

分及び隣分のパーセンテージを制限する事を命せし専門家の言を疑ふは決して恠しむに足らざる事にして、その鋼の良否如何は製品に對し適當なる材料強弱試験を施す事に依り直ちに解決せらるべく、斯る試験は速に専門家の監督の下に實行せらるべきなり、之れにより若しも材料強弱試験の結果鋼材の満足すべき結果を與ふる時は直ちに成分に對する仕様書を變更する事必要なり。

●高速度工具鋼の健、反淬に及ぼすクローム並タングステンの影響

Engineering Vol. C, No. 2596—

臨 江 生

嘗て大學教授 Carpenter 氏は高速度工具鋼の反淬及鐵削試験と題し、英國工學協會に於て實驗したる極めて有益なる秩序的研究所の結果を、一九〇六年刊行の鐵鋼協會雜誌第三號と同年八月三十一日刊行の英國工業雜誌に發表したりしか、此實驗には二種の鋼即ちクローム、モリブデナム鋼及クローム、タングステン鋼を採用し、殊に後者に在りては五箇の供試材を選ひたり、然るに同氏の所説は本章に關係する所淺からざるか故に、參考の爲め是等供試材の成分を第一表に示すへし

第一表

供試材番號	炭素%	硅素%	クローム%	タングステン%
第一二號	〇・九八	〇・二四	三・一〇	七・九六
第一三號	〇・七七	〇・二九	三・七〇	一〇・八三
第一四號	〇・八五	〇・一五	三・〇〇	一二・五〇
第一五號	〇・六三	〇・一三	二・二〇	一二・八〇
第一六號	〇・五五	〇・一五	二・五〇	一三・五〇

Carpenter 教授は反淬溫度を測定する爲前記の健淬したる供試材を所要の溫度に一時間加熱し、爐中に放置冷却せしめたる後、是等の斷面を琢磨し、顯微鏡下に檢して多角形のオーステナイト狀の結晶より、順序を経てトルースタイトに渉る組織の變化を知り、反淬溫度を判定する方法を採りしか、硬度

は之を測定せさりしものなり、今同氏か得たる推斷を簡單に述ふれば次の如し。

攝氏五五〇度以下に在りては悉く供試材は反淬を生せさりしに、五五〇度に達して始めて若干の反淬を起し、第一二號は攝氏六〇〇度に、第一五號は六五〇度に、第一三號、一四號及一六號の三材は七〇〇度に於て全く反淬せり、又是等供試材の反淬に及ぼす首健淬温度の影響如何を確知する爲實驗を施したる結果に據るに、若し合金鋼たる第一四號供試材を攝氏一一〇度以下に於て急冷せるものとすれば、反淬は既に五五〇度に達して十分に進行し、六〇〇度に到れば全く反淬すべきなり、之に反し攝氏一一五〇度或は其以上の温度に於て、急冷せるものなれば、攝氏五〇〇度に達し稍々反淬するのみにして、六五〇度に進まされは全く反淬せざるなり、然れとも反淬の効果は一〇〇度、一一五〇度若くは一二〇〇度に於て健淬するも概して同一なりと判定す。

是等の成績は頗る有益なる事項たること疑なしと雖、曩に「加熱處理を異にせる高速度工具鋼の加熱及冷却に關する模範的組織並臨界點」と題し、一九〇五年刊行鐵鋼協會雜誌第一號四三三頁に掲げたる Carpenter 氏の論文中に示せる冷却及加熱曲線と共に、以上の判定を論評し直に前判定は要領を得ざるものなること明白となれり。

其後幾くもなくして F. W. Taylor 氏は一九〇六年刊行機械工學協會雜誌第二八卷に「金屬鏽削術」と題して自己の所説を寄せ、Carpenter 氏の實驗は高速度鋼たる關係鏽削力の實質的表示を具備せざるものなりと斷定したりしかば、之に對し同氏は其理由を辯明して曰く、幾多の注意を拂ひ施したる實驗の結果に徴すれば、高速度工具鋼に對しては加熱曲線及顯微組織に據り、完全なる反淬を生ずることを示せる温度以上に於て、第二次の加熱處理を施すにあらざれば最良なる鏽削力を得ざるなりと Taylor 氏亦た前説を駁して曰く、是等の事實は新高速度鋼に缺くへからざる性質の有無を決定するには未だ不充分にして理學的に尙施すべき二法あることを明示するに近し、而して工具に對する

關係的價値を判定するには、一定の火造法に依り製作に注意せし基準工具を用ひ、緻密なる鏝削速度の試験を基準的に行ふに在るのみ然れども此試験は費用多額の裝置を要せず、唯時日を費すこと多く其成績を收むること遅々たるを以て、正確に高速度工具たるに缺くへからざる性質あるを知るに便なるに過ぎず、且吾人は爲に往々工具の紅熱硬性に關し簡易なる知識を得ることあるを認むるなりと。

Taylor 氏の利便と悟りたる所の第二次加熱處理は、既に健淬したる工具を攝氏三七〇度乃至六七一度に於ける或溫度に加熱する謂にして、此第二次加熱に許容し得る溫度の最大限は明確に一定しあらざるも次の記述に據れば攝氏六七一度より稍々低下なるか如し、即ち

A 工具の再加熱は攝氏六七一度以下にして、要すれば六二一度なるを可とし其時間は約五分たるへし。

B 加熱したる後は緩徐なると否とを問はず、大氣溫度に冷却せしむへし。

若し以上の限界を超へ加熱したるときは縱令最短時といへとも工具の鏝削力を絶無ならしむるなりと附言せり。

前述の事實を綜合すれば、現時の鏝削用工具の反淬に及ぼすクローム並にタングステンの影響を深く探究するは極めて有利なること明なり、從て其收むる結果は實際に價値あるのみならず、第二次加熱處理に依り之か鏝削力を増進する所以を探究するは眞に重要なりとす。

本章記述者の一人たる理學博士 C. A. Edwards 氏は、一九〇八年刊行鐵鋼協會雜誌第二號一〇四頁及同年五月二十五日刊行英國工業雜誌に「高速度鋼に含むクローム及タングステンの作用」と題し、此目的を以て二、三の豫備試験を施したる顛末を述べ、其當時得たる證據より判定して、高速度鋼製工具の鏝削力なきは硬度の喪失に基因するにあらず、脆性なる成分を組成し爲に尖端を損壞せしむるに由

64
 ると推定したりしか、現實験に當り此種の鋼に高温度の加熱處理を施すに、過熱せられたる材料には或は脆性成分の組成を發見せざるにあらずと雖、適當に健淬したる鋼を反淬するに、決して之を組成するものならざるを認めしかは、前斷定は正確なりと言ふを得ざるなり、而して前實驗に採用したる鋼の成分は第二表に示す如く之を二種類に區分するを得へし、即ちaは炭素及クロームの約一定量を含みタングステン含有量異なるもの、bは炭素及タングステンの含有量略同一にしてクローム量の異なるもの等にして、高速度鋼の反淬性に及ぼすクローム竝にタングステンの影響如何を知るには最も適當なる鋼とす。

第二表

供試材番號	炭素%	クローム%	タングステン%	硅素%
一	〇・六三	六・一五	—	〇・〇七
二	〇・六五	六・一三	三・〇八	〇・〇五
三	〇・六七	六・〇四	五・九二	〇・〇八
四	〇・六五	六・一六	九・一二	〇・〇四
五	〇・六七	六・一八	一二・五〇	〇・〇六
一一	〇・六三	—	一九・二八	〇・〇七
一二	〇・六三	一・一二	一九・四〇	〇・〇六
一三	〇・六八	三・〇一	一九・三七	〇・〇四
一四	〇・六四	四・九一	一九・三三	〇・〇九
一〇	〇・六七	五・九九	一八・八六	〇・〇一
九	〇・六四	六・二四	一七・六九	〇・〇七

供試材は悉く一時の角材にして厚さ $\frac{3}{4}$ 吋のものをを用ゐ、是等を Inceptor 爐中に装せる坩堝に容れ、攝氏約一三五〇度に一〇分間加熱し次て衝風にて冷却したるに、約一分四五秒を経過し紅熱以下に冷却せしむることを得たり、斯くして健淬したる供試材の組織の變化を呈せるものを除くか爲、是等の面を注意を加へて砥石にて研磨し、最後に顯微鏡下に檢するか爲、琢磨を施したりしか、此検査は若し

熔融を開始したる如き徴候ある組織を發見したるときは、更に他の供試材と交換せんとし行ふものなり而して健淬したる是等の供試材より所謂オーステナイト狀即ち多角結晶組織のものを得んことを囑望せしにクローム三%或はタングステン九%以下の鋼に對して、此組織のものを得んことは到底不可能に屬し、前者は凝固せる炭化物或はタングスタイドの斑點を無數に保ち、後者は多少マルテンサイトに似たる組織を爲し、タングステンを含まざる一號材は全部マルテンサイトに似たる組織を有したりき。

反淬に關する實驗は悉く電氣抵抗式の爐を用ゐ、攝氏八〇〇度を限界とし、易搬式の高熱計に連續したる Thermo-couple を用ゐて、供試材に接觸せしめ温度を調整したり、亦攝氏八〇〇度以上に加熱するには瓦斯装置のマッフル爐を以てし、多く反淬は所要温度に達せしめたる後尙一時間加熱し、是等を抽出して石綿製の籃に收容し、普通の大氣中に放置冷却したりしか、加熱處理する毎に硬度を測定し且檢鏡を行ひ、次て同一の供試材に對し亦次の高温度に加熱せしものとす、又之か豫備試験は先づ Taylor 氏の推奨せし鋼と近似的成分を有し炭素、クローム及タングステンを含む九號鋼に對して施し、其硬度數を第三表に、之か曲線圖を第一圖に示せり、然るに此例に據れば健淬したる材料の硬度數は 627 にして、之を攝氏四九四度に二時間加熱したる後は 596 に低下したる以て、再ひ同温度に二四時間加熱せしに實際其効なきに近く、更に五四二度に加熱したるに眞に硬度は増大し、五八九度に達して尙益々硬度は大と成り、首健淬狀態に於けるときより極めて硬質に化したり、而して攝氏五八九度より七八四度に至る迄、鋼は進行的に漸次軟質と成りて、此二極端の温度に於けるブリネル硬度は 700 及 623 なりき、然れども之より高温度に加熱し同一要領に冷却せしめたるに、硬度は再び挽回し攝氏九八六度には 632 に達したるを認めたり、又此種の鋼に對し一時間各異なりたる温度に加熱し後章に述ふる試験要領中僅かに一項を除き、他は悉く之を適用せるに同一の成績を得たりしなり。

第三表 豫備實驗(衝風にて健淬第九號鋼の成績)

加熱處理法		の徑耗	ブリネル硬度數
健淬したる儘のもの		二・四五	六二七
攝氏四九四度に二時間反淬		二・五一	五九六
同 四九四度に二四時間反淬		二・五〇	六〇〇
同 五九二度に二時間反淬		二・四一	六四八
同 五八九度		二・三二	七〇〇
同 六三八度		二・三六	六七六
同 六五七度		二・四五	六二七
同 六八六度		二・五六	五七三
同 七一一度	に二時間反淬	二・八三	四六七
同 七三五度		二・九二	四三九
同 七八四度		三・一六	三七三
同 九二五度		二・四八	六一一
同 九八六度		二・四四	六三二
同 九八六度に二時間加熱し爐中に冷却		三・四二	三一七

クローム竝にタングステンの一定量を含有する鋼に對し施したる實驗の結果は、第四表及第五表に示し、之か圖解を第二圖乃至第十三圖に表はせり(第四表及第五表は餘白なきを以て省略したりと雖第二圖乃至第十三圖に就き其成績を明かにするを得ん)概言すればクロームの同量を含有する鋼に在りては、悉く反淬の結果殆と同一にして、唯差異あるはタングステンの影響に歸因せざるへからず、而も之れ重要なる事項にして、此種に屬する鋼に固有する特質の多少に因り不同あること明かなり、當初に於ける反淬の効果は必ず鋼を著しく軟化せしむるものなりと雖、或温度以上即ち攝氏三九七度乃至五八九度に加熱したる後は再ひ硬質と成るものとす、今第二圖乃至第七圖の曲線圖解を檢するに、稍々不規律たるを免れざるも、第二次の健淬を生ずる温度はタングステンの含有量増加するに伴ひ進行的に上昇し、タングステン含有量一二五%に及ぶ迄は三%を増す毎に攝氏五〇度を上騰

し、其以上に達すれば六%を増す毎に同温度を進むことを知れり、然れとも之に關し注意すべき要點は、各種鋼の第二次加熱に依り生ずる硬度の全増加量なりとす、純クローム鋼に在りては硬度の増加は、比較的少量にして僅にブリネル硬度數 580 より 590 に増すに過ぎず、之に反しタングステン3%を含有すれば 580 より 635 に増加し、五九二%を含むときは尙其以上に硬度を増すものなりと稱するも、實際後者に在りては正味 130 を増し、攝氏五八九度に加熱すれば首健淬状態に於けるよりは遙かに鋼を硬質ならしむ、又タングステン含有量多き鋼に在りても、前述と同一の結果を得、殊に鋼に含有するタングステンの量多きに従ひ、第二次の加熱に依り生ずる硬度は益々大なることは著しく注意すべき事項なり。

鋼に第二次加熱を施し最大硬度を得らるる温度の如何は、若し鋼が一定温度を超ゆることあれば、眞に軟質即ち軟過せらるる温度に關係するものにして、タングステンを含まざる鋼は攝氏四九四度、3%を含むものは五四二度、五九二%を含むものは五八九度を超ゆるときは軟質と成ることを知れり、然れとも其以上にタングステンを含むものは其影響斯く深からざるか如しと雖、前述したる臨界温度以上に鋼を加熱すれば、必ず軟質と成り攝氏七八四度に達すれば全く軟過状態に變ず、然るに七八四度乃至一〇〇〇度に加熱するときは鋼は再び硬質と成るへし、之れ此鋼に自健淬性ある所以の特徴にして、タングステンの作用に歸すと一般に認めらるゝも、第二圖に示す曲線に據れば純クロームも亦著しく此性質あることを明示す。

同第八圖乃至第十三圖に圖解せる一定量のタングステンを含有する種類の鋼より得たる成績に就き、詳細に檢するに其狀況は恰もクローム3%以上を含む鋼と概して同一なりとす、然れとも純タングステン鋼とクローム一二%を含むものとは著しく之か狀況異なりて、前者を高温度に加熱し空氣冷却せしめたるものは、其硬度僅に 500 にして純クローム鋼に比すれば遙かに低下なり、依て之を

攝氏四九四度に於て反淬するに其影響する所輕微にして、攝氏四九四度乃至六三八度に達すればブリネル硬度數 610 に増加するも、クローム一二%を含み攝氏六三八度に加熱したるものに比し其硬度は少しく劣れりとす、然るに是等兩鋼の眞に反淬を開始する温度たるや、純タングステン鋼は一・二%のクローム鋼に比すれば五〇度高きにも拘はらず、斯の如き現象を呈するは實に奇怪なりと謂はざるへからず、而もクロームを含まざる鋼は其之を含めるものの如き大なる硬度を有せざることを記憶するを要す、而して攝氏六三八度より八八四度迄は硬度著しく減少し、八八四度乃至一〇四八度に加熱するときは著しく自健淬性を現はす、之に反し純タングステン鋼はクローム鋼の如き冷却状態に在りては、全く自健淬性を發揮せざるか故に十二號鋼には此性質を現はさざりしなり。

Taylor 氏の推奨せし第二次の加熱には、五分間の加熱を適當となすてふ事實上の可否如何は、其間に依り得たる効果と一時間の加熱後に收むる所の成績とを比較し測定するを有利なりと信したるを以て、九號の供試材に對し此試験を施したる結果は第六表及第十四圖に示せり、是等に據れば第二次の健淬に當り最大硬度を得たる温度に唯差あるを知るのみにして、五分間の加熱後に於ける此温度は一時間の温度に比ふれば高きこと攝氏二五度なりとす。

第六表 五分間の加熱反淬の成績

反淬温度(攝氏)		ブリネル硬度數	
健淬したる儘	七〇八	反淬温度(攝氏)	ブリネル硬度數
二〇七	七一九	五四二	七〇八
三〇二	七〇〇	五八九	七一九
三九七	六五九	六一四	七三二
四四五	六七六	六三八	七〇八
四九四	六六六	六六二	六四八
	六六五	六八六	六二七

上述したる實驗の結果は現今の高速工具鋼に含むクローム及タングステンの作用に關し、尙合

理的の説明を與ふるを得へし即ち從來二三製作者の主張したりし説と全く反對に今日に在りては元素たるクロームは高温より大氣中に冷却すれば、鋼に自健淬性を與ふるものなること明かなり實にクローム六%を含む鋼は炭素〇・六三%を含む鋼と共に、タングステン一八%を含む鋼に比ふれば此性質を有すること頗る大にして、之を攝氏約一三〇〇度に加熱し普通に空氣冷却を施すに、後者より硬質なるのみならず、首健淬の温度は攝氏八〇〇度より一〇〇〇度に進み、冷却度は割合に緩慢なりと雖、其硬度は進行的に増大するに反し、タングステン鋼は同一條件の下に、彼等の温度より冷却するも著しき硬度を生ぜざるなり

茲に高速鋼に含有するクロームの作用を一言すれば、次の如し

A クロームは炭素と結合して高速鋼の硬度を大ならしむる原因となる。

B 辛ふして健淬の效果現はるか如き温度に在りては、硬度を生ずること極めて低し。

タングステンはクロームの存在せざる場合に在りては、鋼の反淬或は軟過を開始する温度を高からしむる作用を爲し、共にクロームを含むときは低度の加熱處理に依りて、第二次の硬度を甚しく増進し且反淬温度を昂上せしむ。

曩に Taylor 及 Hillis 二氏の發見せし第二次低度の加熱處理は、現今の高速鋼の鐵削能率を増進せしむるものなりとの説を確實に闡明するは少しく難きに似たり、何となれば若し二氏の推奨する温度たる攝氏六二〇度に於て、此處理を施すときは鋼の最大硬度を得べきものとせば、縦令記者等の實驗上得たる硬度は、普通の温度に加熱したる後測定せるなりとも、斯くして得たる數字は Taylor 氏の所謂紅熱硬性として記述する某温度なること明にして、五分間の加熱後に測定し最大硬度を得たる温度は即ち攝氏六一四度に相當し、實際同氏の提言せると同一温度なればなり、是等の事實に據り吾人は硬度の測定に伴ひ、周到に反淬の實驗を行ひて其得たる成績を標準となすに非ざれば、高速工

70 具鋼の關係的能率を猝に斷定する能はさるのみならず、多く既知條件の累積するときには、此簡易なる

方法は當然行ふべき精緻にして費用多き基準鑢削試験に代用するに足れりと信したり、要するに第二次即ち低度の加熱處理に對する適當の溫度を一定するは極めて緊要なるへし

首健淬溫度の影響 Taylor氏は既に健淬溫度は高速度工具の鑢削能率に與つて大に有力なる係數なることを詳細に説明し、亦加熱溫度を益々高からしめ實際の熔融時間を短縮するは工具の鑢削能率を増大ならしむるものたるを認めたりしか、工具の此改善は鋼の硬度の増加に基因せざること確實にして、常に之に關聯し硬度に差異あるを知るか故に、攝氏約一〇〇〇度以下の低溫度に加熱し空氣健淬を施すときは鋼は必ず大に硬度を生ずるを認むるなり、而して攝氏一〇〇〇度乃至一三二〇度の間に於ける溫度より Carpenter 教授及記者の一人たる C. A. Edwards 氏(一九〇六年刊行鐵鋼協會雜誌第三號並に同年八月三十一日刊行英國工業雜誌所載の「高速度鋼の反淬及鑢削試験」及一九〇八年刊行鐵鋼協會雜誌第二號若くは同年五月二十九日刊行英國工業雜誌所載「高速度鋼に含有するクローム及タングステンの作用」参照)の得たりし冷却曲線圖に據れば、首健淬溫度は炭素變質點の狀況に顯然なる影響を及ぼすことを示すと雖良好なる鑢削力は高溫度より其工具を處理し爲に得らることを未だ明かにするに足らざるへし、是を以て本論に關して直接に確證を得んとし、攝氏約一〇五〇度に於て空氣健淬を施したる鋼に對し反淬實驗を行へり、然るに此目的に供したる試験材は其結果悉く同一なりしを以て、茲には單に模範とすべきものを掲げり即ち第七表は是等の成績にして第十五圖の線圖は九號材に關係するものなり

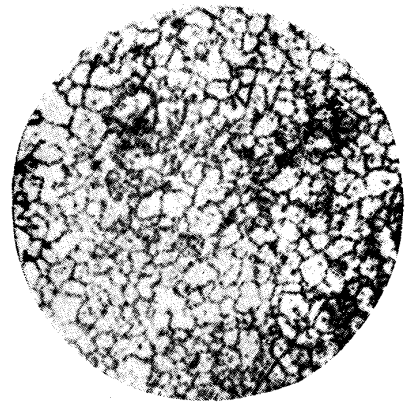
圖解 No. I—No. IV 高速度鋼の反淬組織

No. I クローム 1.12% タングステン 19.14%、を含む鋼氏一三五〇度より空氣に急冷せるもの、一五〇倍 (縮寫)

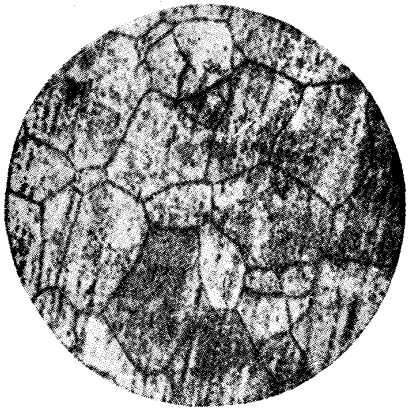
No. II 第九號鋼健淬したる儘、一五〇倍 (縮寫)

No. III 第九號鋼氏四九四度に反淬したるもの、一五〇倍 (縮寫)

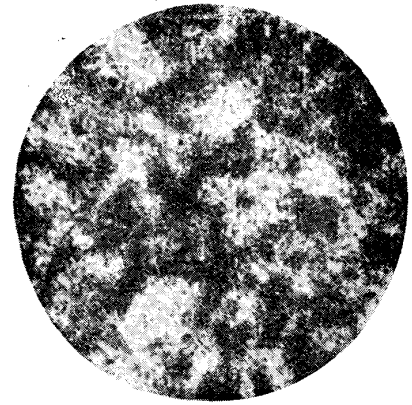
第一圖



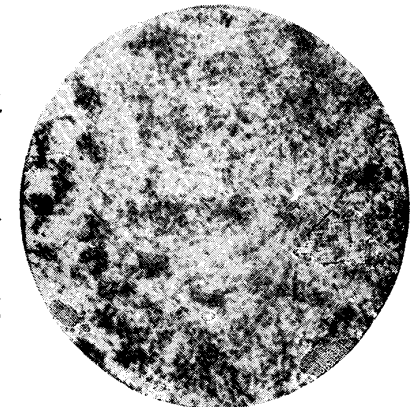
第二圖



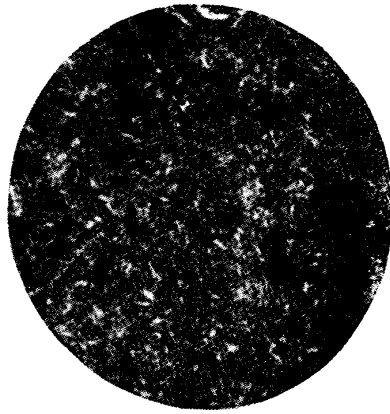
第三圖



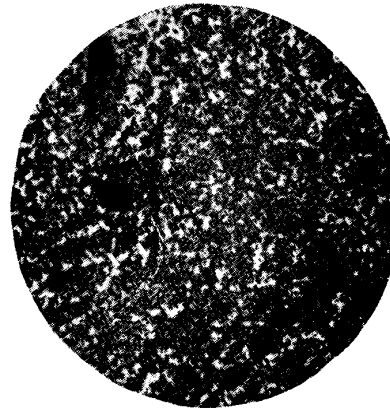
第四圖



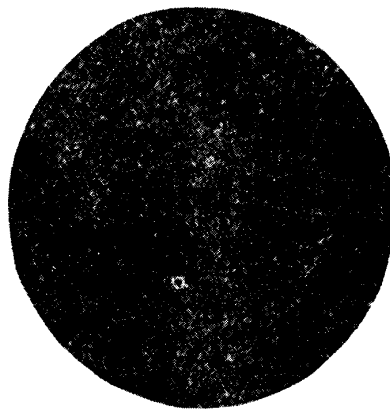
第五圖



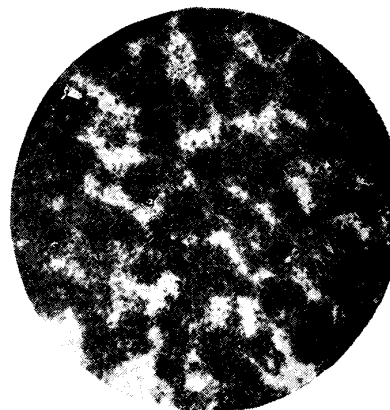
第六圖



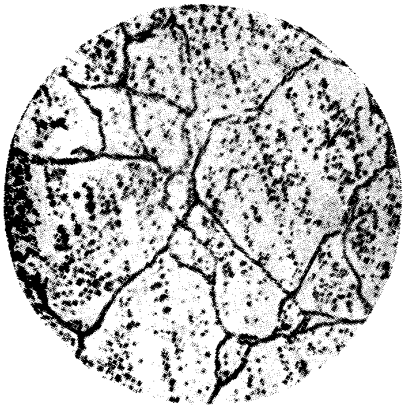
第七圖



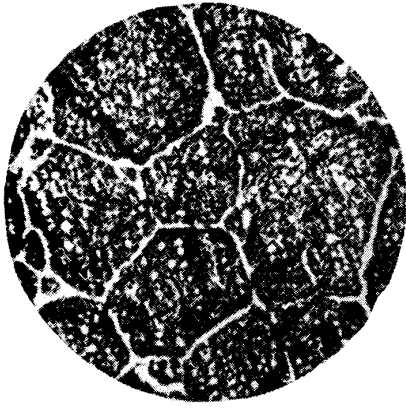
第八圖



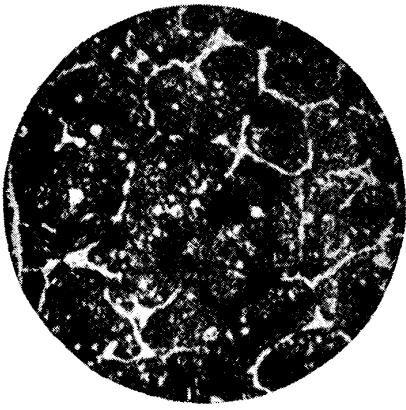
第九圖



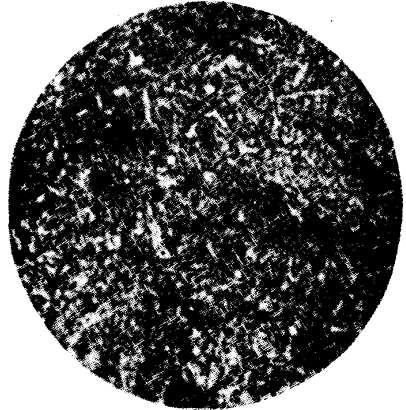
第十圖



第十一圖



第十二圖

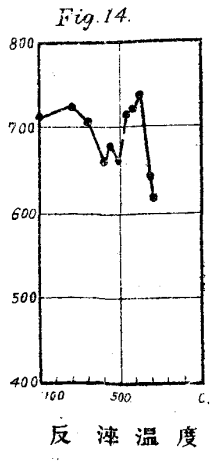
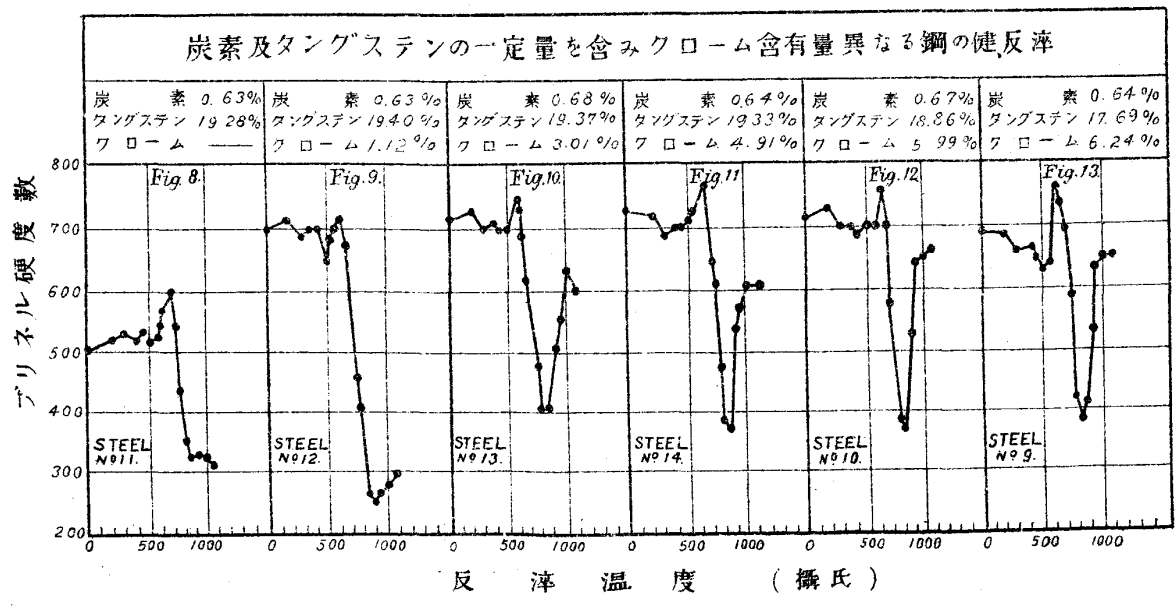
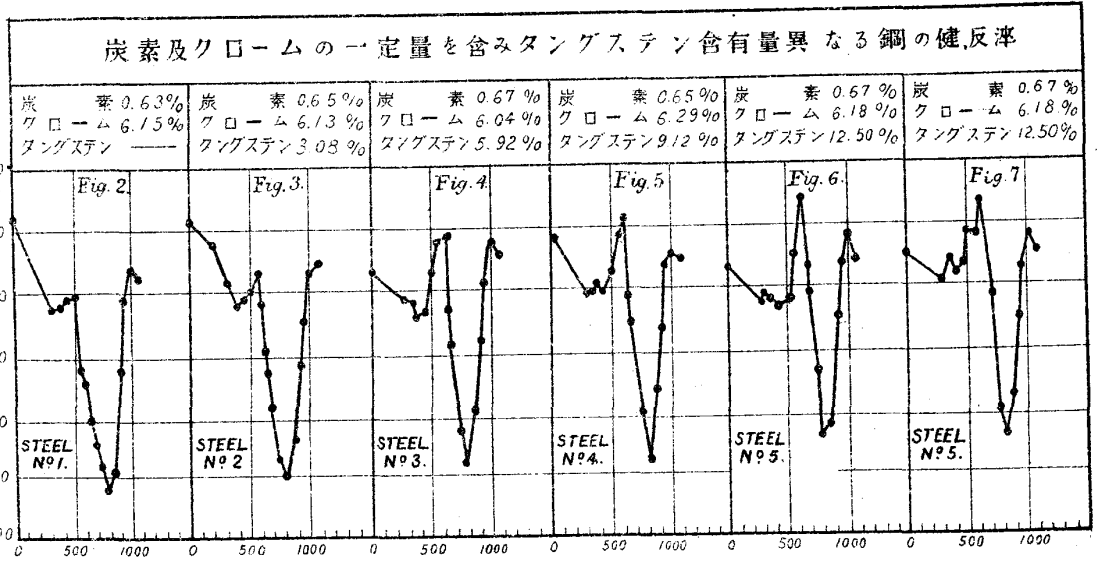
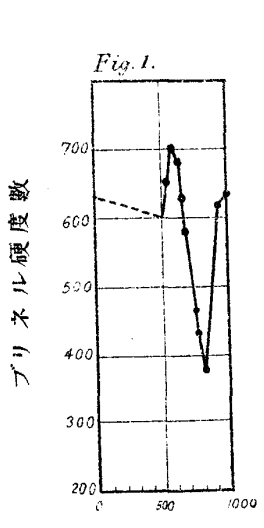
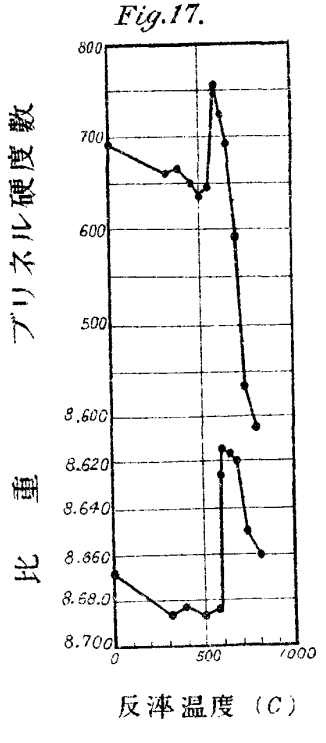
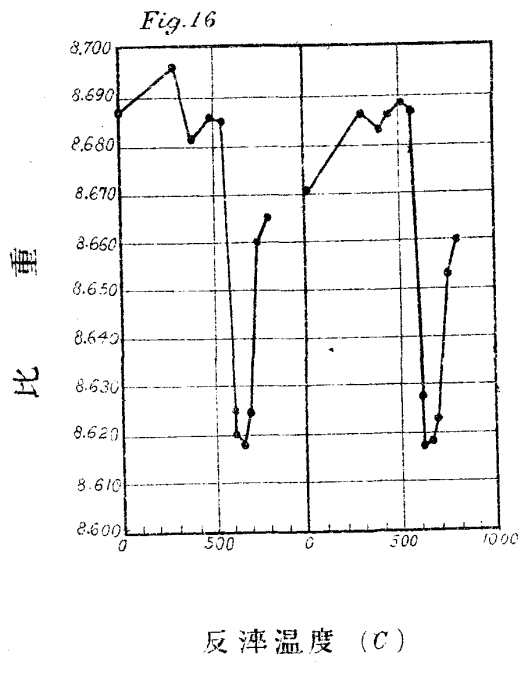
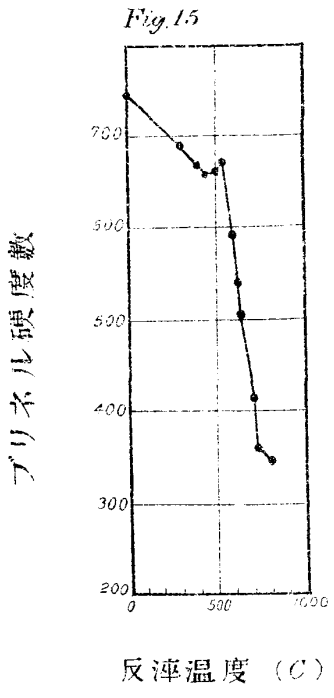


高速度工具鋼の健、反淬に及ぼすクロム並タンゲステンの影響

附圖

鐵と鋼

第二年第四號



No. IV	第九號鋼塊氏五八九度に反淬したるもの、一五〇倍	(縮寫)
	No. V—No. VIII 高速度鋼の反淬組織	
No. V	第九號鋼塊氏六三八度に反淬したるもの、一五〇倍	(縮寫)
No. VI	第九號鋼塊氏七八四度に反淬したるもの、一五〇倍	(縮寫)
No. VII	第九號鋼塊氏八八四度に反淬したるもの、一五〇倍	(縮寫)
No. VIII	第九號鋼塊氏九八六度に反淬したるもの、一五〇倍	(縮寫)
	No. IX—No. XII 高速度鋼の過熱及反淬組織	
No. IX	健淬中過熱したるもの、一五〇倍	(縮寫)
No. X	同上攝氏三〇二度に反淬したるもの、一五〇倍	(縮寫)
No. XI	同上攝氏四四五度に反淬したるもの、一五〇倍	(縮寫)
No. XII	同上攝氏七八四度に反淬したるもの、一五〇倍	(縮寫)

(以下次號)

●鋼中に於ける窒素の影響 (The Iron Age)

獨逸國クルップ工場に於ける獨人研究の結果

T I 生

鋼中に於ける窒素の影響たるや、其問題極めて學者専門家等の興味を惹きし事なれと現今に至るまで之れに對し確たる説明を與へしもの少なかりしか、近時獨逸エッセン市なるクルップ工場物理化學試験所長ベー、ストラウス氏 (Dr. B. Strauss) の研究せし結果を見るに、極めて興味津津たるものあるへければ、今雜誌スタール、ウント、アイゼンに現はれたるものより一部拔萃し見る所あるへし。

窒素の鋼中に於ける影響の研究を始めて行ひしは一九一一年の事にして當時ストラウス博士は主として電氣鍛接板の接合部の有する組織他と異なりて特種の状態を呈せるを發見し、此れか解決を研究せり、即ち寫真第一圖に示せるか如く鍛接部に於て極微なる針狀様の組織フェライト中に現はれたるを見る、同様の組織は亦窒素を含める軟鋼試料中にも現はれ茲に於て同様な針狀結晶に對し窒素の影響たるへしとの觀念を以て着々研究の歩を進めたり。