

タングステンの金屬論

By zay Jeffries. Engineering. Vol. Cvl.—No. 2748.

K O 生

タングステンは從來認められたる金屬中、最高の融解點(攝氏三三五〇度)を有するものにして、又た最高硬度を有するもの、一なり、而して純粹なる金屬中にて、變形硬化の後は、最高のイクアイアクス(equixing)又は最高の再結晶温度を有するものなり。小なるイクアイアクス粒の形成せられし時は、氣温にて非常に脆く碎け易し、而して纖維の構造を有する時は、氣温にて曲け易く柔軟なるを以て、容易に之を識別するを得るなり。通例、柔軟金屬は此の關係に於て、正に反對なる作用をなす。茲に論する所は、鑄延(Wrought)及伸長タングステン(ductile tungsten)製造に關するものなり。製作の種々なる程度に於て、鑄延又は伸長タングステンの金屬論は、多少詳細に論述すへし、タングステンと他金屬との一般關係にも論及せらる。最後に金屬學の新原理提案は凡へての金屬に亘りて説明する所あるへし。

一、鑄延及伸長タングステン製造

約十年前までは、タングステンの製造は、機械學上不可能事なりとせり。一九〇八年頃、米國デー、イー、會社のウイリヤム、デー、クリーッヂ博士は、當時固有の脆弱なるものなりと思考せられし金屬より伸長タングステンを製作せり。之事實イクアイアクス粒の形成せし時は、正規狀態に於て、固有の脆弱なるものなり。爾來、鑄延及伸長タングステンより多くの産物を見るに至りしか、其重なるものは、白熱電燈纖維なりとす。

タングステンは、主として、ウオルフラム鑛石(Wolframite)より産出するものにして、此鑛石は、種々なる

方法によりて精煉せらる。例へば、此鑛石をアルカリ炭酸鹽と鎔和する時は、其鎔和物は水に溶解し、ソヂウム(Sodium)タングステン酸鹽を形成す、之の水に溶解し易きものなり、ソヂウム、タングステン酸鹽溶液に酸を加へることによりて、タングステン酸化物 WO_3 に變化す。 WO_3 は黄色沈澱物にして瀘過器によりて分離せらる、タングステン酸化物は、之をアムモニア中に溶解する時は、任意の程度に純精せらるへく。然る後酸を加へて、再ひ沈澱せしめ、瀘過器に依りて洗滌するなり。

鑄延タングステン生産の主要材料たる、タングステン酸化物は、次の如く取扱はる。乾燥せる後、〇・七五%のトリウム($thio$)を作らんか爲めに、適當なるトリウム硝酸鹽溶液を加ふ、然る時は、タングステン酸化物は、トリウム硝酸鹽溶液の爲めに糊狀となるを以て、必要に應じて水を加へ、充分之を混合すへし此の混合物は、乾燥の後、火熱操作を施さる、即ち、耐火粘土又は硅酸坩堝中にて、凡そ攝氏一一〇〇度にて、一時間以上熱するなり。是に於て、大且粗なる粒狀微片中に、タングステン酸化物の極めて微細なる凝塊を生ず。火熱か耐火粘土坩堝に作用せる時、坩堝中の或物質は、酸化物の爲めに溶解せらる、之即ち白熱燈纖條となる時に於て、有力なる効果を奏するものなり。

攝氏溫度、一〇〇〇度附近に於て、火熱せられたる酸化物は、水素の爲めに、タングステン金屬粉に還元す。斯くして生産せるタングステン粉は、ドローン(Drawn)タングステン線發明前生産せられしシンター(entered)タングステン纖條と比較する時は、遙に粗粒狀なりとす。タングステン粉は、壓搾乾燥法により任意の形狀に作製せらる。普通の形狀は、一棒(rod)の長さ、約一六吋(四〇センチメートル)、横斷面約 $\frac{3}{8}$ 吋(九・五ミリメートル)の方形より成立す。斯る棒の壓迫は、型の側面より加へられ、決して末端よりすへからず、然らざれば、タングステン、インゴット(ingot)の結果は、作業に適當ならざるへし。壓搾せられたる、タングステン、スラグ(slag)は甚た碎け易きものなれば、之を動かさんとする時は、表面に沿ひて滑走せしめざるへからず、此の方法によりて、タングステン、ニッケル其他高き溶解度を有する適宜なる

金屬のプラットホームに移され、尙ほ電氣爐に挿入せらる。爐は、約攝氏一二〇〇度より一三〇〇度まで熱し、之に水素氣壓を供給すへし、之、即ち乾燥操業(baking operation)なり。乾燥の後、タングステン、スラグは破碎の憂なく、容易に之を取扱はれ得へし。此の期に於ては、四〇%の空虛を含む氣孔あり。是に於て乾燥タングステン、スラグは、縦の位置に排列せる二個の電極に止めらる。其の一底は、水被によりて冷却せる水銀電氣槽に浮ふ。其の排列は、次に來るべき操業に必要ななり。タングステン、スラグの收縮は通例長さ一五%にして水銀井は、此收縮を調節せざるへからず、尙ほ電氣の接觸は、下部の電極と共に供給せらる。スラグが安全に電極に止りし後、瓦斯不漏架構は其の周圍に低下せられ而して、水素氣流は此の架構を通過し、電氣はスラグを通過す、斯くて非常の高温にて熱すへし。溫度の極限は攝氏の約三〇〇〇度より三二〇〇度に達す、而して十分乃至二十分繼續せらる。之れ即ちシンター操業なり。シンター、タングステン、インゴットは、密度約十八にして、畢竟空虛なし、電極にて止められたる二個の末端は、機械的作業法に備へらる。此の操業は、スウェージ型(swaging dies)を作る型鐵機より始めらる。スウェージ型の一對は、高速度鋼と同様なる屑片より成立し、各片は所要開口の半を有して、開口横斷面は圓し。此の鋼片の側面も所要開口の半を有して之を面(face)と名く。之等二個の半なるダイスは、型鐵機中に面と面と、相對立せらる。然れども、ダイスの半は、相互の方向に動搖する時に當り、スウェージの打撃か打たれ得る程度に充分なる距離を要す。機械の頭部は廻轉し、ダイスも共に廻轉す。圓心力はダイスの半部を動かし、機械頭部のローラー(rollers)は彼等を更に相壓す。ダイスは、一分時に、前後に向ひて數千回動搖す。之等ダイスの面は、タングステンの型鐵として、特殊の方法を以て製作せられさるへからず製作すへき金屬と接觸し來る部分は、普通金屬をスウェージする時間より遙に短縮すへきなり。之れ即ち短面ダイスと名くるものなり、之等のものは、ホット(hot)金屬をスウェージするに用ひらるゝを以て、高速度鋼より製作せらる。

スウェーデン型操業の始めに當り、タングステン、インゴットは、横断面の方形又は直角なるものを、又スウェーデン型の一對は、インゴットの角を正しく、圓く作られたるものを選ふへし。電氣爐に入るべき、インゴットは、通例タングステン又はモリブデン(molybdenum)線にて捲かれたる、アルナダム管(alundum-tube)より成立す、此の中に水素氣壓を供給す。爐の温度は、攝氏約一七〇〇度の高さなれとも、往々、一六〇〇度附近に至ることあり。インゴットか、爐の温度に達したる時は、一端は鐵鉗の一對にて把持せられ、他端は速に型鐵機に挿入せらるへし、此の方法にては、棒の全長をスウェーデン型にするは至難なり、依て棒の末端を轉倒して、再熱し、後、未型鐵の末端は、型鐵機に挿入せらる。スウェーデン型の一對は、最初のダイスの一對、即ち、今、機械に挿入せられんとするものより、稍小なる開口を有す。インゴットは、再熱せられ、而して、前記のスウェーデン型操業を繼續せらる。一個の方形又は直角のインゴットより一個の圓棒を作らんか爲めには、四個又は五個のダイスを要せらる。

タングステン棒は、末端即ち最初出口側より把持せらるゝ様、型鐵機を通過せし所のものに、適當すへく、充分伸長せられし時は、スウェーデン型の各對に對して、僅少の熱度を要す。作業程度か棒を増大する時は、温度を漸次低減すへし。作業温度約攝氏の二三〇〇度まで降下せる時は、瓦斯を用ひてスウェーデン型とする豫備金屬を熱すへし。而して、温度は、順次低下せらる、即ち、前の半ダイス、ダイスに對して、一定の温度を持續すれば、後の半ダイス、ダイスに對しては、更に温度を降下せらる。之等の條件は、スウェーデン型タングステン棒の性質に依りて適宜に處理せらるべきものなり。スウェーデン型操業は、如何なる大さのタングステン、インゴットよりも開始せらるれとも、通常の大さとしては、 $1\frac{1}{4}$ 吋より $3\frac{1}{8}$ 吋方形(六、三五—九、五ミリメートル)なり、而して、一二吋より一四吋の長さ(三〇、四八—三五、五六センチメートル)なり。若し、直徑〇・三〇吋(〇・七六ミリメートル)より大なる鑄延タングステン棒を製作せんと欲せば、凡へての作業は、スウェーデン型法に依らざる可らず、譬、直徑〇・三〇吋より小なるタングステン

線を製作せんとすと雖とも、スウェーヰジ操業上、往々にして、〇・〇三〇吋又は其附近の大きさとなるものなり。〇・〇三〇吋棒か攝氏一〇〇〇度又は、一一〇〇度の温度にてスウェーヰジせらるゝ時は、棒の大きさは減小するを以て、スウェーヰジ温度は、低下せられざるへからず。タングステン、インゴットか、スウェーヰジせんとする前の爐より移さるゝ時、温度は恰も、煌々たる白熱の如し。タングステン、酸化物は、水素氣壓の爲めに爐中にては形成せされとも、インゴットか、水素氣壓より移さるゝや否や、タングステン、酸化物は、急劇に形成せらる、棒上、或距離に於て、白煙の如く、飛散し凝結す。

タングステン、インゴットは、又ローリングによりて、製作せらる、高速度ロールを使用し、インゴットは、其通過に先ち、攝氏一五〇〇度迄熱せらる。平片には、ロールを用ひ、圓片には、型鐵機を用ふ、ミンター、タングステン、インゴットは、玻璃の如く脆く、甚碎け易し。之れ第一圖に於ける如く、イクアイアクス粒より組織せられたる構造を表示す。インゴットの直角横断面か圓狀に變化する迄、スウェーヰジ作業を持續する時は、第二圖に示すか如き構造に變化す、尙之を繼續して、タングステン棒か、直徑〇・一二五吋(三・二ミリメートル)に達したる時、其の構造は、第三圖に示すか如く變化す。〇・〇八二吋(二・〇八ミリメートル)の大きさに於ては、其構造は、第四圖の如く變化す。然るに、タングステン棒か、直徑〇・〇三〇吋(〇・七六ミリメートル)迄、スウェーヰジせらるゝ時、其構造は、第五圖を表示す。之等の檢鏡圖に於て、金屬性タングステン纖維に對し、スウェーヰジ操業中、伸長を繼續せし、ミンター、タングステン、インゴットか、イクアイアクス粒を組成する状態を示す。第五圖に示せるスウェーヰジ棒は柔軟にして、冷却にて、曲けられ又は、伸長せらるゝものなり。シンター、タングステン、インゴットの抗張力は、〇・〇三〇吋のスウェーヰジ、タングステン棒より小なると、各平方吋に付き、僅に一八、〇〇封度なるか、棒の抗張力は、毎平方吋に付き、二一五、〇〇封度なり。シンター、タングステン、インゴットは全く、脆弱なるものなれとも、〇・〇三〇吋のスウェーヰジ、タングステン棒は、二時に付き、約四%の延長と、斷口點の面積に於て、約二八%の縮小を有す。

第 三 圖

スウェージ、タングステン棒、直径0.125吋、一五二倍大



第 一 圖

シンター、タングステン、インゴット、一五二倍大



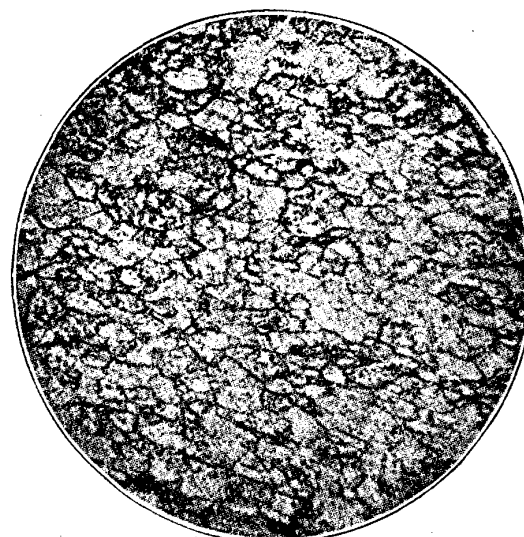
第 四 圖

スウェージ、タングステン棒、直径0.082吋、一五二倍大



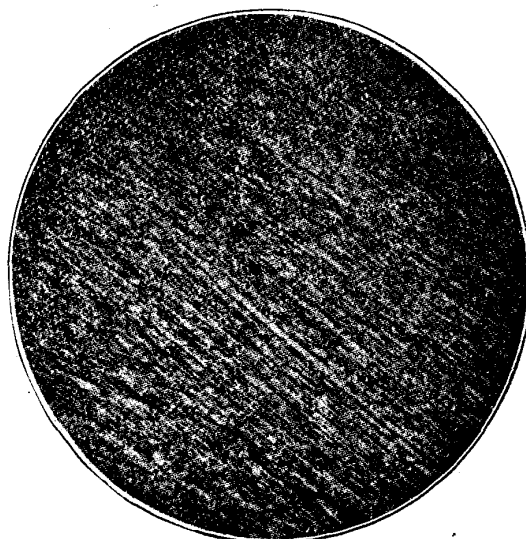
第 二 圖

スウェージ、タングステン棒、直径0.214吋、一五二倍大



第 五 圖

スウェージ、タングステン棒、直径0.030吋、一五二倍大



直徑〇・〇三〇吋より細き線を製作せんと欲する時は、ホット、ドロージング法に依るへし。ダイヤモンド、ダイスは、通例、此の目的に使用せらる、整滑は小棒に於ては、スウェージ操業を、伸長に於ては、アクアダグ (aquadag) なる兩法を用ふ。伸長せらるへき線は、最初、薄き糊状を呈する、アクアダグ混成物中を通過せしむ、然る後、線の伸長に適する程度に於て、瓦斯焰を通するか、又は他の適當なる熱度を與ふへし、而して、整滑として、其の被層を焼く。ダイスの大さは、小階級に於ては不同なり、即ち、一ダイスの開口直徑は、次に來るダイスより大なること、約六%なるへし、伸長當初の溫度は、攝氏一〇〇〇度附近なるも、線の直徑〇・〇五吋(〇・一二七ミリメートル)の大さに減少したる時は、溫度は鈍き赤熱に降下せらる。第六圖は、伸長したる、タングステン線の檢鏡圖なり。凡へてのタングステン線は、斯くして製作せらる、其の大きさの如何に係はらず、冷却にて柔軟なり、抗張力の増加は繼續せられ、細線に至るに従ひて強大なり。次に掲ぐる、タングステン産物の抗張力増加表は、機械的作業に依りて増加する所のものなり。

直徑一、一四ミル(二ミルは〇・〇〇一時)のタングステン線の斷口點の面積の減少は約六五%なるを示す。大なる強度を以て結合せる、ドロージン、タングステン線は、冷却にて甚た使用に適する柔軟性を有す、線は心軸に捲付られ、心軸の直徑は線より稍大なるものとす。之即ち、ラムプ製造の爲めに必要に應じて、種々なる形狀に屈曲せられ、而して、破碎の憂へなく、長きまゝにて取扱ひ得へし。茲に掲ぐる表によりて、一・一四ミルのドロージン線の抗張力は、シンター、タングステン線より、大なること三三倍なるを知るへし、普通、金屬工作法に於て、固有の開始材料に比して、六倍の抗張力は、極めて稀なり。

タングステンの抗張力表

種類

直徑(單位ミル)

一吋度に付抗張力(平方吋)

シンター

タングステン

インゴット

二〇〇より二五〇迄

一八、〇〇〇

スウェージ棒

同

同

二二六、〇〇

五〇、六〇〇

柔軟金屬か、粗粒組織の生ずる如き方法に依りて熱せらるゝ時は、其の伸長は困難となり、粗粒組織の結果として、氣溫にて柔軟なり。然れども、タングステンは、極めて、粗大なる粒狀組織を生せしめんとて、斯る方法を以て熱せらるゝ時は、其の結果たるタングステンの產物は、氣溫にて特に、壓搾を加へて、然かも輕度に變形すへき性質を有す。タングステンに於て、此の變形特性の利用は制限あり。吾人は論證の爲めに、タングステンが、單粒を有することを考へざるへからず、而して此の工作の爲めに、氣溫にて機械的作業を以て進行せり。吾人は當初、之をイクアイアクス溫度以上に熱する時は、之を伸長し得へく且、柔軟に歸着せんと想像せしか、却て之は、脆弱となり、遂に、變形の硬固たるものに到着せり、イクアイアクス溫度以上にて、此の變形堅粒は、多數のイクアイアクス粒を形成す。吾人は、此の方法に依りて小なるイクアイアクス粒を組成する、タングステン金屬片を製作し得るなり。此の物質は、氣溫に於ては全く脆弱にして、其の工作は不可能なり。此のタングステン片の工作は、上記の方法を以て、高溫度にて機械的作業を以てなすなり。

モリブデンは、之等のタングステンに類似せる性質を有し、又、普通柔軟金屬とも相類似せる特性を有す。モリブデンは、氣溫に於て、細粒を組成せし時は、其の粗粒を組成せし時より遙かに柔軟狀態にあり、之れ普通柔軟金屬と類似せり。此の粒か、氣溫以上又は、イクアイアクス溫度以下に於て、機械的作業を以て變形せられし時は、氣溫にて、其の柔軟性を増加す、之れタングステンに、最も類似せり。

タンタラム (Tantalum) は、凡へて其の工作狀態に於て、普通柔軟金屬に類似せるものにして、甚だ純粹なる而して柔軟なる狀態にありては、水素及び、窒素に抵抗せず。之か眞空に於て、熔解せる時は、最も伸長し易く、最も柔軟なる金屬の一なりと云ふ。第七圖は冷却、ドロイン、タンタラム線の檢鏡圖なり。之は直徑〇・〇〇七吋 (〇・一七七ミリメートル) の線に、タンタラムの熔解小球を、別に、熱灼することなく、氣溫にて機械的作業を施せるものなり。此の線は、未だ冷却作業に限られたる最大量の域に達せざるなり。

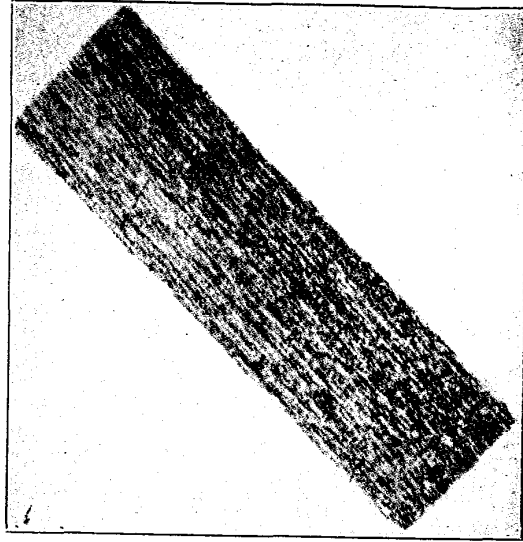
第八圖は眞空に於て、五分間、攝氏一六〇〇度に熱せられたる同線の一片を示す。之によりて、再結晶か其の位置を占めたることに注意せらるへし。此の熱灼線は、冷却作業線より遙かに、柔軟なりとす。此の關係に於て、タンタラムは、普通柔軟金屬に類似す。第九圖は、水素の一氣壓に於て、一分間、一六〇〇度に熱せられたる、同タンタラム線一片の檢鏡圖なり。再結晶か位置を占めたれとも、此の線は、氣溫にて、極めて脆く、且つ碎け易からしめんか爲めに、充分、水素を吸收せり。タングステン線の此の性質は、眞空又は、水素氣中にて熱せらるゝも、同様なりとす。

鑄物亞鉛又は、工作亞鉛は、高溫度に熱せらるゝ時は、粗粒狀を呈す。氣溫にては、脆弱なれとも、攝氏一五〇度に於ては、工作に適す。而して工作後、氣溫に於ける柔軟性は、工作前より大なり。亞鉛の柔軟性に於ける此の増加は粗粒に代りて、細粒組織か、交代せるものに依るなり。又、一五〇度は工作亞鉛の爲めには、其の熱灼溫度以上なれば、從つて其のホット工作溫度に於けるものなることを知るへし。一〇〇度より一五〇度に於て工作せらるゝ亞鉛精煉は、赤熱以上の工作にて、銅インゴットに於ける、粗粒破却と類似せるなり。此の熱度以上は、タングステン工作に付ては、結果を生せず。氣溫にて柔軟なるへし。白金は、結合伸長によりて製作せらる、而して、鑄解操業に至ることなく、ウオローストン (Wollaston) 法により柔軟に形成せらる。熔解せずして、結合柔軟白金を製作するウオローストン法と、熔解せずして結合柔軟タングステンを製作せんとする、此等の二法間には、數箇の差異あり。即ち白金は唯結合的に製作せざるへからず、之れ固有の柔軟性を有するを以てなり。又、タングステンに於ても、結合的に製作せざるへからず、然れとも、柔軟性は、工作法に依るものなり。白金塊は、直接、工作前、凡そ四〇%の空虛を有する故、之を工作に依りて鍛接せらる、タングステンに於ける空虛は、工作前、除去せざるへからず、然らずんば、此の物質は、工作に適當せざるものなり。

三、シンタリ、タングステン、インゴットの組織に於けるトリウムの效果

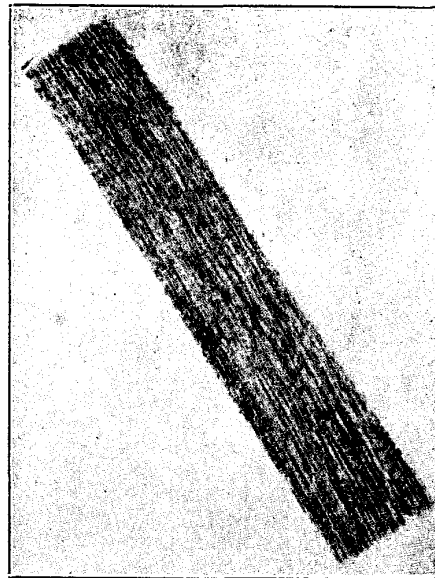
第 六 圖

ドローン、タングステン線、直徑 0.010 吋、一六九倍大



第 七 圖

ドローン、タングステン線、直徑 0.007 吋、一二五倍大



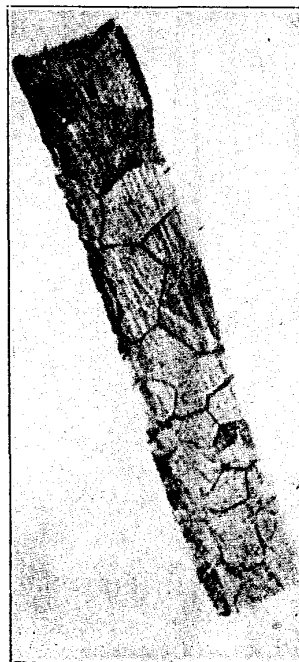
第八圖 直空中、五分間、一六〇〇度にて熱灼せる、タンタ

ラム線、一二五倍大



第九圖 水素氣壓中、一分間、一六〇〇度にて熱灼せるタン

タラム線、一二五倍大



第十圖

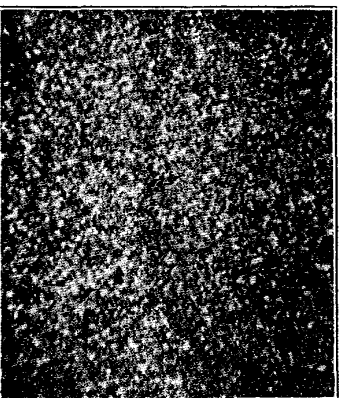
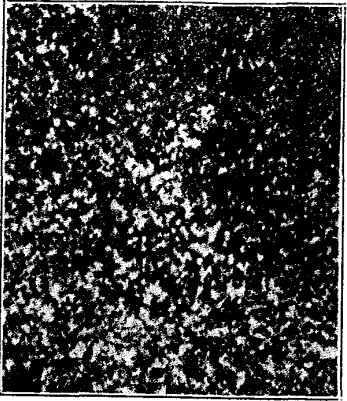
第十圖より第十四圖まではタングステン、インゴットを十二分間、三二〇〇度にて熱せるもの、十六倍大

第十一圖 二%のトリウム含有物

第十二圖 三%のトリウム含有物

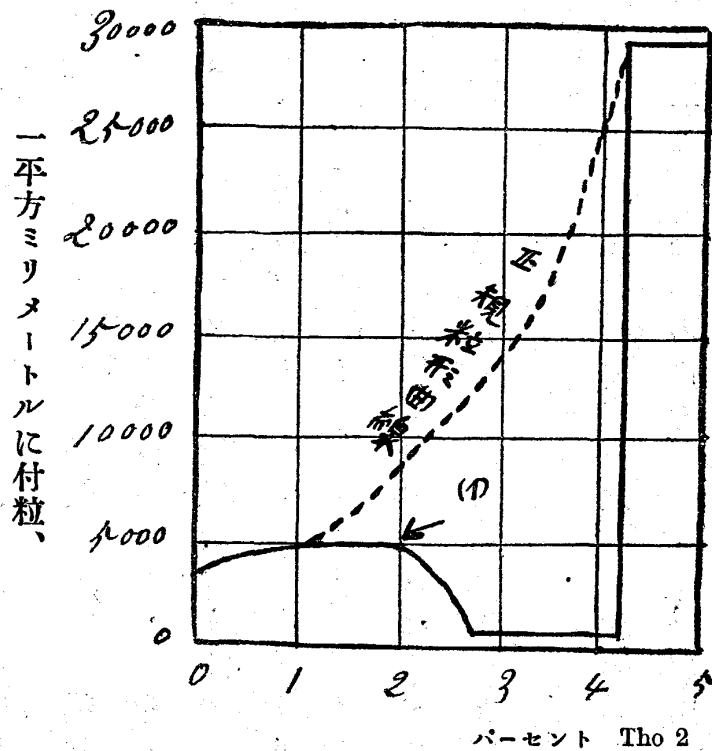
第十三圖 四%のトリウム含有物

第十四圖 五%のトリウム含有物



トリウム(Thorium)又は、タングステン中、他の非金屬物質の主要なる效用は、ラムプ纖維にあるなり。之れ粗暴なる扱ひにも、容易に破損せず、且つ取捨に制限なければなり、壓搾タングステン纖維に於て從來の製法にては、ラムプ纖維としてのタングステン線の官能に付き、其の性質の取除に注意せざるなり。ラムプ纖維製造の現今の方法に依て、シンター、タングステン、インゴットは機械的熱作業に堪へられ

圖表 A



(イ)はゼルミネーションに當る粒形曲線

圖表Aは、トリウム中、變化あるタングステン、インゴットの粒形の變化を示す。平均攝氏三二〇C度にて十二分間熱せしものなり。

さるへからず。是に於て、トリウム又は、他の非金屬物質の合成物は、注意を以て製作せられざるへからざるなり。又、タングステン、インゴットの熱加減は、トリウム含有物に適當すべく、變化せざるへからず、二%以上トリウムを含有する、タングステンは細線工作に困難なり。トリウムの効果は高温度に於て粒増加の抵抗を増すにあり、他の非金屬物質は、其の體積、排列、及び金屬中、小球の大きさに比例して、粒増加の抵抗を與ふるものなり。然れども、インゴット中の酸化物の揮散を留む

ることは至難なり。譬、シンター操業中、硅酸の氣化は、殆んど完全に施さるれとも、鑿土は然らず、而してトリウムに至りては、甚た微量の揮散をなすものなり。

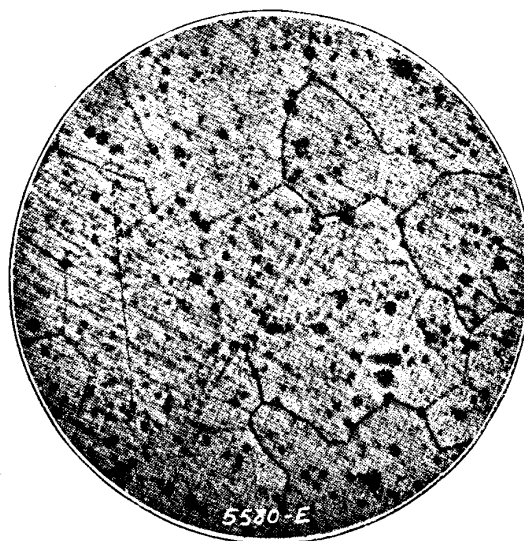
A圖表に於ては、トリウムの定量に於て、變化を有する、タングステン、インゴットか粒狀の變化を示す。温度は約三二〇C度にして一定に持續せらる、而して、時も一定にして、十二分なり。之トリウムが、二、

五%と四%との間の部位に減少せる粒増加に抵抗せるか如く見ゆへし。粒増加の抵抗に於て減少せる此の現象は、セルミナチーフ(germinative)温度の法則に依りて、容易に之を説明せらる。粒増加の抵抗の増大は、トリウムの總計に於ける増加と共に繼續せらる、之れ上圖に於て示されたる彎曲點綴の部分に一致す。セルミナチーフ條件には、トリウムの約一五%又はトリウムの約四五%以上粒増加を過剩に産出すへからず、即ち、正規の曲線は、與へられたる時及び温度の條件に於て、平均粒の大きさを示す、之等の粒狀の變化は、トリウムの分量に於ける變化による、之れ檢鏡圖に於て、明瞭に知らるへし。第十、第十一、第十二、第十三、及び第十四圖は、トリウムを、それぞれ、一%、二%、三%、四%及び五%關係的に含有せる、タンゲステン、インゴットの檢鏡圖なり。此のインゴットは、十二分間、攝氏三二〇〇度に於て、シンタ―せられしものなり。第十五、第十六、第十七、第十八、及び第十九圖は、トリウムを、それぞれ一%、二%、三%、四%及び五%關係的に含有せる同一標本を更に廓大せる檢鏡圖なり。此の廓大せる檢鏡圖に於ては、トリウムの分量を甚だ、明瞭に表すのみならず、又其排列を表示す、トリウムは、其の凡へての標本より圓狀の小球として表示せらる。小球數は、第十九圖は第十五圖に於けるものより多し、然れども、其の大きさは記號の程度に等し。

粒増加に付て、抵抗を増大する、之等粗粒の組織に關する説明は左の如し。吾人は先づ、鹽化トリウムの三%を含有する標本の例をとらん、水素氣壓中にて、電流の通過により、之を平均攝氏三二〇〇度にて熱せらるゝ時は、タンゲステン、インゴットの比較的長き軸は、其の最も熱き部分なるへし、温度の上下は、インゴットの軸より表面まで行はる。トリウム一%を送りて、インゴットの表面を平均にし、平均攝氏三二〇〇度にて熱せらるゝ時は、附近の粒は、自由増加を許さる。然れども、トリウムの三%にては、粒増加の抵抗は、全く、増大せらるへし、故に、タンゲステン、インゴットの表面に近き部分は粒増加の自由に關して此の温度以下なるへし。軸に接近せる部分は、熱せられて粒増加の位置を占むるを許さる。茲

第十五圖より第十九圖まではタングステン、インゴットを十二分間、
三二〇〇度にて熱せるもの、三八九倍大

第十五圖 一%のトリウム含有物



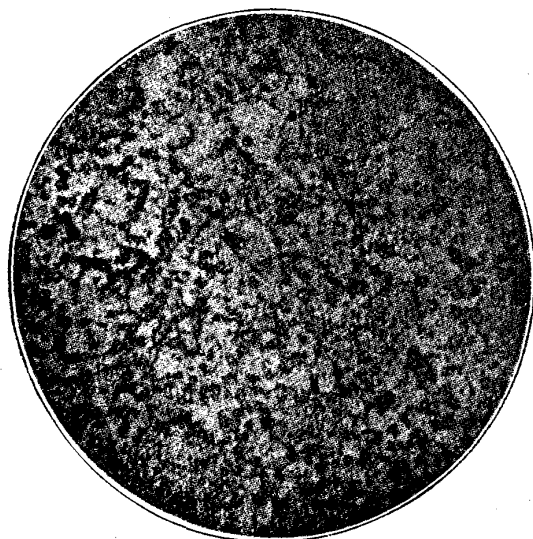
第十八圖 四%のトリウム含有物



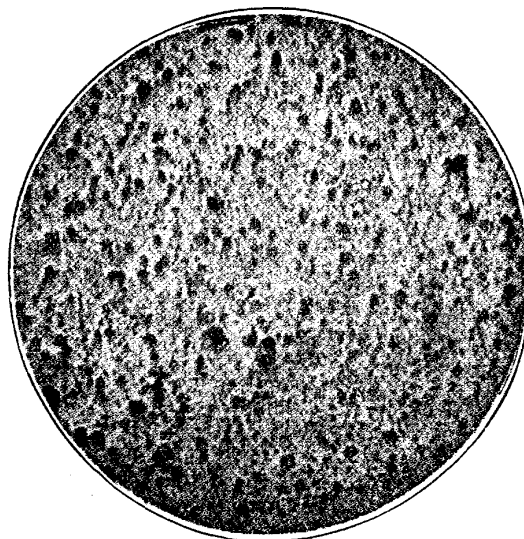
第十六圖 二%のトリウム含有物



第十九圖 五%のトリウム含有物

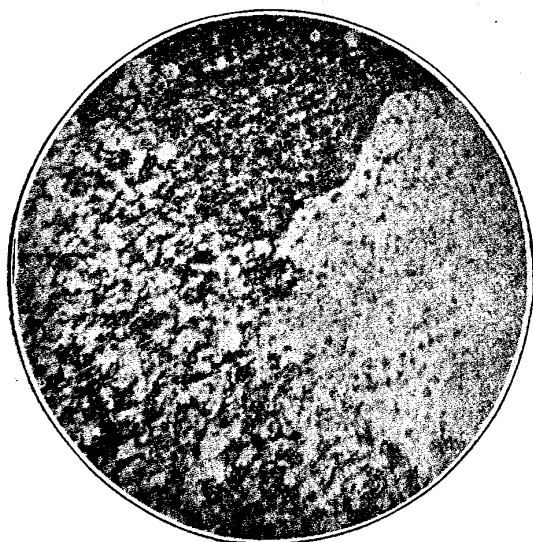


第十七圖 三%のトリウム含有物



第二十圖

小粒を吸収すべき位置に於ける二個
の大粒を示せる、タングステン、イン
ゴット、一一七倍大



に兩者の間に、正確なる限界あり、即ち一は、インゴットの部分か、粒増加の位置を占むることにして、他の一は、其の部分か、現存せる状態の下にて其の増加は不可能なり、(少くとも、位置は占むれとも、遅し増加範圍に於ける粒は、否増加の範圍に於けるものより大なり、増加粒と否増加粒との境に於て前者は、其の大なる形状の爲めに、後者を吸収するに適せり、後者は互に結合すること能はず、畢竟、之等は同大なると、甚た冷却なるとの爲めなり、増加範圍に於ける接近せる粒は、増加粒と否増加粒との境より、互に自由に結合せず、畢竟之等は甚た同大なるを以てなり然れとも、之等の大さは、否増加の部分に於ける粒より大なり、増加と否増加との境にある粒は、ゼルミナント粒となる、之等のものは増加部分に於けるホット粒より遙かに大となるまで、否増加粒を吸収することによりて、其の大きさを増進するなり、此の合成物は極めて粗粒なるか如し粒の普通の状態は、放線状なり、之恰も、熔解せるインゴットが、型中にて凝固せしものゝ如し。

トリウム二・五％を含有せる標本に於て、ゼルミナント粒は、初め低温度にて形成せらる、之れ粒増加の抵抗は、トリウム三％なるものより、却つて少きを以てなり、同じ、平均温度に於てトリウム標本の二・五％中、其のゼルミナント粒は、當初標本の表面近く形成せらるへし、トリウム四％を含有せる標本に於て、ゼルミナント粒は、當初インゴットのホット部分に形成せらる、又トリウム、インゴット四％に於ては、當初、其の軸に形成せらるゝことを知るなり、平均温度攝氏、三二〇〇度に於て、トリウム、インゴット、四％を含有せる此の現象は、自由粒部の増加か、インゴットの最高熱度部に於てのみ行はる、而してインゴットの凡へて他の部分は、否増加の範圍にあるを示す、トリウム五％に於て、自由粒増加の位置を占むる爲め、十二分間平均温度攝氏、三二〇〇度に熱すれとも、温度充分ならざるを以て、インゴットより分離せず、インゴットの全横断面は、否増加の範圍にあるなり、トリウムの一％又は二％を含有せる標本は、平均温度攝氏三二〇〇度に於て、其のゼルミナント温度以上なるを以て、其の全横断面に

對して充分なる溫度なり、即ち増加範圍内にあるなり。トリウム標本の二%なるは、其の一なるものより細粒なり、又其の五%を含有せるものは、之等の中最も細粒なることを知らる。又之等の標本は粒増加の位置を占めたる時、トリウム小球は、顯然、其の位置を變せることをも知らるゝなり。第十七圖に於ては、唯其の一粒の部分を示せり、然れども、トリウムの小球は、第十九圖に於けるか如く、其の粒内に配列せらる。第十九圖は、小粒の境界に於て、トリウム小球の數多配列せらるゝ細粒の構造組成を示すものなり。

高溫度攝氏三二〇〇度に於て、増加範圍なる平均粒の大きさは、明確に、數分内に産出すへし。低溫度即ち、二六〇〇度又は、二七〇〇度附近に於て、平均粒の大きさを明確に産出せんと欲せば、長時間を要せらる。ゼルミナチーブ條件の下に於て、若し、此のゼルミナチーブ溫度か高き時は、粒増加の速度は急速なれども、低溫度なる時は、其の速度は遅緩なり。攝氏二六〇〇度に於て、粒増加の割合は溫度三二〇〇度のものに比較して約 $\frac{1}{20}$ なりとす。

タングステン、又は其個々微片のシンター合成物は、其の結合により、之を適確に操業せらる。攝氏凡そ、二四〇〇度又は、二五〇〇度の溫度に於て、シンターは、其の位置を占め、而して數分間にして完了す。空虛の多くは、閉塞せられ、インゴットの收縮も、シンター中、其の位置を占む。之等の小粒は、溫度増進の後、其の増加を起因するシンター操業によりて形成せらる。若しゼルミナチーブ溫度條件に衝突する所なくんば、此の粒は溫度を増加することなく、大きさを増加するものなり。ゼルミナチーブ溫度か、インゴットの軸と表面との間の中央點に持續せらるゝ時は、大なるゼルミナチーブ粒は、表面に當り、其の双方に産出し、以て否増加粒を吸収す、而して、軸に當り互に接近せる粒をも吸収す。二個の大なるゼルミナチーブ粒と細粒部間の境界線に於て、其の細粒は海の如く、粗粒部は、陸の如く、而して、此の兩者の交接點は灣の如く思考せらる。此の點に於て二個の大粒は、其の小粒を征服せるか如き狀を示す。巧擊

の態度は差異ある指揮の下に活動す、而して、此の際、中立地帯の種類なる粒増加は正規のものに比して聯か速し。第二十圖は此の現象を示せり。タングステン、インゴットは大小粒の聚合より成り、其の工作は容易ならず、加ふるに其性癖として、低温度に於ては、粒の境界に沿ひて、裂け易きものなり。(未完)

◎一九一八年度クキン氏統計拔萃(承前)

八、鐵及ひ鋼の生産(獨、奥匈及印度)

獨逸精製鋼鐵生産單位噸、最近の數字は未だ獲る能はず)

I

生

一九一四年

一九一五年

半精製鋼鐵

二〇二九、二八〇

一、六四一、九五一

鐵道材料

一、八六七、〇八六

一、四二四、五四八

パイスト

一、一九二、二四六

七六六、六五三

パイスト

三、五三六、九〇一

三、三二八、六八五

鐵條

三六八、九一四

二六五、一三九

針金棒

九二七、〇三二

七五〇、九三四

板

一、一七二、九六六

九六六、八九八

薄板

六八八、八〇五

六二八、六九五

錫鍍葉鐵

八五、五六九

九二、七五一