

國に比して、餘程のハンヂキャップを付けられて居るのに變態の生産を進めながら變態の市場に彼と戦ふことは如何に努力しても勝算は少いことである。

トーマス製鋼法を採用することが、此行詰りを濟ふに於て最も適切なる道であり、同時に其事が我肥料問題に貢献すべき一大餘慶を伴ふことは是亦た前各章に於て述べた通りである。

始め、アルサス、ローレーンの含磷鐵鑛を處置するだけの考を以てトーマス製鋼法を初めた獨逸が歐洲大戰に依て此地域を失つた後でも世界のあらゆる方面から含磷鐵鑛や磷礦を輸入して、此製鋼法を繼續して居るのは設備の關係もあるが主なる原因は、「トーマス肥料の生産を止めた場合の獨逸の農業が、如何なるものなるや」を透察した結果であると云はれて居る。之を以て見るも、トーマス肥料の價値に付ては専門の知識を持たぬ私としても何等の疑いを持たぬのである。若し將來の萬一に於て我農業が、トーマス製鋼の發達に相當する生産量を需用し盡さざる場合もあらばトーマス鑄滓は際限なく反復して、トーマス鐵鐵の原料と成り毎回、約 1 割の磷の消失補充のみを以て、トーマス製鋼法の繼續を可能ならしめるであらふ。併し流石に、斯様な必要を生ずることは有るまいと信ずる。

之を要するに、主張の大なるに比して立證の杜撰なる點は多々之れ有るべきも兎も角も私は、「トーマス製鋼法を我國に採用する」ことの國利及民福に對する眞價が、關係各方面の諒解を得て其實現を見るの一日も速かならんことを希望するものである。(昭和二年八月草す)

白銑の黒鉛化に關する新現象と其黒心可鍛鑄物工業への應用に就て、一補遺

(大正十五年十一月日本鐵鋼協會第二回講演會講演)

齋 藤 大 吉
澤 村 宏

目 次

緒 言

第一章 白銑の油焼入れが其黒鉛化に及ぼす影響

第一節 焼入れ温度の影響

第二節 繰返し焼入れの影響

第三節 焼入れせる白銑の炭素及珪素含有量と其黒鉛化状態との關係

第四節 顯微鏡的觀察

第二章 新現象の實地應用に關する實驗

第一節 白銑鑄物の焼入れ實驗

第二節 新現象の應用によりて製造せる黒心可鍛鑄物の抗張力及延伸率に就て

第三章 新方法の特徴

總 括

緒 言

著者等は前報告に於て一般に白鉄の焼入れが其黒鉛化に極めて著しい影響を及ぼすと云ふ新現象を公表し又白鉄を水中に焼入れせる場合に於ける本現象を研究し、これが實地工業への應用にも論及したのであつたが本論文に於ては其後の研究の結果を發表するものである。

第一章 白鉄の油焼入れが其黒鉛化に及ぼす影響

本章に於ける研究方法は前報告第一章第三節に於て述べたと全く同じい。但し前研究の結果から知らるる如くに一定の成分を有する白鉄（但し他の特殊元素を含有せざるもの）に就き其第一段黒鉛化完了時間を知れば其第二段黒鉛化完了時間は略推察出来る故に本研究に於ては凡て第一段黒鉛化完了時間のみを測定する事とした。

第一節 焼入れ温度の影響

Table 1 に示す成分の白鉄試料を Table 2 に示す如き種々の温度から 13°C の菜種油中に焼入れ

Table 1.

Specimen No.	Composition (%)					
	C	Si	Mn	P	S	Cu
Q	2.38	1.24	0.30	0.102	0.053	0.24

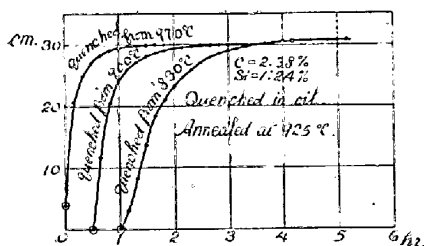
したる後これを 925°C に保持して其黒鉛化進行の状態を測定した。Fig. 1 は其黒鉛化曲線を示す。此曲線から各試料の第一段黒鉛化完了時間を求めると Table 2 に示す如くなる。

以上の結果によると焼入れ白鉄の第一段黒鉛化完了時間は焼入れ温度が高い程短縮せられる。而して此関係は其温度が低い程著しく現はれて來る様である。

Table 2

Specimen No.	Quenching temperature (°C)	Time required to Complete the graphitization in the first stage (hr min)	Remarks
Q-1	830	4 0	凡て13°Cの
"-2	900	2 0	菜種油中に
"-3	970	1 30	焼入れず

Fig. 1.



第二節 繰り返し焼入れの影響

Table 3 に示す成分の白鉄を 900°C から 14°C の菜種油の中に Table 4 に示す。

Fig 2

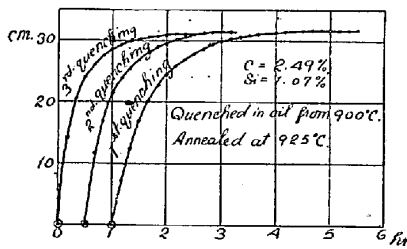


Table 3

Specimen No.	Composition (%)					
	C	Si	Mn	P	S	Cu
R	2.49	1.07	0.32	0.121	0.051	0.23

Table 4

Specimen No.	No. of repetition of quenching	Time required to complete the Graphitization in the first stage (hr. min.)		Remarks
		hr.	min.	
R - 1	1	4	0	凡て900°Cより14°Cの菜種油中に焼入れす。
" 2	2	2	30	
" 3	3	2	0	

如き回数だけ焼入れを繰り返したる後これを 925°C に保持して其黒鉛化状態を調べた。Fig. 2 は其結果を示す。これから各試料の第一段黒鉛化完了時間を求めると Table 4 に示す如くなる。

以上の結果によると焼入れ白鉄の第一段黒鉛化完了時間は焼入れを繰り返す毎に短縮せられる。併し此影響には一定の極限が存在するのであらう。

第三節 焼入れせる白鉄の炭素及珪素含有量と其黒鉛化状態との關係

本實驗に用ひたる白鉄試料の成分は Table 5. に示す。即ち本實驗の試料として普通黒心可鍛鑄物の製造に用ひらるる成分の白鉄を撰んだのである。試料の焼入れに當つては本章第一節に述べたる實驗

Table 5

Specimen No.	Composition (%)						Graphitization curve No.	Annealing temperature (°C)	Annealing time required to complete the Graphitization in the first stage. (hr. min)		
	C	Si	Mn	P	S	Cu					
K-a	1	2.34	0.97	0.41	0.170	0.069	0.11	q - 1	965	2	0
								" 2	925	4	0
								" 3	885	7	30
	2	2.36	1.30	0.30	0.170	0.070	0.10	" 4	965	0	40
								" 5	925	1	30
								" 6	885	3	0
K-b	1	2.82	0.99	0.36	0.183	0.072	0.11	" 7	965	1	30
								" 8	925	3	30
								" 9	885	7	0
	2	2.78	1.31	0.33	0.204	0.072	0.09	" 10	965	0	40
								" 11	905	2	10

の結果を考慮に入れ其焼入れ温度を凡て 900°C 焼入れ油の温度を 14°C とした。

各試料の種々の温度に於ける第一段黒鉛化曲線を示すと Fig 3. (a~d) となり これから 第一段黒

鉛化完了時間を求めると Table 5 に示す如くなる。Fig. 4 (a,b) を各試料の焼鈍温度と第一段黒鉛化完了時間との關係を示す。此圖には比較の爲めに本實驗に用ひたる試料と同量の炭素及珪素を含有する白鉄を水焼入れせる場合及鑄造の儘の場合に於ける第一段黒鉛化完了時間を前研究の結果より求めてこれと焼鈍温度との關係を點線を以て表はしてある。

Fig. 3—a

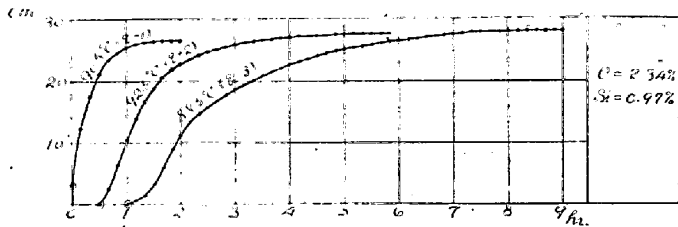


Fig. 3—b

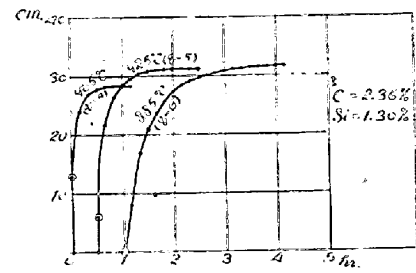


Fig. 3—c

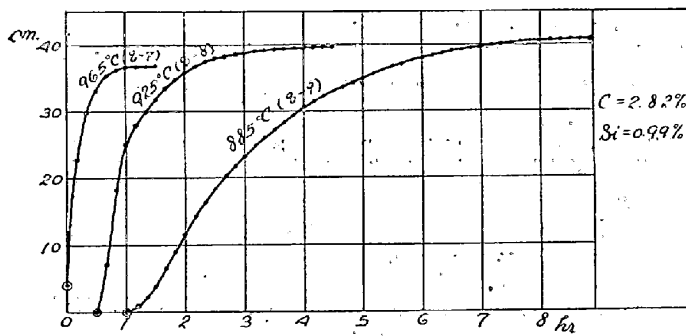


Fig. 3—d

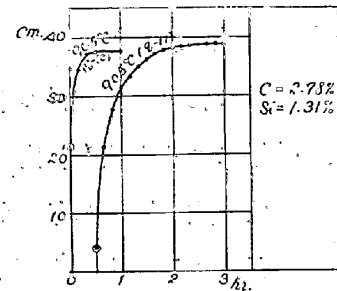


Fig. 4—a

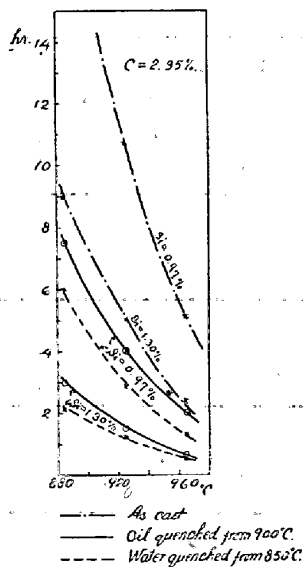
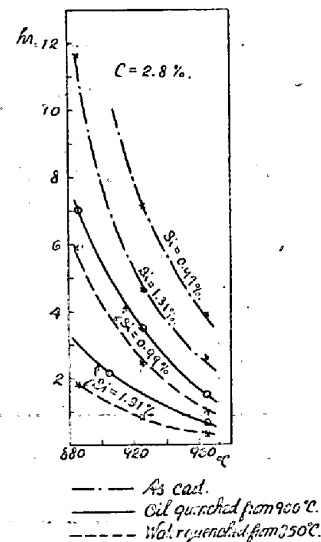


Fig. 4—b



以上の結果に従へば此實驗に用ひたる白鉄試料の第一段黒鉛化は何れの焼鈍温度に於てもこれを 850°C より水焼入れせるものよりは長時間を要するが鑄造の儘のものに比べると尙遙に迅速に完了

せられる事が知られる。

第四節 顯微鏡的觀察

本實驗に用ひたる燒鈍試料の代表的組織は Photos. 1~4. に示してある。即ち油燒入れ 試料の燒鈍組織は大體に於て水燒入れ試料のそれに同じい。但し前者に於ける燒戻炭素は後者に於けるものに比して幾分大きく且つ丸味を帯びたる傾向が認められた。

第二章 新現象の實地應用に關する實驗

第一節 白銑鑄物の燒入れ實驗

前研究に於て著者等は白銑鑄物を水中に燒入れして容易に燒割れを生ずる場合に於てもこれを茶種油中に燒入れすれば燒割れを伴はない事實を知つた。茲に於てより安價なる且つ安全なる燒入れ劑を得る一手段として水上に茶種油を浮べて一定の厚さの油層を造り其内に白銑鑄物を燒入れしてこれが燒割れを生じないが爲めに必要なる油層の厚さの極限を求めんと企てた。

試料：— 前研究に用ひたる内徑約 2.7 糎の丁字型鐵管繼手及某黒心可鑄物會社より寄贈せられたる内徑約 2.2 糎のL字型鐵管繼手を試料とした。後者の成分は約 C=2.78%, Si=1.15% である。これ等は何れも使用前に豫め其表面を金剛砂砥石で磨いておいた。

燒入れ方法：— 幅 23 糎，長さ 23 糎，深さ 35 糎なる大さの石油空罐 3 個を採り何れも底より 27 糎の高さ迄水を滿し其上に種々の厚さの茶種油の層を造りて燒入れ槽とした。豫めマッフル爐の溫度を 900°C にあげ其内に白銑鑄物を入れ其溫度が再び 900°C に達してから 10 分間同溫度を保持して後前述の燒入れ槽中に投入した。1 個の燒入れ槽中には大小 2 個以上の鑄物を同時に燒入れしない様にした。燒入れ劑の溫度は 11°C であつた。燒入れ試料に於ける燒割れの有無は前研究に於けると全く同一の方法によつて定めた。

實驗の結果：— 實驗の結果は Table 6 に示す如くである。

Table 6

Thickness of oil layer (cm.)	Kind of Sample	Nos. of Sample	
		No crack was produced	Crack was produced
1	A	0	3
	B	0	3
3	A	2	1
	B	0	3
5	A	9	0
	B	8	0

A : T-shaped pipe fitting

B : L-shaped pipe fitting

以上の實驗の結果によると可成り複雑な形の白銑鑄物でも水上に或厚さの油層を浮べば燒割れを伴ふ事なく安全に燒入れする事が出来る。勿論これに必要な油層の厚さは鑄物の大さ形狀等によつて變るべきである。

第二節 新現象の應用によりて製造せる黒心可鍛鑄物の抗張力及延伸率に就て

前研究及前節に述べたる實驗の結果から可成り複雑なる形の白鉄鑄物でもこれを油中或は油層を以て掩れたる水中に焼入れすれば焼割れを伴はない事實を確めた。次に斯る方法によつて焼入れせる白鉄を焼鈍して造りたる黒心可鍛鑄物の機械的性質は如何。これを究むるのが本節に於て述べる研究の主なる目的である。

試験棒：— これは某黒心可鍛鑄物會社に於て白鉄鑄物鑄造用の湯から造りたるものから寄贈を受けたるもので其寸法は前研究に用ひたるものと全く同一である。Table 7. は其成分を示す。

Table 7

Test bar No.	Composition (%)					
	C	Si	Mn	P	S	Cu
A	2.47	1.09	0.34	0.207	0.060	0.11
B	2.75	1.12	0.28	0.173	0.053	0.12

焼入れ方法：— 豫めマッフル爐の溫度を 900°C にあげ其内に試験棒を入れ其溫度が再び 900°C に達して後同溫度を 10 分間保持し 13°C の菜種油の内或は 5 糎の厚さの菜種油にて掩はれたる 11°C の水中に焼入れした。

焼鈍方法：— 本實驗に於ける焼鈍方法は前研究に於けると殆んど同様である。但し本實驗に於ては焼鈍すべき試験棒を入れたる鑄鐵管の内の充填砂を廢し且つ其兩端を木炭片を滿せる黒鉛坩堝を以て閉した。今前研究の結果から本實驗に用ひたる試験棒と同一成分の白鉄を水焼入れせるものと鑄造の儘のものに就て焼鈍溫度と第一段黒鉛化完了時間との關係を求めると Fig.5 となる。本實驗に於ては試験棒の大きさ従つて焼入れの際に於ける冷却速度を考慮に入れ前章に於て述べたる實驗の結果に基づき第一段焼鈍時間を鑄造の儘の試験棒の理論的第一段黒鉛化完了時間の約 $2/3$ にとり第二段焼鈍時間を 750°C に於て約 10 時間とした。各試験に於ける焼鈍溫度及焼鈍時間は Tables 9 及 10 に記し又 Fig.5 には○印を以て示してある。

尙本實驗に使用せる試験棒を若し戸加鑄物會社に於て實地に焼鈍すれば其成品は Table 8. に示す如

Fig. 5

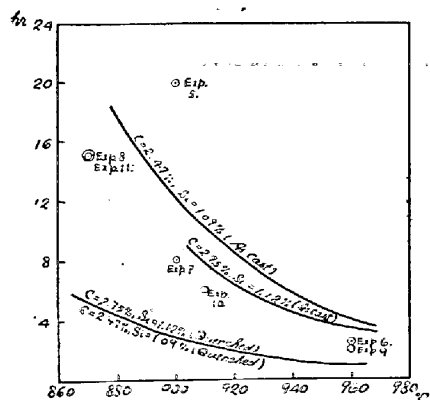


Table 8

Test bar No.	Tensile strength Ton/sqin	Elongation (2'') %
A	23.5	13
B	22.0	10

(Tobata Factory)

(1)
機械的性質を有すべきである。

油焼入れせる試験棒に就ての實驗の結果：— 此實驗の結果は Table 9 に示してある。此實驗中

Table 9

Annealing experiments of the test-bars which were quenched in Rape-seed oil

Experiment No.	Test bar No.	Condition of test-Bar before annealing.	Method of heat treatment.				Mechanical properties		State of fracture				
			Annealing temperature		Annealing time.		Tensile strength. in ton/sq.in	Elongation. (5 cm.) in %					
			in the first stage (°C)	in the second stage (°C)	in the first stage	in the second stage							
5	B	as cast do.	900	750	hr.	min.	22.0	10.0	Black do.				
		Quenched do			20	0				22.3	10.0		
		do			11	0						22.1	9.7
		do			22.8	8.5							
6	A	Quenched do	960	750	2	30	26.7	10.6	Black do.				
					10	0	27.1	10.8					
7	A	Quenched do	900	750	8	0	26.2	12.5	Black do.				
					10	0	25.9	14.0					
8	A	Quenched do	870	750	15	0	26.7	12.3	Black do.				
					10	0	26.9	12.9					

Exp 5 は鑄造の儘の試験棒の焼鈍を目的とした。焼鈍後の組織を見るに何れも焼鈍完全にしてパーライトを含んで居ない。併し油焼入れせる試験棒に生じたる焼戻炭素は Photo. 6 に示す如く其形は圓形であるが鑄造の儘の試験棒に生じたる焼戻炭素(Photo.5 を参照) よりも遙に小である。而して焼入れ試験棒を焼鈍せるものは鑄造の儘の試験棒を實地に焼鈍せるものに比べて其延伸率は少しく劣る様であるが前者の抗張力は後者よりも遙に優る。

5 Cm. の厚さの油層にて掩れたる水中に焼入れせる試験棒に就ての實驗の結果：— 此實驗の結果は Table 10. に示す。此實驗に於ては焼鈍の程度を比較する爲めに特に鑄造の儘の試験棒を1本づつ焼入れ試験棒に添へて焼鈍した。牽引試験後其破面を見るに Photo.7 に示す如く焼入れ試験棒にあつては何れも黒色を呈し其組織は何れも Photo. 9 に示す如くフェライト基質中に細き圓狀焼戻炭素が點在して焼鈍の完全な事を立證して居るのに反して鑄造の儘の試験棒にあつては何れも Photo. 7に示す如く其破面は白色を呈し其組織は Photo. 8 に示す如く尙多量の遊離セメントライトが残留してこれが完全に黒鉛化する爲めには尙長時間の焼鈍を必要とする事を示して居る。故に其抗張力は比較的大であるが其延伸率は小である。焼入れ試験棒を焼鈍せるものはこれを實地に焼鈍せるものに比べて延伸率は略等しいが抗張力に於て少しく優る。

以上の結果から新方法によつて造られたる可鍛鑄物の機械的性質の特徴は從來の方法によつて造られたる可鍛鑄物に比して延伸率は少しく劣るか若しくは略等しいが抗張力に於て優る點であるが此現象は恐らく前述の如き兩種可鍛鑄物に於ける組織上の著しい差異に基因するものと推察せられる。

Table 10

Annealing experiments of the test bars which were quenched in water covered by Rape-seed oil layer.

Experiment No.	Test bar No.	Condition of test bar before annealing.	Method of heat treatment				Mechanical properties		State of fracture.		
			Annealing temperature		Annealing time.		Tensile strength in ton/sq-in	Elongation (5 cm) in %			
			in the first stage (°C.)	in the second stage (°C)	in the first stage	in the second stage					
9	B	As cast.	960	750	hr.	min.	23.5 23.8 23.1	4.5 11.0 8.1	White Black do		
		Quenched			2	0				9	0
		do									
10	B	As cast.	910	750	6	0	25.4 23.4 23.2	4.5 9.7 10.0	White Black do		
		Quenched								10	0
		do									
11	B	As cast.	870	750	15	0	25.0 25.0 23.1	3.9 11.6 8.3	White Black do.		
		Quenched								10	0
		do									

第三章 新方法の特徴

著者等が考案せる新可鍛鑄物製造方法の主なる經濟的利點を列挙すると次の如くである。

(1) 新方法に於ける焼鈍時間は従來の方法に於けるよりも遙に短い爲めにこれに要する燃料費を著しく節約する事が出来る。

(2) (1)に述べたる理由から工場の製産能力大となる結果成品の製産費が低下する事となる。

(3) 白鉄を焼入れして後焼鈍する時は同一時間内に於て鑄造の儘の白鉄を焼鈍する場合に比して遙に低温度で焼鈍を完了せしむる事が出来る。此焼鈍方法は次の利點を伴ふものである。

(i) 燃料費が節約せられる。

(ii) 焼鈍用ポットが酸化せられる事少く従て其壽命が長くなる。

(iii) 爐の破損が少くなる等。

總 括

(1) 白鉄を菜種油中に焼入れして其黒鉛化状態を研究した。

(2) 油焼入れ温度が高い程白鉄の黒鉛化は容易となる。

(3) 油焼入れを繰り返す毎に白鉄の黒鉛化は容易となる。但し此影響には一定の極限が存在する様である。

(4) 實地應用に必要な成分を有する白鉄を油焼入れして其黒鉛化状態を調査したるに菜種油中に 900°C から焼入れせる白鉄の第一段黒鉛化完了時間は 850°C より水焼入れせる白鉄のそれよりも幾分長いが鑄造の儘の白鉄のそれよりも遙に短い。但し此關係は本實驗の條件の下に於てのみ成立するもので一般的の關係ではない

(5) 水上に或る厚さの油層を浮べて焼入れ劑とすれば可成り複雑なる形の白鉄鑄物でも焼割れを

生ぜしめないで焼入れする事が出来る。

(6) 菜種油及 5cm の厚さの菜種油層を以て掩ひたる水中に牽引試験棒を焼入れして後これを比較的短時間焼鈍したる後其機械的性質を調べたるに從來の方法によつて焼鈍せるものに比べて其延伸率は幾分劣る傾向が認められるも其抗張力に於て優る事實を確めた。

(7) 菜種油或は 5cm の厚さの菜種油層を以て掩ひたる水中に焼入れせる試験棒を焼鈍せるものには何れも細かい圓形の焼戻炭素が出来て居る。斯る組織が上に述べたる様な特徴ある機械的性質を與ふるものと推察せられる。

(8) 以上研究の結果より新現象を實地に應用すれば從來の方法によつて造りたる或品に匹敵する延伸率及抗張力を有する優秀なる可鍛鑄物を從來の方法に於けるよりも遙に經濟的有利に製造し得る事實を確めた。

(9) 新可鍛鑄物製造方法の主なる經濟的利點を列舉した。

終りに臨み本研究を遂行するに當り實驗に用ひたる試料の一部を提供せられて多大の御援助を與へられたる戸畑鑄物會社木津川製作所常務取締役村山威士氏並に戸畑鑄物會社技師菊田博士に對して深謝し又終始正確なる分析の勞を執られたる幸田軍一氏に多謝する。

Illustrations.

(顯微鏡試料は凡て稀硝酸を以て腐蝕した。)

Photo. No. 1.....	Specimen No. k. a. 1.....	Fig. 3-a, 曲線 q-2 の如く焼鈍せるもの。
" 2.....	" k.a. 2.....	" 3-b " q-5 "
" 3.....	" k.b. 1.....	" 3-c " q-8 "
" 4.....	" k.b. 2.....	" 3-d " q-11 "
" 5.....	Exp. 5 に於て as cast test bar を焼鈍せるもの。	
" 6.....	" 5 " quenched "	" "
" 7.....	" 9 に於て焼鈍せる test bar の破面	{ A: As cast test bar を焼鈍せるもの。 B: quenched " " " }
" 8.....	" 9 に於て焼鈍せる as cast test bar の組織。	
" 9.....	" 9 " " quenched "	" "

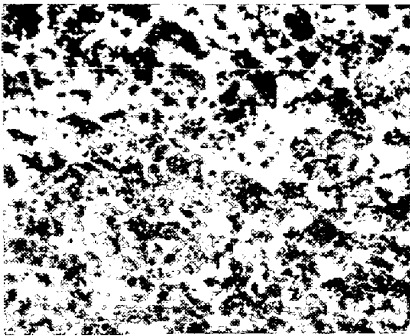


Photo. No. 1
C=2.34%, Si=0.97%

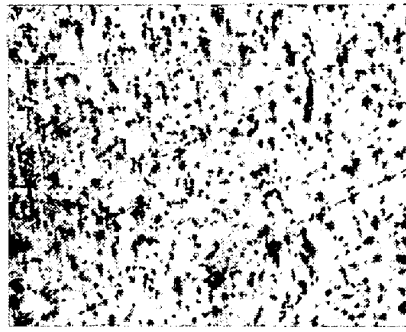


Photo. No. 2
C=2.33%, Si=1.30%

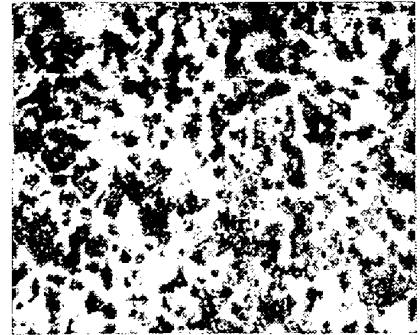


Photo. No. 3
C=2.82%, Si=0.9%

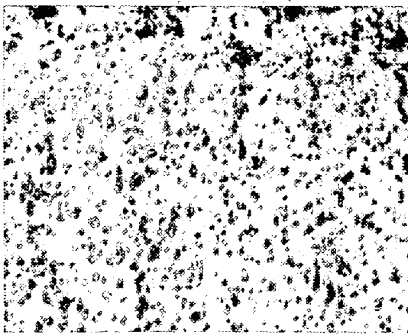


Photo. No. 4
C=2.78%, Si=1.31%

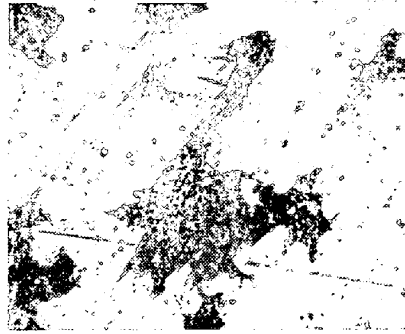


Photo. No. 5
C=2.75%, Si=1.12%

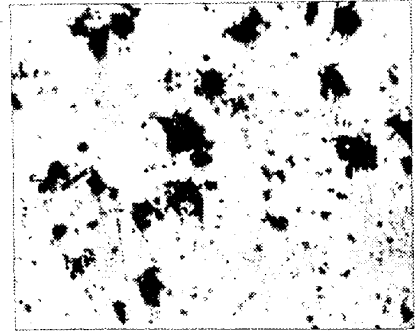


Photo. No. 6.
C=2.75%, Si=1.12%



A



B1



B2

Photo. No. 7
C=2.75%, Si=1.12%

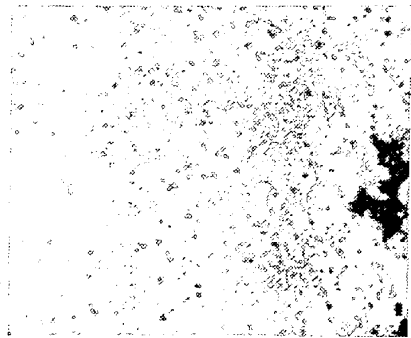


Photo. No. 8
C=2.75%, Si=1.12%

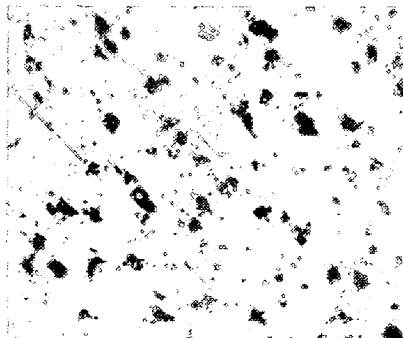


Photo. No. 9
C=2.75%, Si=1.12%