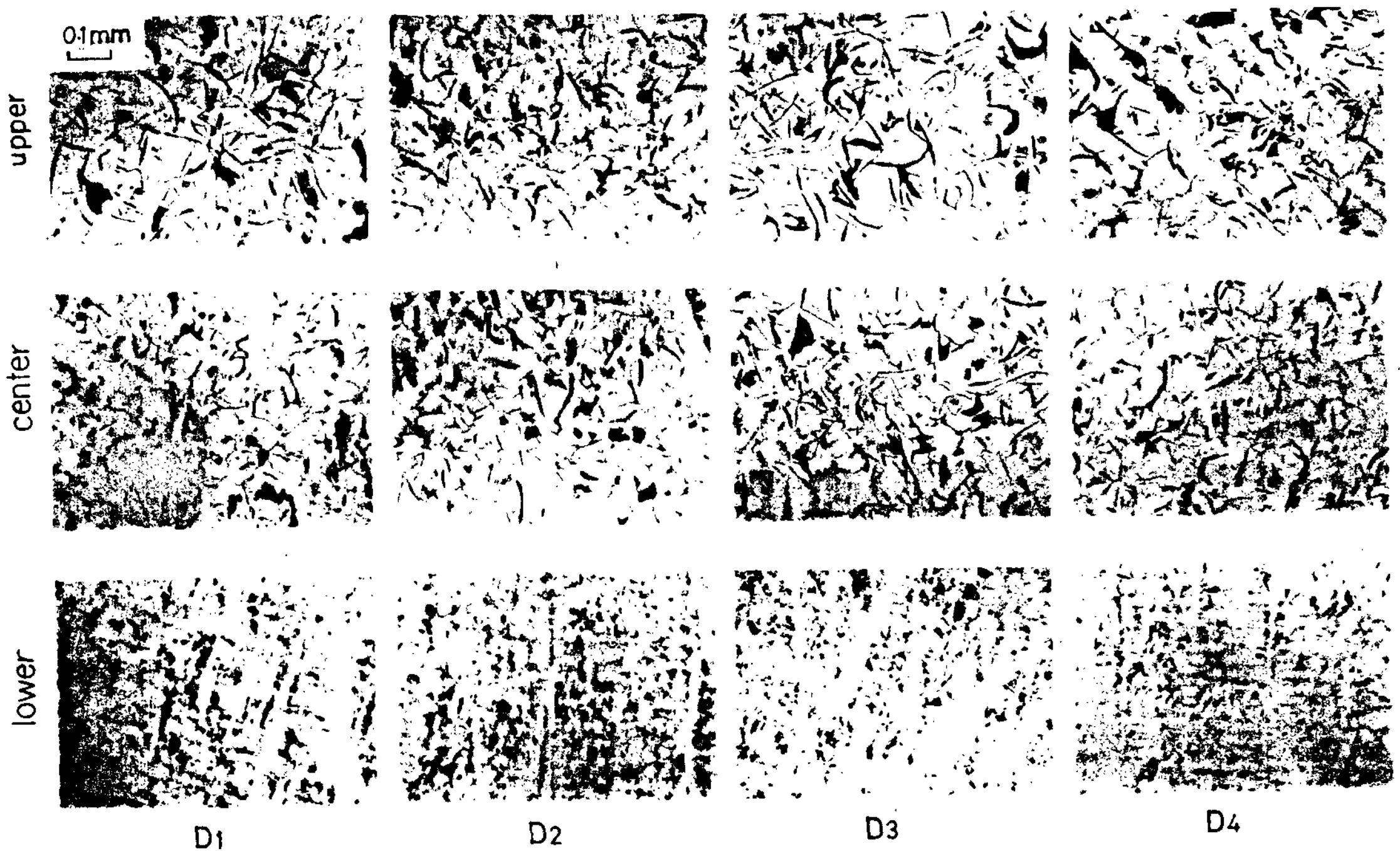


Photo.4. Structures of Fe-3.4C-2.0Si-2.0Al gray iron, according to the rate of solidification and increasing Ni contents.

경도의 측정은 Fig. 2(a)와 같은 시험편을 사용하여 Brinell Hardness를 측정하였으며 그 결과는 Table.2와 같다. Table.2에서 알 수 있는 바와같이 Al 함유량이 증가함에 따라 초기에는 그다지 큰 변화가 없지만 Al의 함유량이 2% 이상이 되면 급격히 경도가 저하함을 알 수 있다. 이는 基地組織이 Ferrite化^{4,7)} 하기 때문인 것으로 생각된다. 그러나 Santos⁵⁾ 등에 의하면 구상흑연주철에서는 Al량이 2% 이상되어도 계속해서 경도가 증가하는 경향을 나타내고 있는데, 이는 구상흑연의 미세화에 의한 것으로 설명되고 있다.

Table.2. Brinell hardness of specimens

Alloy	measurement Position	Brinell hardness		
		Lower	Center	Upper
A 1		217	219	202
B 1		212	202	202
C 1		207	206	184
D 1		164	150	141

(2) 인장특성

저 Al 합금주철의 인장특성에 관한 일련의 연구가⁵⁾ 보고된 바 있으나, Al과 Ni의 복합적 영향에 대한 연구보고는 없다. Fig. 3은 Ni 함유량을 일정하게 하였을 때 Al의 량에 따른 인장강도의 변화를 나타낸 것이다. Ni의 함유량에 관계없이 Al의 함유량이 1% 정도에서 가장 큰 U.T.S를 나타내고 있음을 알 수 있으며 Al의 증가와 더불어 인장강도가 급격히 저하됨을 보여준다. 이는 Al량의 증가와 더불어 黑鉛이

粗大化하고 기지조직이 Ferrite化하기 때문인 것으로 생각된다.

(3) 비틀림특성

鑄鐵의 인장특성에 관한 연구는 많이 보고되어 있으나 비틀림 특성에 관한 보고는 그다지 없다. Fig.4는 Ni의 함유량을 일정하게 하였을 때, Al 함유량에 따른 비틀림 특성의 변화를 나타낸 것이다. Al 함유량이 0.35%에서 1.5%까지는 Ni 0%에서 2%로 됨에 따라 최대 비틀림 강도(τ_u)가 35 kg/mm²에서 44 kg/mm²로 증가하였으며, 비틀림각(θ')도 0.7 deg/mm에서 1.3 deg/mm로 증가하였다. 그러나 Ni 3%, Al 2%에서는 두값이 $\tau_u = 40 \text{ kg/mm}^2$, $\theta' = 0.8 \text{ deg/mm}$ 로 감소하였다.

이는 Ni%+Al%의 양이 증가하면 기지 조직이 ferrite화에 의한 비틀림특성의 증가가 기대되었으나, 흑연조직의 조대화에 따른 감소도 고려되어지므로 어느 적당한 (Ni%+Al%) 양에서는 좋은 비틀림특성을 나타낸다. 그러나 그 이상 증가하면 흑연조대화에 따른 영향이 크게 작용하여 오히려 감소하게 되는 것으로 생각된다.

Fig.5는 Al 함량을 일정하게 하였을 때, Ni 함유량에 따른 비틀림특성을 나타낸 것으로 위와 마찬가지로 Ni의 함량이 아주 적거나 많은 경우보다는 1~2% 정도에서 가장 좋은 성질을 나타내고 있다.

4. 結 論

본 연구는 低알루미늄 합금주철에서 Ni 함유량에 따른 기지조직과 기계적성질 변화를 조사한 것으로, 다음과 같은 결론을 얻었다.

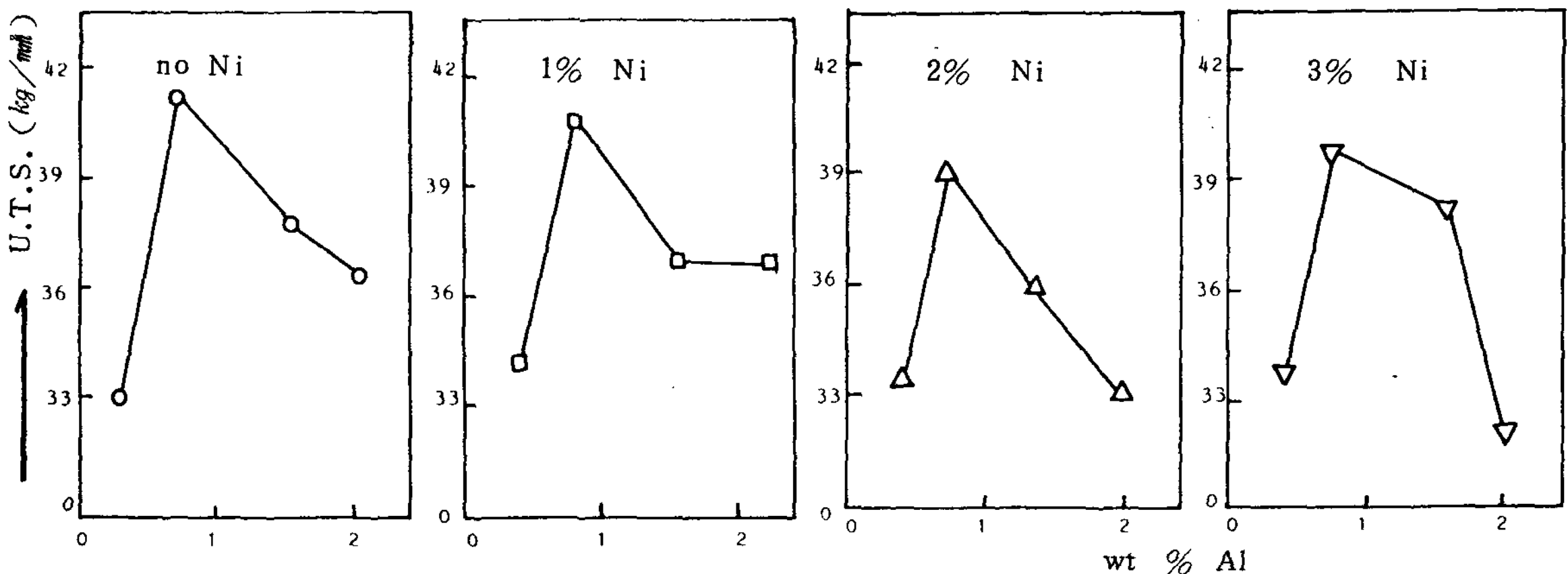


Fig.3 Tensile strength of Fe-3.4C-2.0Si gray iron with increasing Al contents and fixed Ni contents.

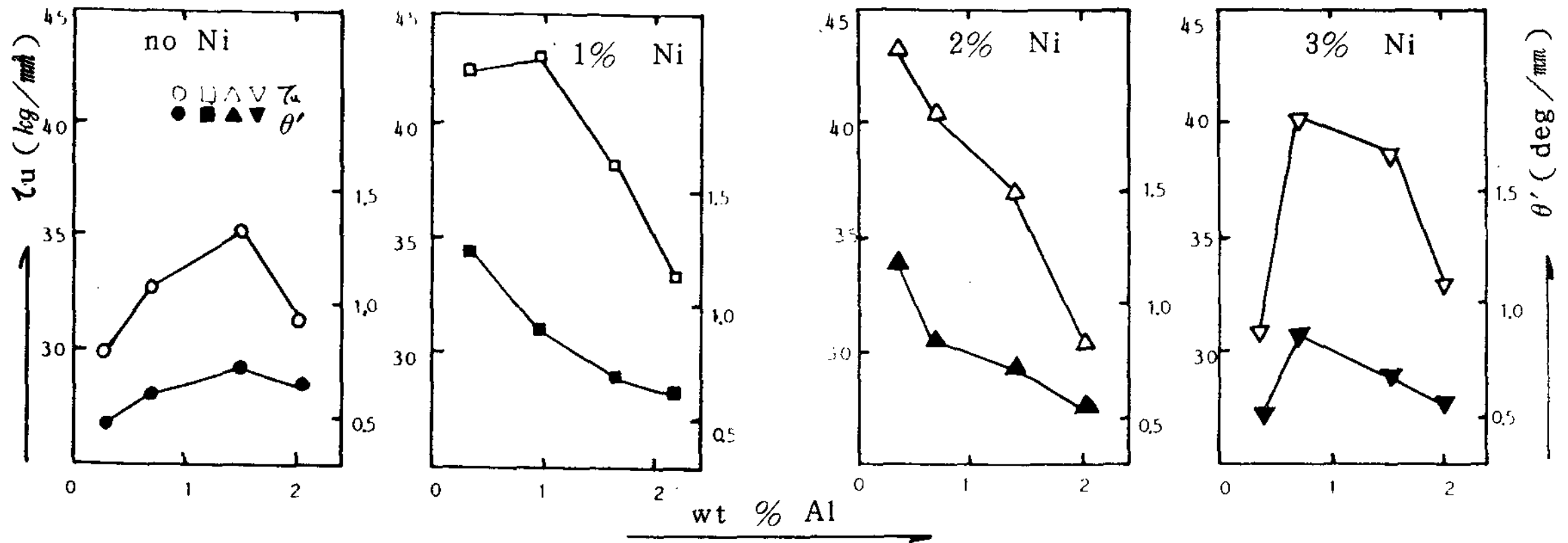


Fig.4 Variation of torsion properties with increasing Al contents and Ni contents.

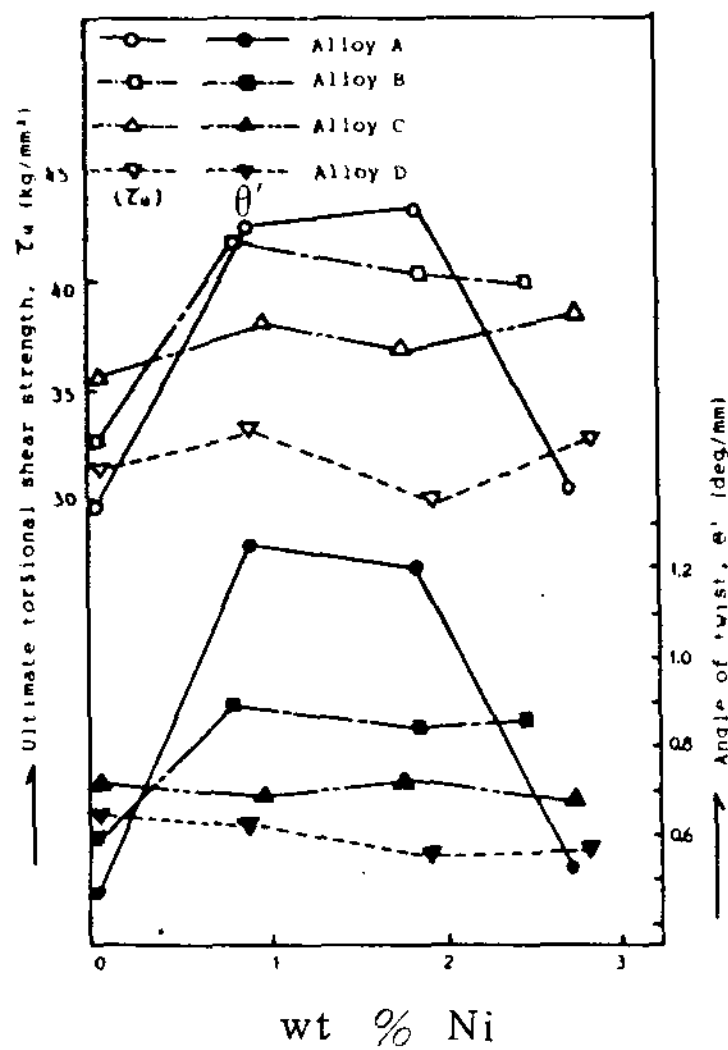


Fig.5 Variation of torsion properties with increasing Ni contents and fixed Al contents.

1. (Ni%+Al%)의 양이 어느한도 이상이 되면 조대한 흑연조직을 형성함을 알 수 있었다.
2. 인장강도는 Al 함유량이 0.72%정도일때 가장 높았으며 약 41 kg/mm² 이상을 나타내었다.
3. 비틀림강도 및 비틀림각은 Al 함유량의 증가와 더불어 향상되었으나 Al 함유량이 약 1.5%, Ni 2%에서

최고값을 나타내었다.

4. Ni 함량이 증가되면 흑연의 조대화가 촉진되어 인장강도는 증가되지 않았으나, 기지조직이 강화되어 적당한 (Al%+Ni%)의 범위에서는 비틀림특성이 크게 향상됨을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

1. N. Sugiyama et, al; Metallurgia ABM. Vol.26 (1970) 3
2. A.B.de Souza Santos et, al ; Annual Congress of the Brazilian Metal Association(July 1976)
3. A. Sinatora ; Metallurgia ABM Vol.32(1976) 255
4. 金水泳 ; 大韓金屬學會誌 Vol 17, No.4(1979) 378
5. A.B.de Souza Santos ; International Cast Metals Journal, Vol.2(June 1978) 21
6. C.Defrancq, J.Van Eeghem, A.Desy ; 36th International Foundry Congress, Beogard(1969)
7. F.Martinez, D.M.Stefanescu; AFS, Vol.91 (1983), 595 ~ 599
8. C.Defrancq, J.Van Eeghem, A.Desy ; 40th International Foundry Congress, Moscow(1973)
9. K.P.Cooper, C.R.Loper, AFS Transactions, Vol.86(1978) 241