

## 拔 萃

### 高速度鋼の赤熱硬度の原因に

就て

(The Iron Age. 1923, Vol. 112, No. 13)

和 多 朗

緒 言

本論に述べんとする高速度鋼とは凡そ次の如き成分を有する鐵タングステンクローム炭素の合金をいふ。

タングステン 18.0% クロミウム 11.0% 炭素 0.7

高速度鋼なる名稱は刃具として使用する時、殆んど鈍赤色に熱せらるゝ程早き速度に作業するも刃具の能力に影響を及ぼさざるため此名あり。一定時間炭素工具鋼を用ふるよりも、高速度鋼刃具を用ふる方作業能力遙かに大なり、且つ炭素鋼は高速度鋼に於けるよりも遙かに低温度に於て軟質となる缺點あり。

今坩堝製高速度鋼五〇個の平均成分を示せば次の如し。

炭素	0.67%	クロミウム	3.99%
滿庵	0.24%	タングステン	18.36%
硅素	0.28%	ヴァナヂウム	0.96%
硫黄	0.03%以下	コバルト	痕跡
磷	0.03%以下	ニッケル	痕跡

鐵タングステンクローム炭素は最重要なる成分にして、滿庵、硅素、ヴァナヂウム、コバルト、ニッケルは之等に次で重要なり硫黄及磷は炭素鋼に於けるより多少害は少きが如しと

離も出來得る限り少量なるを可とす、ニッケルは高速度鋼に對しては有害なるが如し、然れどもコバルト三乃至四%を含有する高速度鋼は、非常に良好なる結果を示せるは驚くべきことなり、又ヴァナヂウムは脱酸劑として作用する以外にその鋼の硬度を増加する傾向あり而して最近一般に約1%ヴァナヂウムを使用するに至れり、鐵タングステン炭素は赤熱硬度を有する鋼の主要成分なるが、市場に販賣せらるゝ高速度鋼は何れも相當量のクロームを含有す故にクロームは又高速度鋼の重要な一成分なりと考ふることを得べし。

現在鋼は一四%位の低タングステンを含有するもの最良好なる高速度鋼としての性質を有すれども歐洲に於ては二二%以上のタングステンを含有するもの多く使用せらるゝ、故に現今高速度鋼は大部分タングステン一六%乃至二〇%含有するものに屬す。然れども是等の數値は或る公差以内にて多少成分に變化あるも、その結果には大なる影響なきが如し。これ鋼の成分よりも寧ろ熱處理機械作業による影響の方重要なることを示すものなり。モリブデンはタングステンに次ぐ所の主要成分なれども經濟上より見る時は餘り重要ならず。

高速度鋼を製する場合には他の鋼と同じく熔解鑄造壓延或る微細なる粒均一なる組織を得る爲に行ふ壓延作業等必要なり。鑄塊は普通柱狀組織を有し粒の周圍は炭化物にて包まらるゝ、故に此の鑄造組織を精製するためには、充分なる機械的作業を必要とす。今此機械作業及び軟過作業後に於ける顯微鏡組織を検するに、球狀炭化物とフェライトとより成る極微粒の粒狀パーライト組織をあらはせり、この炭化物微粒はその形狀非常に變化ありて、則ち少部分の粒子は粗粒にして初

### 顯微鏡組織

期に發生したる、炭化物なる事明なり。又大部分の微粒の炭化物は第二次的に發生したるものと考ふる事を得べし。然るに粗粒の炭化物は前機械作業或は熱處理作業の如何なる場合にもその固溶體中には全然存在せざりし者にして小粒炭化物は此等諸作業中固溶體中に熔解せしが軟過の際遊離したるものなり。第一圖(圖省略、以下同)は此の組織を示す則ち第一次結晶の炭化物と第二次發生の炭化物とは區別容易なり斯の如く軟過したる高速度鋼は比較的軟質にして鍛錬性に富む。

### 熱處理による變化

高速度鋼の熱處理中に起る種々の變化をよく理解せしむるために著者は既に公表せられたる高速度鋼に關する顯微鏡組織、硬度、膨脹收縮、磁氣測定、電氣分解とその藥品の化學的影響、腐蝕作用、健淬後常溫に於て自然に發生する熱量等につき調査し更に×線分析によりて高速度鋼の各成分の結晶構造を研究し以て上記の事實を確めたり。此の×線による高速度鋼の研究は始めて本紙に發表せられたるものにしてその他種々の試験結果を概略的簡單に説明し且つ該鋼が赤熱硬度を有する原因を説明せんとするものなり。

又著者は硬度に關する重要な基礎的原因たる slip interface theory により本問題にある解決を與へられたり。換言すれば、高速度鋼は赤熱に於て結晶より面の干渉が最も有效なるが故に此の赤熱溫度に於て硬度が大となると云ふ結論に達したり。

高溫度に於て有効なる結晶より面の干渉の原因を發見するために、先づ熱處理によりて變化する種々の性質を研究せんとす。

上述の如き成分を有する高速度鋼を熔融溫度に近き溫度に熱し急冷すれば第二圖に示す如き組織を得。小倍率の顯微鏡にては多面體の粒は殆んど認むることを得ず、一部不熔解炭化物の存在せるを見ることを得べし。第一圖に示す炭化物の大部分は熔融溫度近く熱すれば熔解する者なれば、第二圖に現はれたる炭化物粒は殘留したる炭化物粒と考へて可なり。

再軟過後にあらはるゝ所の粒は、小さき第二次の粒と異なる第一次の粒と見るべきなり。高倍率にては多面形の粒の中に或る織別し得る組織を發見す、これ則ちマルテナイト及オーステナイトとの混合せる組織にして、健淬溫度低き時は此等の粒は速かに腐蝕せられ且つ炭素鋼のマルテナイト組織に殆んど類似せる所あり健淬溫度九八〇度(攝氏)以下にてはオーステナイトの存在は顯微鏡的に見るとを得ず。若し組織中にトルスタイト或はソルバイトの存在せる時は腐蝕度一層速かなるものあり。(以下溫度は何れも攝氏にて示す)

一般金屬組織學上より論ずれば、Austenite 變態點以上の溫度にては高速度鋼は明かにハイパーエイトクトイドにして、非常に過剰の炭化物を含有す。此の炭化物は熱處理の溫度高ければ益々多く基質(Matrix)中に熔解すれども、若し鋼が完全に固體なる時は如何なる溫度にても炭化物は液狀をなして基質中に熔解するものにあらざるなり。

健淬溫度が高ければ炭化物の最大量を熔體となすことを得同時に殘留炭化物の量を最小に爲すことを得、故に基質は燒入溫度が高ければ高き程益炭素タンククロームの含有量増加し、從て健淬されたる鋼の基質はその健淬に依つて地

金の成分に應じて異りたる性質をあらはすものなり、故に基質に炭素タンクステンクロームの含有量多ければ健淬によりて殘留するオーステナイトの量の増加するは當然なり。

第三圖は一二〇〇倍に廓大したる高速度鋼の組織にして、熔解温度に近き温度より健淬したるものなり、これに依ればオーステナイト及びマルテンサイト兩組織の混合せることを知るべし、但し顯微鏡寫眞にては高速度鋼のオーステナイトを定性的に決定するは不可能なり。

Sauveur 氏は高速度鋼は健淬温度高ければ腐蝕劑に對する抵抗力は強くなると説明せり、又或る場合には軟過したる鋼は約二分間にて充分腐蝕せらるゝも高速度熱處理後に於ては腐蝕液中一二分間浸漬しおくを必要とすることあり、故に或る試薬に對し腐蝕せらるゝ度の強弱によつて、その鋼が前に受けたる熱處理程度の如何を知ることが得と説明せり。

今軟過或は健淬されたる高速度鋼の炭化物は過酸化水素と苛性曹達の溶液中に投ずれば黒變すべし、然るに普通セメントタイト  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  は此の液中にては黒變せず、則ち是れに由て之を観るに、高速度鋼中に現はるゝ炭化物はセメントタイト粒に非ざること明かに證明するを得べし、一般炭素鋼に存在する粒狀パーライトに相當する組織を高速度鋼に得んとするには約七九〇度の温度に熱するを必要とす、換言すれば高速度鋼に於てある一定の形狀の粒狀炭化物を得んとする場合には、炭素鋼の場合よりも高速度に熱するを必要なりと言ふ結論を得べし。

### 硬 度

鋼を各種の温度にて健淬し之を又各種の温度にて再加熱し

たる場合、その硬度に如何なる影響を與ふるかに就きては既に多くの研究家が實驗せる所にして、第四圖は Scott 氏の著書より引用せるものにして反淬温度と硬度との關係を示す。

今試料を取り一一五〇度乃至一二五〇度の温度より健淬したる後五九五度にて反淬するに、反つて硬度の増加を示せり、是れ所謂 Secondary hardness (赤熱硬度) として知らるゝ所にして、健淬温度一〇四〇度以下にても極く僅少の硬度の増加はあれども普通此の硬度の發達は一〇四〇度以上の温度より健淬せる場合にして温度と共に増加す、然れども五四〇度迄の温度にて反淬する時は硬度の減少を來すことは明にして、最近の精密なる硬度測定器によれば、健淬したる高速度鋼は約四五〇度迄の温度にて反淬を行ふ場合には硬度減少を示せり故に健淬温度一〇四〇度以下のものは五九五度にて反淬すれば硬度は尙ほ一層減少すべし、次に是れを曲線に見るに、反淬温度四五〇乃至五九五度の範圍内に於ては多分滑かなる曲線とならざるべし、換言せば反淬温度五九五度附近にて硬度の減少する割合が一時停止する點存在するか或は前熱處理如何によりて硬度減少點が存在するか何れかなり、若し健淬温度一一五〇度より少しく以下なれば、Secondary Hardness に關する硬度對反淬温度曲線圖に於て局部的に硬度の増加を示すことあり、しかし此の五九五度の反淬によりて得たる硬度は反淬前に有せし硬度程高からざるべし、之れに反し若し健淬温度一一五〇度以上なれば二次的硬度は反淬前より大となる、此の二次的硬度の増加は反淬温度五九五度の時極く短時間に最大硬度に到達するものなり。

反淬温度四五〇度迄にて反淬するに硬度の増加あれども常に漸進的に増加せず屢々三〇〇度附近にて曲線中に一異常の表はるゝことあり、この現象はコバルトを含有する特殊高速度鋼に見る所なり、又タングステン含有せず、クロームの含有量多き高クローム鋼に現ることあり、勿論クローム鋼は更に反淬温度を高むるも極大點はあらはれざるなり、此の曲線中の此の異常現象は比較的低温より健淬したる場合に見ること多し。

### 膨脹と收縮

著者は本論文中熱處理に關し時間の問題は省略せり、これ説明を簡單にするため又熱處理時間は個人に依りて相違あるがためなり、今反淬時間三〇分と見れば先づ安全なるべし此の時間は著者の實驗の平均時間の二倍を取りたり。

Grossman 氏は種々の條件の下に高速度鋼の膨脹收縮に關する興味ある結果を發表せり、此の研究は Edward 氏の報告及び Gill, Bowman 兩氏の研究結果と全く一致する所あり。

若し長さ或は密度の變化と反淬温度との關係を曲線にて表はせば、その曲線は第五圖に示す如く硬度對反淬温度曲線に全然類似せる事を知るべし、則ち鋼は健淬によりて膨脹をなす、健淬温度一二五〇度に至る迄は温度高ければ膨脹は從つて大となる、若し是れに反淬すれば收縮すべし、反淬温度四二五度迄は温度増加に從つて鋼は收縮す則ち密度は増加す、此の温度以上にて反淬すれば又膨脹起り五九五度附近にて體積は局部的最大に達す、更に五九五度より温度増加すれば又收縮起り則ち密度は増加すべし、斯くして最後の反淬温度八一五度にては殆ど軟過したる場合と同じ密度に還へるなり。

### 磁氣測定

本多博士は高速度鋼の磁氣と温度との關係につき研究し、高速度鋼の磁氣分析を行ひ二一五度起るセメントイト變態點を測定し該鋼にセメントイトの存在せる事を確めたり、又四〇〇度附近に更に一個の變態點を發見す、此變態點は鐵とタングステンの存在するために起ることを知り、而して此の四〇〇度起る變態點は二一五度起るセメントイト變態點に比すれば遙かに微弱なり故に實際熱處理如何によりては往々發見せられざることあり。

高速度鋼の磁化に關する實驗によれば鋼を高温より健淬する時は最大磁氣感應力僅か四〇〇〇ガウス (Gauss) に落下す、然れども再加熱すれば温度五〇〇度に至る迄はその價は温度と共に次第に増加すべし、若し反淬温度五〇〇度以上に至れば磁化作用は急速に回復し全く軟過状態に見る如き價となる。

### 電氣分解的腐蝕

完全に軟過したる高速度鋼の試料をとり陽極として稀薄なる酸溶液中に電氣分解を行ふ時は、炭化物を溶解せしめずして殆んど總べてのフェライトを分離する事を得、著者の實驗せし試料の如きは重量の殆んど四分の三が分離せらるゝ迄試料の原形狀を保持することを得たる例あり。

次に残渣たる炭化物を完全に乾燥せしむれば粉狀となる、此の粉狀炭化物は充分洗滌し後大氣の作用を受けしめざる如くして乾燥せしむべし、此の粉狀炭化物は後に×線分析の試料に供す、此の炭化物の分析成分は次表の上段に示す、下段はアイノルド氏の分析し得たる結果にして兩試料共完全に軟

04 過したる高速度鋼より採取したるものとす。

炭素	スミス氏分析	アーノルド氏分析
炭	2.5	2.33
鐵	28.1	23.96
ロクミニウム	6.5	3.13
タングステン	60.1	64.24
ヴァナヂウム	2.8	4.81

高速度鋼を稀鹽酸中にて電解する場合にタングステンは不溶性タングステン酸に變化することあり、或る場合には沈澱は直ちに起らずタングステンの Colloidal solution となることあれども是は永續性のもに非ずして、最後の濾液に全くタングステンを含有せざるものを得、此の黄色沈澱物には勿論炭化物を混在すれどもアンモニヤ液に溶かす時は分離することを得べし。

完全に軟過したる高速度鋼の含有炭化物をアンモニヤ溶液にて處理するに極めて僅少なる約2%の損耗あり、これに反し新に健淬したる高速度鋼より採りたる炭化物残渣は前者と異りたる結果を表はせり、これ極めて興味ある問題にして此の場合には炭化物残渣混合物の約三三%もアンモニヤ溶液に溶解せらる則ち鋼中の總タングステンの約二六%は電解によりてタングステン酸に變化したることを示す。

是等の實驗によりて鋼中の炭化物は稀鹽酸に極く少量作用せらるゝに過ぎざることを知ると同時に、軟過後タングステンの大部分は炭化物の形狀にて存在し新しく健淬せられたるもの或は少しく反淬したるものはタングステンの大部は他の形に在ることを確むるを得たり、尙ほ此の實驗によりて鹽酸溶液中にタングステン酸が生ずるためには、鋼中にてタング

ステンは極微粒となつて散布せらるゝか或は少くも極く微細なる状態にて集合せるものと考へざるべからず。

#### 健淬状態に於ける熱の自然發生

C. F. Brush 氏は熔融温度に近き點より高速度鋼を水中健淬し健淬後鋼に就き約一時間に亘り鋭敏なる熱量計を用ひて内部の温度の變化を測定せり、同様にして氏は高炭素工具鋼につきても多數の實驗をなし、健淬後數週間に亘りて尙ほ測定し得る程度に熱量の發生することを發見したり、而して炭素工具鋼は熱の發生に伴ひて收縮を起すものなるが高速度鋼も亦常温にて收縮することを確めたり、更に氏はこれに關しタングステン鋼の發生する熱は炭素鋼の場合と同一性質、其熱量は炭素鋼の場合に比し少量なれども多少永續性を有することを説明せり、又著者は此の自然に起る收縮率もまた炭素鋼よりも少量なることを推定せり。

#### 高速度鋼のX線分析

Debye 氏の方法を用ひて結晶のX線分析を行ふに低温度にては原子配列は體心立方體(Body Centered Cube)の配置をなすも臨界温度に至れば原子配列は變化して面心立方體(Face Centered Cube)の結晶格子(Crystal Lattice)となる、今X線によりて寫真フィルムに記録せられたる廻折線の模様を檢するに、此の二個の結晶形には明瞭なる區別存在するを知り得べし、原子が面心立方體の配列をなすオーステナイトより體心立方體の配列をなすフェライトに至る變化は容易に行はる。炭素鋼をX線分析するに含有セメンタイトが基質たる鐵或はα鐵中に存在せるや否やを識別し得る程強力なる模様を表はさず、然るに高速度鋼の場合にはその炭化物は重きタン

グステン原子を多量に含有し居るが故にその相當の量を含み且つ約五〇乃至七五原子の厚さ(〇・〇〇〇〇〇一五種)に分子が存在すれば、充分X線の模様を作ることを得べし。

第一圖に示す如き軟過したる高速度鋼はX線分析によれば濃厚なるフェライトの線と稍微弱なる炭化物の線とを得、この炭化物の線は先に電氣分解によりて得たる純粹の炭化物粒をX線分析して得たる線と同一なり、若し鋼を更に高温度約八〇〇度附近より健淬すれば炭化物の線の強度は次第に減少し、一二九〇度附近より健淬したるものは炭化物の線は殆んど識別し得ざる程微弱となるべし、又一〇四〇度より健淬したる鋼を見るに弱き面心立方體の結晶格子を示す、是れオーステナイトの残留せるがためなり、斯くて健淬温度一〇四〇度以上に上昇するに従ひて次第にオーステナイトの線の強さを増加しフェライトの線の強さは減少するに至る。

一二九〇度より健淬したる高速度鋼はフェライト及びオーステナイトの兩者の線を表はし何れもよく發達せる事を知る但しフェライトの方稍強力なり。

健淬の際残留せるオーステナイトがマルテンサイトに變化するは非常に困難なるが、今試料を絶えず液體空氣中に浸漬しおけばオーステナイトよりマルテンサイトへ變化する原因は除かるべし、次に常温より零下一九〇度に至る種々の温度にて試験したるも鋼中オーステナイトの量には何等影響なかりき。

一二九〇度より健淬したる試料は微弱なる炭化物の線を示せり、是れ大部分フェライトとオーステナイトの結合なりと考ふる事を得べきも、勿論此の場合のフェライトはマルテン

サイトの性質を有す、更に健淬したる鋼を五一五度にて一時間再加熱すればオーステナイトはマルテンサイトに變化す然れども尙ほ炭化物粒は形狀に於ても數量に於ても充分發達せざるが故に、有效なるX線分析の結果を得ざるなり、この種類の鋼はフェライトの線をあらはし稍長時間六五〇度附近にて加熱すれば炭化物の線は次第にその濃度を増加すべし。

第六圖はオーステナイト、フェライト(マルテンサイト)及び炭化物の三主要成分のX線分析により得たる模様を示す。高速度鋼には數種の炭化物存在すと言ふ説あれども、著者の實驗にては軟過したる高速度鋼には唯一個の炭化物の線を見したるに過ぎざるなり、然しこのX線分析による模様は複雑にして如何なる空間格子を構成するかその判定頗る困難なり、此の場合模様によれば  $W_2C$ 、 $Fe_3C$  或は  $Fe_2C$  等の化合物にあらざること明なり、X線分析の結果安定なる炭化物は鐵タンクスステン炭化物にして、これに若干量のクロム或はバナヂウムを含有するも結晶構造には變化を來さず。

### 結 論

上記の事實より推定して、著者は高速度鋼が種々の熱處理によりて起る變化に關しある解決を得同時に高速度鋼が反淬によりて其硬度増加する原因に就きて説明する事を得たり。偕て次章に述べんとする所は大部分既に多くの研究家の發表せられ且確證せられたる事實なりと雖も、他は著者の新しく發表したる事實なりと信ず。

一、普通高速度鋼は多量に炭素タンクスステンクロムを含有し明かにハイパーエリート鋼に屬す。變態點より稍高き温度にては過剰の炭化物が多量に存在せる事は顯

微鏡試験によりて明かに説明し得るものにして、第一圖はその代表的のものなり、高速度鋼の結晶構造を見るに、成分たる金屬原子は鐵一四〇に對しタングステン一〇クロムニヂーナヂニウム一〇炭素六の割合に含有せらるる故に今正立方體の一稜に一〇個原子を有する如き結晶體中には、約八四〇個の鐵原子六〇個のタングステン原子六〇個のクロムニヂーナヂニウム原子及三タングステン原子六〇個のクロムニヂーナヂニウム原子及び三六個の炭素原子が存在するものと考ふる事を得。

二、過剰の炭化物は熱處理の温度高ければ益々オーステナイト基質に多く溶解し得るものなり、第二圖に示す如く炭化物が著しく減少せるは此の事實を證明す。

三、普通高速度鋼中に存在する合金成分の量は鋼の溶融點附近にて溶解する量よりも炭化物を形成するために充分多量に含有せらる、是れ溶融點近き温度より健淬したる高速度鋼を顯微鏡にて檢すれば明かに認むることを得べし。

四、變態點  $A_1$  より稍高き温度に於いては鋼は唯一個の炭化物の結晶構造をあらはすのみなり、此の炭化物は主として鐵タングステンの炭化物なれども尙ほ少量のクロム及びニヂーナヂニウムを含有し居るは明かにして而も是れがために結晶構造に何等變化を及ぼさざるなり、斯く成分に變化あるも結晶構造に變化なきは一般金屬間化合物 (Intermetallic Compound) の有する顯著なる性質なり、鐵とタングステンの量は鐵タングステン炭化物を作るために必要な一定化學成分の割合にて存在し、その他の過剰なる成分は排除せらるゝことは勿論想像し得るなり、斯の如き場合にはその状態に

よりては尙ほ多數の化合物の成生し得るは考へ得らるべし、而して此の鐵タングステン炭化物は温度五九五度以上に於ては高速度鋼中に存在し得る最も安定なる炭化物なることは既に認めらるゝ所なり。

五、高温にて鐵タングステン炭化物はオーステナイト中に溶解す、これ炭化物の各成分が個々原子の態にてオーステナイト中に溶解したるものと考へらる、故に溶液中に金屬間化合物が存在する如く、空間中にも存在する事は著者の引用したる文獻中に認めらるる所なり。

高速度鋼は健淬前には残渣たる不溶解鐵タングステン炭化物より成る、此の炭化物は多量のタングステン炭素クロム及びニヂーナヂニウムを含有せる固溶態たるオーステナイトの基質に散在す。

六、高速度鋼を健淬すれば變化せざりし殘留炭化物は溶解してマルテンサイトを生ず、このマルテンサイトの量は健淬温度によりて變化ありその他の部分はオーステナイトとなる、故に新しく健淬したる高速度鋼は少量の鐵タングステン炭化物を含み殘部はマルテンサイトとオーステナイトの混合組織より成り、此の兩組織中に鐵以外の原子は極微粒子となりて散在せるなり、高速度鋼のオーステナイト基質中の粒は健淬温度に於ては殘留炭化物粒の存在するために著しくその成長を妨害せらるゝなり。

七、高温にて存在するオーステナイトの一部は健淬の途中マルテンサイトに變化せらる、而して殘留オーステナイトの量は健淬温度によりて異り、即ち温度高ければ從ひてオーステナイトの量大となるべし、これ高温にては炭素タング

ステン及びクロムの鐵に溶解する程度が益々大となるに  
 なるなり、是等諸成分はオーステナイトよりマルテンサイトに  
 至る變化を妨ぐる性質あり。

八、新しく健淬して得たるマルテンサイト組織中常溫若く  
 は稍高溫度にても容易に變化し得る原子は炭素原子のみにし  
 て、タンングステン原子は鐵結晶格子中に固定して變化せず  
 同様にクロムヴァナヂウム原子も一定位置に固着せるも  
 のと考ふる事を得故に鐵原子は炭素原子と結合すること甚だ  
 容易にして常溫にても  $Fe_3O$  は發生す、先に Brush 氏が發見  
 したる熱の發生は多分此の  $Fe_3O$  の生ずるために起る熱なる  
 べし。

九、稍高溫度に至ればクロムヴァナヂウムはフェライ  
 ト空間格子中に溶け込みこゝに炭化物を生ず、フェライトの  
 結晶構造は次第に發達し而して此の炭化物微粒は四五〇度  
 にマルテンサイトを軟質になす極微小なる形となりて分離聚  
 集せらる、かく炭化物が原子の有効の順序に従つて遊離する  
 ことは鋼の硬度の減少熱の發生收縮現象磁氣變化を充分説明  
 し得べし、今鋼中に含有する主成分を原子量の小なるものよ  
 り順次擧ぐれば次の如し。

炭素—鐵—クロム—ヴァナヂウム—タンングステン。

十、溫度約四五〇度に至れば大なるタンングステン原子は稍  
 溶解することを得、此の溫度にても炭化物は生ずれども原子  
 の順序に依らず先づ安定なる炭化物より順次生成し始む、鐵  
 タングステン炭化物は最も安定なるが故に他の炭化物に先だ  
 ちて生成す。

十一、鐵タンングステン炭化物の微粒を五九五度にて短時間

再加熱すれば無數の微粒となりて散布せらる、粒の成長し得  
 る溫度内に於ては炭化物の微粒はその基質の粒の成長を阻止  
 す、故に基質中の粒は過度に成長し得ざるなり、則ち高速度  
 鋼に起る赤熱硬度の原因は炭化物の微粒子が小粒の成長を制  
 し同時に溫度五九五度にて鐵タンングステン炭化物微粒を分離  
 せしむる兩作用によるなり。

十二、健淬後生ずるオーステナイトはマルテンサイトの變  
 態溫度たる四五〇度より五九五度に至る溫度内にてせるも、  
 鋼の物理的性質に重要な變化を及ぼさず、然るに過剰の  
 $Fe_3O$  が此溫度以下にてオーステナイトより分離することあ  
 り。然れども是れは偶然に發生したるものと考へらる。

十三、四五〇度より五九五度の間にオーステナイトはマ  
 ルテンサイトに變化す、同時に膨脹を起し且つ硬度増加す、  
 此溫度に於て鐵タンングステン炭化物は極く微粒となり散在す  
 此の微粒の存在するために新しきマルテンサイト粒を微粒に  
 保ち又フェライト粒の Slip Plane を防止すること得。

十四、溫度五九五度以上に昇ればフェライト粒の成長及鐵  
 タングステン炭化物粒の成長をなして直ちに鋼は軟質とな  
 る、是れ低溫度にて炭素鋼に起る現象と同一なり、第七圖は  
 加熱處理によりて如何に高速度鋼の組織の割合に變化を及ぼ  
 すかを説明せんとす、これによればセメントタイト ( $Fe_3O$ ) はマ  
 ルテンサイト (又はフェライト) の面積中に含有せしめ唯だ特  
 殊の安定なる鐵タンングステン炭化物の變化のみ示せることを  
 知るべし。

十五、複炭化物は比較的濃厚にその原子を含有せるが故に  
 オーステナイト中に溶解する時は鋼の密度は減少し、これに



反し複炭化物が分離する時はその密度増加すべし、又オーステナイトがマルンサイトに變化する場合も常に密度減少するものなり、是れ主として $\alpha$ -鐵が $\gamma$ -鐵に比較して密度小なるに依るなり。

偕て高速度鋼の赤熱硬度に關して次の如く簡單に述ぶることを得。

炭素鋼のマルンサイトをして軟質にせしむる原因は臨界點以上に於てフェライト粒成長し且炭化物粒の成長するに依るなり、これと同變化が赤熱に於て高速度鋼中にも生ずるなり、故に高速度鋼が赤熱にてその微粒を保有し得る主なる理由はフェライト中に原子が極く微細に擴散するがため粒の成長を妨ぐるること大となり、且つ此の粒の成長を阻止すべき炭化物が無數に存在せるによるなり、又赤熱温度で細微なる形の炭化物粒が粒の成長を妨ぐる理由としては、鐵タングステン炭化物が頗る安定なること及びタングステン原子の形状の大なるに依るものにして、此の複炭化物の安定の大なるに必要なる原子が利用し得べき時には他の炭化物を除去して複炭化物の成立を遂げしむるなり。

又タングステン原子の大形なるがために赤熱温度に至る迄はフェライト空間格子にタングステン原子が擴散することを防ぎ得、此の複炭化物は全く結晶體となりて存在し得る金屬間化合物なり、故に一個の炭化物が生成するためには擴散作用によりてフェライト結晶格子を満すべき無數のタングステン原子を必要とす、彼の鈍赤熱温度にて健淬したる高速度鋼中に複炭化物が分離し成長するは恰も三〇〇度以下にて健淬せる炭素鋼にセメントタイトが分離し成長する現象に類似す。

## ◎歐洲鐵市況

英 吉 利

引合は可なり多く相場も睨りであるが、當業者は此邊で市況も落付き當分は安定を見る事が出来るだらうと觀測してゐる、英吉利製鐵界に取つて目下好材料となつて居るのは左の諸點である。

去月二十三日より倫敦郊外ウエムプレーに産業大博覽會が開かれしが頗る景氣の良い事

二月以來始まつてゐる、炭坑夫と炭坑主間の賃銀爭議は同盟罷業を引起すに至らずして解決が出来さうな事

四月中旬遂に斷行された英吉利全國の造船職工に對する示威休業は割合に早く解決された事

ドーリス氏を委員長とする専門委員會の調査報告に基いて、獨逸の賠償問題も、どうやら愈解決が出来さうになつて來た事。

佛 蘭 西

市況は捗々しくない、相場は爲替の回復に連れて左の如く急落したが、目先更に一段の安値を見せる事はなさうである、之は製鐵會社の諸費用が今尙高いからである（一米突噸に付き）。

ブルーム  
ピレット

五一五法  
五三〇法

前月と比較  
一四〇法安  
一六五法安

白 耳 義

市況は緩慢で相場は左の如く下つた供給は潤澤である

ブルーム  
ピレット

五五〇法  
五七五法

前月と比較  
一一五法安  
一四〇法安

獨 逸

鐵の需要は、更に増進して來た、獨逸製鐵聯合會は銑鐵相場を一噸に付五乃至八金馬克方引上げた。