



第 3 圖

が龜裂の發生に對して顯著な影響を及ぼす事を高温屈曲試験に依つて實證した。Cu の害を軽減する爲には Ni よりも Mo の方が有効であり、Sn はこれ等の元素と逆の効果を有し、Cu と Sn が共存する場合の龜裂發生に對する危険限界を實績より求めた。

### (8) 軸受鋼の焼入組織に於ける 粒界現象

不二越鋼材工業 K.K. 工 久 道 卓

高 C 低 Cr の軸受鋼はよく球狀化焼鈍の行われたものを通常 800~850°C の温度に加熱し、球狀セメンタイトの或る程度残留したオーステナイトにして焼入を行う。この焼入組織をピクリン酸ソーダで腐蝕すると残留セメンタイトは黒く着色するが、その他に加熱時のオーステナイトの結晶粒界に薄黒く着色する幅を持った網狀組織の現われることがある。

この粒界組織は焼入條件によつて變化するので、その現出並に變化する條件を明らかにし、更にその本質の検討を行つたものである。

使用した軸受鋼の化學成分は次の如くである。

C	Si	Mn	P	S	Cr
1.03	0.08	0.45	0.021	0.006	1.06

#### I. 粒界組織の焼入に於ける加熱温度、 加熱時間、冷却液による變化

よく球狀化した 10×10mm の試料で加熱温度は 800、

840、880°C で加熱時間はソルトバスで 3、10、20、60 min とし、冷却液は油と水である、

ピクリン酸ソーダ腐蝕による粒界組織は 800°C×10 min では認められないが、840、880°C と加熱温度が上昇するに従つてその幅が廣くなる。加熱時間の影響は 800°C の場合に 20min 迄は認められないが、60min になると僅か乍ら認められる。840、880°C の場合は加熱時間が長くなると僅かにその幅が廣くなる。冷却液が油と水の場合の冷却速度の差の影響は認められない。但し焼入硬度に於て同じ程度の焼入硬度を得るための焼入温度は水焼入の方が 20~30°C 低い温度でよいため水焼入のものは粒界組織が現われなかつたり又は幅が狭いのであつて、之は冷却速度の差によるものでなく加熱温度の違いによるものである。

加熱温度が更に高くなると幅は廣くなり次第に粒内に及んでゆき、1000°C×20min で球狀セメンタイトの全部溶け込んだものでは粒界組織として粒内と區別出來ず、同じような着色現象が、部分によつて着色程度は異なるが、粒全體に及び而も着色物は針狀を呈する。

#### II. ソルバイト組織の場合の焼入組織

この場合は粒界組織としては認められず、全體が着色し所々着色の濃淡が雲狀になつて現われるが、高倍率で見ると何れも針狀組織として認められる。従つて粒界組織はセメンタイトが球狀化している場合に現われ、ソルバイト組織の場合は粒界組織として粒内と區別しては認められないが同じように着色するものが針狀組織を示すことから、之等は現出する形状は異なるが本質的には同じ種類のもと考えられる。ソルバイト組織の場合と反對に球狀セメンタイトが大きく細いセメンタイト粒が少い場合は粒界組織の現われ始める加熱温度はより高くなる傾向がある。

#### III. 恒温變態組織との關係

ピクリン酸ソーダ腐蝕で現出する粒界組織と恒温變態曲線に於けるトルースタイト並にベイナイトとの關係を検討した。徑 10×厚さ 2mm のものを試料とし、オーステナイト化は實用の焼入作業に準じ球狀セメンタイトを殘存させる温度で行つた。即ち 840°C に 10min 加熱したものを 700~450°C で恒温變態させて水中冷却したもので、そのピクラール腐蝕 顯微鏡組織によつて定性的な上部恒温變態の開始曲線を描いたが同じ試料をピクリン酸ソーダで腐蝕した場合の粒界組織の現出はトルースタイト又はベイナイト析出の變態開始曲線との關

係は認められない。その状態を  $600^{\circ}\text{C}$  で恒温変態させた場合で示すと、ピクラル腐蝕では 10sec でトルースタイトが認められ、60sec では殆んど全部トルースタイトになる。ピクリン酸ソーダ腐蝕では 1sec でも粒界組織が認められ、10sec では粒界組織は部分的に凝集し始めトルースタイトが 80% 位になる所では認められなくなる。

#### IV. 冷却速度の及ぼす影響

一端焼入によつて試料に冷却速度の差をつけて粒界組織の變化する状態をピクラル腐蝕の場合と對照した結果、粒界組織はマルテンサイトのみを生成しトルースタイトを生じないような冷却速度の範囲内では同じように現出することが確認される。冷却速度が遅くトルースタイトが析出し始める所からは粒界組織は凝集し始め、トルースタイトが 60% 位の所からは認められなくなる。

#### V. 焼戻温度による變化

粒界組織は加熱温度が高くなつてその幅が廣くなるとピクラルでは腐蝕されないが、その該當する部分には細いセメンタイト粒が少く、細いセメンタイト粒の多い粒内と區別することが出来る。この部分の焼戻温度による變化は低温度ではその儘で、 $250\sim 300^{\circ}\text{C}$  でセメンタイトの析出によつて腐蝕され易くなつて來ても粒界は粒内より腐蝕され難い。 $450^{\circ}\text{C}$  附近からは粒界の方がより腐蝕されて見えるが、之は粒内は殘存セメンタイト粒を核として析出セメンタイトが凝集するためである。 $650^{\circ}\text{C}$  を超すと粒界の析出セメンタイトも凝集して粒内との區別がつかなくなる。ピクリン酸ソーダによる粒界部分の着色は焼戻温度が上昇してセメンタイトが析出し始めても殆んど變らず、セメンタイトが凝集すると認められなくなる。この粒界組織はセメンタイトの析出したものではないかとも推定されるのであるが、セメンタイトの析出ならピクラルでは粒内と比較してトルースタイト又はベイナイトの如くにより腐蝕され易くしなければならぬ筈で、顯微鏡組織的なセメンタイトの析出とは考えられない。

#### VI. C 濃度と粒界組織

C 0.3%, Cr 1% の低 C 低 Cr 鋼を滲炭して同一 Cr 含有量で C 濃度の異なる組織の連続する試料を作り、C 濃度の影響を比較した。滲炭後焼鈍によつてセメンタイトを球状化したものは、C 濃度の低い程粒界と粒内の着色程度の差が少くなるため不明瞭にはなるが、どの C

濃度の部分にも粒界組織は認められる。ソルバイト組織の場合は全體の着色の濃淡が異なるのみで粒界組織は認められない。

#### VII. Cr 含有量と粒界組織

C 1% の高炭素鋼で Cr が 0.27, 0.46, 0.80, 1.43% の 4 種類の含有量のもので球状セメンタイト組織のものに就いて Cr の影響を比較した。Cr 0.80, 1.43% のものは 1.06% の場合と同じ傾向を示すが、Cr 0.27, 0.46% のものは粒界組織は認められない。但しこの場合でも加熱温度が高くなり  $880^{\circ}\text{C}$  になると僅かに粒界組織が現われてくる。

#### VIII. 粒界組織に對する考察

以上ピクリン酸ソーダ腐蝕の場合に着色して認められる粒界組織の現出状態並に種々な条件下の變化の検討より、このものは冷却の條件によつて、冷却の途中でマルテンサイト變態前に析出するトルースタイト又はベイナイトではなく、加熱の條件によつて現出し且變化するものであり、而もこの現象の認められるのは球状セメンタイト組織の場合のみであつて、加熱温度が高くなると次第にその幅が廣くなつて粒界より粒内に擴つてゆき、セメンタイトが全部オーステナイトに溶け込むようなソルバイト組織の場合は粒界組織と同様の着色物が粒内全體に及び、高倍率で見ると均一に着色された針狀組織を示す所から、成分濃度の異なるマルテンサイトであると考えられる。

成分濃度の相違が球状セメンタイト組織の場合にのみ現われるのは、加熱に際してセメンタイトのオーステナイトへの溶け込みは結晶粒界のより溶け込み易い細いセメンタイト粒から優先的に始まり、而も擴散が不十分なまま冷却によつてマルテンサイト變態を起すためと推定される。このことはピクラル腐蝕の場合に着色はしないが粒界組織に該當する部分は細いセメンタイト粒が少く、粒内の細いセメンタイト粒の多い部分と區別することが出来ることと一致する。

又この粒界着色物は成分濃度の高い部分が冷却に際して微細なセメンタイトを析出してからマルテンサイト變態を起したのではないかとも考えられるが、セメンタイトを析出して居るならばピクラル腐蝕でも認められる筈であり且焼戻温度を上げて行つた場合にも粒内よりも腐蝕され易くなる筈であるが、そうではなく、この實驗からは少くとも顯微鏡組織的なセメンタイトの析出とは考えられない。

尙、この場合の擴散不充分的理由としては Cr の影響と考えられる。

### IX. ピクリン酸ソーダ腐蝕による 粒界組織現出法の應用

この方法によると焼入の際の加熱條件を粒界組織の現出程度より明瞭に推定することが出来る。又焼入した状態の結晶粒度は從來肉眼で破面を比較して粒度を推定するに過ぎなかつたが、この方法によると、粒界組織を現出するような加熱條件である限り、その結晶粒度を直接判定することが出来る。

#### (9) $\alpha$ 固溶體中の炭化物の舉動に就て

東京大學工學部冶金學教室 高木 甲子 雄

電解鐵及び圖に示すような $\alpha$ 型の固溶體を造る Si, P, Al, Sn, Sb 等の合金鋼に種々の溫度で滲炭を行つて滲炭溫度から水焼, 空冷, 徐冷して滲炭現象を検べた。

又電解鐵及び Si 鋼の滲炭したものを種々の熱處理を行つて $\alpha$ 鐵中の炭化物の舉動を觀察した。以上の各種の $\alpha$ 固溶體に就て比較した結果を報告する。

#### I. 實驗試料

- 電解鐵壓延材 炭素 0.015~0.009%
- (a) 4%Si 鋼壓延材 炭素 0.029%  
(b) 1.2%Si 鋼壓延材 炭素 0.063%
- $\alpha$  型合金鋼

これは電解鐵と各純金屬 (P のみ Fe<sub>3</sub>P) を配合し高周波電氣爐で熔解し金型に鑄造して 1000°C で 5 時間燒鈍したものを用いた。成分は次のようなものである。

- P 1.2%
- Al 10%, 20%
- Sn 5%, 10%, 17%
- Sb 6%,

#### II. 實驗方法

滲炭は試片を下記の成分の固體滲炭材と共に管狀電氣爐に封入して加熱滲炭した。

- 低溫用 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 30% 木炭 70%
- 高溫用 BaCO<sub>3</sub> 20% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 10%  
木炭 70%

Si 鋼の滲炭したもの、熱處理の方法は前回の報告と同じ様にした。

### III. 實驗結果

以下の文中又は表中の ( ) の中の數字は圖の番號を示す。

#### A. 電解鐵と Si 鋼の比較

Si 鋼を 700~920°C の各溫度で滲炭し、 $\alpha$  鐵への滲炭、炭化物の生成、 $\gamma$  の發生と溫度との關係に就て實驗すると同時に、 $\alpha$  鐵中に出來た針狀炭化物の舉動と熱處理の關係を電解鐵のときと比較すれば第 1 表の通りである。

第 1 表 電解鐵と Si 鋼の比較

	電解鐵	1.2% Si 鋼	4% Si 鋼
730°C 以下で滲炭	針狀炭化物生成される。(2)	同左	同左
730~800°C の滲炭層	炭化物層と $\gamma$ -Fe 層。	黒鉛微粒を含む炭化物層(3)次に片狀黒鉛次に $\gamma$ -Fe 層。	黒鉛粒を含む炭化物層。
800°C 以上の滲炭層	炭化物層は長時間を要する、 $\gamma$ -Fe 層は厚くなる。	黒鉛微粒が大きい。 $\gamma$ -Fe 層は内部に向う。	黒鉛粒を含む炭化物層の次に $\gamma$ -Fe 層が出来る。(4)
内部 $\alpha$ -Fe 中の $\gamma$ -Fe の生成	730°C 以上で塊狀の $\gamma$ -Fe を生ず。	730°C 以上で $\alpha$ -Fe の粒界に沿い及び粒内に方向性をもつて出来る。	800°C 以上で同左但し粒内に出来る量がめだつ。(5)
同上の冷却に依る $\gamma$ -Fe の變化	粒界に塊狀の炭化物となる。	粒界に不規則の外形のパーライトとなる。	粒界及び粒内にパーライトになる。
針狀炭化物の發生	爐冷する。明瞭である。	空冷する。餘り明瞭でない。	800°C 以上から空冷する。明瞭である。
同上の消失	約 400°C 以上より急冷。	730°C 以上より水焼又は徐冷。	730°C 以上から水焼又は徐冷。730~800°C から空冷。
同上の析出	400°C 以下で燒戻す。	720°C 以下で燒戻す。	720°C 以下で燒戻す。

針狀炭化物熱處理溫度及び冷却速度が非常に異つてゐる。又其の他溫度等が違ふが Si 鋼で黒鉛の發生と $\gamma$ 鐵の發生する形と場所が違ふ外大體似たような現象を示す。

電解鐵の詳細は前回の報告に述べた。

#### B. 合金鋼の比較

金型に鑄造した徑 8mm の丸棒を長さ約 5~7mm に切斷して實驗に使つた。

700°C で 18 時間、750°C で 8 時間、850°C で 3 時間、950°C で 1 時間滲炭を行つてその溫度から水焼, 空