

鑄鉄ロールの熱伝導率について

Thermal Conductivity of the Cast Iron Rolls

関 本 靖 裕*

Yasuhiro Sekimoto

内 容 梗 概

熱間圧延において、ロールは機械的、熱的にきびしい条件下で使用され、種々なる事故発生をみる。本報告では、圧延中のロールの温度分布、およびそのとき発生する熱応力の解析の基となる鑄鉄ロールの熱伝導率について、まず黒鉛の分布、形状が熱伝導率に及ぼす影響について検討し、代表的な鑄鉄ロールの熱伝導率を測定した結果を述べる。

その結果、鑄鉄組織において、黒鉛は小さく数多く分布したほうが大きく少量分布したものよりも熱伝導率がよいこと、片状黒鉛のほうが球状黒鉛に比べて熱伝導率をよくすることが明らかになった。

1. 緒 言

熱間圧延において、ロールは急熱急冷されるためにロール表面にはファイヤ・クラック、き裂、チルはげが起るとともに、圧延開始あるいは終了時の異常な熱応力による折損がしばしば発生することはよく知られている。

戦後、ロール製造技術の発達とともに従来のチルドロール、サンドロール以外に各種の新しいロール材質が生まれ、最近の圧延機に盛んに使用せられ好成績を収めている。ダクタイルロール、アダマイトロール、高合金グレーンロールなどがそれで、これらのロール材質は抗張力、伸び、硬度などの機械的性質が改良され、従来耐え得なかった圧延条件に耐えている。しかし、圧延中にロール表面に発生するファイヤクラック、き裂などが皆無になった訳ではない。これらの対策、研究には圧延中におけるロール表面、あるいは表面付近の機械的、物理的状态を知ることがまず必要であると考えられる。圧延中のロール表面付近、および内部の温度分布もその一つである。温度分布は初期条件と境界条件を適当に与えれば、ロール材料の温度伝導率によって定まる。また、ロール表面のひどい急熱、急冷に基づく熱衝撃値もロール材料の熱伝導率によって変化する。それゆえ、各種ロールの熱伝導率を知って置くことは、これらの問題を解析する上にまず必要であると考え、その熱伝導率の測定を行った。すなわち、鑄鉄特有の黒鉛およびセメントタイトの分布、形状について検討し、ついでダクタイル、アダマイト、グレーン、チルドの各種ロール材料および実体ロール内部の熱伝導率を測定した。以下、その検討と測定結果を報告する。

2. 鑄鉄の熱伝導率

2.1 鑄鉄の熱伝導率について

鑄鉄の組織は化学成分、冷却速度、あるいは焼鈍温度

* 日立金属工業株式会社若松工場

と時間により千差万別に変化する。したがって系統的にすべてを網らして熱伝導率を測定することはなかなか厄介な問題である。鑄鉄の熱伝導率に関する研究はその測定がむずかしいためか、電気伝導率の研究が数多くあるのに対してきわめて少ない。

鑄鉄の熱伝導率については、古くは M. Jakob氏⁽¹⁾、Hall氏⁽²⁾、増本博士⁽³⁾、および菊田博士⁽⁴⁾⁽⁵⁾などの研究がある。その中でも増本博士の研究は最も精密で、測定温度は常温より 100°C までの間のある温度において測定され、その種類も鋼から白鉄および灰鉄までに及んでいる。菊田博士の研究では、測定範囲は常温より約 800°C 近くまで連続して測定されている。測定種類としては普通灰鉄鑄鉄、チルドロールならびにサンドロール材質、黒心可鍛鑄鉄およびその焼入したものなどに及んでいる。その結果、鑄鉄の熱伝導率は化学成分よりもむしろその組織による影響が大きいこと、また黒鉛の形状によっても影響することが明かになった。

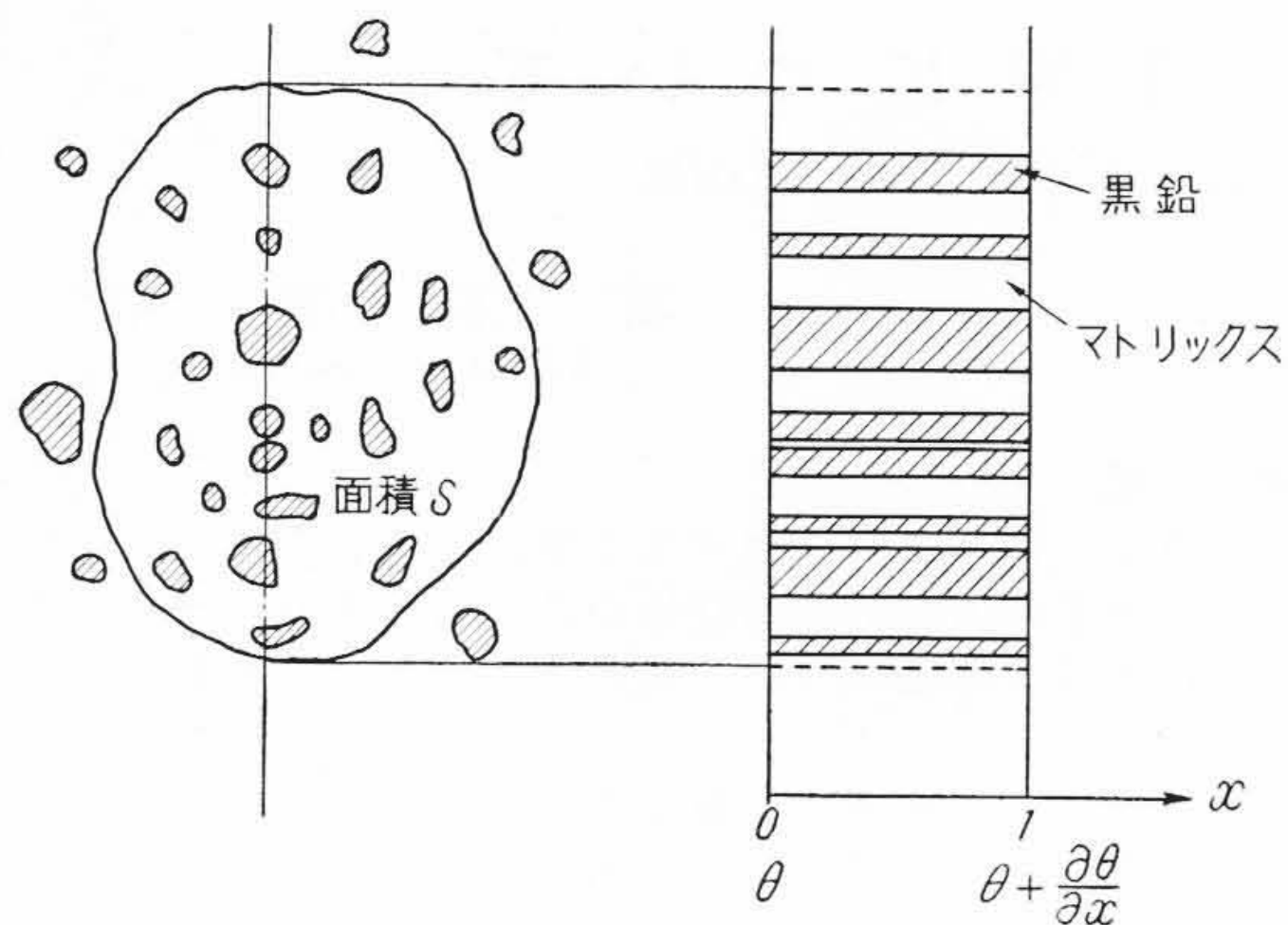
最近、球状黒鉛鑄鉄の発見とともに球状黒鉛鑄鉄の熱伝導率が測定され Gagnebin氏⁽⁶⁾、Sinnott氏⁽⁷⁾ などの研究がある。球状黒鉛の出現により、黒鉛の形状の熱伝導率に及ぼす影響に関する研究⁽⁸⁾が行われている。

以上、簡単に述べたように鑄鉄の熱伝導率については、鑄鉄の組織の種類の多様にもかかわらず、その測定がほとんど行われていないのが現状である。今、われわれが対象としている鑄鉄ロールの熱伝導率については、上に述べた菊田博士のチルドロールおよびサンドロールの測定があるのみである。

2.2 黒鉛および化合炭素の熱伝導率

鑄鉄組織の特長はとりわけ黒鉛と化合炭素の存在である。鑄鉄の熱伝導率はこれら両者の分布状態および形状によって大きく左右されるものと考えられる。

鑄鉄中の黒鉛量が増加するにつれ熱伝導率が良くなることはいろいろの実験から確められている⁽⁹⁾。鑄鉄中の黒鉛の熱伝導率は測定不可能であるが、炭素電極⁽¹⁰⁾、天



第1図 介在物モデル図

然黒鉛⁽¹¹⁾、黒鉛の単結晶⁽¹²⁾の常温での熱伝導率としてそれぞれ、0.42, 0.15~0.45, 1.0以上(単位は cal/cm・s・°C)の値が報告され、鋼よりも良好である。したがって、黒鉛の存在は鋳鉄の熱伝導率を良くするものと考えられる。

一方、化合炭素の増加は鋳鉄の熱伝導率を低下させることが実験によって確かめられている⁽⁹⁾。

このように、鋳鉄では熱伝導率の良好な黒鉛と良好でないと考えられる化合炭素が種々様々の形状で分布するので、一概にその熱伝導率を論ずることができない。しかし、それらの分布形状によって均一な媒質の熱伝導率が、どのように変化するか定性的であるが理論的に考察するのも無益でないと考えられる。

3. 黒鉛の分布および形状の熱導伝率に及ぼす影響の理論的考察

鋳鉄中の黒鉛の分布および形状が熱伝導率に及ぼす影響を理論的に考察するために次のように考える。

第1図に示すように、断面積 S 、厚さ単位長さの断面を熱流は直角に左から右へ定常的に流れるものとする。すなわち、熱流は $x=0$ から $x>0$ の方向に向う。 $x=0$ での温度を θ とすれば、 $x=1$ での温度は $\theta + \frac{\partial \theta}{\partial x}$ である。

しかるとき、面積 S を通過し単位時間に流れる熱量 Q は

$$Q = -\lambda_0 (S - \sum \bar{\sigma}_g) \frac{\partial \theta}{\partial x} - \lambda_g \cdot \sum \bar{\sigma}_g \cdot \frac{\partial \theta}{\partial x} \dots (1)$$

ここに Q : 熱量(cal/s)

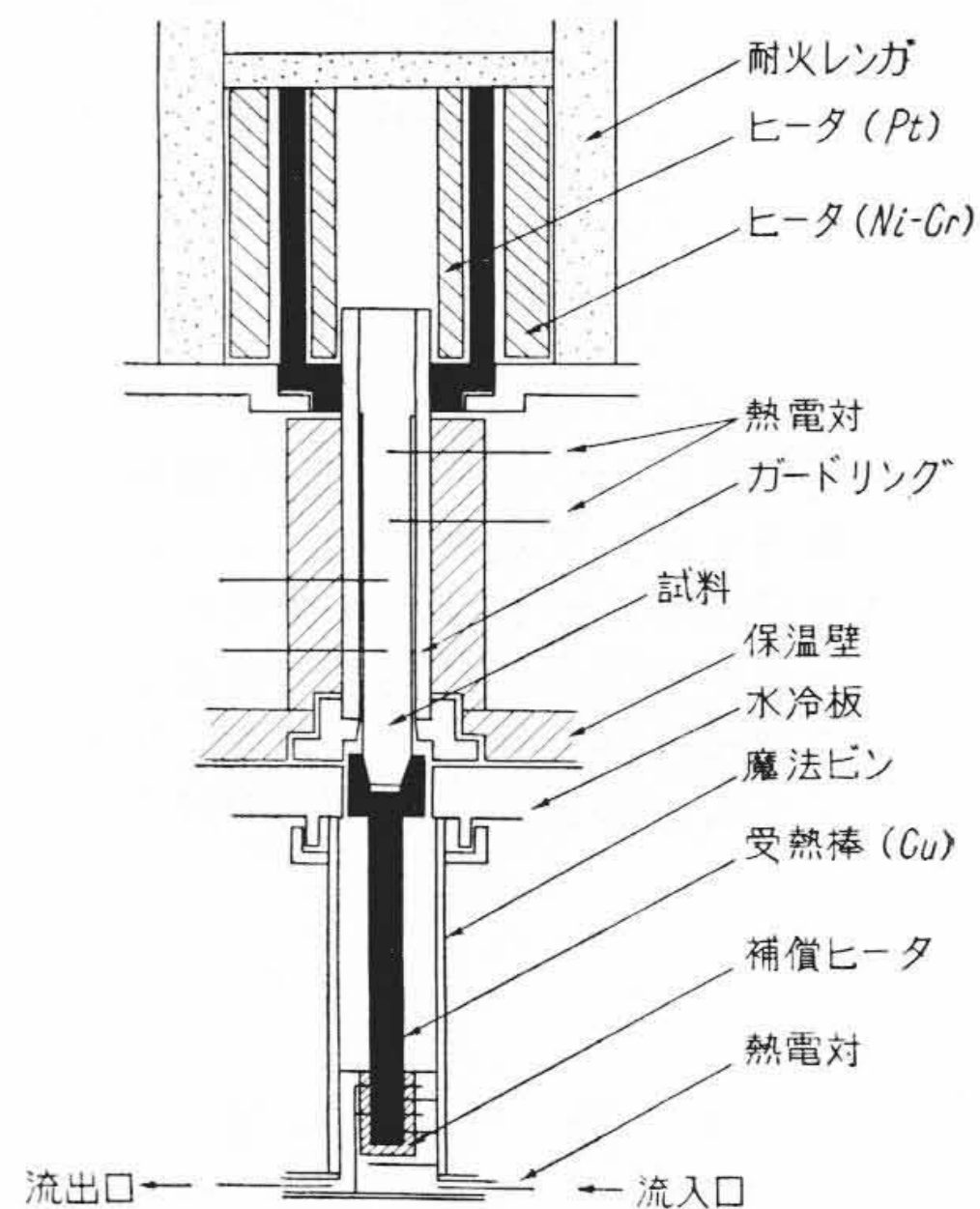
λ_0 : 地の熱伝導率(cal/cm・s・°C)

λ_g : 黒鉛の熱伝導率(cal/cm・s・°C)

S : 断面積(cm²)

$\sum \bar{\sigma}_g$: 断面に現われる黒鉛の全断面積(cm²)

で与えられる。等価の熱伝導率を λ とすれば



第2図 熱伝導率測定装置主要部の構造

$$Q = -\lambda \cdot S \cdot \frac{\partial \theta}{\partial x} \dots (2)$$

したがって、(1)式と(2)式から

$$\lambda = \lambda_0 \left(1 - \frac{\sum \bar{\sigma}_g}{S}\right) + \lambda_g \frac{\sum \bar{\sigma}_g}{S} \dots (3)$$

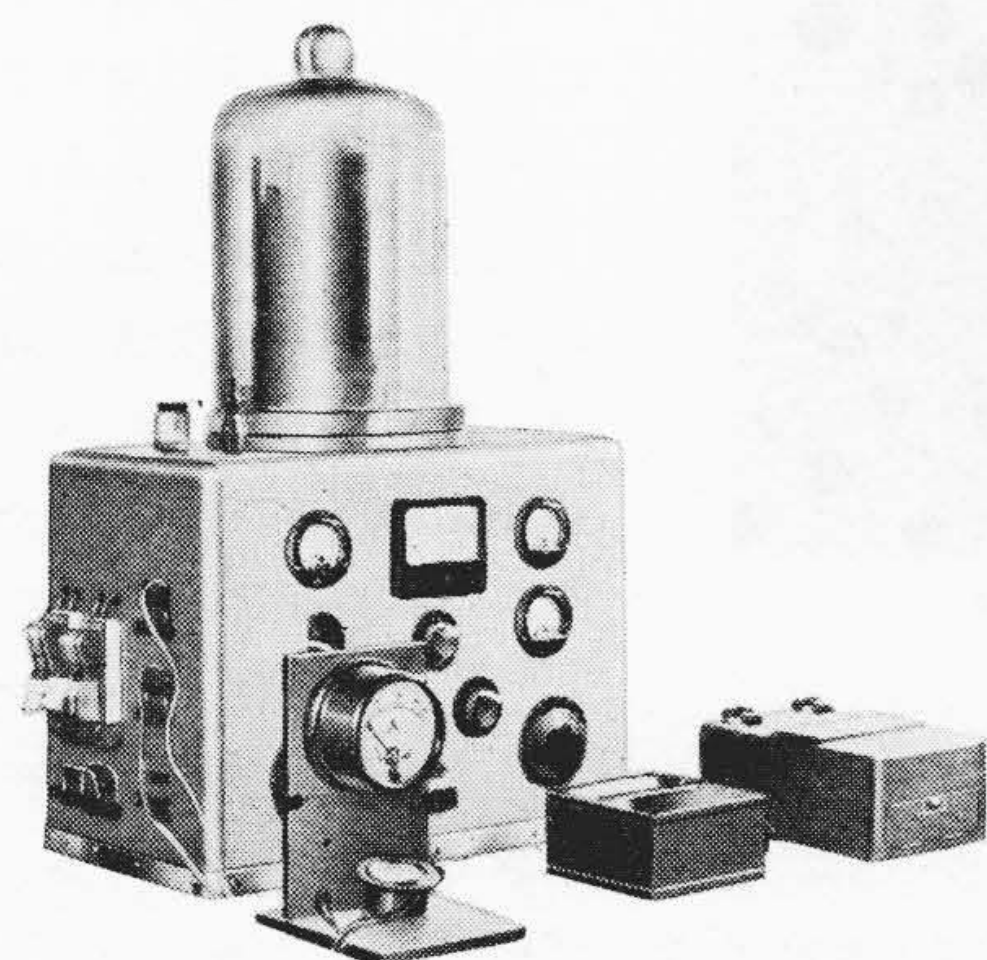
となる。

4. 測定装置

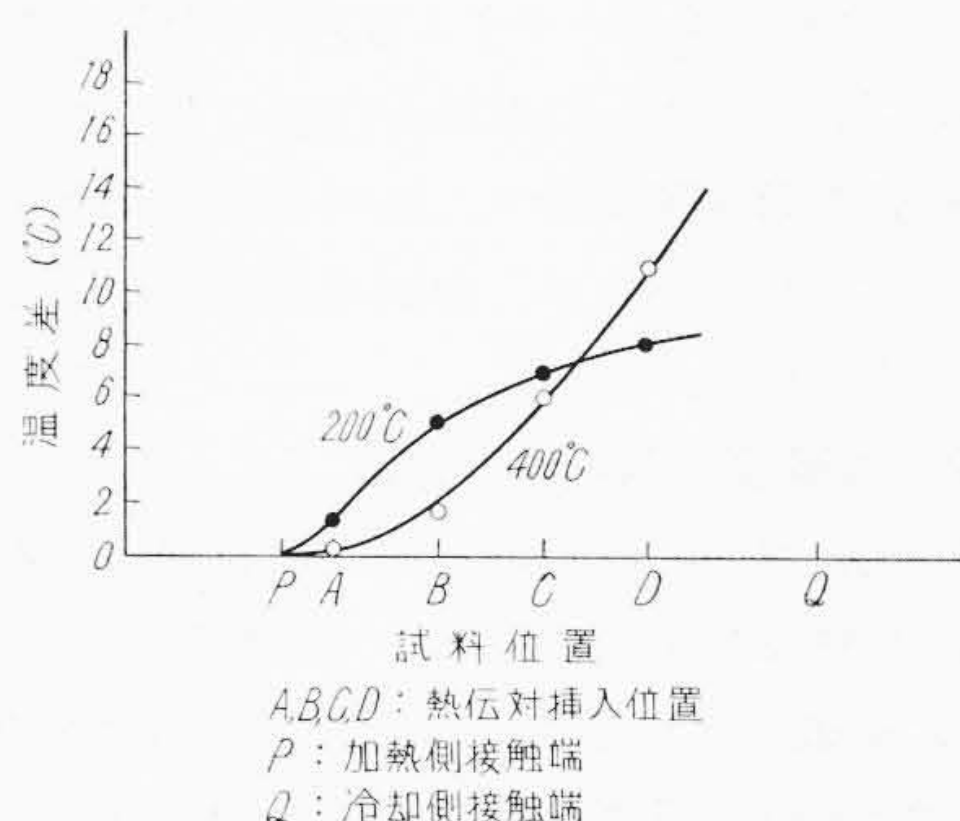
4.1 測定装置

熱伝導率測定装置の主要部を第2図に示す。主要部は水冷板上部のガラスカバーでおおわれた高温加熱炉とその下部の恒温魔法びん中に設けられた低温部とからなる。

高温部は試料の上面に密着する耐熱鋼の加熱棒とこれを加熱する白金線炉とニクロム線炉からなる。加熱棒と測定試料の間には試料からの熱放散を極力防ぐためにガードリングを入れた。試料上部および下部の温度はそれぞれの位置にそう入した Ni-NiCr 熱電対によって測定する。低温部は外部と断熱するためにその必要な機構を魔法びん中に収めている。加熱棒から試料を経て伝導してきた熱は銅製の受熱棒を通り、最下部で環流水によって吸収される。このために環流水の流入口と流出口の間には水温の差が生じ、この温度差は流入口と流出口に設けられた銅コンスタンタン熱電対によって測定される。環流水系は内管と外管とからなり、外管には補償用ヒータが仕込まれている。ヒータに一定のワット数の電流を流すことにより環流水の流出口の温度はさらに上昇する。この上昇温度から測定試料中を流れた熱量を算出することができる。したがって試料の温度勾配と流れた熱量から熱伝導率が求められる。装置の上部は加熱炉のた



第3図 熱伝導率測定装置の全景



第4図 測定試料とガードリングとの温度差

めにかなり高温になるが、試料の酸化および対流による熱の移動を防ぐために上部にガラスカバーをかぶせ中を 10^{-1} mmHg 程度の真空に保った。熱伝導率測定装置の全景を第3図に示す。

4.2 測定方法

試料の熱伝導率を λ (cal/cm $\cdot$ s $\cdot$ °C), 上面から下面へ流れる熱量を Q (cal/s), 試料の二点 AB の温度をそれぞれ θ_A (°C), θ_B (°C), AB 間の距離を l (cm) とすれば,

$$Q = \frac{\lambda S}{l} (\theta_A - \theta_B) \quad \dots\dots\dots (4)$$

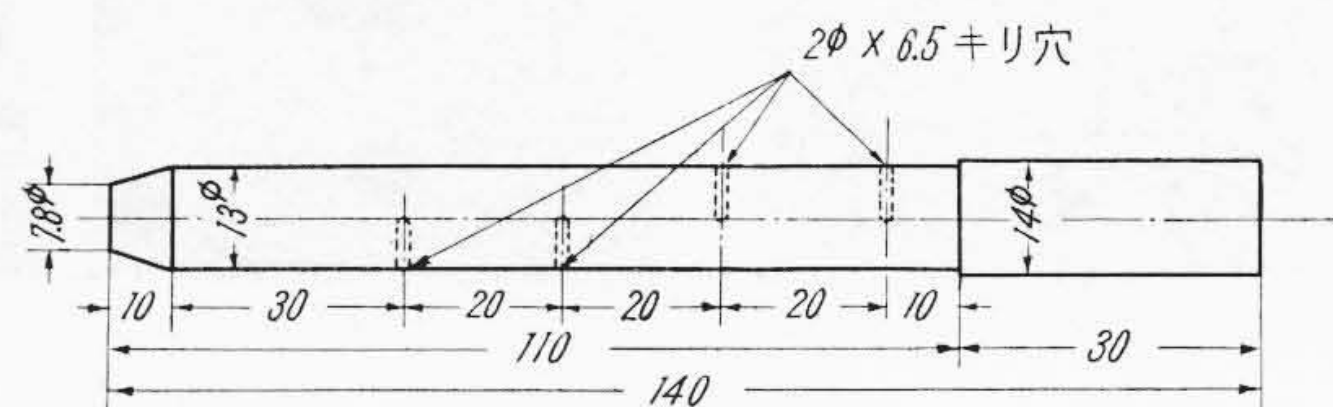
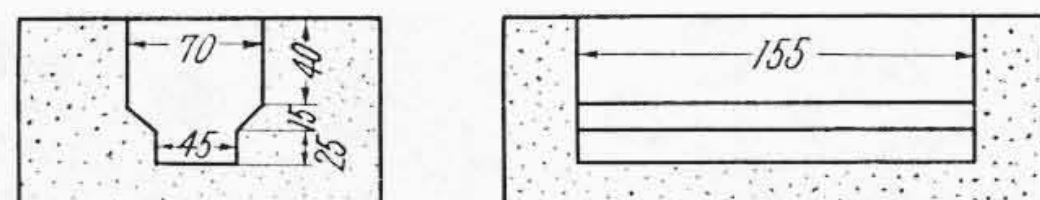
となる。この熱によって環流水の流入口と流出口に温度差が生ずる。流入口の水温を t_w (°C), 流出口の水温を t_1 (°C) とすれば,

$$t_1 - t_w = \alpha Q \quad \dots\dots\dots (5)$$

α は比例定数である。さらに補償用ヒータに W ワットの電流を通じた時の流出口の水温を t_2 (°C) とすれば,

$$t_2 - t_1 = \alpha (0.24 W) \quad \dots\dots\dots (6)$$

(5)式と(6)式から α を消去し(4)式を代入すれば



第5図 鋳型および測定試料寸法

第1表 化学分析値

試料番号	化学分析値 (%)							
	T.C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mg
S-1	3.40	2.76	0.32	0.16	0.016	—	0.10	—
S-4	3.38	2.83	0.36	0.15	0.020	2.20	0.05	0.092
S-5	3.24	2.92	0.40	0.38	0.038	1.19	0.32	0.048

$$\lambda = 0.24 W \frac{l}{S} \frac{t_1 - t_w}{(t_2 - t_1)(\theta_A - \theta_B)} \quad \dots\dots\dots (7)$$

となり試料の熱伝導率は(7)式によって与えられる。

測定試料は第2図に示したように熱電対を 20 mm 間隙 4 箇所に入れた。したがって1回の測定から3箇所の熱伝導率が計算できる。それらの値を2点間の平均温度における熱伝導率とした。

測定中は装置内の熱的定常状態ならびに環流水量の定常の確認にかなりの熟練と考慮を必要とした。

なお測定を行う前に測定試料表面から放散する熱量について検討を行った。第4図に測定試料とガードリングとの温度差を示す。第4図の測定結果から測定試料表面から輻射によって失われる熱量は 0.014 cal/s 以下であった。これに基く熱伝導率の誤差は 0.4% 以下になる。さらに炭素鋼の標準測定試料を製作し測定を行ったが、その結果は従来の測定値とほぼ一致した。

5. 測定結果

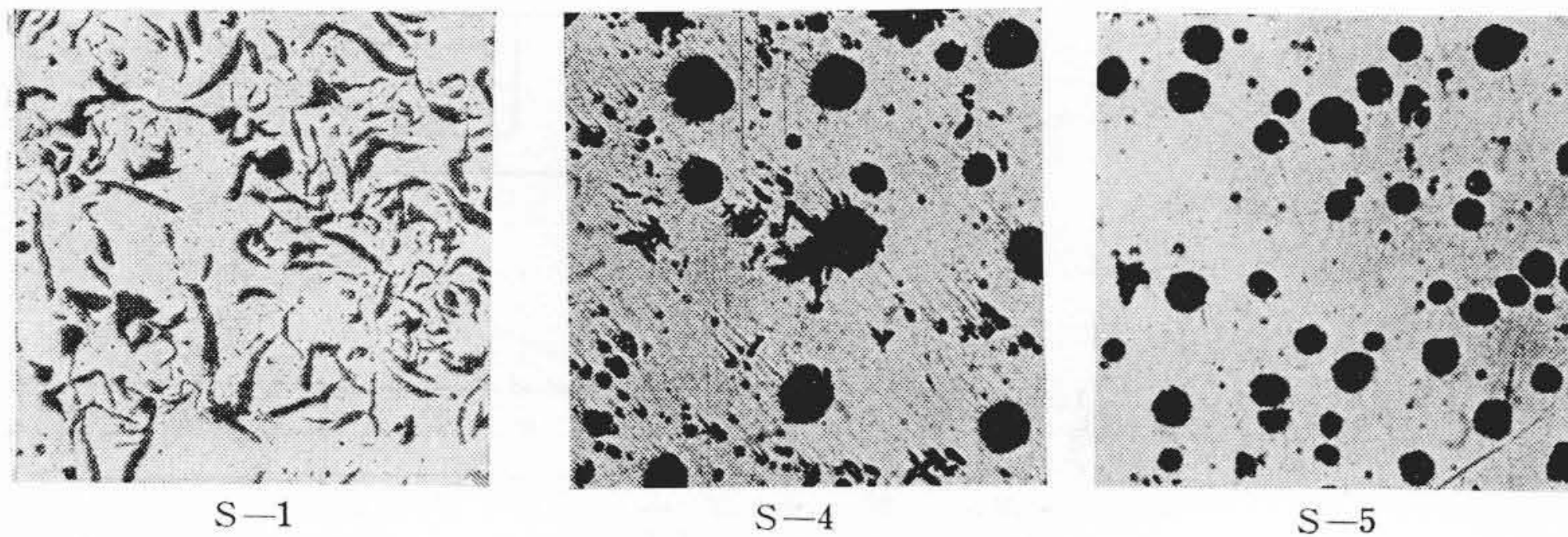
5.1 測定試料

試料は高周波熔解装置にて熔解し、第5図に示すキールブロック形砂型に鋳込んだ。測定試料は鋳物の下部より2本切り出して加工した。測定試料寸法を同じく第5図に示す。

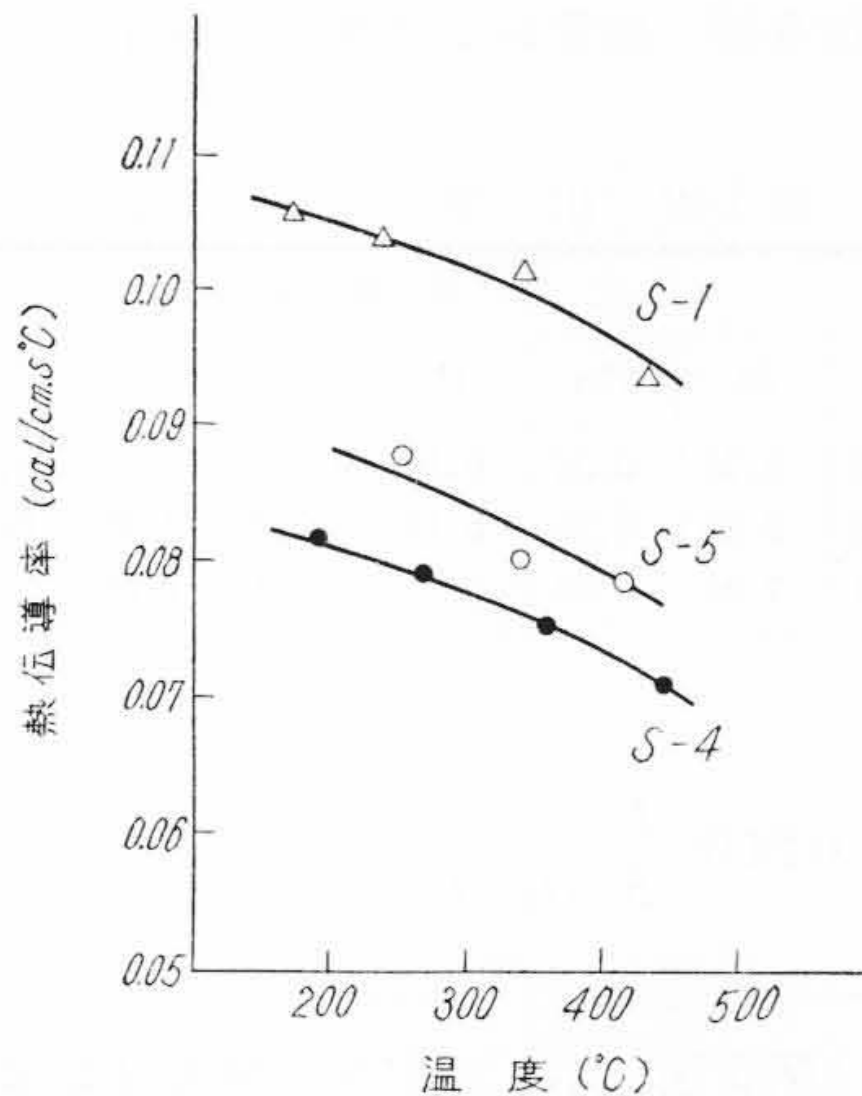
5.2 黒鉛の分布および形状が熱伝導率に及ぼす影響について

5.2.1 測定

均一な媒質としてパーライト地を作りその中に黒鉛を分布させた。黒鉛の分布および形状は Mg 処理によって変えた。得た試料の化学成分および黒鉛の分布状



第6図 顕微鏡写真 ×100



第7図 黒鉛の分布，形状による熱伝導率の変化

第2表 測定値

試料番号	熱伝導率 (cal/cm·s·°C)
S-1	0.107
S-4	0.082
S-5	0.089

第3表 化学分析値

試料番号	化学分析値 (%)						
	T.C	Si	Mn	P	S	Ni	Mg
M-1	0.59	0.56	0.34	0.034	0.030	—	—
M-2	0.60	0.50	0.34	0.028	0.036	1.05	0.038

第4表 計算値と測定の比較

比	計算値	測定値
S-1/S-4	1.36	1.31
S-5/S-4	1.08	1.09

第5表 ダクタイル試料と化学分析値

試料番号	化学分析値 (%)								
	T.C	C.C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mg
D-1	2.58	1.78	1.52	0.27	0.102	0.006	1.72	0.42	0.080
D-2	2.57	1.52	1.88	0.23	0.102	0.007	1.69	0.35	0.092
D-3	2.57	1.20	2.56	0.22	0.096	0.017	1.72	0.34	0.103
D-4	2.72	0.52	2.12	0.21	0.096	0.022	1.76	0.23	0.097
D-5	2.70	0.62	2.16	0.22	0.102	0.014	1.74	0.31	0.107
D-6	2.60	1.50	1.99	0.22	0.113	0.010	1.65	0.57	0.095

況をそれぞれ第1表および第6図に示す。第6図のマトリックスはパーライト組織である。

測定結果を第7図，200°Cにおける熱伝導率の値を第2表に示す。第7図から明らかなように片状黒鉛の存在する試料S-1のほうが球状黒鉛の存在する試料S-4，S-5に比べて熱伝導率が良い。また球状黒鉛の存在する試料については，黒鉛が小さく数の多い試料S-5のほうが大きく数の少ない試料S-4よりも熱伝導率が良い。

この試料はNi-Mgを添加して作ったものゆえ，その影響によってマトリックスの熱伝導率が変わるのではないかと懸念された。それを検討するためにC 0.8%のオールパーライト組織の試料を作り，一つにはNi-Mgを添加した試料を作製した。得た試料の化学分析値を第3表に示す。試料の組織には少しフェライトが析出していたが，熱伝導率の測定値には有意な差が認められなかった。

5.2.2 計算値と測定値の比較

(3)式を用いて測定値との比較を行ってみた。すなわち，試料S-1の面積S中で片状黒鉛の占める面積 $\Sigma \sigma_g$ は組織写真の黒鉛の部分をはさみで切り抜き，それを化学天秤で重さを計り面積を割り出した。試料S-4，S-5については面積S中の球状黒鉛の数に平均断面積を掛けて算出した。いま黒鉛およびマトリックスの熱伝導率をそれぞれ0.50, 0.080と仮定すると(3)式から試料S-1，S-4，S-5の熱伝導率が定まる。それらの比と測定値の比を算出すれば第4表のようになりほとんど実験誤差内で一致することがわかる。したがって(3)式の考え方がかなり妥当であることを示すものと考えられる。

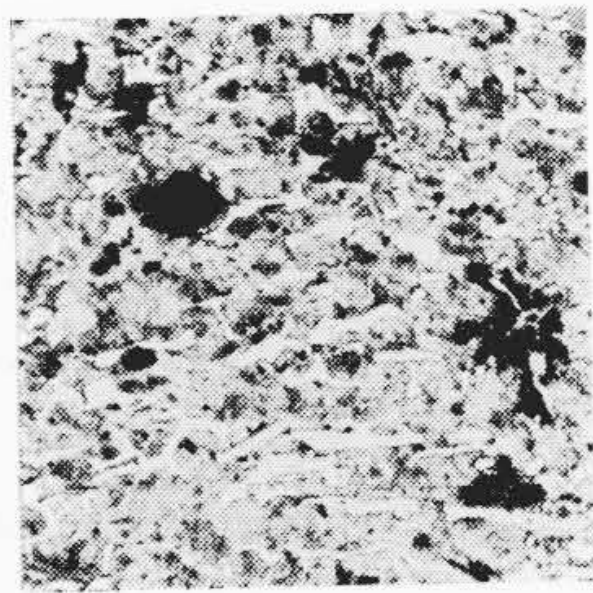
逆に(3)式に第2表の値を代入し，正規方程式を解くことにより鑄鉄中の黒鉛の熱伝導率を推定することができる。その結果 $\lambda_g = 0.29$ (cal/cm·s·°C)の値を得た。なおこの値は200°Cにおける値である。

5.3 鑄鉄ロール材料の熱伝導率

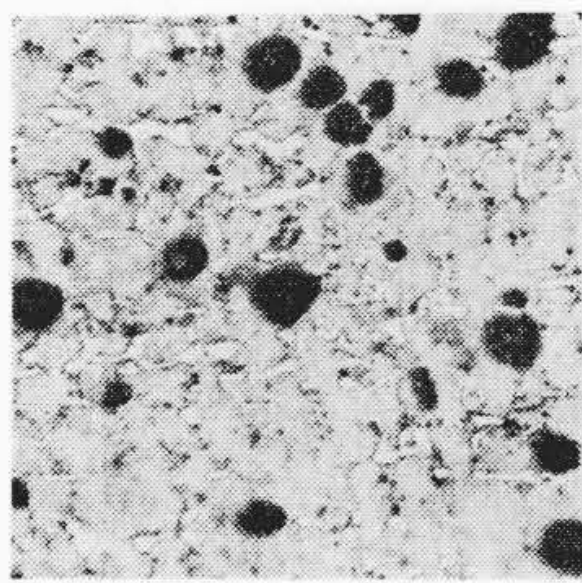
5.3.1 ダクタイルロール材料の熱伝導率

ダクタイルロール材質については硬度の変化によって熱伝導率がいかに変化するかを調べた。そこで硬度に大きく影響する組織中のセメンタイトの量をCr，Siで変えた試料を製作した。

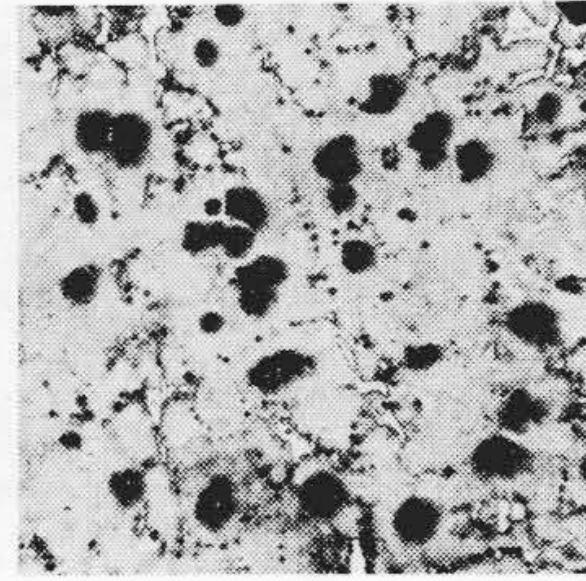
測定した試料の化学成分および組織写真をそれぞれ第5表および第8図に示す。Siを変えた試料ではSiが増加するにつれ黒鉛化が良くなり，したがって球状



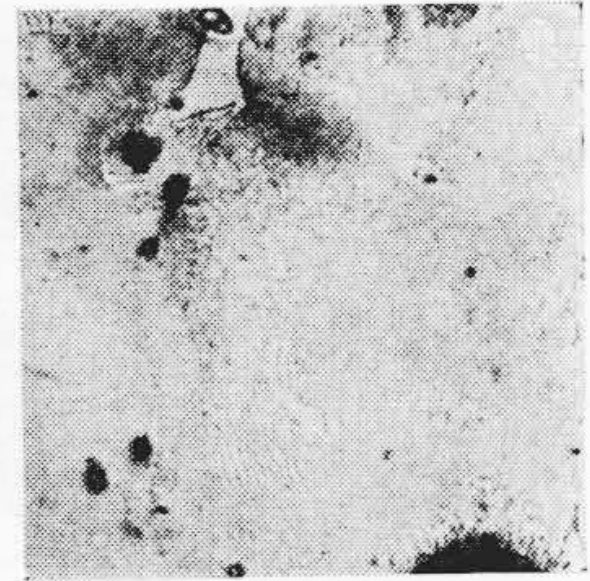
D-1 Si 1.52%



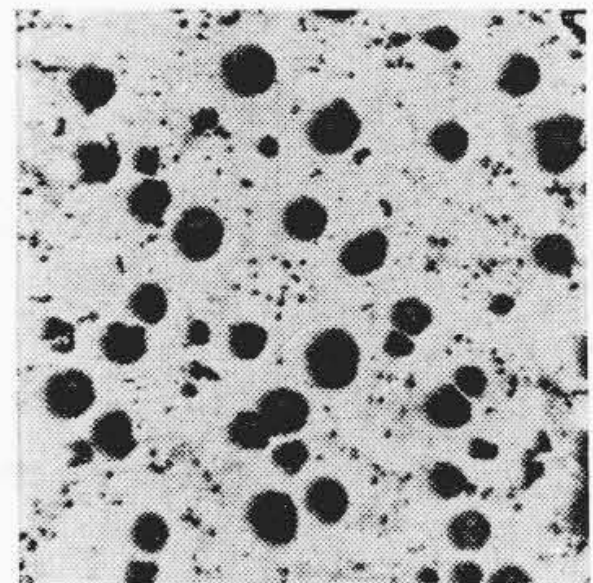
D-2 Si 1.88%



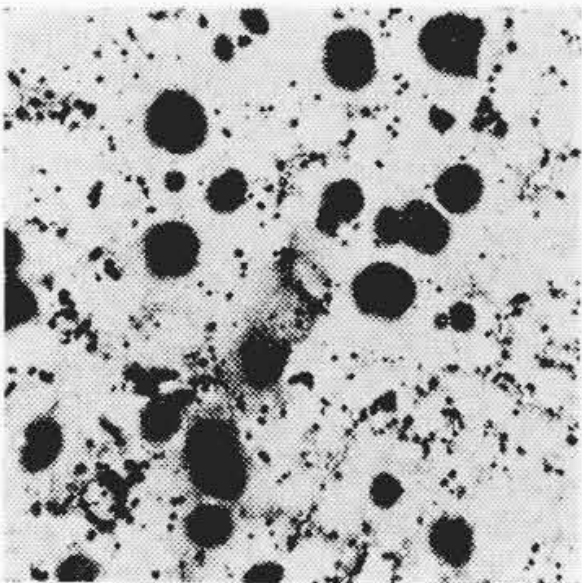
D-3 Si 2.5%



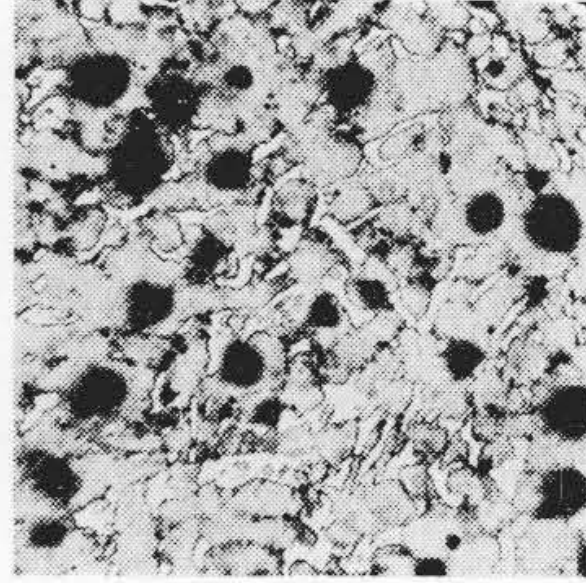
焼鈍前のマトリックス ×400



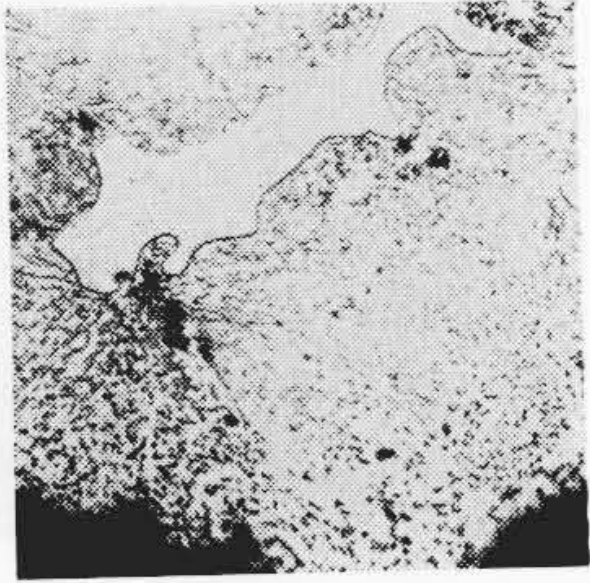
D-4 Cr 0.23%



D-5 Cr 0.31%

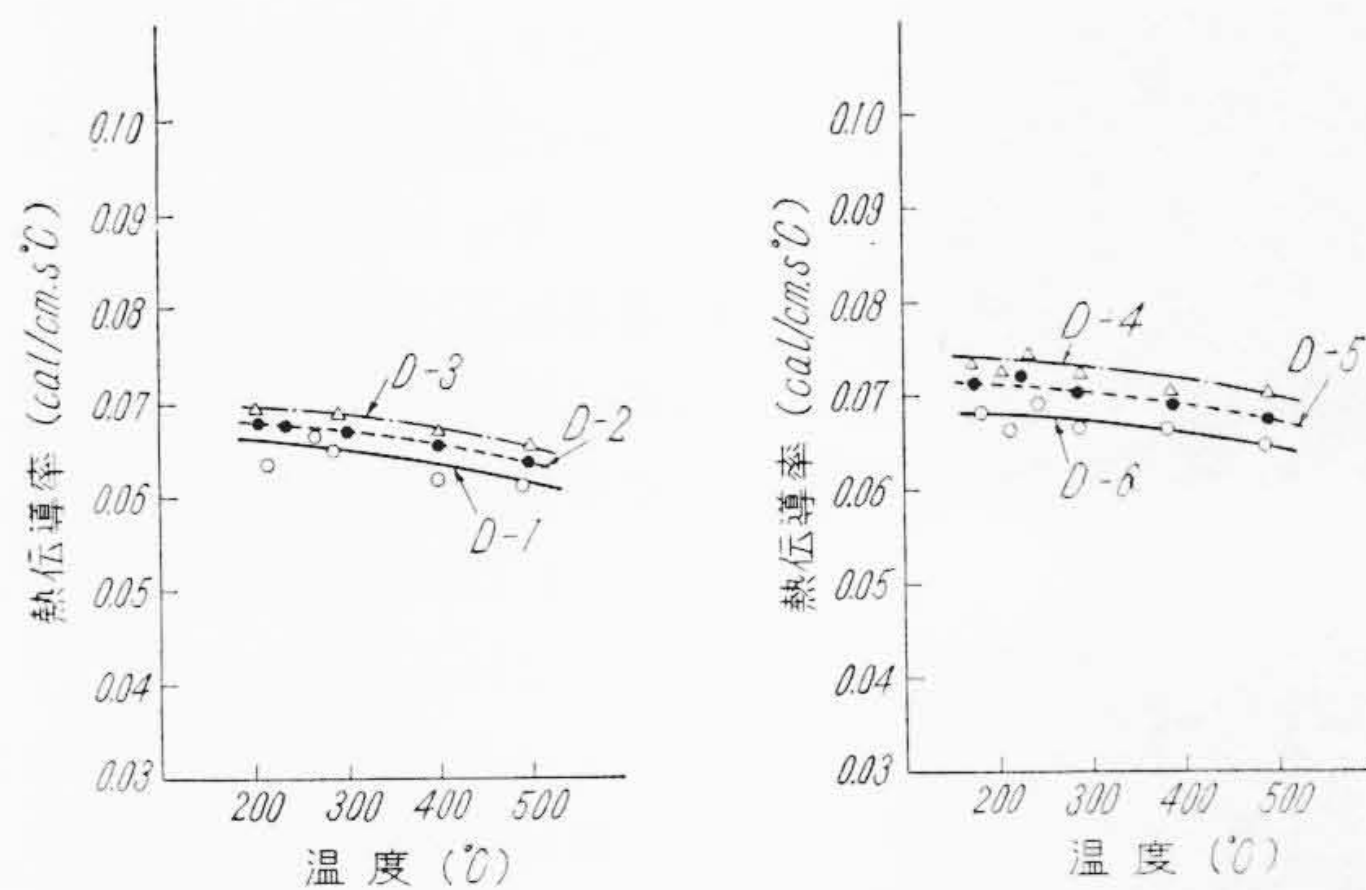


D-6 Cr 0.57%



焼鈍後のマトリックス ×400

第8図 顕微鏡写真 ×50



第9図 ダクタイル試料の熱伝導率

黒鉛が多くなるのに反してセメントライトが少なくなる。Crを変えた試料ではCrが増加するにつれてセメントライトが多くなっている。第8図のマトリックスはパーライト地である。またマトリックスを球状化熱処理を行った試料をも製作した。熱処理した試料の組織は黒鉛およびセメントライトの形状に変化はなくマトリックスのパーライトが球状パーライトに変化した。その組織の高倍率写真の一つを第8図に示す。

(1) Si, Cr の熱伝導率に及ぼす影響

第5表の試料の熱伝導率の測定結果を第9図に示す。いずれの試料も温度が高くなるにつれて熱伝導率がやや低下する傾向が見られる。元素の影響についてはSi%が高くなるかあるいはCr%が低くなるにつれ、いかえれば組織の黒鉛化が良くなりセメントライトの量が少ないものほど熱伝導率は良くなることが認められる。

第6表 アダマイト試料と化学分析値

試料番号	化学分析値 (%)					
	T.C	Si	Mn	P	S	Cr
A-1	2.29	0.90	0.62	0.021	0.028	—
A-2	2.05	0.96	0.65	0.021	0.030	—
A-3	1.77	0.91	0.58	0.026	0.018	—
A-4	1.61	0.95	0.60	0.010	0.032	—
A-5	2.08	0.97	0.65	0.026	0.034	0.97
A-6	2.11	0.99	0.65	0.021	0.030	1.47
A-7	2.13	0.91	0.59	0.021	0.030	2.05
A-8	2.03	0.95	0.61	0.015	0.030	2.26
A-9	2.09	0.96	0.57	0.015	0.026	—
A-10	2.15	0.94	0.60	0.031	0.026	—

(2) 焼鈍の熱伝導率に及ぼす影響

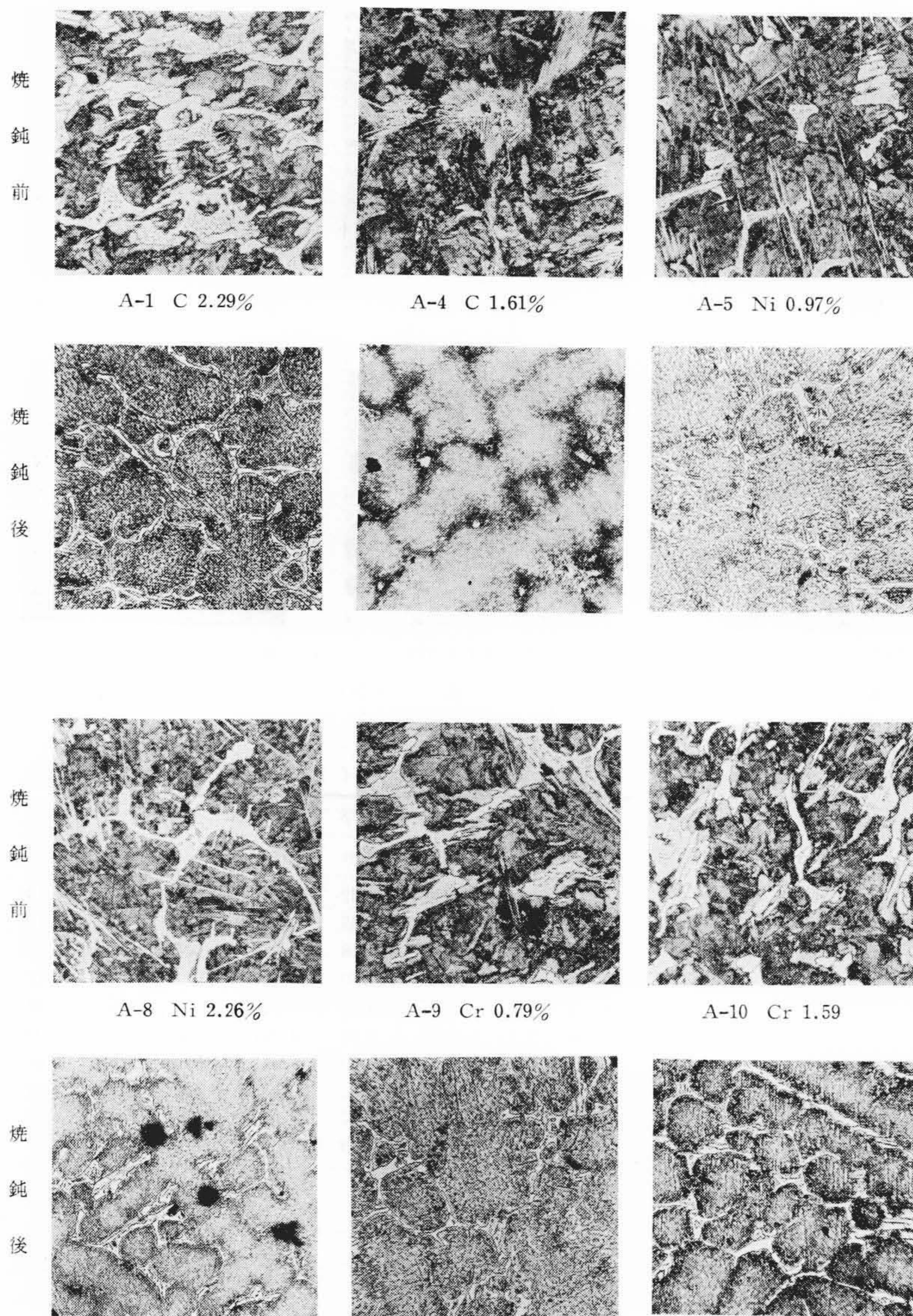
熱処理によって層状パーライトが球状パーライトとなり熱伝導率に変化を与えるのではないかと考えられたが、測定の結果その影響は認められなかった。

5.3.2 アダマイトロール材料の熱伝導率

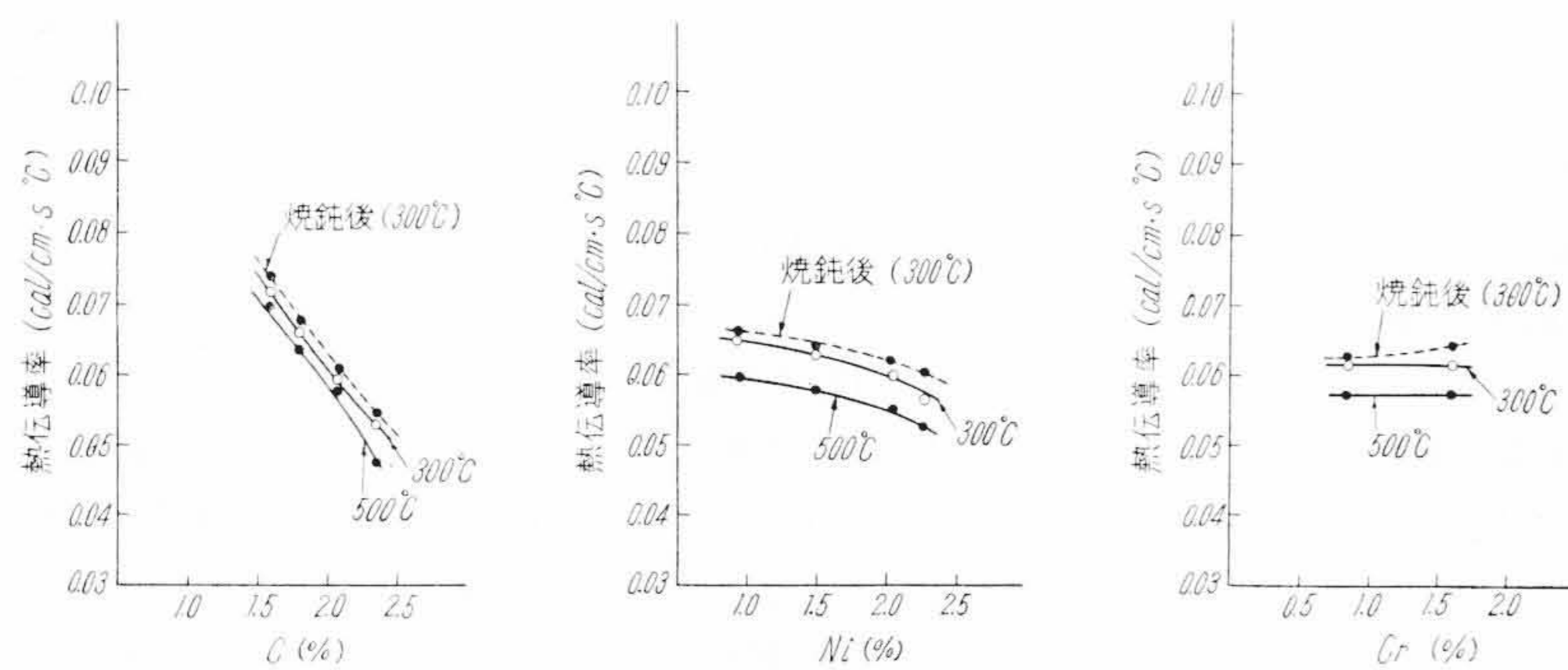
アダマイトロールの機械的性質は熱処理によってかなり変化するが元素の影響としてCが最も大きい。そこでCと特殊元素として Ni, Cr の熱伝導率に及ぼす影響を調べた。

(1) C, Ni, Cr の熱伝導率に及ぼす影響

試料はまずアダマイト標準化学成分においてCを1.6%~2.3%まで変え、次にCを2.0%にとどめNiを1.0~2.3%まで変えて添加した。さらにCrの影響としてCを2.0%とし、Crを0.8%, 1.6%の二種類の試料を用意した。さらに焼鈍の影響を調べるために拡散焼鈍のみ行った試料をも作製した。試料の化学成分および組織写真をそれぞれ第6表および第10図に示す。



第10図 顕微鏡写真 ×50



第11図 アダマイト試料の熱伝導率

第10図から明らかなようにCの%が高くなるにつれて初晶セメントライトが増加しかつそのネットワークが発達している。マトリックスについては変化は認められなかった。Ni%の変化に対しては初晶セメントライトの量およびマトリックスには目だった変化は認められなかった。またこの程度のCr%の変化に対しては組織には変化は認められなかった。

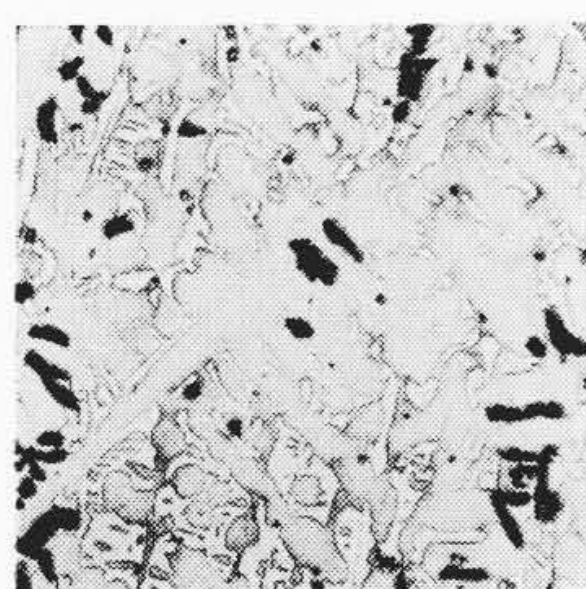
これらの試料の熱伝導率測定結果を第11図に示す。第11図からわかるように熱伝導率はC%が高くなるにつれてほぼ直線的に減少する。これはセメントライトの量が増加しかつネットワークが発達したために熱伝導率が低下したものと考えられる。Niの熱伝導率に及ぼす影響はNi%が高くなるにつれて熱伝導率がやや低下する傾向が見られる。これは組織には変化が認められないところからNiはマトリックス中に固溶したために熱伝導率が低下したものと考えられる。Crの熱伝導率に及ぼす影響は認められなかった。なおいずれの試料も高温度になるにしたがって熱伝導率が低下する傾向が認められた。

(2) 焼鈍の熱伝導率に及ぼす影響

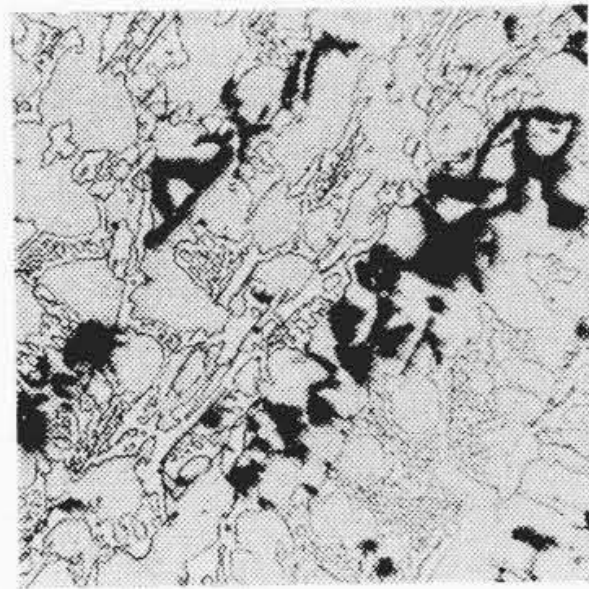
焼鈍した試料の組織写真を第10図に示す。この場合、Niの高い試料A-8では黒鉛がところどころ析出している。焼鈍後の試料の熱伝導率測定結果を第11図中の破線でもって示す。鋳放しのままの値に比べてやや熱伝導率は良くなっているが、これは針状セメントライトがなくなり、

第7表 グレーン試料と化学分析値

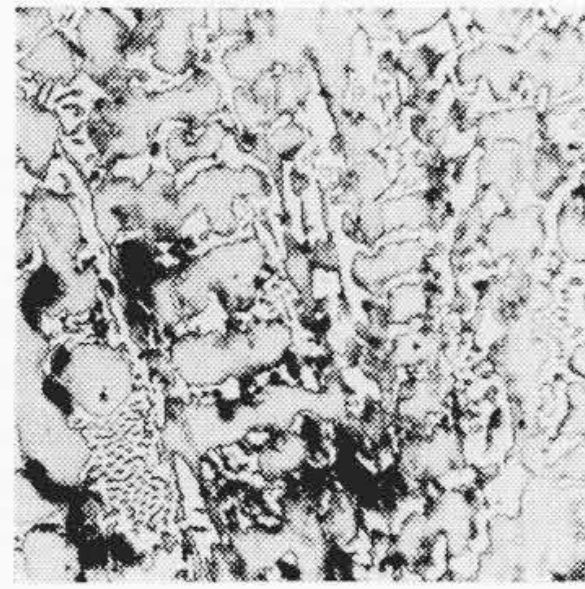
試料番号	化学分析値 (%)								備考
	T.C	C.C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	
G-1	3.20	2.57	0.71	0.26	0.16	0.018	1.96	1.00	7X
G-2	3.14	2.88	0.72	0.26	0.15	0.020	3.76	1.74	7C
G-3	3.20	3.00	0.71	0.27	0.15	0.028	—	0.86	
G-4	3.16	1.94	1.27	0.25	0.13	0.020	—	0.83	3G
G-5	3.19	2.48	0.93	0.26	0.15	0.028	—	0.55	
G-6	3.17	2.94	1.05	0.26	0.15	0.026	—	1.01	1G
G-7	2.80	0.66	1.23	0.26	0.12	0.036	1.15	0.47	5X



G-1
Ni 1.96% C.C 2.57%



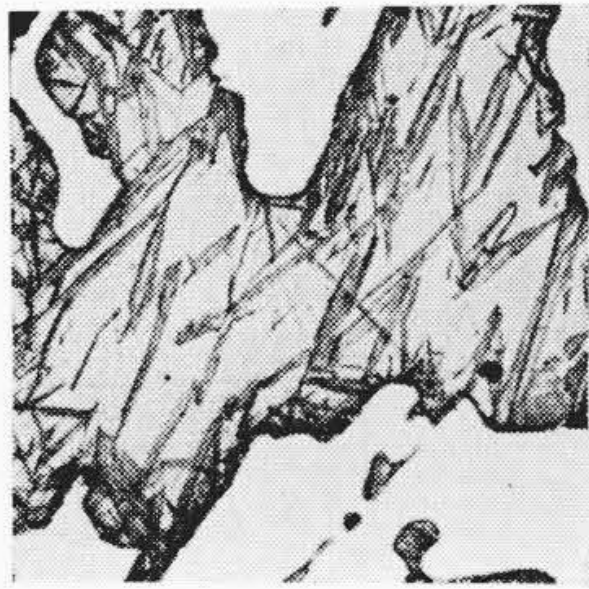
G-2
Ni 3.76% C.C 2.88%



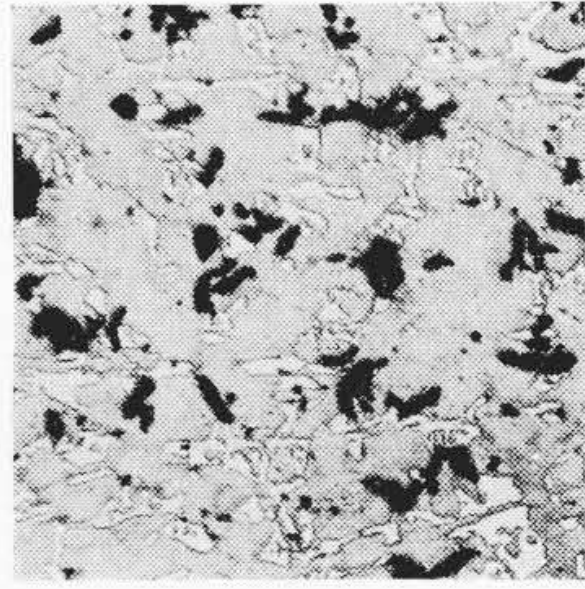
G-3
Si 0.71% C.C 3.00%



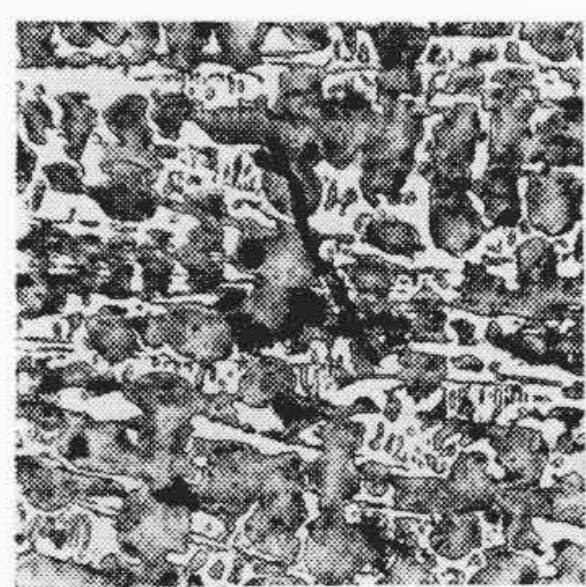
G-1 ×400



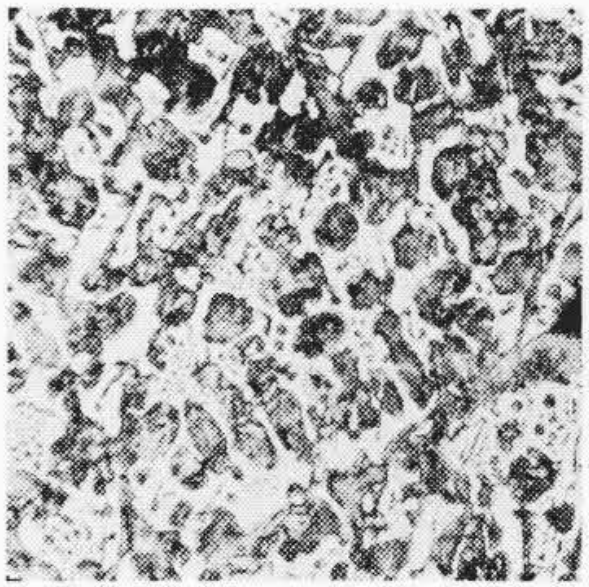
G-2 ×400



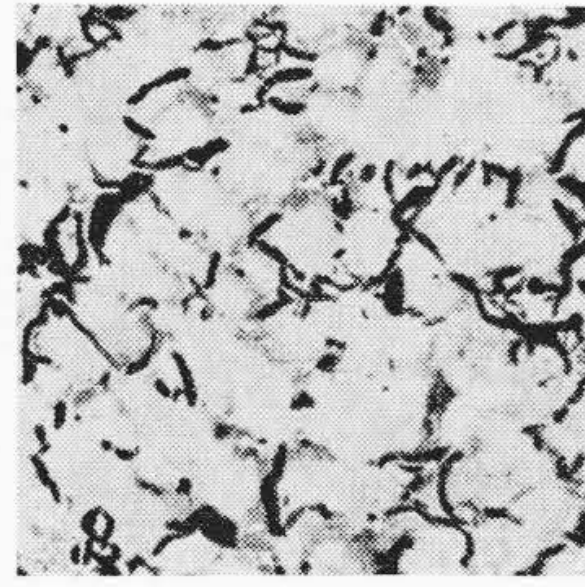
G-4
Si 1.27% C.C 1.94%



G-5
Cr 0.55% C.C 2.48%



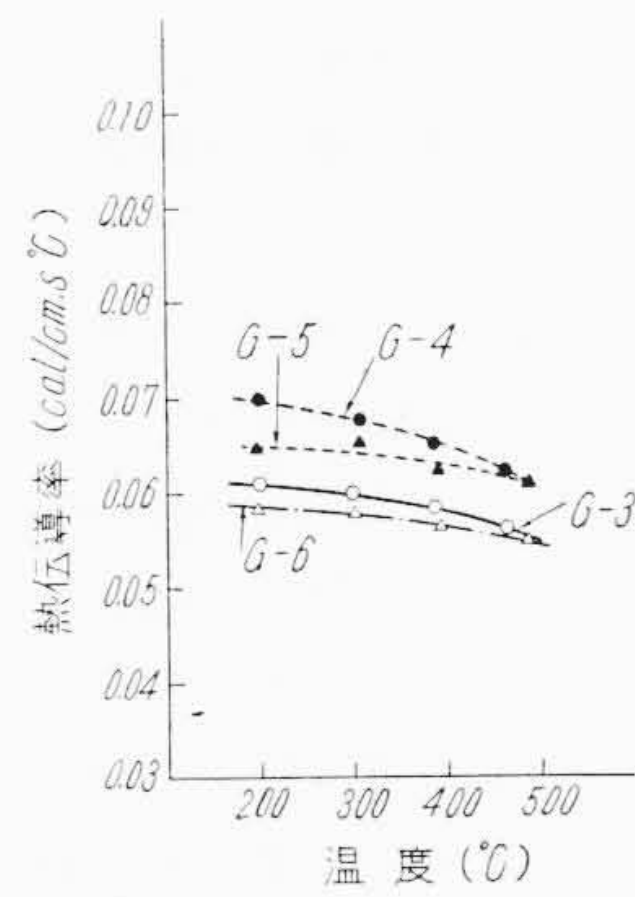
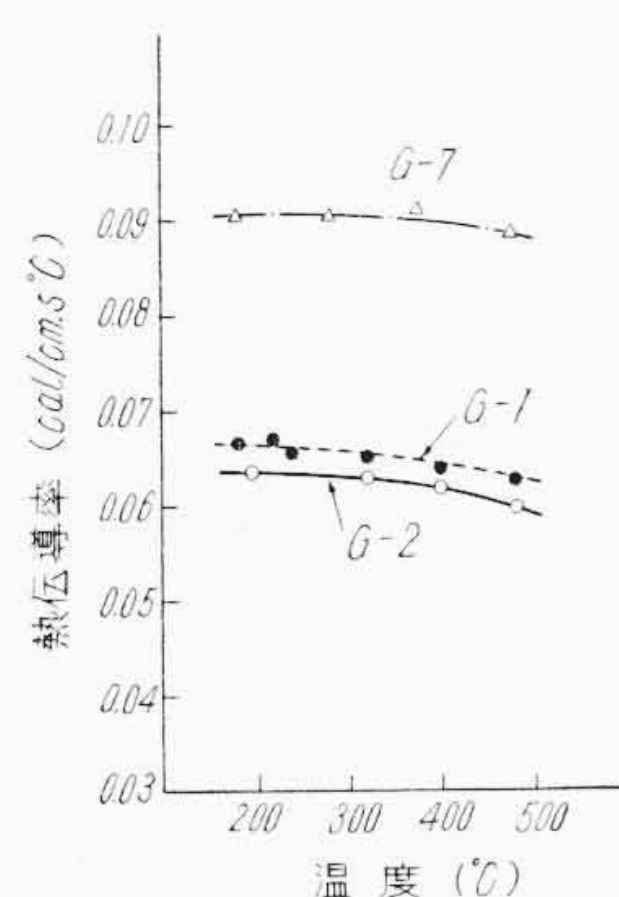
G-6
Cr 1.01% C.C 2.94%



G-7
C.C 0.66%

第12図 顕微鏡写真

×50



第13図 グレーン試料の熱伝導率

さらに初晶セメンタイトのネットワークが切れたためによるものと考えられる。

5.3.3 グレーンロール材料の熱伝導率

グレーンロール材質として日立金属工業株式会社若松工場で製造している代表的なグレーンロール材質と類似の試料を作製した。測定試料の化学成分を第7表に示す。第7表備考欄は該当ロール材質の呼称記号である。試料 G-1, G-2 は Ni 入高合金グレーンロールの材質をねらったものである。

試料 G-3, G-4 は普通グレーンロールにおいて黒鉛化の影響を、試料 G-5, G-6 は白鉄化の影響を見たものである。試料 G-7 は比較の意味で形鋼ロールの低合金グレーンロールの材質である。

各試料の組織写真を第12図に、測定結果を第13図に示す。第13図の測定結果によると、Ni 入高硬度グレーンロール材質は Ni% が高くなるにつれやや熱伝導率は低下する。普通グレーンロール材質においては Si% が高く Cr% が低いものほど、いいかえれば黒鉛化の多いセメンタイトの少ないものほど熱伝導率がよい。試料 G-7 は著しく熱伝導率がよいが、これはセメンタイトがほとんどなく片状黒鉛が存在するためであると考えられる。

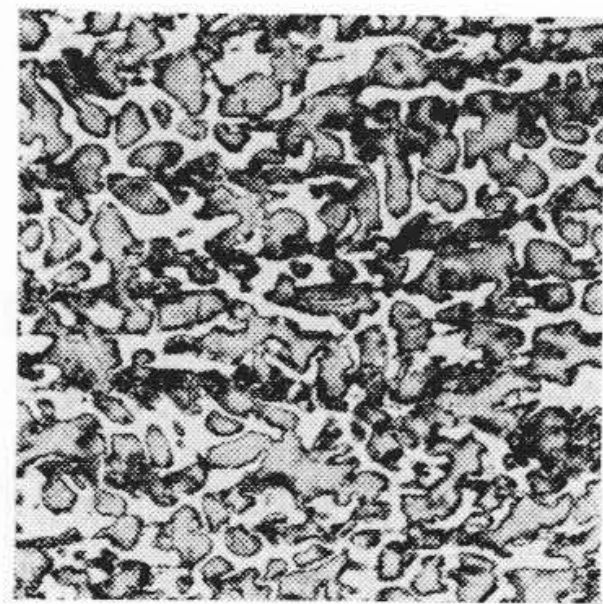
5.3.4 チルドロール材料の熱伝導率

普通チルドロール材料の熱伝導率についてはすでに測定されており⁽⁴⁾⁽⁵⁾、白鉄および鼠鉄の熱伝導率としてそれぞれ 0.04~0.05 (cal/cm·s·°C), 0.08~0.11 (cal/cm·s·°C) の値をとる。ここでは普通チルドならびに合金チルドロール材質の試料を金型に鋳込み作製した。

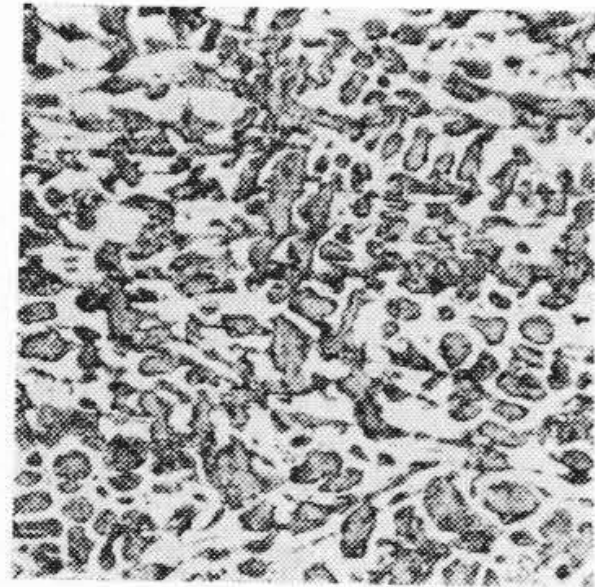
測定した試料の化学成分を第8表に示す。第8表の試料の組織写真を第14図に示す。

試料 C-1 は普通チルド、試料 C-2 は高炭素チルド、試料 C-3, C-4 は Ni 入合金チルドの材質をねらったものである。試料 C-1, C-2, C-3 のマトリックスはパーライトであるが試料 C-4 はマルテンサイトである。

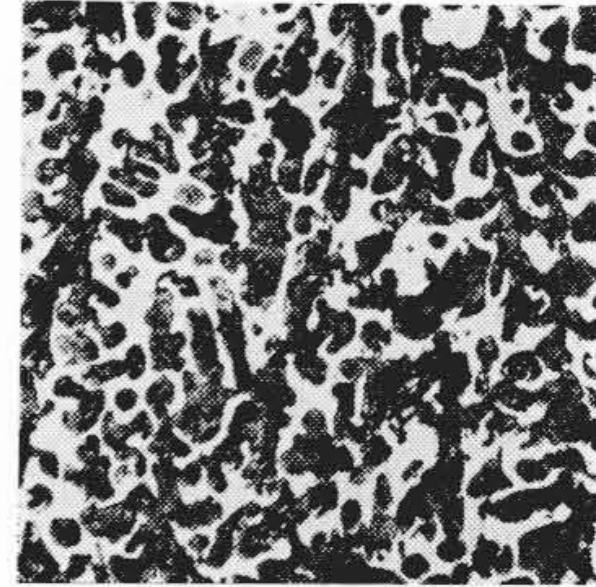
試料の測定結果を第15図に示す。第15図からわかるように高炭素チルドの熱伝導率は普通チルドに比べて悪くなっている。これはセメンタイトの量が増加



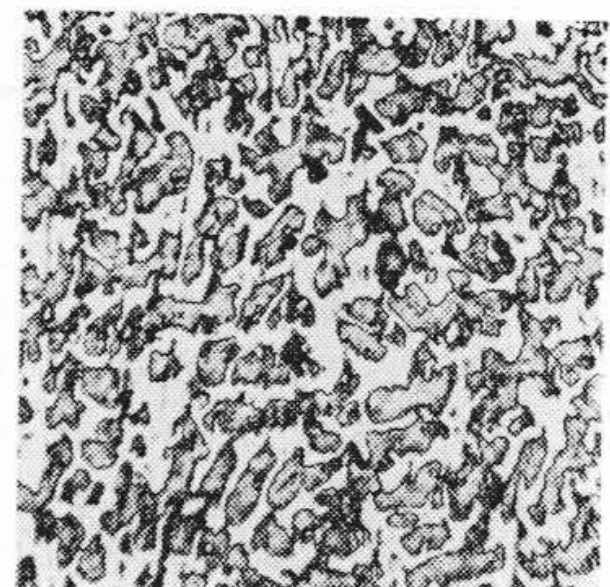
C-1 C.C 2.48%



C-2 C.C 2.64%

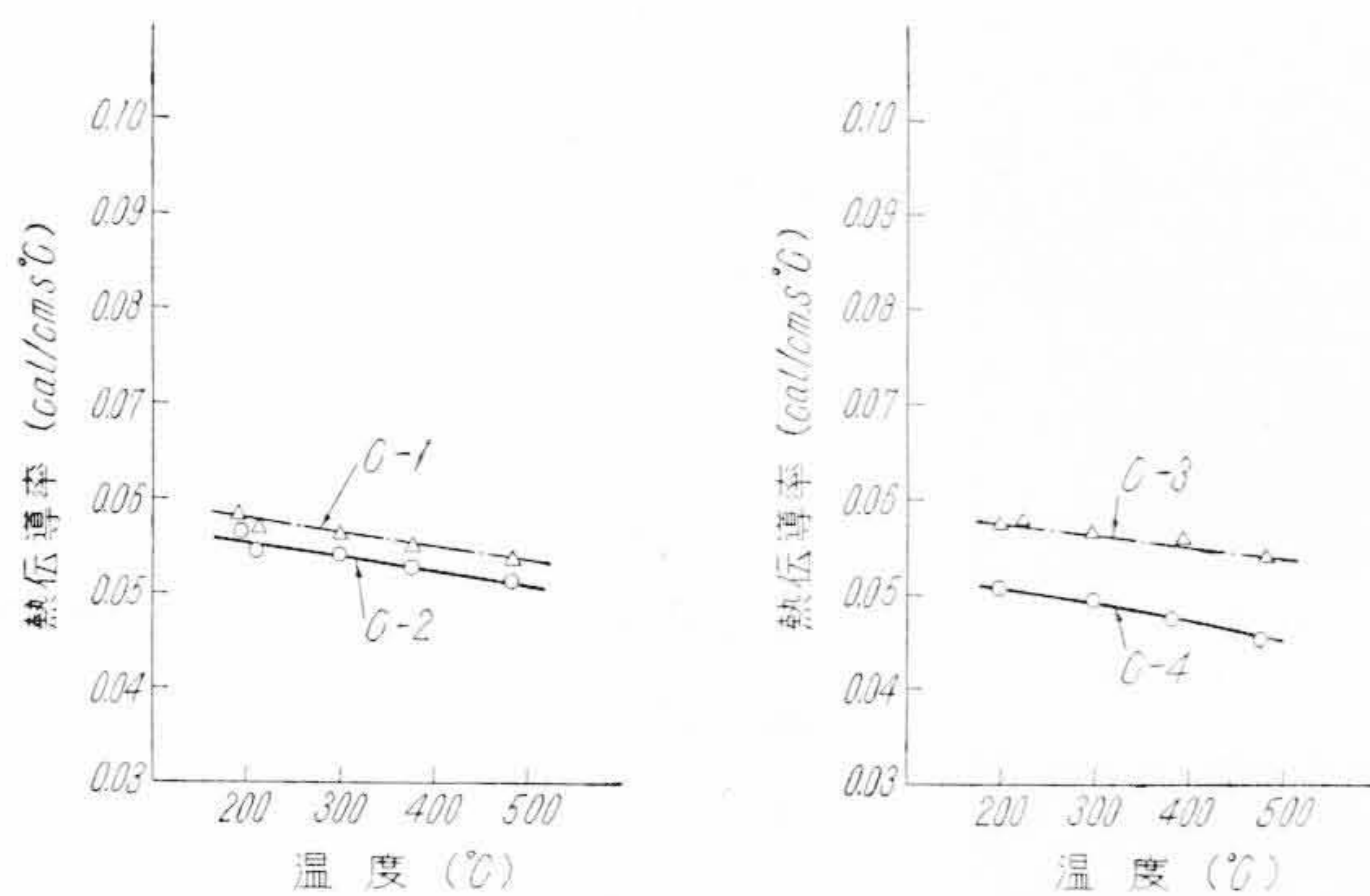


C-3 C.C 2.76%



C-4 C.C 2.60%

第14図 顕微鏡写真 ×50



第15図 チルド試料の熱伝導率

第8表 チルド試料と化学分析値

試料番号	化学分析値 (%)								備考
	T.C	C.C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	
C-1	2.69	2.48	0.38	0.09	0.47	0.060	—	—	金型, CR
C-2	3.21	2.64	0.37	0.11	0.43	0.070	—	—	金型, HC-CR
C-3	2.86	2.76	0.46	0.16	0.50	0.076	1.29	0.24	金型, 6A
C-4	2.86	2.60	0.42	0.16	0.49	0.076	3.74	0.66	金型, 6C

したためと考えられる。合金チルドの熱伝導率は Ni %の高いものほど悪くなっている。これはマルテンサイト地と Ni 固溶のためと考えられる。

5.4 実体ロールの熱伝導率

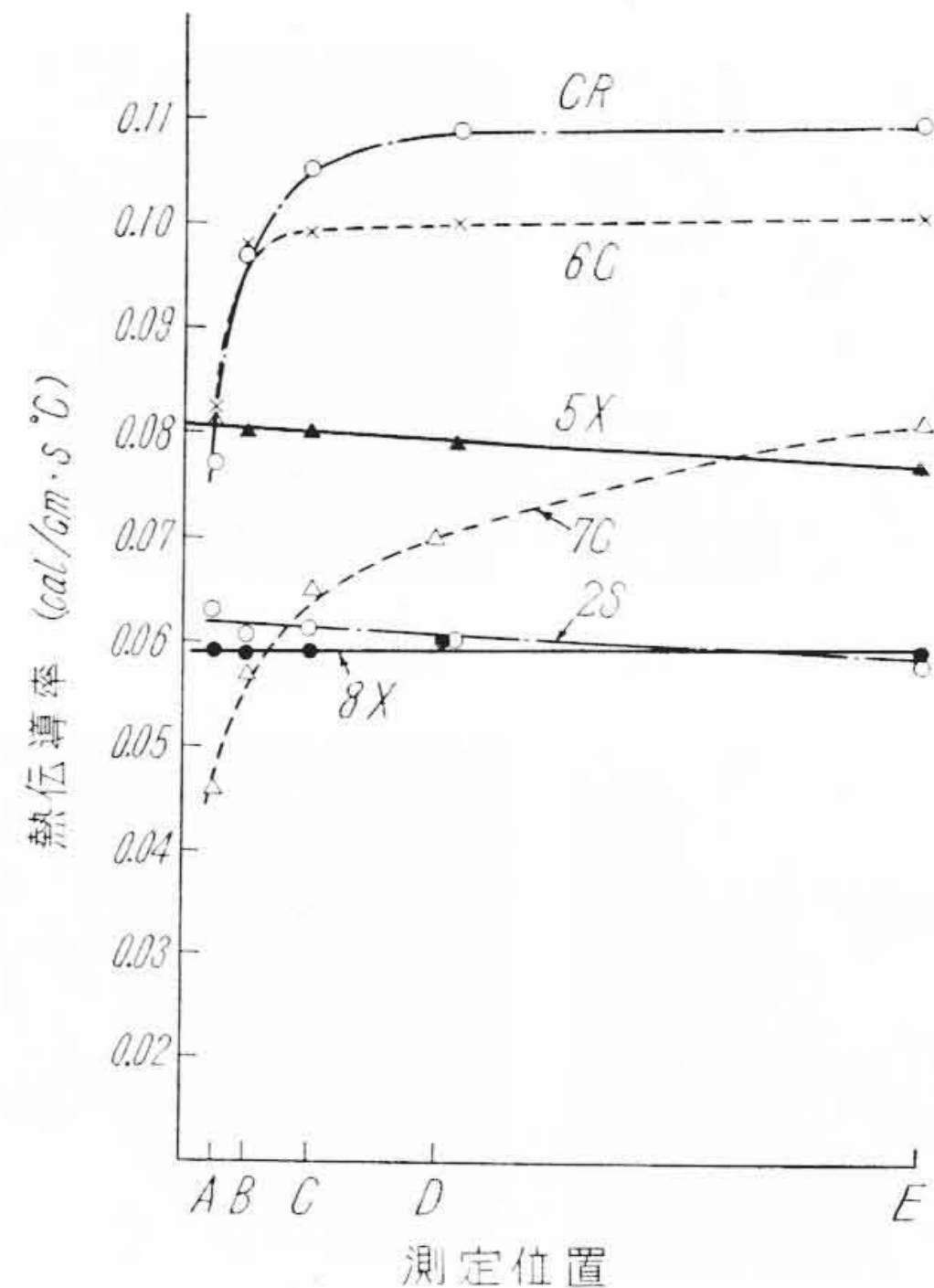
5.4.1 測定試料

前項でダクタイル、アダマイト、グレーン、チルドの各ロール材質を実験室で作製し、元素の熱伝導率に及ぼす影響を調べた。それらの値と実際の各種ロールの熱伝導率の値を対応させるために、実体ロール表面から内部に行くに従って熱伝導率がいかに変化するかを調べた。

測定試料はロール胴中央部表面から15 mm (A), 30 mm (B), 60 mm (C), 120 mm (D), ロール中心 (E) の5箇所からロール軸方向にボーリングして採取作製した。なおロールはいずれも廃却または検査不合格ロールである。

5.4.2 測定結果

実体ロールの熱伝導率測定結果を第16図に示す。



第16図 実体ロールの熱伝導率

横軸にロール表面からの距離を相対的に示し、縦軸は熱伝導率で250°C付近における値である。

(1) ダクタイルロール (8X)

熱伝導率の値として 0.06 (cal/cm·s·°C) が得られロール表面から中心部まで値は変化しなかった。組織はロール表面から中心部にいくにしたがってセメンタイトの量が少なくなるとともに黒鉛が大きくまばらになっている。したがってロール表面から中心にいくにつれ熱伝導率はセメンタイトの量の減少によって良くなるはずであるが、黒鉛の大きさと分布によって低下する影響が現われ両者が打ち消し合うものと考えられる。

(2) アダマイトロール (2S)

C 1.8% の2Sロールを測定した結果熱伝導率の値として 0.06 (cal/cm·s·°C) が得られ、ロール表面から中心部まで値は変化しなかった。組織は実験室試料に比べて冷却速度がおそいためにあらいが、C%の点から見ると第11図の測定値とほぼ一致している。アダマイトロールはロール表面から中心部まで均一な組織なので熱伝導率は変らないものと考えられる。

(3) Ni 入高合金グレーンロール(7C)

熱伝導率はロール表面で $0.045(\text{cal/cm}\cdot\text{s}\cdot^\circ\text{C})$ 、ロール中心部にいくにつれて漸次熱伝導率は上昇し、中心部では $0.08(\text{cal/cm}\cdot\text{s}\cdot^\circ\text{C})$ の値をとる。7C ロールは中抜きロールでロール表面付近はセメントタイトがかなり存在し、かつ小さな黒鉛が散在する。地はマルテンサイトまたはペーナイト組織である。ロール中心部にいくにつれて、セメントタイトは粗大かつ数が少なくなるとともに黒鉛が大きく片状に伸びる。したがって熱伝導率はセメントタイトおよび黒鉛の分布・形状によって第15図のようにロール内部において大きく変化するものと考えられる。

(4) 合金グレーンロール(5X)

熱伝導率の値は $0.08(\text{cal/cm}\cdot\text{s}\cdot^\circ\text{C})$ であり、ロール内部までほぼ一様であった。5X ロールはロール表面においても片状黒鉛が存在し、ロール中心部にいくにつれてやや粗大になる。セメントタイトはロール中心部にいくにつれてロール表面付近と比べてやや少なくなっている。地はパーライトである。

(5) 普通チルドロール(CR)

測定したCR ロールはチル深さが $12\sim 13\text{mm}$ のチル浅ロールだったので、測定位置Aにおいてすでに黒鉛が析出しチル部の熱伝導率は測定できなかった。しかしすでにチルドロールの白鉄部の測定値があり⁽⁴⁾⁽⁵⁾、また第15図の値からチルドロールの表面白鉄部の熱伝導率は大体 $0.04\sim 0.05(\text{cal/cm}\cdot\text{s}\cdot^\circ\text{C})$ の値をとるものと考えられる。CR ロールの熱伝導率はロールの中心部にいくにつれて急激に良くなり $0.11(\text{cal/cm}\cdot\text{s}\cdot^\circ\text{C})$ の値をとる。CR ロールの白鉄部は熱伝導率の悪いセメントタイトが多量存在し、地はパーライト組織である。ロール内部へいくにつれてセメントタイトは急激に減少し、モトルが出はじめやがて片状黒鉛が現われる。これがためにCR ロール内部の熱伝導率は7C ロールと同様に大きく変化する。

(6) 合金チルドロール(6C)

CR ロールと同様チル浅ロールでチル部の熱伝導率が測定できなかったが、第15図の値からロール表面白鉄部の熱伝導率は $0.04(\text{cal/cm}\cdot\text{s}\cdot^\circ\text{C})$ の値をとるものと考えられる。ロールの中心部へ行くにつれて熱伝導率はCRロールと同様に急激に良くなり $0.10(\text{cal/cm}\cdot\text{s}\cdot^\circ\text{C})$ の値をとる。6C ロールは多量のNiを固溶しているためにCR ロールに比べてやや熱伝導率が低下している。

6. 結 言

鋳鉄ロール特有の黒鉛の分布、形状が熱伝導率に及ぼす影響について検討し、鋳鉄ロールの各種材料および実

体ロールの熱伝導率を明かにした。すなわち、

(1) 鋳鉄中の黒鉛は熱伝導率を良くし、セメントタイトは悪くする。

(2) 片状黒鉛鋳鉄の方が球状黒鉛鋳鉄よりも熱伝導率が良い。また黒鉛量が同じならば小さく数多く分布したもののほうが大きく数が少ないものよりも熱伝導率は良くなる。

(3) 鋳鉄中の黒鉛の熱伝導率として $0.29(\text{cal/cm}\cdot\text{s}\cdot^\circ\text{C})$ の値を得た。

(4) ダクタイル、アダマイト、グレーン、チルドのロール材料において

(i) ダクタイル: Si%が高くCr%の低いセメントタイトの少ないものほど熱伝導率は良い。また焼鈍の影響は認められなかった。

(ii) アダマイト: C%が高くセメントタイトのネットワークが発達したものほど熱伝導率は悪くなる。Ni%の増加は熱伝導率を低下さすが、その程度は小さい。Cr%の影響は認められなかった。焼鈍によって熱伝導率はわずかに良くなる。

(iii) グレーン: Ni%の高いもののほうが熱伝導率は低下する。黒鉛化を助長するSiは熱伝導率を良くし、白鉄化を助長するCrは熱伝導率を悪くする。

(iv) チルド: C%が高いほどセメントタイト量が多くなり熱伝導率は悪くなる。合金チルドは普通チルドに比べて熱伝導率は悪い。

(5) 実体ロールの熱伝導率を測定した結果、8X および2S ロールは表面から内部まで熱伝導率ほぼ一定で $0.06(\text{cal/cm}\cdot\text{s}\cdot^\circ\text{C})$ の値をとる。

7C ロールではロール表面の熱伝導率はロール内部に比べて悪く $0.05(\text{cal/cm}\cdot\text{s}\cdot^\circ\text{C})$ の値をとり、ロール内部では $0.08(\text{cal/cm}\cdot\text{s}\cdot^\circ\text{C})$ の値をとる。

5X ロールは表面から内部まで熱伝導率ほぼ一定で $0.08(\text{cal/cm}\cdot\text{s}\cdot^\circ\text{C})$ の値をとる。

CR ロールにおいては表面白鉄部の熱伝導率は $0.05(\text{cal/cm}\cdot\text{s}\cdot^\circ\text{C})$ の値をとり、ロール中心へ行くにしたがって急激に熱伝導率は良くなり $0.10(\text{cal/cm}\cdot\text{s}\cdot^\circ\text{C})$ の値をとる。6C ロールはCR ロールと同じ傾向をとるが熱伝導率の値はやや低下する。

参 考 文 献

- (1) M. Jakob: Zeitschrift für Metall Kunde 16, 253 (1924)
- (2) Hall: Dictionary of Applied Physics 1, 443
- (3) H. Masumoto: Sci. Rep. of Tohoku Imp. Univ. 16, 147 (1927)
- (4) 菊田: 鉄と鋼 19, 1 (昭 8-1)
- (5) 菊田: 鉄と鋼 19, 6 (昭 8-6)
- (6) A. P. Gagnebin: Metal Progress 43, 49 (1949)
- (7) M. J. Sinnott: J. of Metals 5, 1, 016 (1953)
- (8) K. Löhberg, J. Motz: Stahl und Eisen 44, 11

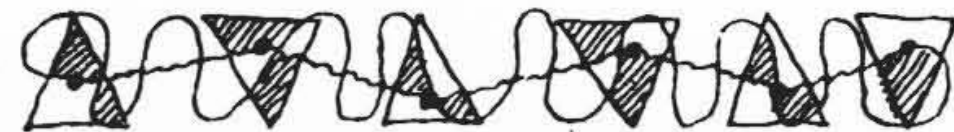
- 305 (1957)
 (9) 日本機械学会： 機械工学講座，機械材料(金属編)
 255 (昭 31)
 (10) R. Buerschaper: J. of applied Physics 15, 452

- (1944)
 (11) W. W. Tyler, A. C. Wilson: Phys. Rev. 89, 870
 (1953)
 (12) A. W. Smith: Phys. Rev. 95, 1,095 (1594)



製品

紹介



よく切れる『ステンレス』包丁

『さびないが、切れない』これが過去のステンレス包丁に対する評価であった。このためステンレス製の刃物に切味を望むことは無理であるというのが一般の常識であったようだ。しかし昨今の家庭生活が近代化されるようになると主婦の仕事場ともいべき台所も明るく、美しく、清潔な場所に改められるようになった。調理用の刃物類も今までの使ってすぐさびるものではなく、さびないステンレス鋼製で切れる刃物が望まれるようになってきたのも当然といえるであろう。

元来ステンレス刃物はさびないということと、かたくするということがすなわち切れるということとは両立しないためにその用途に制約をうけていたのである。切れる刃物はさびやすいという欠点があった。したがって切味を良くしてしかもさびないようにするためには、原料の選択をはじめ所要元素の配合量の決定さらには加工方式および熱処理のやり方などについて、それぞれ考慮しなければならない。

日立金属工業株式会社安来工場は創立以来高級刃物鋼の製造についてはすでに定評を得ており、ほとんど国内主要産地の需要を一手にまかっている関係で、先年各地業者の希望により『良く切れるステンレス包丁』に使用する素材の製造を依頼され種々研究の結果、自信をもって量産に移行したのである。このステンレス包丁材には日立金属独得の原料を使用し、特殊元素の配合によって期待どおりの品質を得られるようにくふうし、さらに熔解より製品までの加工方式については永年の経験と技術とを生かしてステンレス刃物としての性能を十分発揮できるように配慮しており、鋼の名前もステンレスの肌に似合った『銀紙』の愛称をもって販売している。

この『銀紙』鋼は兵庫県(播州)、高知県(土佐)、大阪府(堺)をはじめ主要刃物産地の業者へ続々と納入され、おもに家庭の料理包丁に仕上げられて、『よく切れるステンレス包丁』と呼ばれて好評を博し、一般にも次第に認識を改められるようになり各地のデパートおよび刃物小売店の取扱数量も激増し、清潔で切れるステンレス包丁の人気はますます高まっている。

日立評論

Vol. 41

No. 12

- ◎東京電力株式会社納品川発電所用 125,000 kW 再熱タービン
- ◎東京電力株式会社納品川発電所用 160,000 kVA タービン発電機
- ◎パルスコラムの抽出性能
- ◎空気遮断器内の高速気流の観測
- ◎Li ガラス電極による pH 特性
- ◎交流巻上機の自動制御
- ◎インデペンデント・ユニットシステムによる SRM 形シャフトマシンについて
- ◎AF 形自動式構内交換機
- ◎日立回転陽極 X 線管ヒッターノードについて

- ◎電子顕微鏡による酸化物陰極表面の観察 (第 1 報)
- ◎300 t ト レ ー ラ
- ◎ポリエチレンの照射と電線への応用
- ◎高電圧ケーブル用絶縁紙の誘電正接に及ぼす Na イオンの影響
- ◎フェニールフルオロンによる鉄鋼中のスズの吸光度定量法
- ◎刃物鋼の諸性質に及ぼす P の影響 (第 1 報)

技術者ノート

- ◎配電盤の試運転と保守

発行所 日立評論社 東京都千代田区丸ノ内 1 丁目 4 番地 振替口座東京 71824 番
 取次店 株式会社オーム社書店 東京都千代田区神田錦町 3 丁目 1 番地 振替口座東京 20018 番