

# 炭素鋼の球状化処理について

## On the Spheroidizing of Cementite for Steel Sheet

吹野 晋作\* 橋本 善利\* 重本 暢正\*  
Shinsaku Fukino Yoshitoshi Hashimoto Nobumasa Shigemoto

### 内 容 梗 概

鋼板の球状化処理については、材料の厚みが薄くかつ製品は熱処理後材料肌をそのまま製品肌として使用するため、冷間加工した鋼材は製品の耐磨耗性、焼入性、打抜および深絞りなどの被加工性など希望される諸性質を満足せねばならぬ。そのため鋼材の内部組織はもちろん、材料表面層たとえば0.01~0.005mm以下の薄層の組織が問題とされ、粒度の調整とともに球状化の均一なことが特に大切である。

焼鈍処理によつて球状化を促進せしめる場合焼鈍前の鋼材組織が関係し、球状化粒度、均一度に差を生ずる。また冷間加工を実施する場合球状化は容易に可能であり、かつ粒度調整も比較的容易で冷間圧延率、焼鈍温度を変化すれば希望粒度を得ることができる。

第1表 試料の化学成分

	鋼種	熔 番	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Cu
㉔	SK4	50527	0.92	0.22	0.43	0.017	0.007	0.10	0.17	0.16
㉕	SK4	50656	0.97	0.24	0.40	0.013	0.007	0.06	0.09	—
㉖	SK2	59199	1.15	0.24	0.31	0.018	0.009	0.12	0.20	0.14

### 〔I〕 結 言

従来鋼の炭化物球状化は、一様に球状化して粒径2~3 $\mu$ 程度であればよいとされていたが、最近球状化粒0.5~1.5 $\mu$ 位に微細化することが要求されるようになった。

セメントタイトの球状化処理については従来より、その機構とか粒度と機械的性質などについて種々報告がなされているが球状化粒度の調整についての研究はきわめて少ない。

筆者らは球状化における粒度の調整および均一化について、圧延前の組織と加工率、処理温度などの関係を検討し作業方法を確立した。

第2表 圧延工程と焼鈍温度

試料 No.		1	2	3	4	5	6	7
材料 寸度(mm)	素材 2.2	720°C	710°C	700°C	690°C	680°C	700°C	700°C
	1.2	700°C	700°C	700°C	700°C	700°C	660°C	620°C
	0.8	680°C	680°C	680°C	680°C	680°C	600°C	600°C
	0.45	660°C	660°C	660°C	660°C	660°C	600°C	600°C
	0.275	660°C						

### 〔II〕 実 験 方 法

セメントタイトの球状化には、素材組織、冷間圧延率、焼鈍温度などが関係すると考えられる。

実験に使用した材料は2.2mmt $\times$ 100mmBの熱間圧延材で鋼種、化学成分を第1表に示す。

#### (1) 粒度調整実験

##### (a) 球状化に及ぼす素材組織の影響

熱間圧延素材フープを圧延のまま700, 750, 800および850°C各温度にて焼準しこれらのおのの組織のものを700, 710および720°Cの各温度にて焼鈍し球状化の状況を調査した。

##### (b) 冷間加工による球状化の変化

冷間加工と焼鈍作業の組合せによつて球状化の状態は変化する。第2表に示してあるように各圧延ステップごとの焼鈍温度に処理した場合の変化および圧延前の素材組織のすでに球状化しているものと、層状パーライト組

織のものとの変化を調査した。なお冷間加工率と球状化の状況についても圧延率18, 27, 36, 45.5, 54.5 および63.6%に圧延後同一温度にて焼鈍して調査した。

#### (c) 均一球状化実験

この実験は第1表㉖に示すSK2材について実施した。過共折鋼でしかも冷間圧延後焼鈍をしない材料では、材料表層部と中心部の組織差によつて、均一な球状化は困難であるから、これに対する球状化処理方法を検討した。

### 〔III〕 実 験 結 果

#### (1) 素材の組織と球状化の状況

共折ならびに過共折鋼を中間焼鈍のみにて完全に均一な粒度調整を行うためには、従来から一般に行われている変態点直上直下にて処理する二、三の方法がある。

これらの方法では、材料の表層部のC%と中心部のC%との差、熱間圧延時の最高加熱温度、仕上り最終温度、冷却速度の差などによつて素材組織が相異なる場合に

\* 日立金属工業株式会社安来工場

は、球状化組織が不均一となりがちである。

そのため一様な球状化組織を得るためには、素材の初期条件を一定にすることが大切であるから、種々組織の異つた素材に中間処理を行い最良の球状化を得る条件を調査した。

(a) 熱間圧延および焼準材の組織と硬度

焼準は試片を700, 750, 800, および850°Cの各温度に加熱後水冷し、300~400°Cにて取出し以後空冷を行なつた。この際の硬度変化を第1図に示す。その場合の組織を第2~6図に示す。

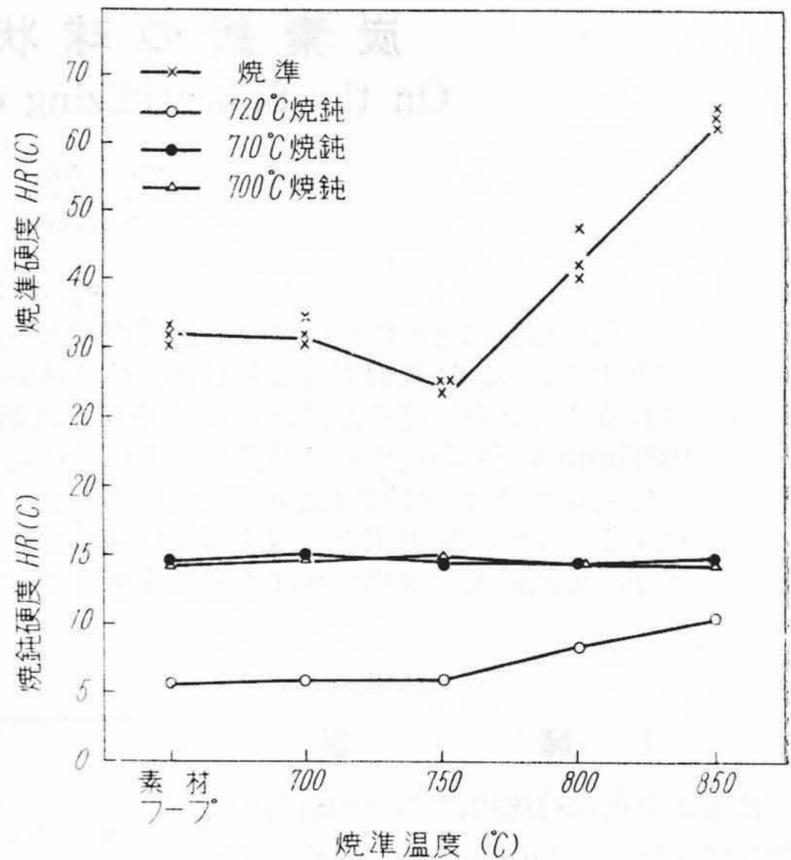
第2図は熱間フープの圧延組織で圧延方向に流れる繊維組織を示す。この組織は焼準処理によつて薄くなるが750°C焼準まではパーライト組織である。800°C焼準にて組織は、トルースタイト+ソルバイトとなり、850°C焼準材は第6図のごとくマルテンサイト組織である。

(b) 焼鈍組織と硬度

上記の圧延のまま、および焼準組織のものを、おのおの700, 710 および720°Cにて4時間ずつ焼鈍した。

焼鈍硬度は第1図のごとく、焼鈍温度の低い700, 710°Cのものは720°Cのものに比して硬度は大であり、720°C焼鈍材のなかではあらかじめ800 および850°Cで焼準されたものは圧延のまま、あるいは低温で予備焼準されたものより硬度は大である。

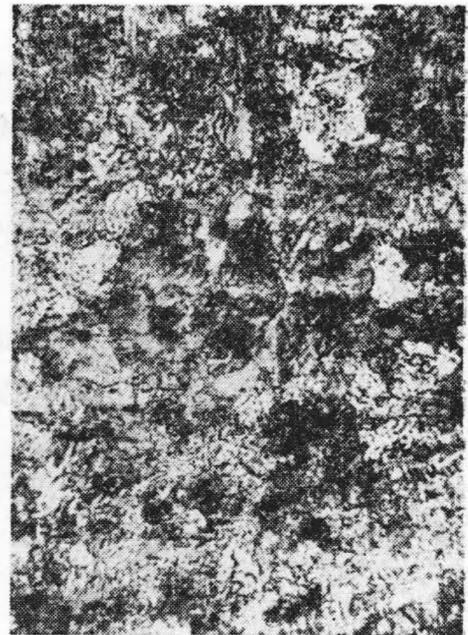
以上の傾向を組織面から検討すると、圧延のままの材料および700および750°C焼準材は、いずれも同一組織を示し代表的な組織を第7~9図に示した。第7, 8図は焼鈍温度が700 および710°Cと低いため、十分球状化をせず層状パーライトの残存した組織である。焼鈍硬度の低下した720°C焼鈍組織は、第9図のごとく粗大球状化組織である。



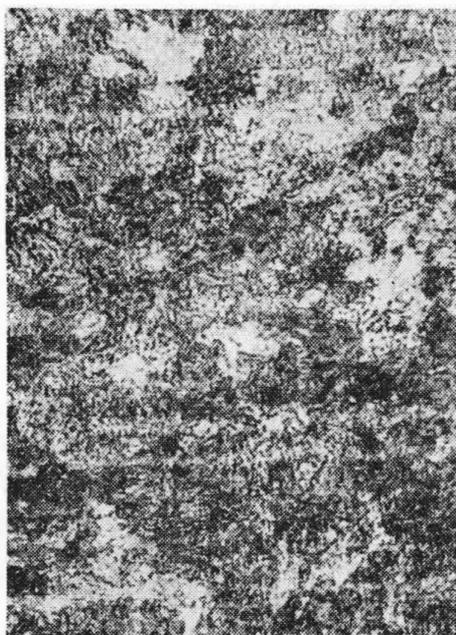
第1図 焼準および焼鈍硬度



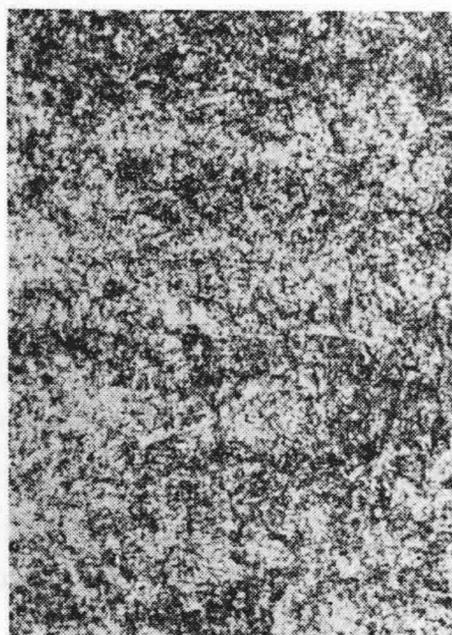
第2図 素材フープ組織



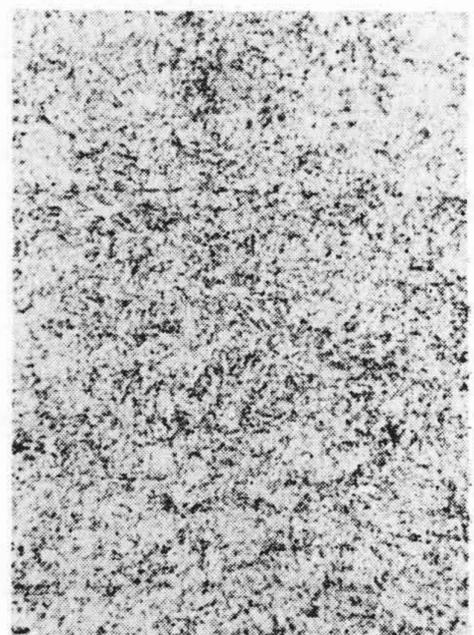
第3図 700°C 2分焼準組織



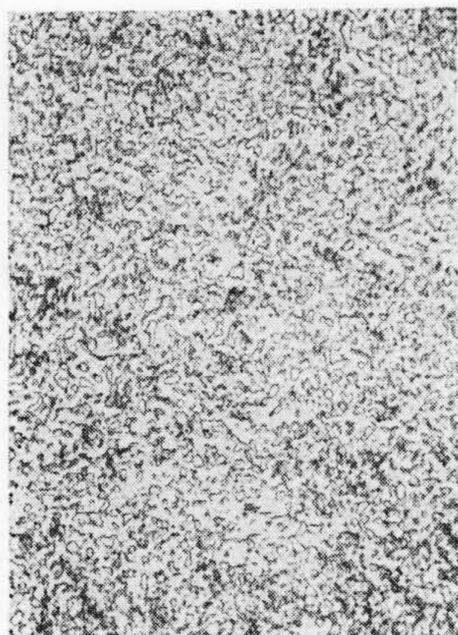
第4図 750°C 2分焼準組織



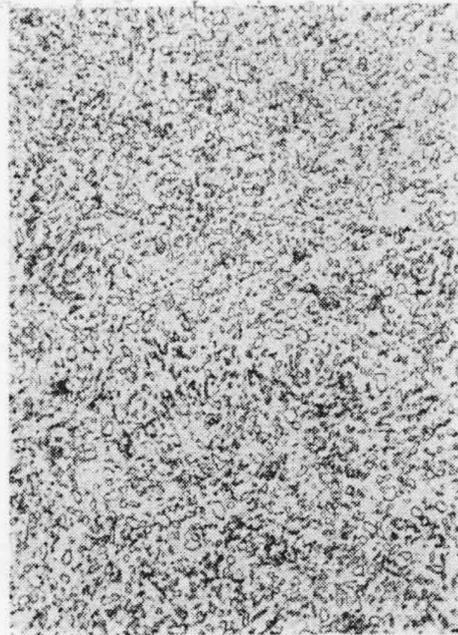
第5図 800°C 2分焼準組織



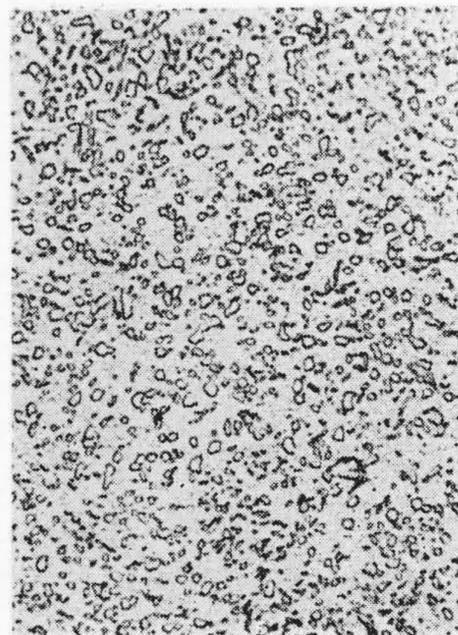
第6図 850°C 2分焼準組織



第7図 ㊦ 素材→700°C  
4時間焼鈍



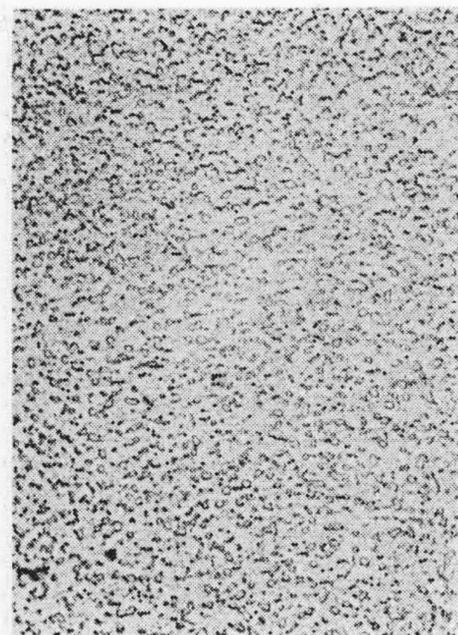
第8図 700°C 焼準→710°C  
4時間焼鈍



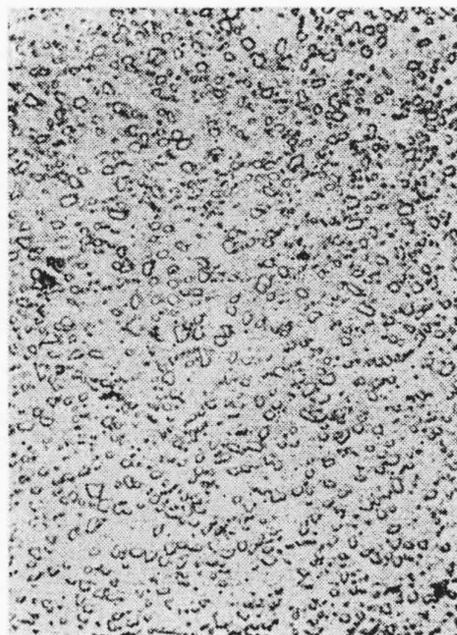
第9図 750°C 焼準→720°C  
4時間焼鈍



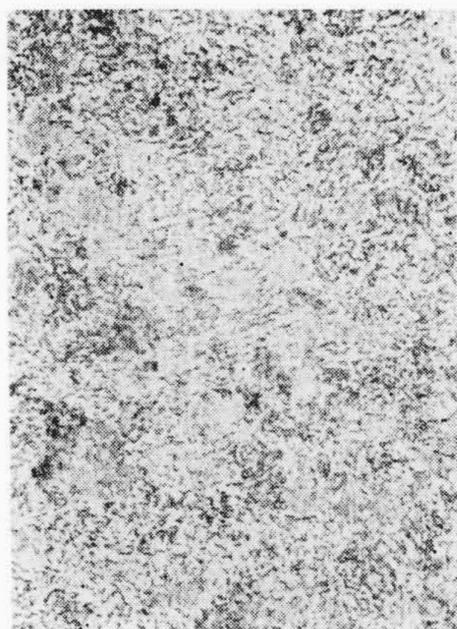
第10図 800°C 焼準→700°C  
4時間焼鈍



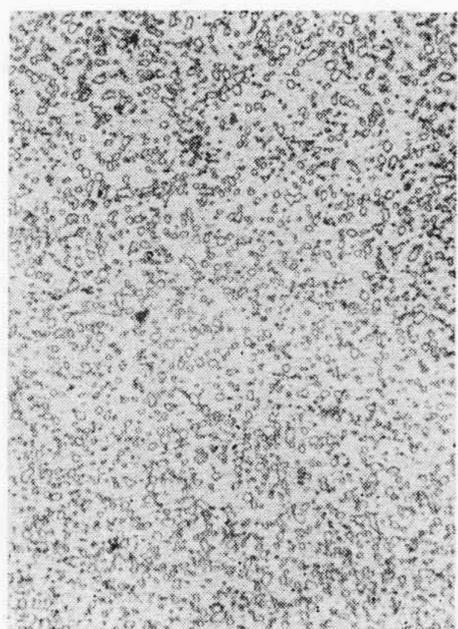
第11図 850°C 焼準→710°C  
4時間焼鈍



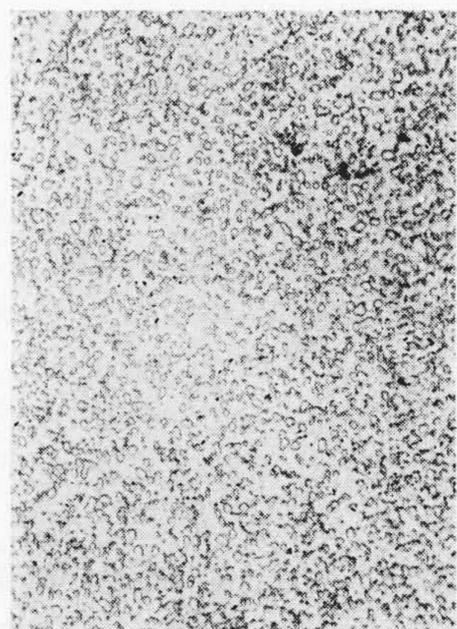
第12図 850°C 焼準→720°C  
4時間焼鈍



第13図 素材フープ→720°C  
4時間焼鈍



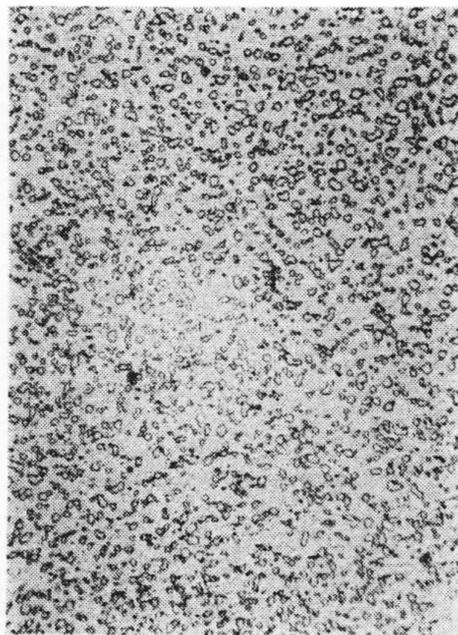
第14図 27%冷圧率→700°C  
4時間焼鈍



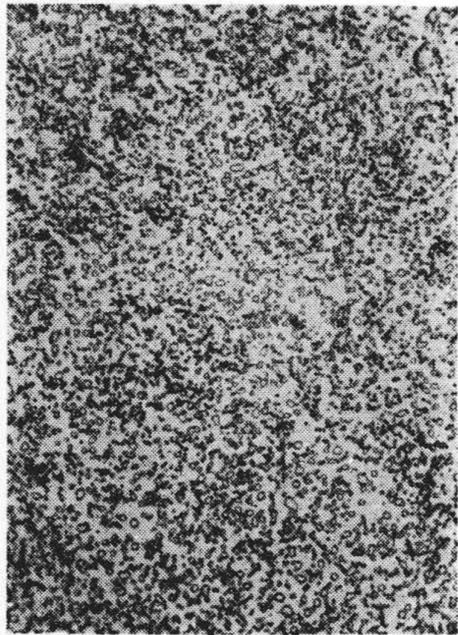
第15図 45.5%冷圧率→700°C  
4時間焼鈍

これに対し 800 および 850°C 焼準材の代表的焼鈍組織を示すと第10～12図のごとくである。第10図は 800°C 焼準材を 700°C にて焼鈍した組織で微細な球状化を示す、

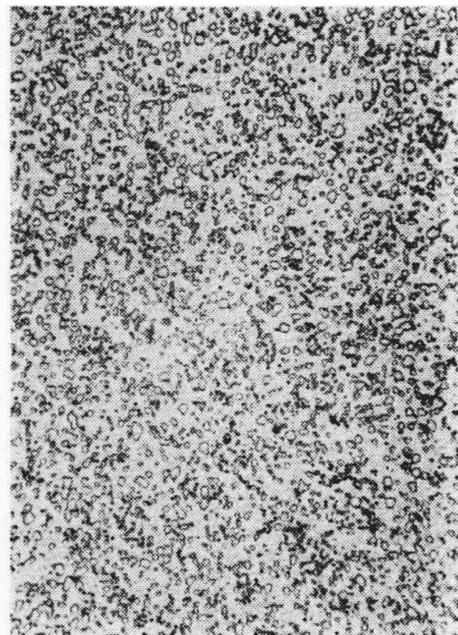
第11図は 850°C 焼準材を 710°C にて焼鈍したもので、さらに微細均一な組織を呈する。なお第12図は 850°C 焼準材を 720°C にて焼鈍したもので第9図の組織に比し微細



第16図 63.6%冷圧率→700°C  
4時間焼鈍



第17図 素材フープ→720°C  
4時間焼鈍



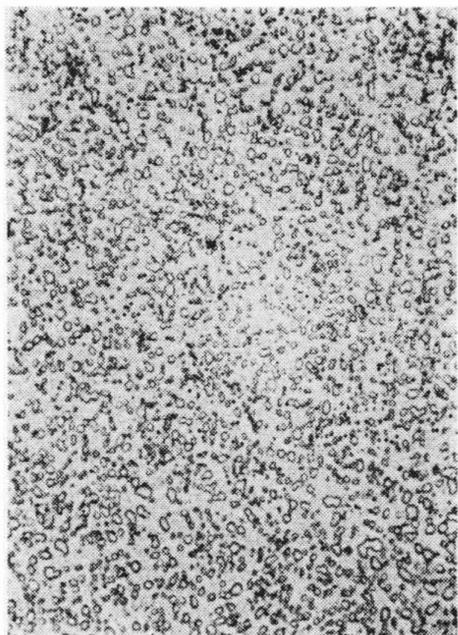
第18図 27%冷圧率→700°C  
4時間焼鈍

球状組織となつている。

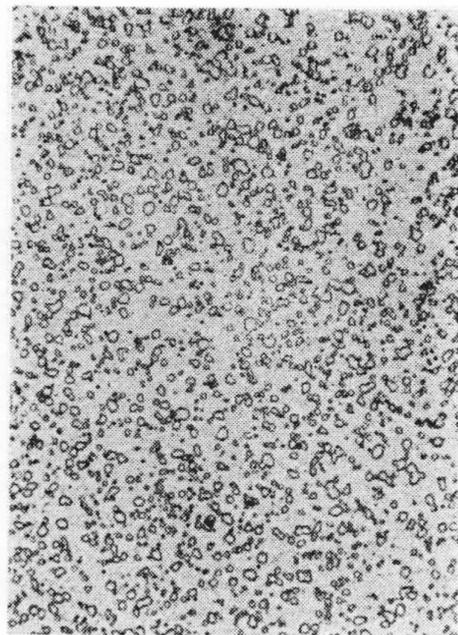
(2) 冷間圧延と球状化の状況

冷間圧延された鋼材の大多数はその製造工程として冷間加工と中間焼鈍、軟化焼鈍とを繰り返して作業する。この工程において、炭化物の球状化が促進されることはよく知られている。

素材フープの焼鈍組織で、すでに球状化したものと、パーライトの残存しているものについて、種々圧延率を変化し圧延後700°C×4時間焼鈍後その球状化の状況がいかに変化するか調査した。



第19図 45.5%冷圧率→700°C  
4時間焼鈍

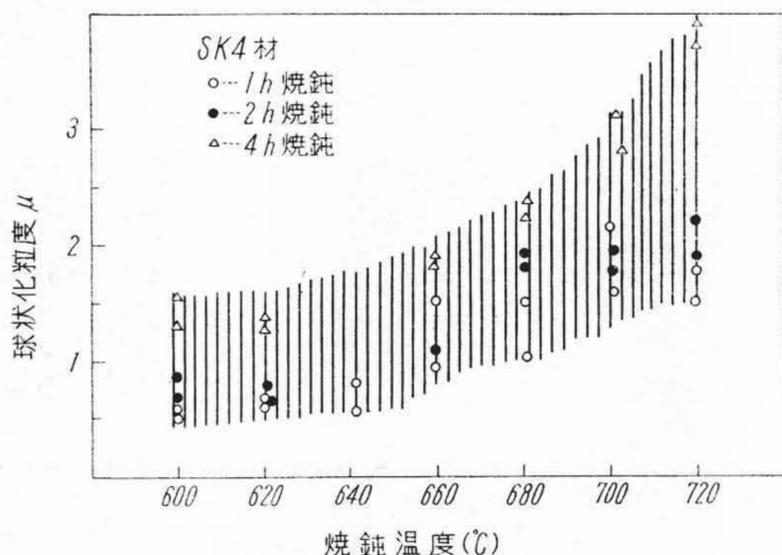


第20図 63.6%冷圧率→700°C  
4時間焼鈍

第13~16図は2.2mm厚さのフープ素材が層状パーライト組織をしていたものの冷間圧延率の変化による球状化生長の一例である。同様に第17~20図に冷間圧延前すでに球状化していた材料の組織変化を示す。図より冷間圧延による圧延率の増加に従って球状化は大きくなり微細炭化物は吸収されている。この傾向は冷間圧延前の素材組織がパーライトのものよりも、すでに球状化していたものの方が大きい。すなわち冷間圧延率の大きいほど、加熱にあたって、r相またはα相の地へ炭化物の固溶される速度が大となることがわかる。

次に焼鈍時間を種々変化させて球状炭化物の形状変化を検討し、その生長度を調査した。第21図にその結果を示す。また第22図に焼鈍回数増加による球状化粒度の変化の一例を示す。

本結果に基づき、炭化物球状化組織の均一化、微細化、粒度調整の方法として、次のごとき作業規準を決定した。



第21図 焼鈍温度と球状化粒度

- (a) 素材組織は微細なパーライト組織とする。
- (b) 中間焼鈍は710°C以下の温度にて行う。
- (c) 軟化焼鈍は600~620°Cの温度とする。
- (d) 最終焼鈍は希望粒度によつて適当な焼鈍温度を

決定する。

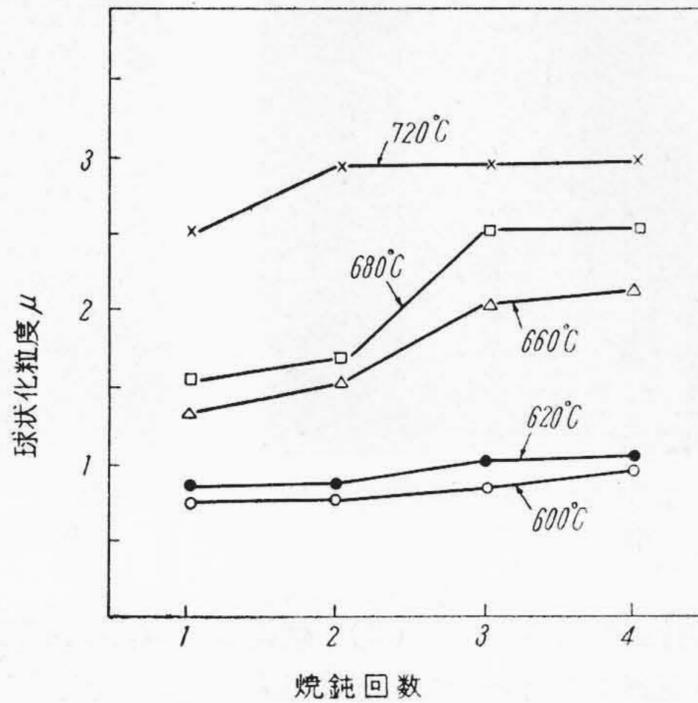
このような条件のもとに磨き帯鋼の製造を行ない微細均一組織を得ることができ、その粒度調整もある程度可能となつた。その一例を第23、24図に示す。なお均一に球状化されているが粗大な組織を得た一例を第25、26図に示す。

(3) 厚板製品に対する均一球状化処理について

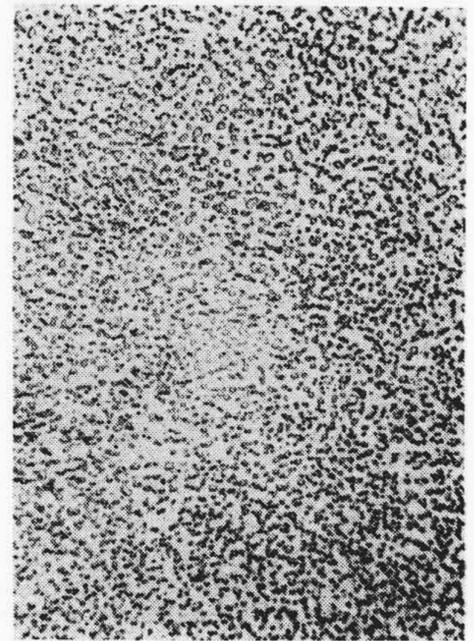
本実験は厚板製品などで第一回の冷間圧延前の焼鈍で、完全均一球状化を要求される材料にしばしば問題とされる表面のごく薄い層

( $\frac{1}{100} \sim \frac{2}{100}$  mm) と内部との組織の差をなくする目的で実施したものである。

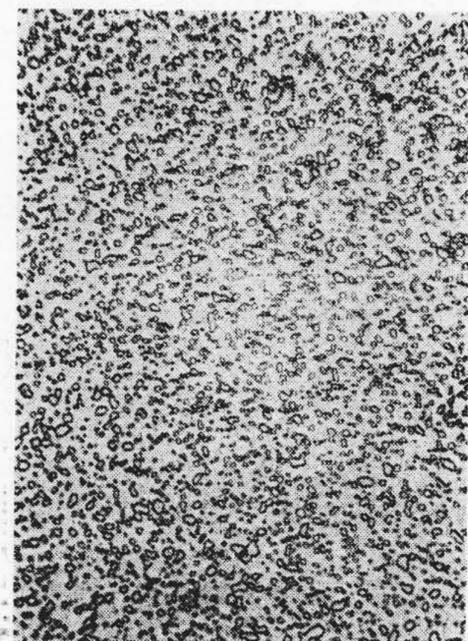
この種の材料は、冷間圧延における圧延率が少ないた



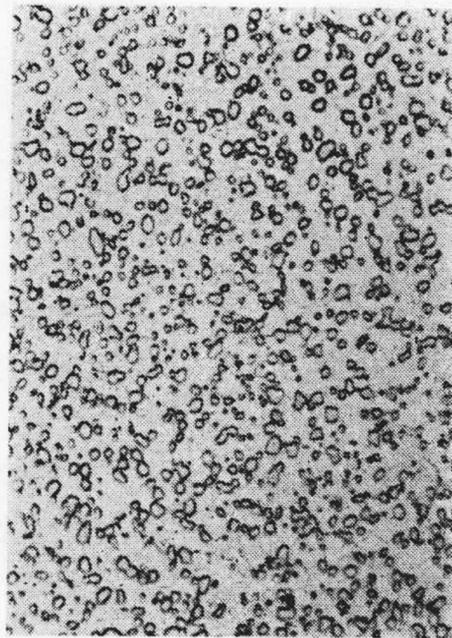
第22図 焼鈍回数と球状化粒度



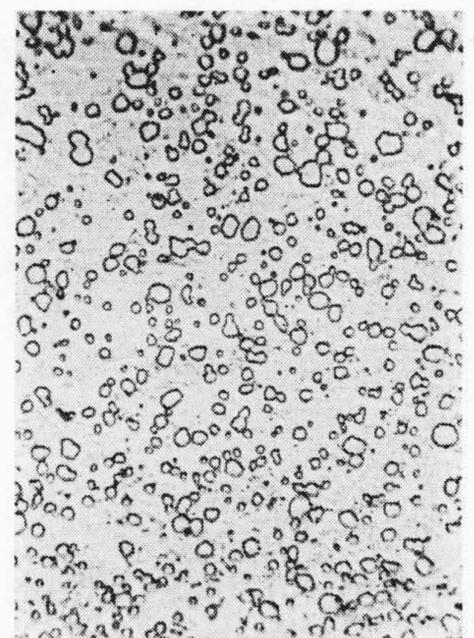
第23図 製品球状化組織 600°C 2時間焼鈍



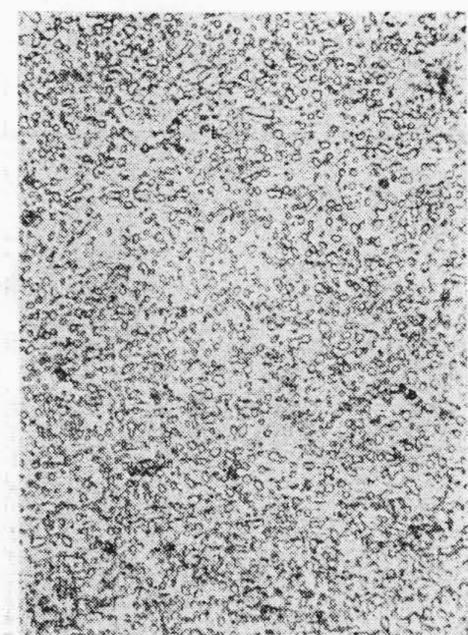
第24図 製品球状化組織 650°C 2時間焼鈍



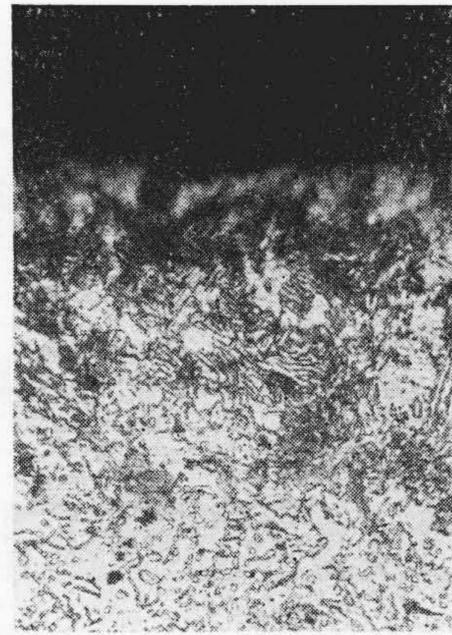
第25図 製品球状化組織 680°C 2時間焼鈍



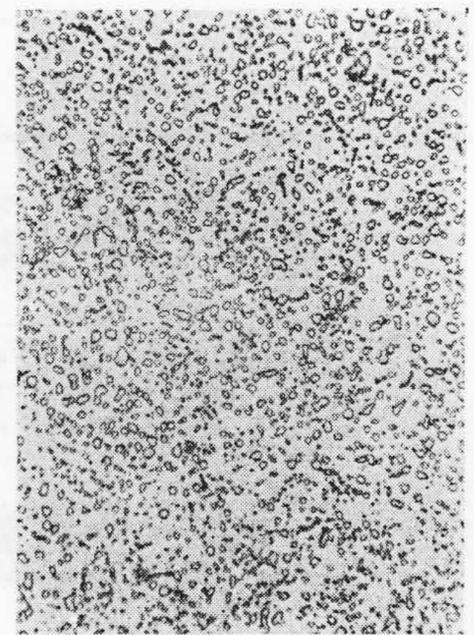
第26図 製品球状化組織 700°C 2時間焼鈍



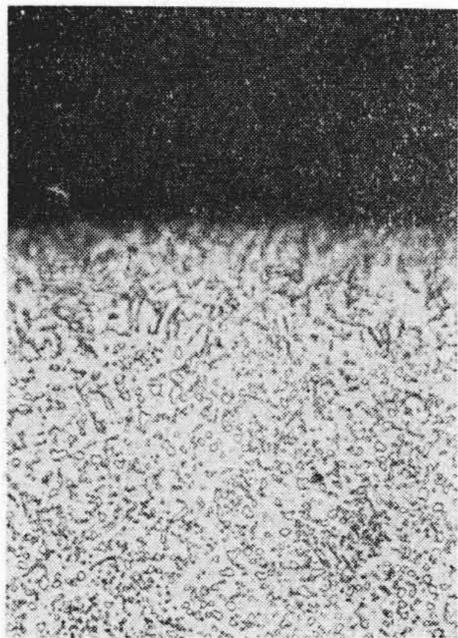
第27図 SK2材中心部組織



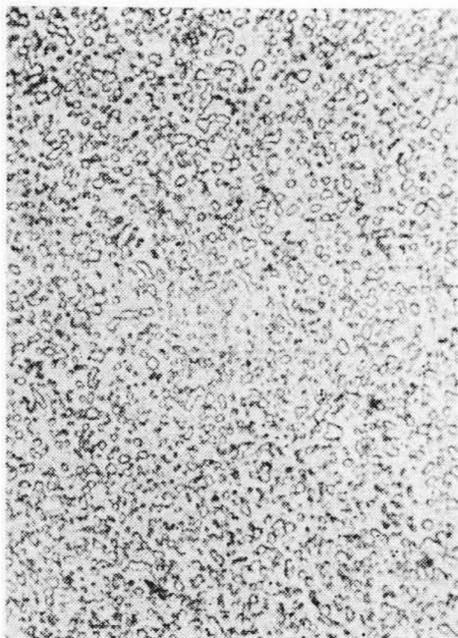
第28図 SK2材表層部 パーライト組織



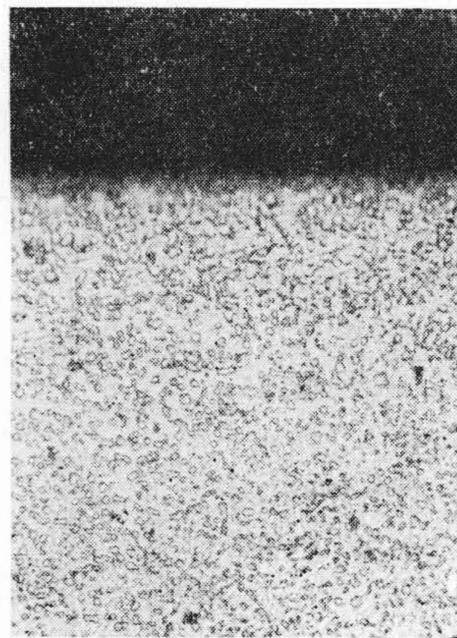
第29図 SK2材12%冷圧中心部組織



第30図 SK2材12%冷圧  
表層部組織



第31図 SK2材20%冷圧  
中心部組織



第32図 SK2材20%冷圧  
表層部組織

め、熱間圧延シートバーに発生した脱炭層の除去が困難でそのまま製品に残存してくるため、球状化処理にあつて、表面層と内部とは、処理温度、処理方法を適当に変化させぬと、均一組織を得ることは困難である。

この種の組織差の一例を示すと第27図のごとく、内部の球状化した材料も、表層部を見ると第28図のごとくパーライト組織を示す。このような材料を均一に球状化せしめる方法として10~20%程度の軽度の冷間圧延を焼鈍前に実施した。第29~32図にその結果を示す。

12%圧延率では、まだ十分球状化はしていないが20%圧延率の材料では、表面層、内部とも良好均一球状化した。

#### 〔IV〕 結 言

高炭素鋼材の炭化物球状化処理について、二、三実験を行つた。結果を要約すると次のとおりである。

(1) 微細な均一球状化組織を得るためには焼鈍前の組織が関係し、一回の焼鈍で球状化せしめるには、マルテンサイト、トルースタイト、ソルバイト、微細パーライトなどの組織でなければならぬ。

(2) 焼鈍温度、時間が関係し、炭素鋼では720°Cにて急激に粗大化の傾向を有する。

(3) 冷間圧延率を大にとる程、r相またはα相の地へ固溶される炭化物の拡散速度は大となつて球状化は容易となる。

(4) 材料表面層と中心部の球状化組織の差は、軽度な冷間加工を行うことによつて均一化できる。

(5) さらに上記結果から、実際作業面における対策をあげるならば、

一回の焼鈍にて完全な微細球状化組織を得るためには、材料を適当な温度から水冷しこれを700~720°Cにて焼鈍する。

粗大であつても一様な組織を希望する時には10~20%程度の軽度な冷間圧延を材料表面層に実施して720°Cにて焼鈍する。

冷間圧延と中間焼鈍を繰返さずような作業の場合は、第一回目の焼鈍は熱間圧延における歪を取り去りうる範囲内の低温度で焼鈍し、強冷圧を行い、軟化焼鈍は、炭化物の生長を防止し、最終焼鈍にて球状化粒の調整を行うような適当な温度と時間を決定する。

凡ゆる通信に新威力を発揮する

**日立のマイクロウェーブ**

**日立の工業テレビジョン装置**

日立製作所