

温のいずれにおいても優れた結果を示した。

#### (iv) 化学組成の影響

M と炭素当量 (CE) の関係は常温では CE が低い方が M はやや大きくなるが 700°C では無関係となる。α と CE も CE 4.00~4.50 の範囲において CE の低い方が α が大である。M と同様に高温になるにしたがいその傾向は小さくなる。各成分について見ると Si の影響が最も大で Si の低い方が高温における靱性が優れている。Mn, P, S の影響はあまり顕著ではない。

#### (v) 組織の影響

37φ 棒から採取した試験片の顕微鏡組織は黒鉛大きさ 5~25×10<sup>-2</sup>mm, マトリックスはフェライト 0~10%, パーライト 90~100% の範囲である。高温において M, α の優れている C, D, E はいずれも黒鉛形状がよく揃い大きさは 10~15×10<sup>-2</sup>mm でほぼ均一でありマトリックスは C, D はパーライト 100%, E はフェライト 10%, パーライト 90% であつた。黒鉛形状の不均一なもの、特に部分的に共晶状の微細黒鉛が晶出している試料は常温、高温ともに M, α が低くかつバラツキが大きい傾向を示した。徐冷試片断面におけるサルファープリントは S, Mn 量と鑄込温度によつて細かい粗状の均一な分布から樹枝状、塊状の不均一な分布まで種々の状況を示したが、細かい粒状の均一分布を示した試料は高温特性が良好であつた。

#### (vi) 硬度との関係

硬度と抗張力は大体比例するものであり、したがつて M と比例している。常温においては M と硬度は比例的に増加する。また高温になるほど M は硬度と無関係になる傾向がある。

#### (vii) 焼割れ試験との関係

130φ 徐冷試料から 45φ×30 l の焼割れ試片を採取し 800°C 30mn 保持後水冷する操作を 50 回くり返し、表面の酸化層を除去して亀裂発生度合と M, α の関係を調べた。その結果常温高温で M, α の大きい試料 C が最小の割れ指数を示した。焼割れ試片は 130φ 徐冷試料の中心部から採取したので mass effect の影響が大きいと考えられる。

## IV. 結 言

鑄型用鑄鉄 6 種を選び常温から 700°C までの振り試験を行なつた。その結果材質の強度、靱性を表わす M, α は例外を除くと一般的に常温でよいものは高温においてもよい結果を示した。化学成分的にはある範囲内において CE の低い、したがつて硬度が高い方が高温において M の低下が少なくかつ α の増加が大で鑄型材質として

優れていると考えられる。ここで試験に用いた試料と同一の熔湯で製造した鑄型は常温高温特性のよい mass effect の小さい C, E が良好な成績を得た。今後はさらに高温疲労へ移行する予定である。

## (20) 焼戻による合金白鑄鉄の残留オーステナイトの挙動について

川崎製鉄, 知多工場

工 千先 吉松・工〇土居 一郎

### Study on the Behavior of Retained Austenite for Alloy White Cast Iron as Tempered.

Yoshimatsu Sensaki, Ichiro Doi.

#### I. 緒 言

熱間ストリップミル用仕上スタンドに使用されるワークロールは今日では Ni, Cr, Mo を含有するグレンタイプのパールライト鑄鉄ロールが最適とされているが、圧延条件がきわめて苛酷なために強靱でしかも耐磨耗性に富みかつ熱的に安定した組織が望まれ、その製造に当つて熱処理が重要な役割を負っている。

一般に、この種の材質では鑄造組織に相当量のオーステナイトが残留しており、これの変態が熱処理にとつて大きな問題となるので、今回、筆者らは低温焼鈍において残留オーステナイトにおよぼす焼鈍温度および時間の影響を焼戻熱膨脹測定によつて調査した。

#### II. 実験要領

供試料は、ロールに近似せる成分をタンマン電気炉で熔解し 6 mmφ の乾燥砂型に注入、これより 5 mmφ×80 mm の熱膨脹試料が多数成形された。これらの試料は比較的急冷されるためにその生地組織は笹葉状マルテンサイト (少量) と多量の残留オーステナイトからなる単純な構成であり、再加熱によるオーステナイトの変態を調べるには格好な試料であつた。試料の化学成分は、Table 1 の範囲であり平均硬度は HRC 53.7 であつた。

試料は本多・佐藤式熱膨脹計にかけられ、それぞれ所定の温度および時間で焼戻され、この間の膨脹収縮を詳細に知るために示差式測定法がとられた。この場合、標準桿が問題となるが、本実験では被測定試料と同一成分のものをあらかじめ 540°C×8 h の恒温変態処理を施すことによつて生地組織をパーライトに変化せしめたものを使用した。これは実験温度内で黒鉛の成長もなくまた生地組織の変化もないものと考えられる。加熱温度は

Table 1. Chemical compositions of test pieces (%)

T. C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo
3.11~3.17	0.91~1.03	0.47~0.54	0.152~0.172	0.023~0.027	4.32~4.42	1.59~1.64	0.34

150°C ~ 500°C にわたって 50°C おきの 8 水準, 保持時間を 1, 5, 10, 15, 20 h の 5 水準として合計 40 の組合せで示差熱膨脹曲線がとられ, 同時に試験前後の試料の長さ, 硬度および組織の変化がしらべられた. なお, 試料の加熱速度は 7°C /mn, 冷却は空冷としてできるだけ一定条件で取扱われた.

III. 実験結果と考察

(1) 示差熱膨脹曲線

熱膨脹測定結果を線図にして観察すると, Fig.1 にその代表的な線図を示したが, 所定温度に保持中収縮または膨脹をはつきりと示す 2 つのタイプの存在することを知ら. すなわち, 400°C, 450°C

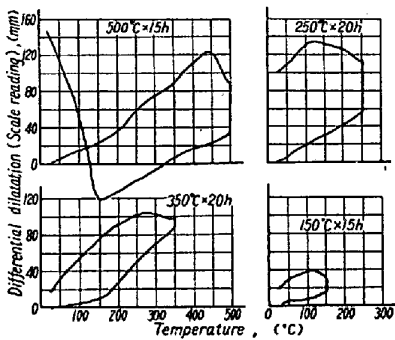


Fig. 1. Typical curves of differential dilatation at tempered.

500°C の高温側では 400°C x 1 h の場合を除いてはすべて収縮現象を示し, この場合の冷却においては必ず比較的低温(350°C ~ 160°C)で異常膨脹を伴っている. さらに詳しく観察するに, 保持時間中の収縮の大きいほど冷却時の異常膨脹も大きく, また, この傾向は同一温度では保持時間の長いほど, 同一保持時間では温度の高いほど大きいことを知る. 冷却時の異常膨脹はもちろんオーステナイトから二次マルテンサイト変態を示すものであり, 後述の硬度および組織の変化によっても確認されることである.

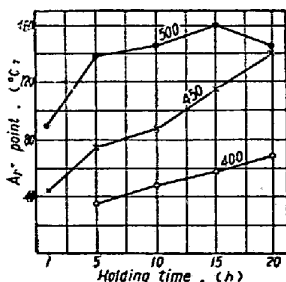


Fig. 2. Relation between secondary Ar'' point, tempering temperature and holding time.

保持時間中の収縮現象については, この場合, 冷却時に二次マルテンサイトの変態を必然的に伴っておりかつ収縮量の大きいほどマルテンサイトの変態開始温度が高くまた変態

量も多くなっていることから考えて, あきらかに初析セメンタイトの析出によるものであり, すなわち, オーステナイトが conditioning をうけて炭化物を吐き出すためにオーステナイト中の炭素濃度が低下し冷却時のマルテンサイト変態を容易ならしめたものと思われる. Fig. 2 は二次マルテンサイトの変態開始温度と焼戻温度および保持時間の関係を示したものである. 一方, いま一つのタイプは 350°C ~ 150°C の低温側にみられる保持時間中の膨脹現象である. この場合は冷却時にも多かれ少なかれ膨脹を伴うようであるが, とくに 250°C および 300°C において 5 h 以上保持せるものの膨脹はいちじるしく, これは後述の硬度および組織の変化によつてオーステナイトから二次ペーナイトの生成によるものであることがはつきりと認められた.

(2) 硬度の変化

熱膨脹試験前後の硬度測定結果を Table 2 に, さらに等硬度線図を作成して Fig. 3 に示す.

Table 2. Hardness of samples after dilatation test (HRC)

Time Tem- perature	Mean of hardness before testing				
	53.7				
Time	1h	5h	10h	15h	20h
500°C	60.7	61.8	61.2	61.8	60.8
450°C	57.2	60.8	61.7	62.3	62.3
400°C	51.7	55.5	59.0	60.1	61.1
350°C	51.3	52.5	51.7	52.1	53.3
300°C	51.1	52.1	52.5	53.3	53.5
250°C	52.2	52.4	53.3	55.5	54.5
200°C	52.2	52.1	52.2	52.2	52.4
150°C	51.3	52.9	52.0	51.4	52.5

これらの結果を熱膨脹線図と対比してみると, 高温側でマルテンサイト変態を描いた試料の硬度はすべて上昇し, しかも二次マルテンサイトの変態開始温度の高いほど硬度上昇が大きく, これは前述のごとく変態開始温度の高くなる

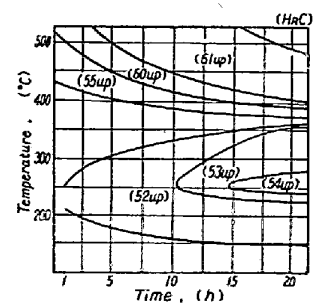


Fig. 3. Iso-hardness diagram after tempering.

ことがオーステナイトのマルテンサイト化を容易ならしめることを意味するものである。

一方、低温側にもわずかではあるが硬度硬化範囲が認められ、250°C で 15 h および 20 h 保持した場合においては鑄放硬度を凌駕している。この範囲は熱膨脹線図における異常膨脹の顕著な場合に該当し二次パーナイト変態の影響によるものである。

### (3) 組織の変化

全試料について初めに Zephilan chrolide による light etching が、引続いて picral による dark etching が試みられた。前者は二次マルテンサイトを腐蝕せず、パーナイトおよび焼戻マルテンサイトをよく検出せしめる方法で as-cast または light etch せるものと比較することによつて二次マルテンサイトの存在を知る

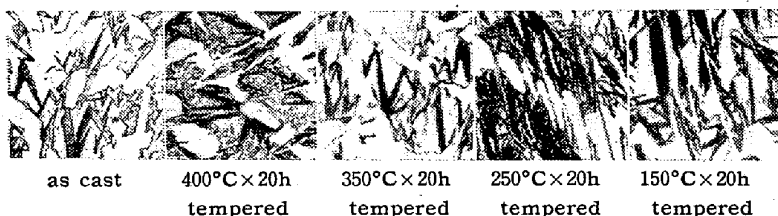


Photo. 1 Typical microstructures (picral etched)  $\times 100$  (2/5)

ことができる。その結果によれば、250°C および 300°C の 5 h 以上保持せる場合においてはあきらかにパーナイトの生成が認められ、一方、400°C 5 h 以上のマルテンサイト変態を示した試料のことは生地中に微細な針状マルテンサイトが認められた。Photo. 1 に代表的な組織の変化を示す。

### IV. 結 言

Ni, Cr, Mo を含有せる白鑄鉄が低温焼鈍されるときの残留オーステナイトが加熱温度および保持時間に関係していかなる変化を示すものかが基本的に明確にされた。実際のロール胴冷硬部においては、オーステナイトの残留量もはるかに少なく、生地の組織構成は複雑である。したがってロール実体の硬度変化は相当違つた結果をもたらすであろうが組織上の変化には本質的なかわりがないと考える。

## (21) 黒鉛球状化におよぼすジルコニウムの影響

(球状黒鉛鑄鉄の基礎的研究—第 27 報)

京都大学, 冶金学教室

工博 森田志郎・工〇倉井和彦・辻 幹男

### Influence of Zirconium on Formation of Spheroidal Graphite.

(Fundamental studies on spheroidal graphite cast iron.—Rep. 27)

Shirō Morita, Kazuhiko Kurai, Mikio Tsuji.

#### I. 結 言

Mg 処理により球状黒鉛鑄鉄を製造する場合、Zr の黒鉛球状化におよぼす影響について従来発表された研究結果は比較的少ないが、例えば C. K. Donoho<sup>1)</sup> は Zr は黒鉛球状化を妨げると述べ、W. C. Jeffery<sup>2)</sup> は黒鉛球状化を阻害しないと述べている。C. H. Offenhauer & Collins<sup>3)</sup> は Si-Zr-Mg 合金のブリケットで Mg 処理を行ない Zr 0.03%, Mg 0.034% および Zr 0.15%, Mg 0.16% でいずれも片状黒鉛を混在し黒鉛球状化は不完全であり、Si-Zr-Mg 合金処理と Si-Mn-Zr 合金の接種を同時に行なつた場合、Zr 0.17%, Mg 0.079% で黒鉛は球状化すると述べている。これらの研究結果は必ずしも一致していないのみならず黒鉛の完全球状化と鑄鉄中に残留する Zr 量と Mg 量との相互関係を十分に明らかにしていない。本研究は純 Mg で不純物含有量の少ない鑄鉄浴を処理し黒鉛の完全球状化に要する残留 Mg の臨界量を求め、Zr 含有量によるその臨界量の変化を明らかにするとともに、Zr 含有にともなう基地組織の変化を明らかにする目的で行つた。

#### II. 実験材料

原料鉄は Table 1 に示すごとく不純物元素含有量の少ないスエーデン鉄を用い、Zr は Table 2 に示すごとく金属 Zr スポンジ (原子炉級, 99.5%以上) を、Si 量の調整および接種には 78.7% Si 含有のフェロシリコンを、Mg 処理には他元素の混入をさけるため金属 Mg を用いた。

#### III. 実験方法

試料熔製はあらかじめ約 1450°C に加熱されているクリプトル電気炉内の No. 3 黒鉛坩堝に原料鉄約 450 g を装入熔解し、熔銑温度が約 1450°C に達した時フェロシリコンを加えて Si 量を約 1.8% に調整し、約 12mn 後に約 1450°C で金属 Zr をそのままの形かまたはこれ