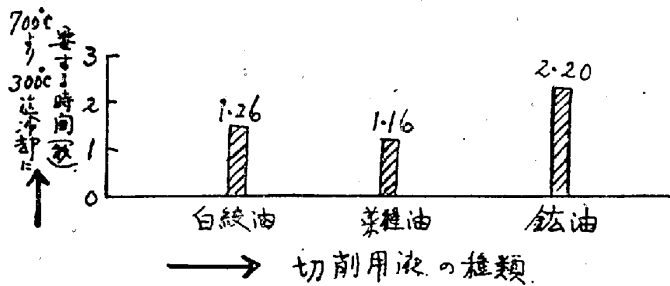


第6圖 高速度鋼の冷却速度に及ぼす切削用液の影響實驗例 (俵信次博士による)  
(80°C の場合)



之を上記の著者の試験結果たる切削耐久時間、耐摩耗性、摩擦エネルギー、切削用液の粘性との関係に就て観るに、耐摩耗性大で摩擦エネルギー小なるもの並に温度上昇時に於ける冷却速度及び粘性の大なるもの程概して切削耐久時間が長い傾向がある。

摩擦エネルギーを小ならしめる切削用液は切削に際して、工具刃先の摩擦抵抗を減ずること、並に切削用液として、冷却速度大なるものは、刃先の赤熱による摩擦を防ぐ程度概して大なること、又高温で粘性大なる液は概して摩擦エネルギーを小ならしめること等の傾向により、切削耐久力に好影響を與へるものと考へられる。概して白絞油は良好な切削耐久力を示し、菜種油は之に次で良成績を示した。

### III. 總括

上記の研究結果を總括すれば概ね次の通である。即ち荒削バイトの刃先角度の影響につき試験の結果

- (1) 切削角 84° 及び 90° のものは切削耐久力良好である。
- (2) 前面間隙角は 4° 及び 6° が良成績である。

- (3) 横角は 10°~15° のもの良成績を示した。
- (4) 横逃げ角は 10° が良好である。
- (5) 横間隙角は 4° のもの切削力最良である。

次に切削用液の影響につき試験した結果

- (6) 切削用液の高温に於ける粘性及び冷却速度大なるもの、一般に耐摩耗率大で、摩擦エネルギーを小ならしめ、従て切削耐久時間が長い。
- (7) 切削用液中切削耐久時間の最も長いものは、白絞油にして之を使用しないものに比して約 2.3 倍の切削耐久時間を有し、菜種油之に次ぎ約 2 倍、スピンドル油、鑛油及び石鹼水等は略同等で、何れも約 1.8 倍の耐久時間を示した。

即ち適當なる切削用液の使用により其の切削耐久時間を著しく長からしめ得ることを本研究により明確ならしめた。

本研究の遂行に當り、御懇篤なる御鞭撻を賜つた九大工學部教授谷村熙博士に深甚の謝意を表するものである。(昭. 23. 8月寄稿)

### 参考文献

- (1) 堀田秀次; 鐵と鋼 第23年第8號(昭.12.8) p.787~798.
- (2) 堀田秀次; 鐵と鋼 第27年第6號(昭.16.6) p.373~404.
- (3) 堀田秀次; 鐵と鋼 第28年第4號(昭.17.4) p.403~443.
- (4) 堀田秀次; 鐵と鋼 第32年第1~3號(昭.21.1~3) p.10~11.
- (5) 堀田秀次; 鐵と鋼 第33年第1~6號(昭.22.4~6) P.21~23
- (6) 大越; 理化學研究所彙報 12(昭.8) p.70.
- (7) Schlesinger; V. D. I. 76(1932) p.1281.
- (8) O. W. Boston, W. W. Gilbert & C. E. Krans Factors; A. S. M. 24(1936) p.186~212.
- (9) 俵信次; 鐵と鋼(昭.16.8).

## パーライト可鍛鑄鐵の研究

(昭. 23. 4月本會講演大會講演)

前川 靜 彌\*

### STUDY ON PEARLITIC MALLEABLE CAST IRON

Shizuya Maekawa

Synopsis:— Made studies on some conditions in heat treatment (heating velocity, heat retaining time and cooling velocity) on composition of white cast iron, and on the effect of special elements, to secure the perfect pearlitic structure. The results obtained were as follows:—

- (1) The time of graphitization at 900°C being shortened by increasing Si contents;
- (2) Impossible to produce perfect pearlitic structure by increasing Si contents;
- (3) Heat retaining time, cooling and heating velocities conspicuously effect the production of perfect pearlitic structure;

\* 日本製鋼所室蘭製作所

- (4) Obtained the diagram of relation between chemical composition and heat treatment condition;
- (5) The size of temper carbon proved to be big when heating velocity increased;
- (6) Justified the effects of special elements (Mn, S, Cr, Mo, V, Ni, Cu, Al etc);
- (7) Mn 0.7~1.25% is most effective for elimination of free ferrite.

〔I〕 緒 言

パーライト組織を有する可鍛鑄鐵が極めて良好な機械的性質を示すことは古くから知られ、本邦に於ても谷村博士が種々研究の結果を發表せられてゐる。

本研究に於てはパーライト質可鍛鑄鐵を得る爲の化學成分と、熱處理との關係を明らかにして現場的作業の一指針となすべく行つた實驗結果と、焼鈍後のフェライト析出の防止並に特殊鋼屑活用を圖る爲に、特殊元素の影響に就て行つた實驗結果の概要を取纏めて報告する。

〔II〕 化學成分と熱處理條件との關係

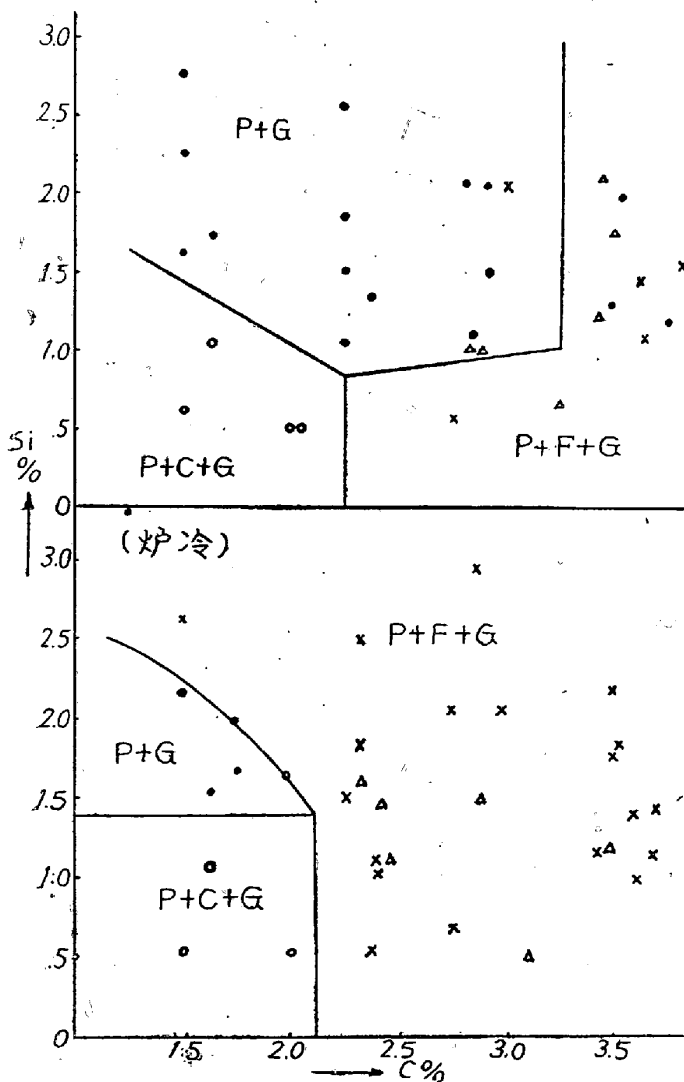
(1) 實驗方針並に準備： 第1表に示す通りでこれによつて得た約900本の試料に就て二、三の考察を行つた。

(2) C及びSi量の關係並に冷却速度の影響： 第1圖に於てC2.4%、Si1.5%を境界にして黒鉛化が進行し易くなる。又冷却速度の影響としては空冷の場合に比し爐冷の場合はフェライトの析出範圍は著しく増大されるが、これは冷却速度に遅れを來たし第二次黒鉛化が進行した爲と考へられる。

(3) C又はSi量と加熱速度との關係

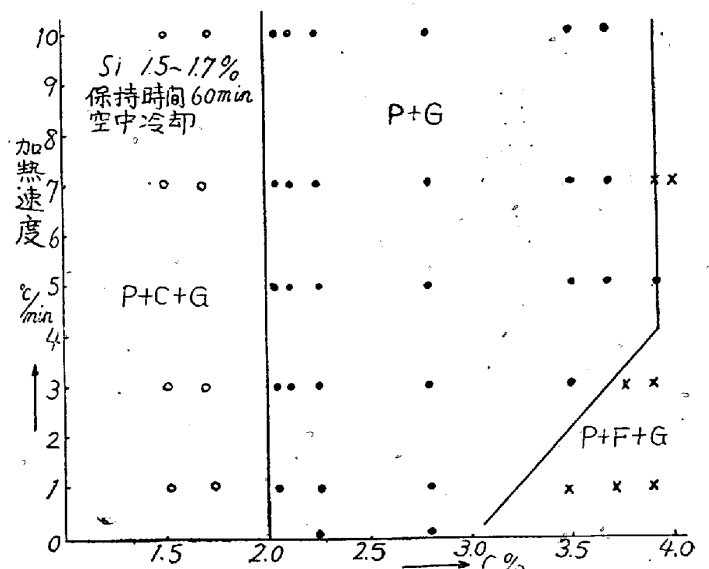
1. Cと加熱速度との關係： 第2圖Aに示す如くC2%以下では加熱速度を相當遅くしてもセメントイトの分解不完全で、又C3%以上では加熱速度が餘り遅いとフェライトの析出が多くなる。更にSiがこの試料より減するとセメントイトの殘留範圍は一層増大する。

第1圖 C量とSi量との關係 (空冷)



(炉冷)

第2圖 A. C量と加熱速度との關係



2. Siと加熱速度との關係： 第2圖Bに示す如くSiが低ければ、又はCがこの試料より減するに従ひ、加熱速度を遅くしても黒鉛化が不完全となる。又Si約1%以上の場合加熱速度を餘り遅くするとフェライトを析出し、2%以上になると相當の早さで加熱してもフェライトの析出を阻止し得ない。

結局或程度以上加熱速度を遅くすると變態溫度以下で既にフェライトを組織中に析出する性質がある。

加熱速度 10°C/min

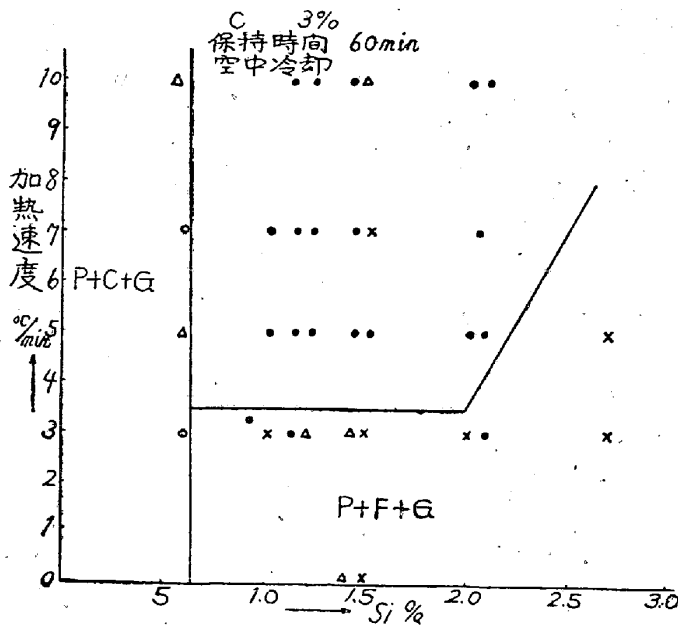
保持時間 240 min

- パーライト地
- セメントイトを殘留せるもの
- x フェライト析出せるもの
- Δ フェライトに少量のフェライトを析出せるもの

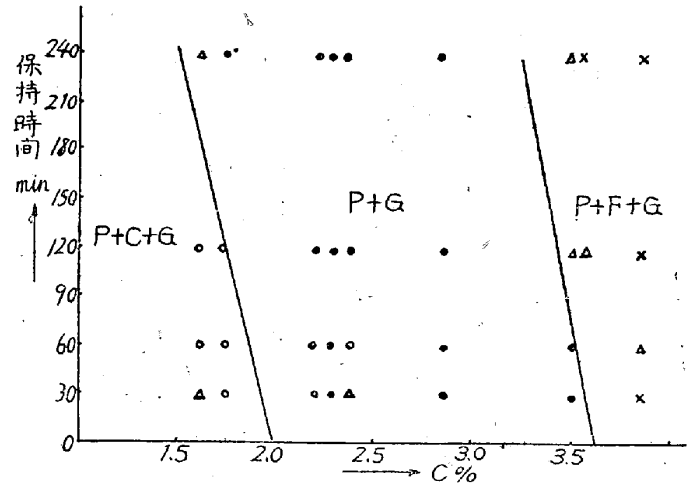
第1表 實驗方針並に準備

區分	概 要																								
目的	CとSiとの種々の割合のものに就て組織と熱處理との關係を調査し完全なるパーライト組織を得る範圍を探究する。																								
試料	<table border="1"> <tr> <td>本 溪 湖 銑 鐵</td> <td>C 3.63%</td> <td>Si 1.31%</td> <td>Mn 0.56%</td> <td>P 0.022%</td> <td>S 0.017%</td> </tr> <tr> <td>海 綿 鐵</td> <td>0.89%</td> <td>0.19%</td> <td>0.06%</td> <td>0.009%</td> <td>0.014%</td> </tr> <tr> <td>金屬シリコン</td> <td></td> <td>99.56%</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Fe-Mn</td> <td>0.48%</td> <td>5.7%</td> <td>75.0%</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	本 溪 湖 銑 鐵	C 3.63%	Si 1.31%	Mn 0.56%	P 0.022%	S 0.017%	海 綿 鐵	0.89%	0.19%	0.06%	0.009%	0.014%	金屬シリコン		99.56%				Fe-Mn	0.48%	5.7%	75.0%		
	本 溪 湖 銑 鐵	C 3.63%	Si 1.31%	Mn 0.56%	P 0.022%	S 0.017%																			
海 綿 鐵	0.89%	0.19%	0.06%	0.009%	0.014%																				
金屬シリコン		99.56%																							
Fe-Mn	0.48%	5.7%	75.0%																						
熔製	<table border="1"> <tr> <td>目 標 成 分</td> <td>C % 1.5</td> <td>2.0</td> <td>2.5</td> <td>3.0</td> <td>3.2</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Si % 0.5</td> <td>1.0</td> <td>1.5</td> <td>2.0</td> <td>2.5</td> <td>3.0</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Mn 0.5/0.8</td> <td></td> <td>P 0.01/0.02%</td> <td></td> <td>S 0.015/0.02%</td> <td>に一定</td> </tr> </table>	目 標 成 分	C % 1.5	2.0	2.5	3.0	3.2			Si % 0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0		Mn 0.5/0.8		P 0.01/0.02%		S 0.015/0.02%	に一定			
目 標 成 分	C % 1.5	2.0	2.5	3.0	3.2																				
	Si % 0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0																			
	Mn 0.5/0.8		P 0.01/0.02%		S 0.015/0.02%	に一定																			
その他	クリプトル及び木炭抵抗爐使用 1回熔解量 1.5kg																								
熱處理	<table border="1"> <tr> <td>試料の大きさ</td> <td>φ 10 mm × 1100 mm</td> </tr> <tr> <td>加熱速度 (°C/min)</td> <td>3, 5, 7, 10</td> </tr> <tr> <td>保持時間 (min)</td> <td>0, 30, 60, 120, 240</td> </tr> <tr> <td>最高温度</td> <td>900°C</td> </tr> <tr> <td>冷却法</td> <td>空冷・爐冷 (750°C迄 2°C/min. 以下 150°C迄 1°C/min)</td> </tr> <tr> <td>その他</td> <td>電氣抵抗マツフル爐使用</td> </tr> </table>	試料の大きさ	φ 10 mm × 1100 mm	加熱速度 (°C/min)	3, 5, 7, 10	保持時間 (min)	0, 30, 60, 120, 240	最高温度	900°C	冷却法	空冷・爐冷 (750°C迄 2°C/min. 以下 150°C迄 1°C/min)	その他	電氣抵抗マツフル爐使用												
試料の大きさ	φ 10 mm × 1100 mm																								
加熱速度 (°C/min)	3, 5, 7, 10																								
保持時間 (min)	0, 30, 60, 120, 240																								
最高温度	900°C																								
冷却法	空冷・爐冷 (750°C迄 2°C/min. 以下 150°C迄 1°C/min)																								
その他	電氣抵抗マツフル爐使用																								

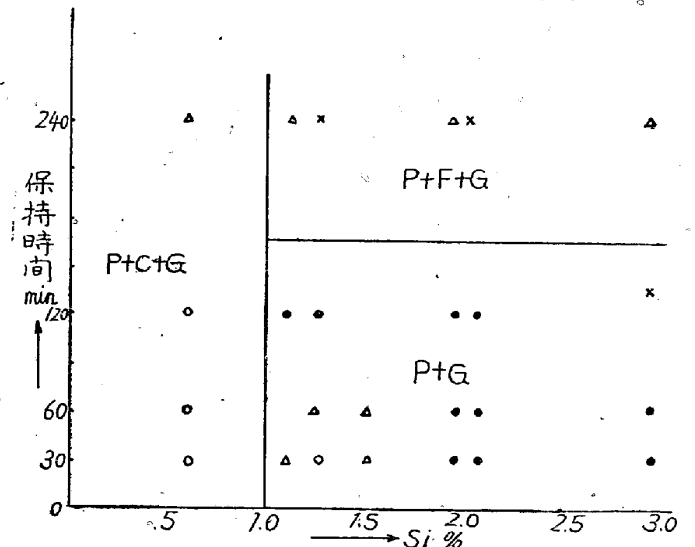
第2圖 B. Si量と加熱速度との關係



第3圖 A. C量と保持時間との關係  
Si 1.5~1.7% 加熱速度 10°C/min 空中冷却



第3圖 B. Si量と保持時間との關係  
C 3% 加熱速度 10°C/min 空中冷却



(4) C又はSi量と保持時間との關係

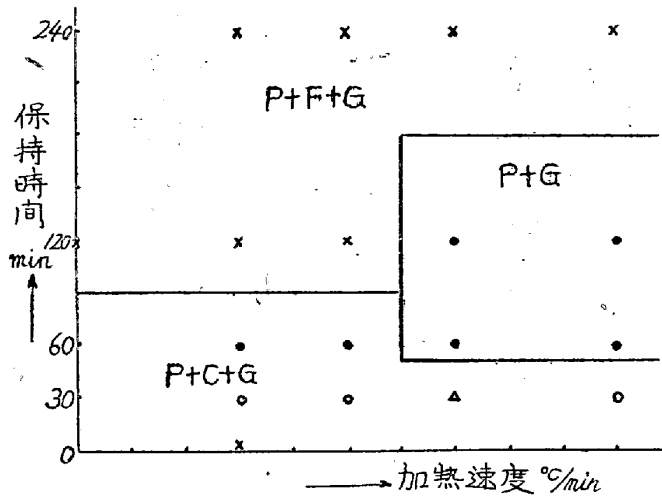
1. Cと保持時間との關係： 第3圖Aに示す如くC約2%以下では保持時間を相當長くしてもセメンタイトの分解は不充分で、Cの増加につれて保持時間が長くなる程フェライトの析出範圍は擴大する。

2. Siと保持時間との關係： 第3圖Bに示す如くSi1%以下ではセメンタイトの分解不充分であるが、これ以上では保持時間の長くなるに従つてフェライトを析出する。結局パーライト組織を得る爲には保持時間の影響をも充分考慮する必要がある。

(5) 加熱速度と保持時間との關係： 第4圖に示す

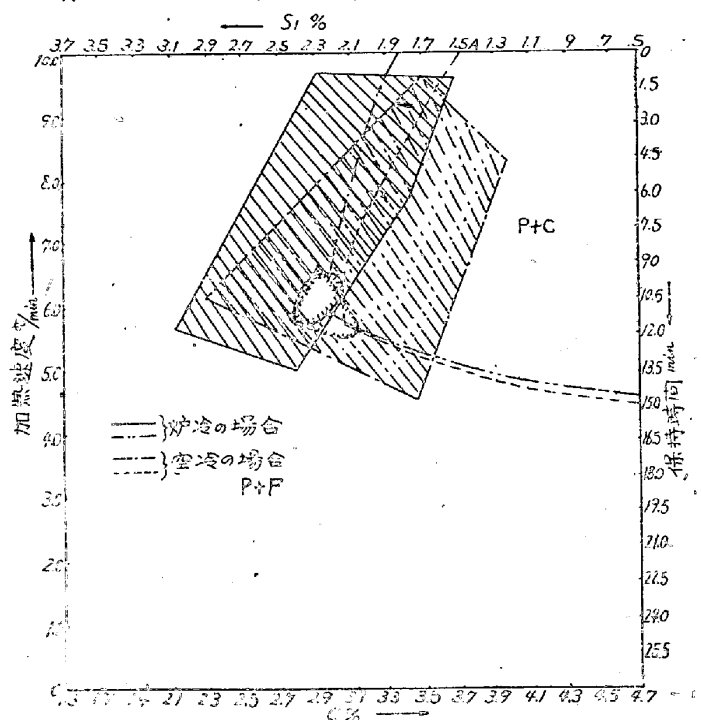
如く加熱速度早く保持時間短かければセメントイトの分解不十分で、これには一定の限度がありSiが増せばパーライトの範囲は更に縮小する。

第4図 加熱速度と保持時間との関係



(6) 化学成分、加熱速度及び保持時間の関係： 上述のことは全実験結果よりその一部を取上げて、種々の条件に就き考察を加へたものであるが、CとSiの量を知つてその後の熱処理条件を豫知出来れば作業実施上極めて好都合と考へ第5圖に示す関係圖を作成した。

第5図 化学成分加熱速度及び保持時間の関係



(7) 顕微鏡組織：

1. Siの増加と共にフェライトの析出量を増す。
2. Siが同量の時はCの多いもの程フェライト量を増し焼鈍炭素は大で、その数が多くなりそれに近接する部分のフェライトも多くなつて全體としてはフェラ

イトが増加する。

3. 低C及び低Siのものは加熱速度早く、保持時間の短い程黒鉛化不十分でセメントイトを残留する。

4. 低C高Siのものは殆ど完全なパーライト質で焼鈍炭素の形状小にして分布状態は疎である。

5. 高C、低Siのものは焼鈍炭素の形状大にして分布状態は疎である。

6. 加熱速度の早いものは黒鉛の形状大で、その核は少く遅いものは形状小で核が多い。前者の場合は變態温度以上で黒鉛化する場合、後者は變態温度以下で黒鉛化する場合で、凝集力が小さく各所に分散した儘黒鉛化するものと考へられる。同じ加熱速度でも黒鉛化し易いものは、變態温度以下で黒鉛化する爲に焼鈍炭素は小となる。

〔III〕 特殊元素の影響

(1) 実験方針並に準備： 第2表に示す通りである。

第2表 実験方針並に準備

區分	概 要
目 的	1 焼鈍後のフェライト析出に及ぼす影響 2 機械的性質の變化 3 特殊鋼屑の廻生利用
熔解材料	前記實驗に同じ
試 料	目標成分 C2.5% Si2.3% Mn0.6% P0.05% S0.03% Mn%: 0.50 0.70 1.00 1.30 1.50 2.00 2.50 S %: 0.03 0.07 0.10 0.20 0.30 0.35 0.40 Cr %: 0.30 0.80 1.00 1.50 2.00 Mo%: 0.20 0.50 1.00 2.00 2.50 3.00 V %: 0.30 0.50 1.00 1.50 Ni %: 0.30 0.80 1.00 2.00 Cu %: 0.20 0.80 1.00 2.00 Al %: 0.15 0.70 1.20 2.50
製	その他 クリプトル及び木炭電氣抵抗爐 1 回熔解量 3.5kg 試料: 内徑20mm, 長さ170mm, 肉厚20mm金型
熱 處 理	燒鈍温度 900°C 加熱速度 7°C/min 保持時間 90 min 前後 冷 却 法 空冷及び爐冷 そ の 他 電氣抵抗マツプル爐使用

(2) 實驗結果： 同一鑄造體から採取した試験片でも機械的試驗結果に不同を生ずるので、その分布範囲を求め更にその平均を求めた。これ等の結果を概括すると第3表の如くなる。

爐冷の場合は抗張力、硬度共に20~50%低下し伸は逆に高くなつてゐる。

〔V〕 結 論

以上のことを要約すれば次の如くである。

(1) Si量が高くなるとフェライトを析出して完全な

第3表 特殊元素の影響概括

元素	フェライト析出防止に有効な成分範囲 %	機械的性質			顕微鏡組織		
		抗張力	伸	硬度	黒鉛の形状及分布	地の組織	炭化物に及ぼす影響
Mn	0.8 ~ 1.2	1%位迄増加し爾後漸減す	減少す	2%位迄漸増す	1. 一般に球状にして疎 2. Mn%の増加と共に少となる	1. パーライト量増加す 2. 結晶粒微細化の傾向あり	1. 1%以上ではセメントタイトを残留す 2. 安定
S	—	低下す	減少す	0.1%以上は漸減す	1. 大形球状にして疎 2. S%の増加と共に大となる	1. パーライト量を減少す	1. 0.1%以上にてセメントタイトを残留す 2. 非常に安定
Cr	0.15 ~ 0.5	1%位迄増加し爾後漸減す	減少す	1.2%位迄は急増し爾後その割合は緩慢となる	1. 球状にして密 2. Cr%の増加と共に微細化の傾向あり	1. パーライトを微細化し硬くす	1. 非常に安定 2. セメントタイト量はCr%に比例す
Mo	0.3 ~ 1.0	1%位迄増加し爾後餘り變化なし	1%位迄増加し爾後漸減の傾向を示す	増加す	1. 一般に塊状にして小 2. 均一に分布 3. 微細化の性質強し	1. パーライトを微細化す 2. 1%位迄パーライト量増加す 3. ソルバイト化の傾向あり	1. 安定 2. セメントタイト量はMo%に比例す
V	0.15 ~ 0.5	増加す	増加の傾向あり	増加す	1. 塊状にて微細化の傾向あり 2. 均一に分布す	1. パーライトを微細化し硬くす 2. パーライト量には餘り影響せず	1. 非常に安定 2. セメントタイトの量はV%に比例す
Ni	< 0.5	増加す	1%位迄増加するが爾後低下す	0.5%以上になると急増す	1. 大形球状にして均一に分布す 2. Ni%の増加と共に小となる	1. パーライトを微細化す 2. パーライト量を減少す	1. 非常に不安定 2. フェライトの量はNi%に比例す
Cu	< 0.5	増加す	増加す	低下す	大形球状にして疎	1. Bulbo eye structureを呈す 2. パーライト量を減少す	1. 非常に不安定 2. フェライト量はCu%に比例す
Al	< 0.1	低下す	減少す	低下す	1. 大形 2. 0.5%以上で針状となる	1. パーライト比較的大 2. パーライト量を減少す	不安定

パーライト組織にはなり難い。

(2) これは保持時間、冷却速度等の影響は勿論あるが、加熱速度も決して無関係ではないと考へる。

(3) 化學成分と熱處理條件との關係圖を求めた。

(4) 檢鏡により加熱速度の早いものは焼鈍炭素の形状が大である。

(5) フェライト析出の阻止、又は軽減、材質の向上に對して有効な元素として Cr, Mo, Mn 等にしてその中最も普遍的な元素は Mn で 1%前後が適當である。

(6) 耐熱性、耐磨耗性その他特定目的の爲には Cr,

V, Mo 等の使用が有効であらう。

(7) これ等元素が 2 種或ひはそれ以上同時に使用される場合には、更に材質的にも組織的にも改善されるものと考へる。

終りに本研究の發表を許可せられたる株式会社日本製鋼所に敬意を表すると共に、種々御懇篤なる御指導を賜つた室蘭製作所々長小林佐三郎博士に厚く感謝する。尙本實驗遂行に當り終始熱心に協力せられたる研究部山下健、曾我政雄及び山口鐵司の諸氏に深謝する。(昭 23. 6 月寄稿)