

曲肱軸の捻扭鍛造法並に其の材質に及ぼす影響に就て (承前)

沖 信 治

九 顯微鏡寫眞

總て顯微鏡試料は二分の一時角とし焼鈍せざるもの及び焼鈍したる各曲肱軸の捻扭部及び不捻扭部より採取し(第四十二圖參照)手仕上げ及び研磨砥にかけて研磨し、而る後ピクリック酸を用て腐せ

甲 材

寫眞第一圖は焼鈍せざる甲材不捻扭部軸と平行面第二圖は同しく斷面の寫眞にして、白色部はフェーライト粒にして黑色部は炭素含有組織パーライトなり。捻扭の儘のもの即ち焼鈍せざるものは既に第四項に於て述べたるか如く兩曲肱間を捻扭するに當り曲肱軸全體を約九百五十度に熱したり。而して不捻扭部に有つては只如斯高溫度に露出されたるのみにて其後何等の加工も享けざるを以て鋼材組織を構成する所の其の結晶粒は溫度及び時間の成函數を以て成長したる爲め著しく粗鬆の組織を呈し幾分過熱の傾向を顯せり。

第三圖は焼鈍したるものに於ける不捻扭部軸に平行面第四圖は同しく斷面の寫眞にして焼鈍したるものにあつては遊離フェーライトの領域を増加し且其の分布狀態も前者に比し餘程一樣のものとなれり。此組織上に顯れたる狀態のみに就て判斷すれば材料試験に於ける甲材不捻扭部に有つては焼鈍せざるものに比し延伸率に於ては遙かに増加するを至當の如く得はれたれとも實際試験の成績に於て却つて強力延伸率共に減少せり之れ繰り返し加熱せること及び幾分高溫度に長く晒

したる爲めニツケル鋼の特質を示せるものなり。

第五圖は焼鈍せざるものに於ける捻扭部軸に平行面、第六圖は同しく断面の寫眞なり。之等を不捻扭部第一及第二圖のものと比較するに著しく微細組織を呈せり。之れ全く捻扭の影響にして捻扭作業はオーステナイト相よりフェーライトの遊離續行中に渡つて施されたるものにして、其の軸に平行面寫眞に有つてはフェーライトは幾分連續狀を示し捻扭の痕跡を窺ひ得可し。然れとも之等微少組織狀態は必ずしも獨り捻扭にのみ歸する能はず、捻扭中曲肱軸の溫度は次第に降下し臨界範圍内否其以下に降下したる事ある可し、之を不捻扭部に於ける材料試験の結果と比較するに強力延伸率共に減少せること全く應力の存在に因るものなり。

第七圖は焼鈍を施したる捻扭部軸に平行面、第八圖は同しく断面の撮影なり。焼鈍に際しては充分内部應力を除去し且捻扭部組織の研究上には幾分高溫度に比較的長時間晒す方却て好都合ならんと思惟し、甲乙兩材共普通の焼鈍溫度よりも稍々高溫度に且長時間焼鈍を施行せること既に前項に於て之を述べたり。之等七、八圖は大なる組織を有す之を焼鈍せる不捻扭部第三、四圖のものと比較する時は大に其組織結合の狀態を異にせり、殊に軸に平行面組織に至つては恰もゴーストラインに於けるか如くフェーライトは直線狀に集合しローリングを享けたるバーに於て認むる平行面組織に髣髴たり。蓋し捻扭作業はフェーライト粒に捻扭のモーメントを與へフェーライトを延長せしむると同時に加工力に對して之を平行狀に排列せしめんとする傾向を與ふるものならん。焼鈍はフェーライトに移動集合の自由を與ふるを以て益々其の本能を満足せしめ寫眞に見るか如き狀況を發揮するに至れるものなり。材料試験の結果に於て焼鈍を施したる捻扭部は捻扭したる儘のもの即ち焼鈍せざるものに比し強力延伸率共に増加せり、而して之等を同しく焼鈍をなしたる不捻扭部と比較するに強力延伸率共に殆んど同様の成績を示せり。

乙 材

寫眞第九圖は燒鈍せざる曲肱軸に於ける不捻扭部軸に平行面、第十圖は同しく斷面の寫眞にして所謂パーリチツクニツケル鋼の特徴組織を示せり。白色部はフェーライト、黑色部はパーライトなり。炭素含有量甲材に比して少く従つてフェーライトの領域の増加せることを認め得可し。前節甲材の場合に於けると同様捻扭に當り曲肱軸全體を九百五十度位に熱したるを以て是亦粗大の組織を呈せり。

寫眞第十一圖は燒鈍を施したる曲肱軸に於ける不捻扭部軸に平行面、第十二圖は同しく斷面に於て燒鈍の結果フェーライトは凝集粒狀となれるも本材に有つては幾分高溫度に於て燒鈍の爲め粗大の組織を呈せり。之を燒鈍せざるものに比し材料試験の結果に於て強力延伸率共に些少なから減少せる事實は甲材の場合に於て述べたると同一理由に依るものならん。

第十三圖は燒鈍せざる曲肱軸に於ける捻扭部平行面、第十四圖は同しく斷面の寫眞なり。本材に於ては捻扭作業を終了せる時は甲材に比して遙かに高溫度なりしことは組織の有様より容易に推察し得可し。斷面組織に有つては捻扭の影響明かならざれども其の平行面組織に有つては幾分フェーライトの連續延長の有様を認め得可し。材料試験の成績に於て不捻扭部の其れに比し強力延伸率共に少きこと全く甲材の場合と同様捻扭應力の存在に歸せざる可らず。

第十五圖は燒鈍したる曲肱軸に於ける捻扭部軸に平行面、第十六圖は同しく斷面の寫眞なり。甲材の場合と同様に其の平行面組織はフェーライトの直線狀に延長集合せることを明かに認め得可し。材料試験の結果に於ては燒鈍せざるものに比し強力に於て僅に劣り延伸率に於て増加せり。而して之等を同しく燒鈍せる不捻扭部の強力及び延伸率とにつき比較するに殆んど同様の成績を示せり。

丙 材

丙材及び丁材に有つては各四本宛の曲肱軸を作り各二本宛を丙材(イ)及び丙材(ロ)並に丁材(イ)及び丁材(ロ)と區別せり。捻扭に際し(ロ)印のものは(イ)印のものに比し稍々低温度に熱し比較的速かに捻扭せり。而して高温度に熱し徐々に捻扭する場合と其の材質に及ぼす變化の有無を知らんとせり。此所に掲けたる寫眞は丙材(ロ)印のものなり。

寫眞第十七圖は焼鈍せざる曲肱軸に於ける軸に平行面、第十八圖は同しく斷面の寫眞なり。本材は純炭素鋼にして白色部はフェーライト又黑色部はパーライト組織なり。炭素の含有量は乙材に比し更に少くフェーライトの領域益々増大せり。

第十九圖は焼鈍したる曲肱軸に於ける不捻扭部軸に平行面、第二十圖は同しく斷面の寫眞なり。焼鈍の結果はフェーライトは著しく集合増大し殊に其の平行面組織に有つては直線の縞狀に排列せることを認め得可し。之れ本材は他の甲、乙、丁材の如く鋼塊を鍛鍊して角材となしたるものに非ずしてロールに依つて引き延はしたる角材を使用したるものにして前述の如く一般にローリングされたる材料に於て認めらる如くフェーライトは加工の方向に延長せられ焼鈍の結果更に其の狀況顯著となれるものなり。不捻扭部に於ける材料試験の結果を比較せんに焼鈍せざるものに比し符號(イ)のものに有つては焼鈍したるものは僅かに強力に於て劣り延伸率に於て増加を示せり。又符號(ロ)のものに有つては焼鈍したるものは却つて強力延伸率共に減少せり。之れ前回屢々述べたるか如く之の不捻扭部は捻扭作業を行ふに當り何等の加工を享けず只高温度に熱せられたること及び焼鈍をなしたること即ち何等の加工を享けず繰り返し加熱の結果及び爐中冷却の割合緩かなりしに起因す可し。

第二十一圖は焼鈍せざる曲肱軸に於ける捻扭部軸に平行面、第二十三圖は同しく斷面寫眞なり。捻扭の影響を享けてフェーライトは一層甚たしく直線狀に集合せり。殊に其の一樣の方向に傾けるは

捻扭の方向を示すものをも認めらる、之を不捻扭部に於ける材料試験の結果と對照するに強力に於て僅かに増加し延伸率に於て減少せり。

第二十三圖は焼鈍をなしたる曲肱軸に於ける捻扭部軸に平行面、第二十四圖は同しく断面寫真なり。焼鈍の結果其の平行面に有つてはフェーライトの直線狀に集合の狀況更に一層顯著となれり又断面に有つては組織は幾分粗大の觀あれとも前者即ち焼鈍せざるものに比して均整なり。材料試験の結果は(イ)及(ロ)符號のものに於て何れも焼鈍せざるものに比し焼鈍せるものは幾分強力に於て劣り延伸率に於て増加せり、而して焼鈍せるものに於ける不捻扭部と捻扭部との材料試験の結果は(イ)及(ロ)符號のものとも強力に於て將た延伸率に於て殆んど同様の成績を示せり。

丁材

第二十五圖—第三十二圖は總て丁材(イ)符號の寫真なり。

第二十五圖は焼鈍せざる曲肱軸に於ける不捻扭部軸に平行面、第二十六圖は同しく断面又第二十七圖は焼鍛したる曲肱軸に於ける同しく不捻扭部軸に平行面、第二十八圖は同しく断面の寫真なり。焼鈍の結果フェーライトの移動集合の狀況顯著となり材料試験の成績に於て強力延伸率共に減少せり。

第二十九圖は焼鈍せざる曲肱軸に於ける捻扭部軸に平行面、第三十圖は同しく断面第三十一圖及び第三十二圖は焼鈍したるものゝ捻扭部平行面及び断面寫真なり。之等を不捻扭部と比較するに其の組織排列の狀態に於て著しき差異有り殊に平行面に於ける直線狀フェーライトの發達顯著なり。材料試験の結果に於て焼鈍せるものに有つては不捻扭部、捻扭部共に焼鈍せざる其等に比し強力に於て減少し延伸率は不捻扭部に有つて僅かに減し捻扭部に有つて幾分の増加を示せり、而して焼鈍後に於ける不捻扭部及び捻扭部の強力及び延伸率に至つては殆んど同様の成績を示せり。

丁材(イ)の組織は焼鈍前に有つては(ロ)のものに比し甚たしく粗大なり之れ鋼塊加熱の際、極部的に温度の差を生じたと材料採取の位置に依り冷却度に差有りしものなる可し。其の強力は前掲の如く(イ)材は弾性界に於て稍々劣る所有るも強力延伸率共に優秀なり焼鈍後に於ても同一傾向を持続せるは面白い現象と云ふ可し。即ち弾性界を高くせんとせばニツケルフェーライトの之の特性を利用するを可とす。

十 臨界點の測定

臨界點測定に供したる各試験材より採取せる試料は十耗角、長さ三十五耗のもの二個にして、其の一方のものにはサーモカップル線を挟む爲め  圖の如く試料の一方の面に交叉せる小溝を穿ち之れにサーモカップル線を入れ而して他の試料の上に重ね其の周圍を雲母を以て包みたるものを小さき磁性坩堝内に入れ試料の周圍を木炭末にて填充したる後之をマッフル爐中にて熱しエレクトリックバイロメーターを用ひて其の臨界點を測定せり。第五十圖、五十一圖曲線は冷却曲線なり。

附圖曲線より臨界點を推定すれば次の如し。

第 參 表

臨界點		材 料 の 種 類			
		甲材	乙材	丙材	丁材
$\begin{matrix} \text{Ar}_3 \\ \text{Ac}_3 \end{matrix}$	八二〇度	七四〇度	七七〇度?		
$\begin{matrix} \text{Ar}_2 \\ \text{Ac}_2 \end{matrix}$	七四〇度	六八〇度	七五〇度?	七〇〇度	
$\begin{matrix} \text{Ar}_1 \\ \text{Ac}_1 \end{matrix}$	六九〇度 七五〇度	六四〇度 七五〇度	六八〇度 七五〇度	五五〇度 六〇〇度	

茲に臨界點 Ar_1 は過剰のフェーライトを遊離し盡したる所のオーステナイトのパーライトに變

化の點にして AC_1 は其の逆現象即ちパーライトの先つオーステナイトに變化す可き點なるを以て其の狀況最も顯著に曲線上に認め得可きも $Ar_2 (AC_2)$ に至つてはオーステナイト中よりフェーライトの析出する點にして其のエンナージは前者に比し少く従つて著明ならす $Ar_3 (AC_3)$ に至つては更に一層不明瞭なり。

今之等のものを諸大家の發表せられたる此種臨界點と比較すれば如の如し。

炭素鋼	ニッケル鋼	ニッケル鋼	ニッケル鋼	クローム鋼
0.17%—0.24% C	0.5% Ni	2% Ni	2.95% Ni 0.12% C	0.49% Cr 0.15% C
Ar_3 AC_3	—	—	—	—
八三七度	—	—	—	—
Ar_2 AC_2	—	—	—	—
七六二	—	—	—	—
Ar_1 AC_1	—	—	—	—
六九三度	六九〇度 七四五度	六三〇度 七三〇度	六三四度 六三二度	六三〇度—六七〇度

之等の結果と本實驗の結果とを比較對照する時は多少の差異有れとも之れ成分に於て全然符合せざるを以て先つ大同小異と云ふ可し、即ちニッケル二%含有の爲めに臨界點は三十度乃至五十度を下くることを證明し得たり。

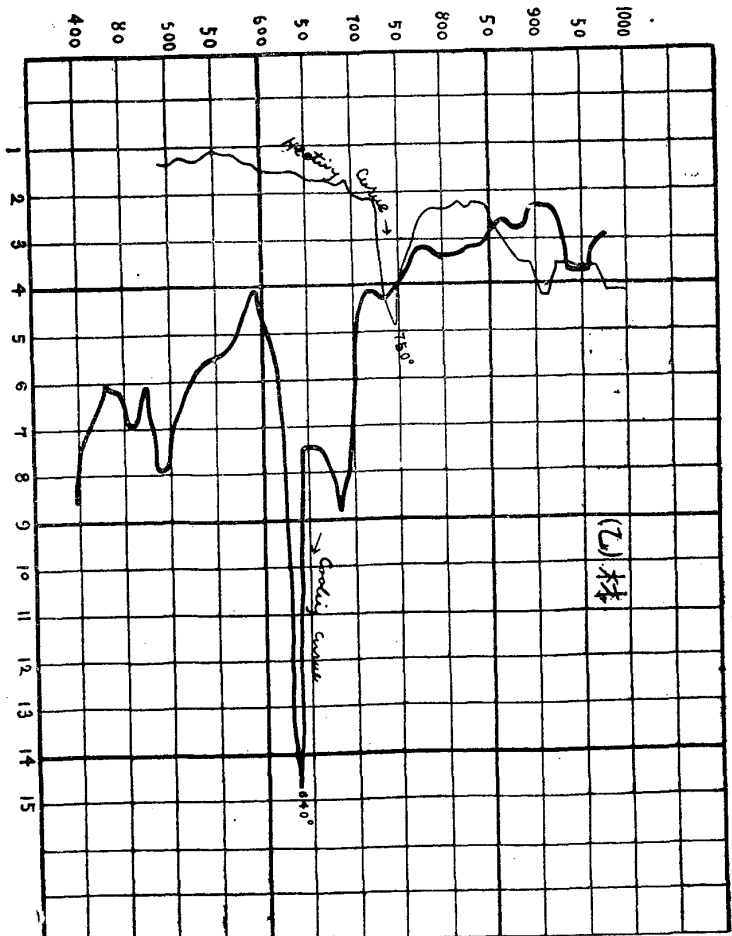
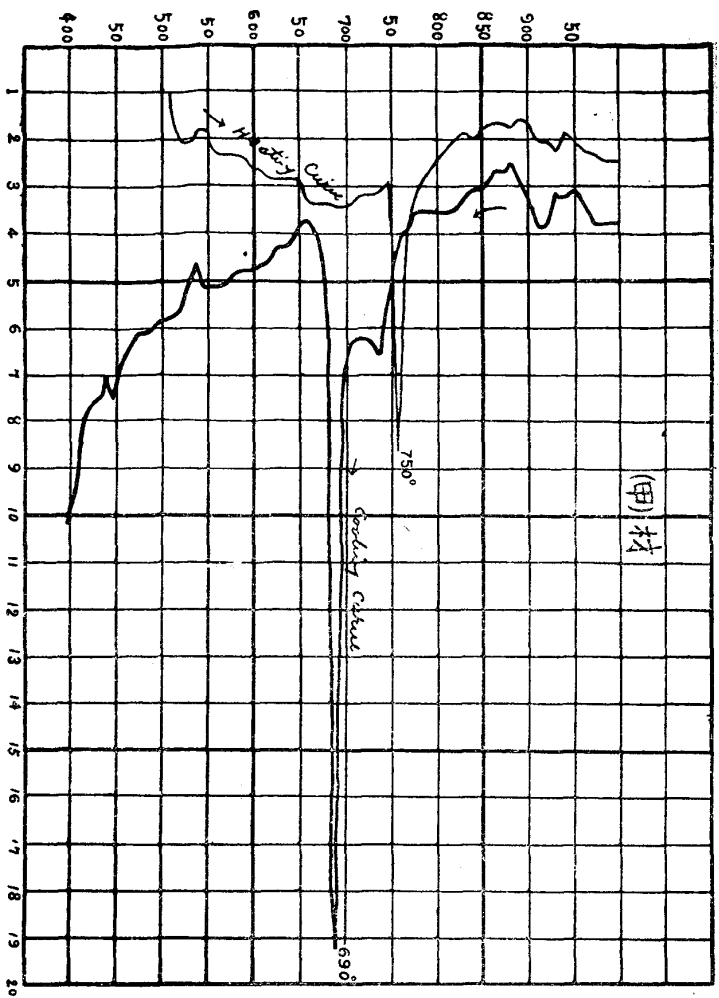
之等の數字より判斷する時は實際加熱に際しては八百五十度、焼鈍に際しては七百度以上に於て充分なることを確定し得可し吾人の鍛工法に於て材質を變化せしめんには之の最初の加熱溫度及び焼鈍溫度を變更することに依り更に材質を調節し得ることの容易なるを知り得たり、前述せる焼鈍溫度は之等の結果に基きたるものなり。

十一 鋼塊鍛縮度と材質との關係

曲軸軸の捻扭加工試験に先んして鍛壓に依り鋼塊の斷面を漸次鍛鍊縮小する時は其の縮小の度

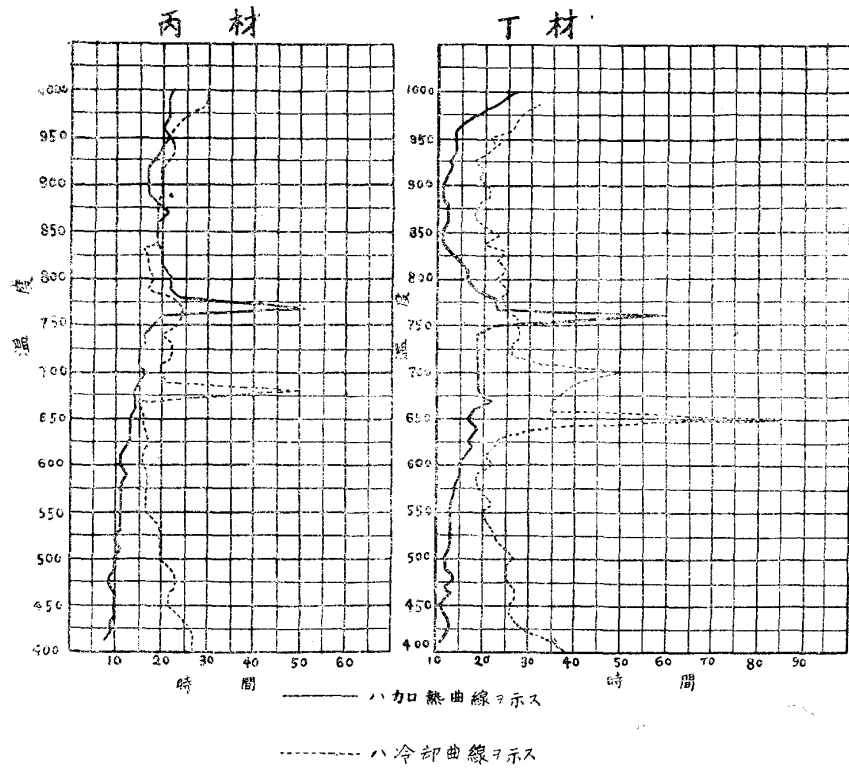
第五十圖

Thermal Analysis of Steel.



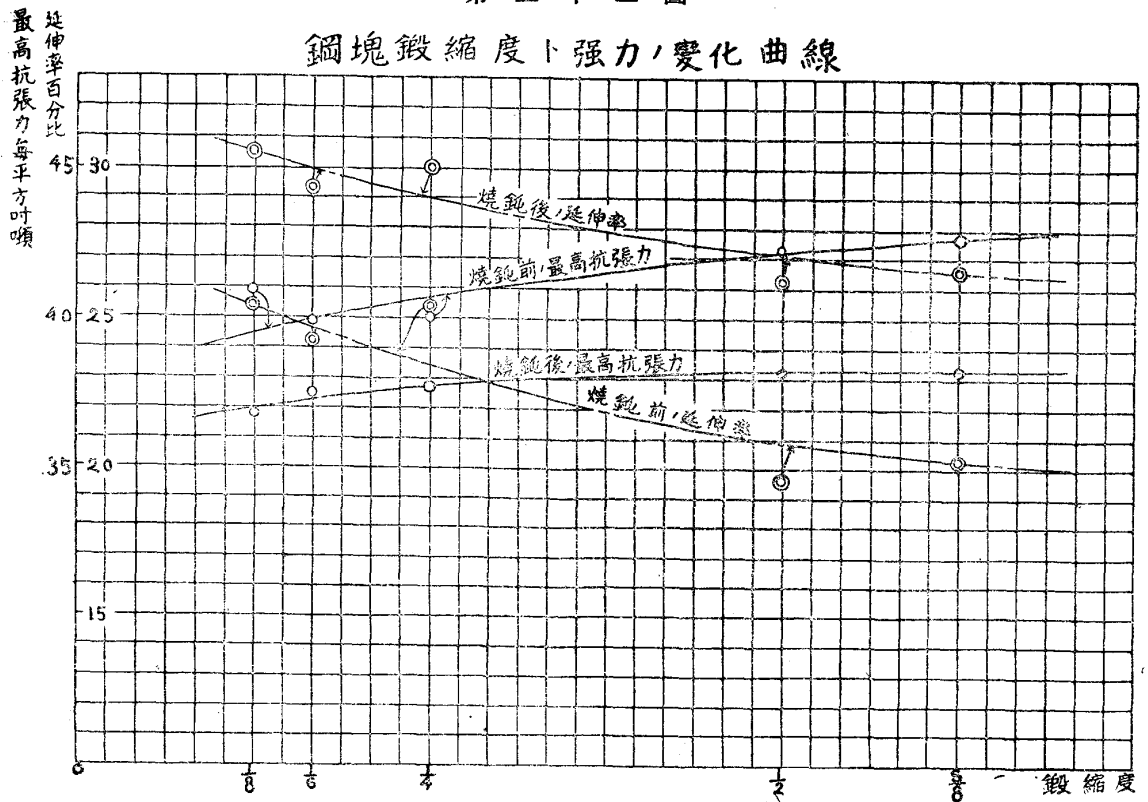
太線 冷却線
細線 加熱線

第五十一圖



第五十二圖

鋼塊鍛縮度ト強力ノ變化曲線



と材質とは如何なる關係を有す可きかを調査する爲めに次の如き實驗を施行せり。

(イ)供試鋼材の化學成分

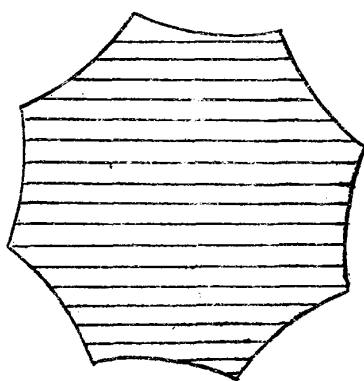
炭素	0.31	硅素	0.01	滿俺	0.01	磷	0.007	硫黃	0.010	ニッケル	0.007	クロム	0.04
----	------	----	------	----	------	---	-------	----	-------	------	-------	-----	------

(ロ)鍛鍊の方法概略

試験に供したる鋼材は圖に示すか如く切斷面の形狀八角、重量三噸鋼塊にして先づ之の鋼塊を加熱して其の頂部及び底部より不良部分を切り捨て残りの材料を攝氏約千二百度近くに熱し之を鍛鍊して十五時四分の一の角に延へ其より長さ十時のものを切り採り、次に残りの材料を更に前回と同様の溫度に熱し之を更に鍛鍊して十三時八分の三角、何れも長さ十時のものを切り採りたり。採り順次加斯九時八分の五角、六時四分の三角、何れも長さ十時のものを切り採りたり。焼塊より打ち延へたる各角材の大きさと鍛縮度との關係は次の如し。

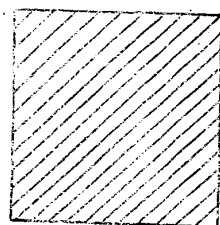
第四表

供試鋼塊の斷面形狀



斷面積三七五平方吋

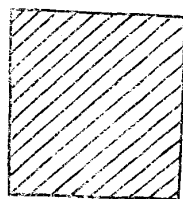
同鋼塊を打ち延はしたる角材の大きさ



鍛縮度

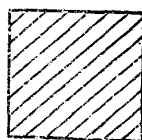
$15\frac{1}{4}$ 角

$\frac{5}{1}$



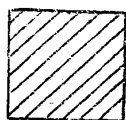
$13\frac{5}{5}$ 角

$\frac{1}{2}$



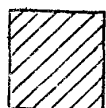
$9\frac{5}{8}$ 角

$\frac{1}{4}$



$7\frac{7}{8}$ 角

$\frac{1}{6}$



$6\frac{3}{4}$ 角

$\frac{1}{8}$

延はる角鋼の断面比
打ち延の角材の
打ち材積塊積

鍛鍊中は務めて鍛鍊度を齊一に且加熱溫度及び最後の仕上溫度を一樣ならしむることに注意せり、然れとも經驗上の色合に據つての測定溫度なるを以て各々の場合に於て多少溫度の高低を免れず又實際に於て之等の溫度を全く同様ならしむること殆んど不可能なり、尙各種成分を異にせる鋼材の鍛縮度と強力及び延伸率との關係に就ては更に項を改めて發表するの機會有る可し。

(ハ)試験片採取位置及び焼鈍法に於て

凡て鍛造品は同一成分の鋼材に有つても徑の大小形狀の如何により焼鈍溫度に晒す時間を加減せざる可らず殊に本目的の如き比較研究に當つては之のこと最も必要なりと思惟し各鍛縮材は機械にかけて何れも六時八分の五の角に削り第四十九圖に示すか如く試験片採取の位置を一定し先づ焼鈍前即ち鍛鍊の儘のものより各試験片を採取したる後何れも一樣の狀況下に焼鈍を施行せり。

(ニ)材料試験成績

焼鈍前のもの

第五表

鍛縮度	標點間	彈性限度 (每平方吋噸)	最高抗張力 (每平方吋噸)	斷面收縮 %	延伸率 %
八分の五	$\frac{2}{2}$	三〇、八五 二八、五三	四三、〇三 四二、三五	三一、二九 四九、九〇	二、八八 一八、七五
平均	$\frac{2}{2}$	二九、六八五	四二、六九〇	四〇、五九五	二〇、三二五
二分の一	$\frac{2}{2}$	二九、二一 二九、三四	四三、一五 四二、二三	四〇、二九 三四、〇七	三、八八 一七、一九
平均	$\frac{2}{2}$	二九、二七九	四三、一九〇	三七、一八	一九、五三五
四分の一	$\frac{2}{2}$	二七、一七 二六、八二	三九、五一 四〇、五五	五一、六三 四九、九六	二五、六 二五、〇〇

燒鈍後のもの

鍛縮度

標點間

彈性限度

(每平方吋噸)

最高抗張力

(每平方吋噸)

斷面收縮

%

延伸率

%

平均

2 1/2

二六、九九五

四〇、〇三〇

五〇、七九〇

二五、三九〇

六分の一

2 1/2

二八、〇〇六
二六、五八三九、四七
四〇、三九四六、八〇
四六、九二二五、〇〇
二三、四四

平均

2 1/2

二七、五三〇

三九、九三〇

四六、八六〇

二四、二三〇

八分の一

2 1/2

二七、一八
二八、六四四〇、七三
四一、〇六五三、八〇
五三、七五二五、七九
二五、〇〇

平均

2 1/2

二七、九一〇

四〇、八九五

五三、二七五

二五、三九〇

八分の五

2 1/2

二四、八二
二三、七四三八、五五
三八、二一三五、五一
四三、一六二六、五
二六、五

平均

2 1/2

二四、二八〇

三八、三三〇

三八、八三五

二〇、五〇

二分の一

2 1/2

二三、五八
二三、六六三八、五九
三七、八七四三、二三
四五、六〇二六、五
二五、七六

平均

2 1/2

二三、六三〇

三八、三三〇

四四、四一五

二六、一七〇

四分の一

2 1/2

二三、五八
二四、〇二三七、五五
三七、八七五二、三〇
五二、六八三〇、四六
二九、六八

平均

2 1/2

二三、八〇〇

三七、七一〇

五二、四四〇

三〇、七〇

六分の一

2 1/2

二四、五一
二四、〇二三七、六五
三七、四七五二、七五
五二、四五二九、六八
二八、九〇

平均

2 1/2

二四、二六五

三七、五六〇

五二、六〇〇

二九、二九〇

八分の一

2 1/2

二三、五〇
二三、五八三六、九九
三六、五九五二、九二
五二、三三二九、六八
三一、二五

曲肱軸の捻扭鍛造法並に其の材質に及ぼす影響に就て

平均 2.1

三〇〇〇

三六七〇

五三二五

三〇四六五

(ホ)鋼材鍛縮度と強力の變化曲線

第五十二圖曲線は試験材の切斷面積(平方吋)を横座標とし最高抗張力(毎平方吋噸)及び延伸率(%)を縦座標とし材料試験の結果より得たる前掲最高抗張力及び延伸率の平均値を採りて畫ける所の曲線なり。之れに依つて見れば本材に有つては鍛鍊度の増加に従つて概して抗張力を減し延伸率の増加現象を示せり。而して焼鈍後のものは焼鈍前のものに比して甚たしく抗張力を減し延伸率の増加を示せり。之れ焼鈍前のものに有つては鍛縮加工の爲め粒形に至みを生し分子構造の凝結力を減し應力の爲めに本來の良性を失ひし爲めなり。即ち荷重のエネルギーは之等變質組織間に存在し分子は之か爲め自由の狀態に復するを妨けらるゝに反し焼鈍作用は荷重に起因する内部應力を除去し分子は本來の活動を以て其の本性を發揮して遂に圓滑なる自由組織に恢復し粒の緊着面は曲線狀に近づき融着力に富み粒狀に變し得るか爲めなり。附個「鋼塊鍛縮度と強力の變化曲線」參照)

(ヘ)顯微鏡寫眞

寫眞第四十一圖より第四十五圖は鍛縮度八分の五より八分の一に相當する鍛鍊したる儘の斷面なり。

寫眞第四十六圖は前記鋼塊を僅かに鍛鍊したる儘の平行面。

寫眞第四十七圖より第五十一圖は鍛縮度八分の五より八分の一に相當する鍛鍊の儘の平行面なり。

(ト)材料試験及び檢鏡試験の概括

材料試験及び顯微鏡試験の結果に依つて判斷するに鍛鍊の儘のものに有つては鍛縮度の増すに従ひて組織稍々小となり強力に於ては大差なきも延伸率に於て遙かに増大せり。之れ鍛鍊に際し鍛

壓の爲めに打撃仕事の一部は熱に變化し材質を調節することゝなれるにより如斯ものを焼鈍して加工の應用を除去したるものに有つては一般に強力を失ひ延伸率を増加せり。就中鍛縮度の大なるもの程著し之れ鍛工の際に受けたる應力最も甚たしき爲め焼鈍の結果満足なるフェーライトの集合を生したるに據る。概して焼鈍は鍛工品に對し必要にして特に延伸率を増加するに甚た有效なり。而して本研究の結果より判斷するに鍛縮度少く其の鍛鍊せる儘のものに有つては強力延伸率共に不同を免れず之れ全く鍛工の不充分なるに基くものなり。換言すれば鍛鍊の効果充分ならざる爲め組織の均等を缺くか故なり。之を要するに延伸率の高きことを欲すれば適當の鍛縮を施すことの必要なるは明かなる事實なり。而して此材質強弱と加工とを考へて鍛縮度を定めざる可らず。

十二 熱處理と材質との關係

同一の化學成分を有し且同様の加工を受けたる鋼材にして之か焼鈍溫度及び冷却の狀況如何により材質に幾多の差異を生す可し。前掲曲線軸の捻扭に際しては全體を約九百五十度に熱し捻扭後鍛造したる數の各半數は之を熱鈍せしこと既記の如し。之等を他の焼鈍の種々なる場合と比較するの目的を以て焼鈍溫度より油中、水中、大氣中及び爐内冷却の四方法を施行せり。試験に供したる鋼材は前掲乙材に類似のものにして其の化學成分は炭素〇・二二%、硅素〇・一二%、滿俺〇・四八%、磷〇・四〇%、硫黃〇・〇三%、ニッケル二・二二%、クロム〇・二六%のものにして鍛鍊中は毎加熱溫度を千二百度位とし加熱すること四度最後の鍛鍊に於て四吋角に打ち延へ其の中央部より長さ十一吋のものを八個切り採り次の如き熱處理實驗を行へり。

(イ) 焼鈍方法

第 六 表

曲線軸の捻扭鍛造法並に其の材質に及ぼす影響に就て

符號

保留時間

保留時間

備考

加熱溫度
(第一回熱處理)燒戻溫度
(第二回熱處理)

第一回熱處理の儘爐中に冷却

第一回熱處理のものを直ちに大氣中に放冷後
第二回熱處理施行第一回熱處理のものを直ちに油中に冷却後第
二回熱處理施行第一回熱處理のものを直ちに水中に冷却後第
二回の熱處理施行

符號(1)の處理に同じ

符號(2)の處理に同じ

符號(3)の處理に同じ

符號(4)の處理に同じ

(口)材料試驗成績

第七表

符號

標點間

彈性限度
(每平方吋噸)最高抗張力
(每平方吋噸)延伸率
%

屈曲試驗

(一) 八一〇度

五〇分

六四〇度

二時間

(二) 八一〇度

五〇分

六四〇度

二時間

(三) 八一〇度

五〇分

六四〇度

二時間

(四) 八一〇度

五〇分

六四〇度

二時間

(五) 八三〇度

五〇分

六四〇度

二時間

(六) 八三〇度

五〇分

六四〇度

二時間

(七) 八三〇度

五〇分

六四〇度

二時間

(八) 八三〇度

五〇分

六四〇度

二時間

(一) 22 22 22

22,400
22,400
22,40035,560
35,560
35,56028,120
28,120
28,120180度
180度
180度

平均 22

22,800

35,855

28,120

180度

(二) 22 22 22

22,170
22,170
22,17033,670
33,670
33,67024,370
24,370
24,370180度
180度
180度

平均 22

22,105

34,330

23,590

180度

(三) 22 22 22

23,300
23,300
23,30036,830
36,830
36,83031,250
31,250
31,250180度
180度
180度

平均 22

23,965

36,840

31,250

180度

(四) 平均 21 26.67 38.43 28.12 180度
 27.23 37.85 32.35 180度

平均 21 27.945 38.140 29.685 180度

(五) 平均 21 25.34 37.53 26.55 180度
 24.23 37.84 26.55 180度

平均 21 24.785 37.685 26.560 180度

(六) 平均 21 21.72 35.81 26.55 180度
 20.24 37.18 26.55 180度

平均 21 20.980 36.495 26.560 180度

(七) 平均 21 24.51 37.48 28.12 180度
 25.58 39.03 26.55 180度

平均 21 25.045 38.255 27.340 180度

(八) 平均 21 26.55 37.17 28.12 180度
 27.62 38.47 28.12 180度

平均 21 26.990 37.830 28.130 180度

(ハ)顯微鏡寫眞

總て顯微鏡試料は試験片に於ける中央部に該當する位置より取れり。詳言すれば試験材を四つに縦斷したるものより二本宛の強力試験片を採り残りの縦斷片に於て恰も試験片の中央部に當る位置より檢鏡試料を採り他の残れる縦斷片は屈曲試験用に充てり。檢鏡試料は機械仕上後更に手仕上を施し然る後研磨砥にかけて照射面を充分平滑となしピクリツク酸五パーセント、アルコール溶液を用ひて腐蝕せり。

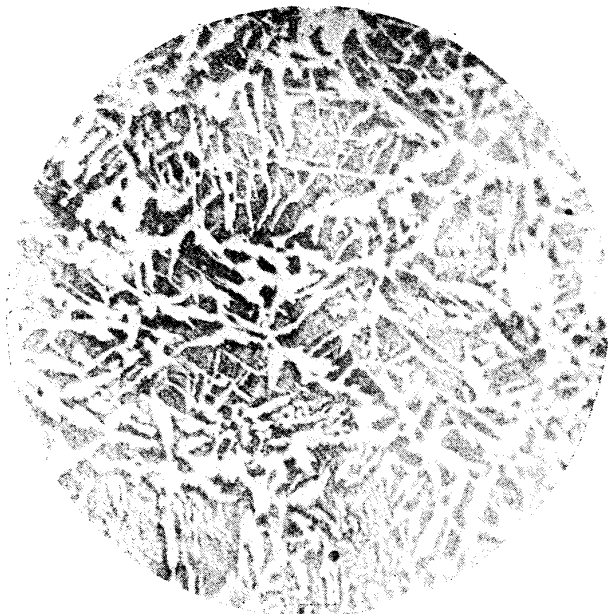
寫眞第五十二圖は加熱溫度八百五十度に於て五十分間保留後其の儘爐中に冷却したるものゝ斷

面組織にして白色部はフェーライト、黑色部はパーライトなり。之れ普通に見らるゝ焼鈍組織にして冷却の割合緩慢なる爲め遊離フェーライトは充分に結晶粒の境界面に集り結晶質は互に凝集結合し以て粗大のフェーライト粒を構成せるものなり。之を曲軸軸の場合に於ける第十二圖のものと比較するに尙幾分細組織を呈せり。之れ前者は焼鈍温度高く且冷却の割合更に遅緩なりしに基くものなり。

寫眞第五十三圖は焼鈍温度八百十度保留時間五十分後爐中より取り出し大氣中に放冷後更に六百四十度に加熱し二時間保留したるものゝ断面組織なり。爐中冷却のものに比し臨界範圍を通過する冷却の割合速かなるものなり。然れども此の間フェーライトは充分に遊離せられたることを認め得可し。只遊離せられたるフェーライトは移動凝集の時間なく爲めに其の組織状態は前者に比し著しき相異を呈せり。而して其の材料試験の結果に於て幾分強力に於て劣り延伸率遙かに高きはフェーライトの遊離状態良好にして且比較的微細の組織に因るものとす。焼鈍組織として爐中冷却のものに比し遙かに優良にして從來の經驗に徴するも材質試験規格及び鍛造品の形状大小を考慮し焼鈍温度より一旦大氣中に放冷後更に低温度に加熱することは焼鈍法として好結果を得可し。本處理を施されたる組織は爐中冷却のものと油中冷却のもの即ち二重焼鈍を施したるものとの恰も中間組織を有し従つて兩者中庸の特徴を有す。

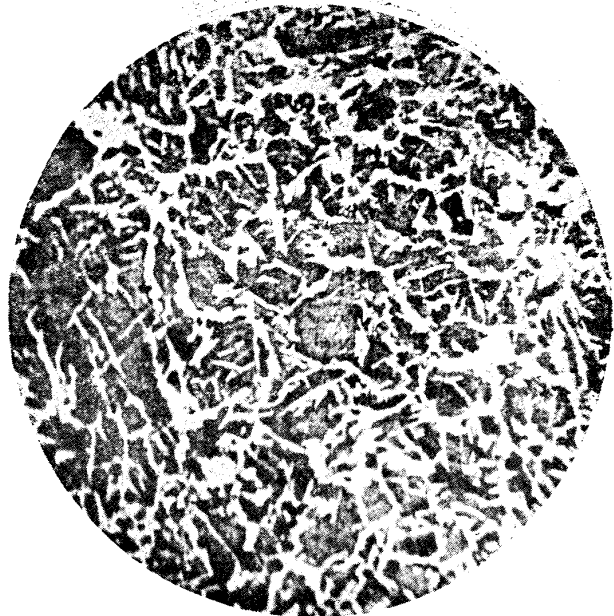
寫眞第五十四圖は焼鈍温度八百十度保留時間五十分後爐中より取り出し直ちに油の中に冷却し然後第二回の熱處理を施したる断面組織なり。白色部はフェーライトにして黑色部はソルバイトなり。之れ冷却に當り臨界範圍を通過する速度前者に比し更に速かなるためフェーライトの遊離状態不完全にして尙之のフェーライトは粒の境界面に排除せられ或は集合増大することなく微小の斑點として存在せることを認め得可し。

第 壹 圖



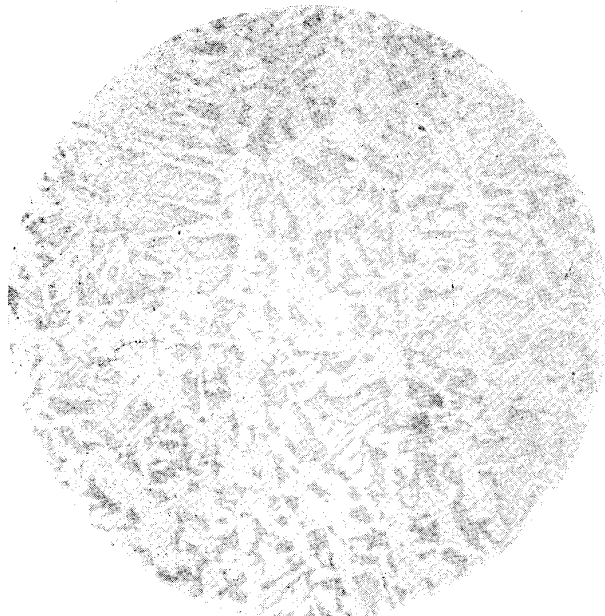
甲材 焼鈍セサル不捻扭部 平行面 70倍

第 貳 圖



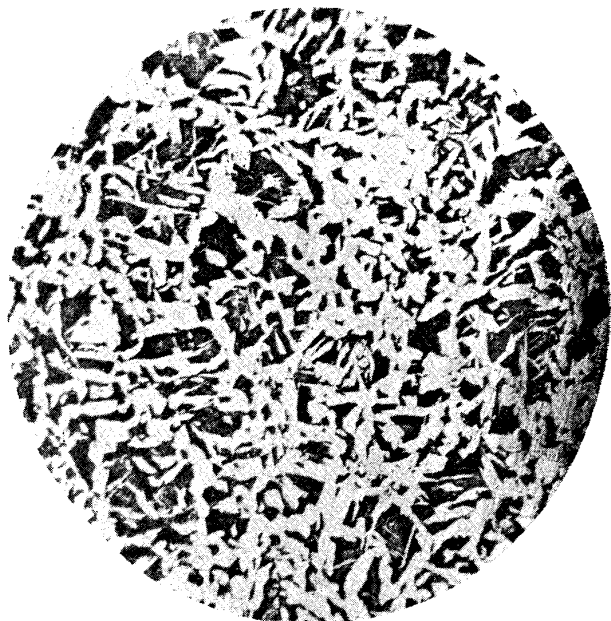
甲材 焼鈍セサル不捻扭部 断面 70倍

第 參 圖



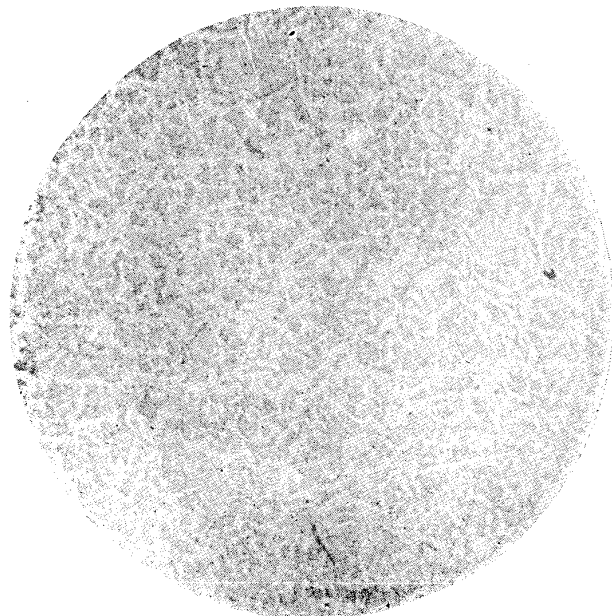
甲材 焼鈍セル不捻扭部 平行面 70倍

第 四 圖



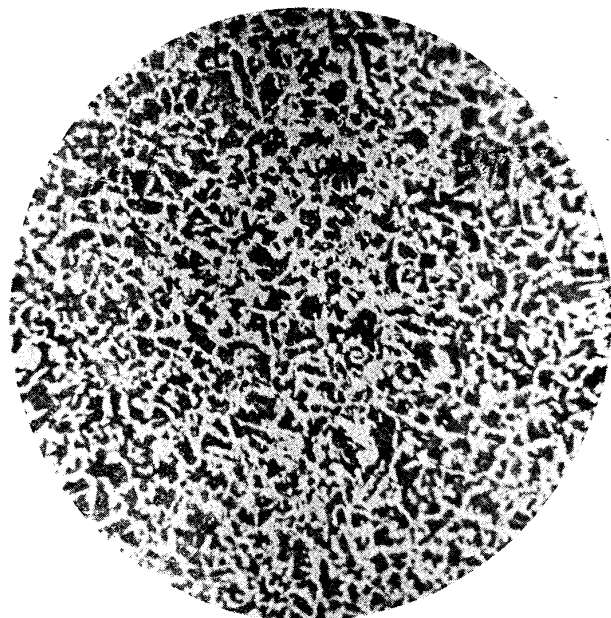
甲材 焼鈍セル不捻扭部 断面

第 五 圖



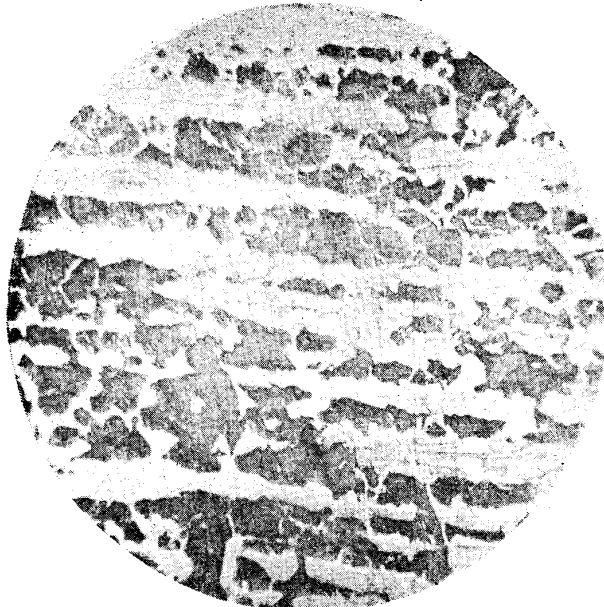
甲材 焼鈍セサル不捻扭部 平行面 70倍

第 六 圖



甲材 焼鈍セサル不捻扭部 断面 70倍

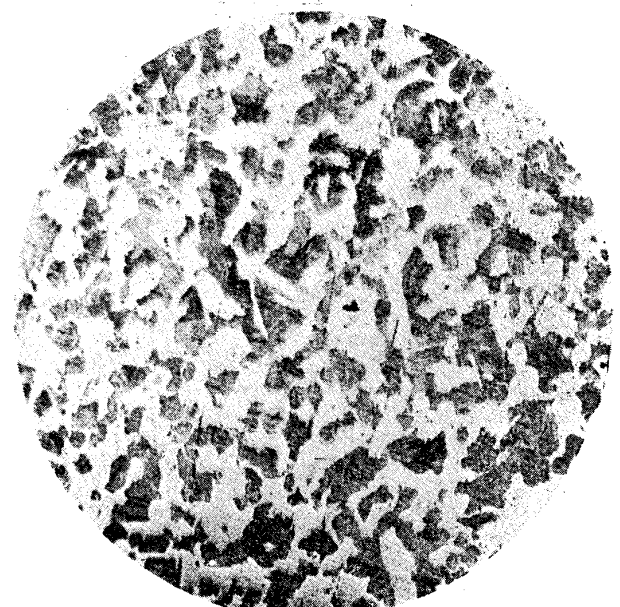
第七圖



甲材 焼鈍セル捻扭部 平行面 70倍

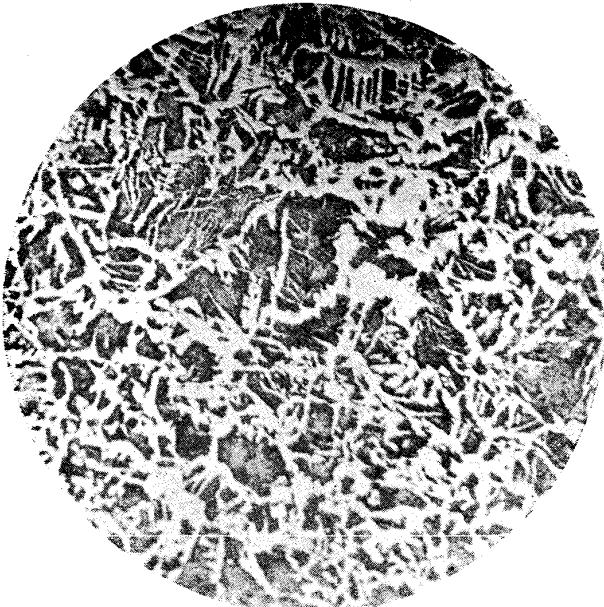
第九圖

第八圖



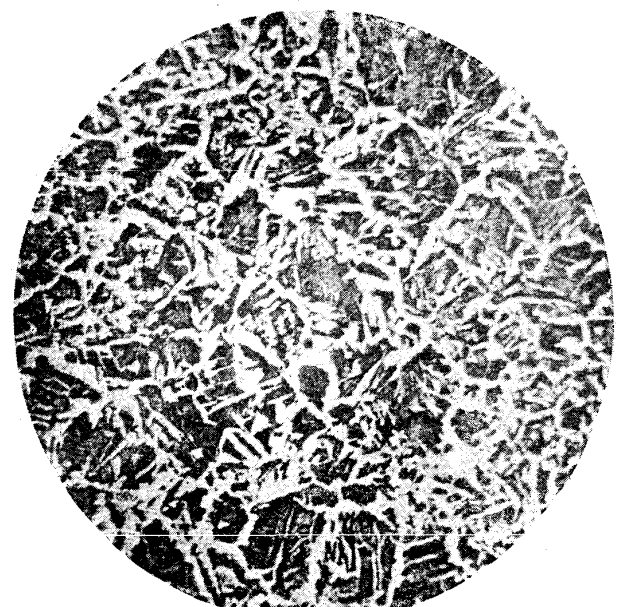
甲材 焼鈍セル捻扭部 断面 70倍

第十圖



乙材 焼鈍セサル不捻扭部 平行面 70倍

第十壹圖

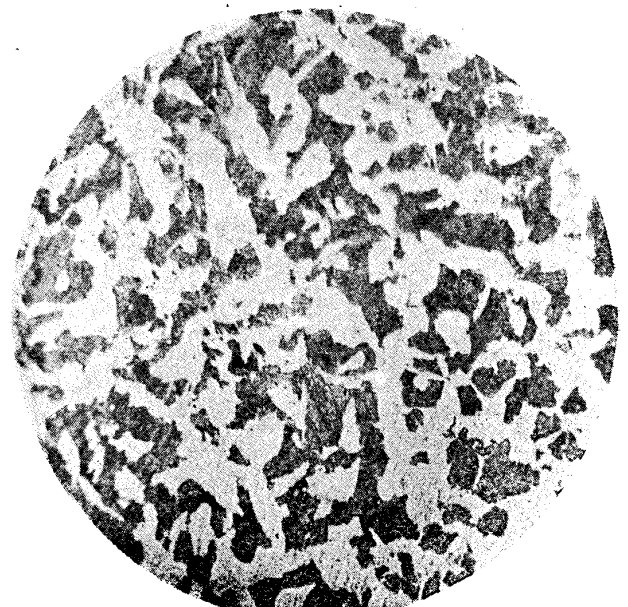


乙材 焼鈍セサル不捻扭部 断面 70倍

第十貳圖

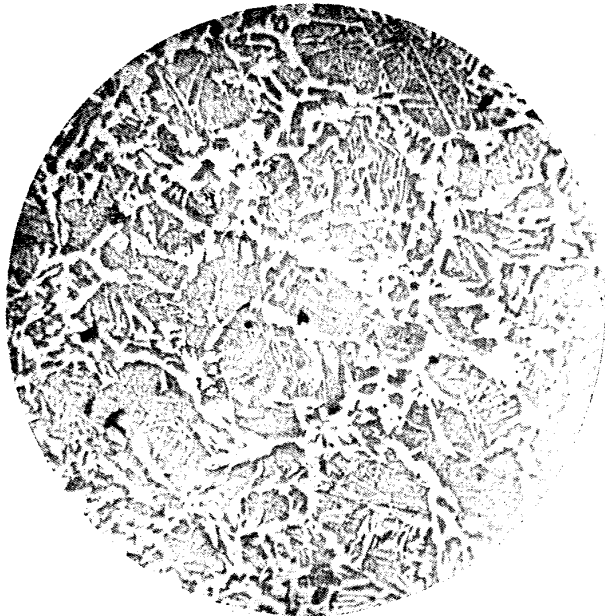


乙材 焼鈍セル不捻扭部 平行面 70倍



乙材 焼鈍セル不捻扭部 断面 70倍

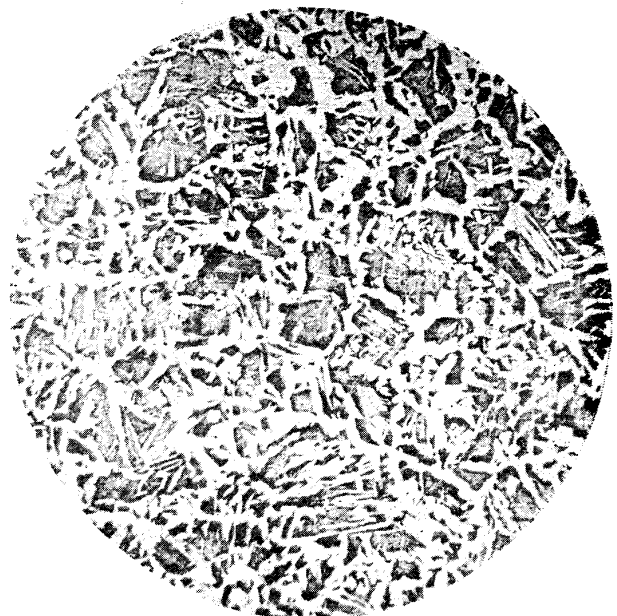
第 拾 參 圖



乙材 燒鈍セサル捻扭部 平行面 70倍

第 拾 五 圖

第 拾 四 圖



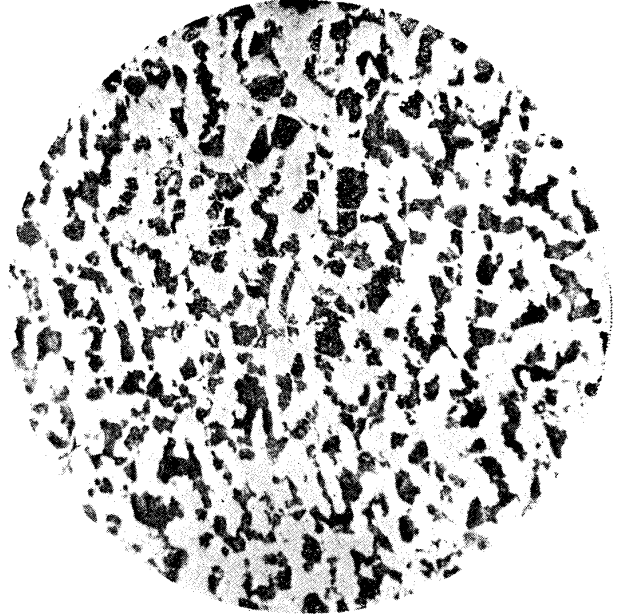
乙材 燒鈍セサル捻扭部 斷 面 70倍

第 拾 六 圖



乙材 燒鈍セル捻扭部 平行面 70倍

第 拾 七 圖

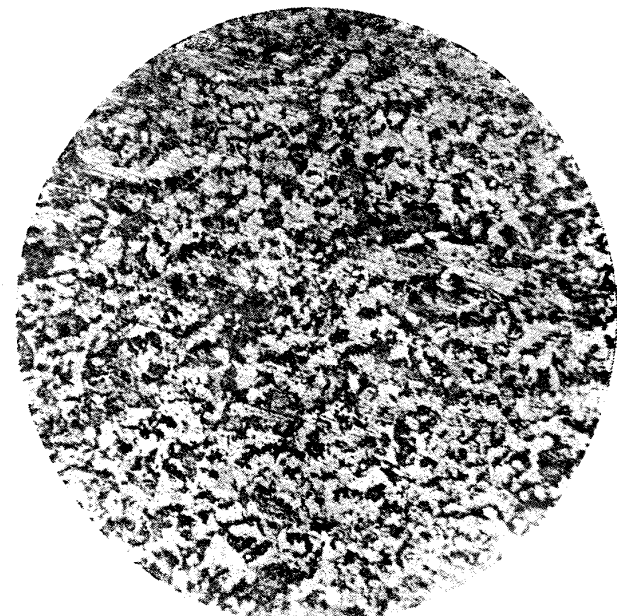


乙材 燒鈍セル捻扭部 斷 面 70倍

第 拾 八 圖



丙材 (ロ) 燒鈍セサル不捻扭部 平行面 8 倍



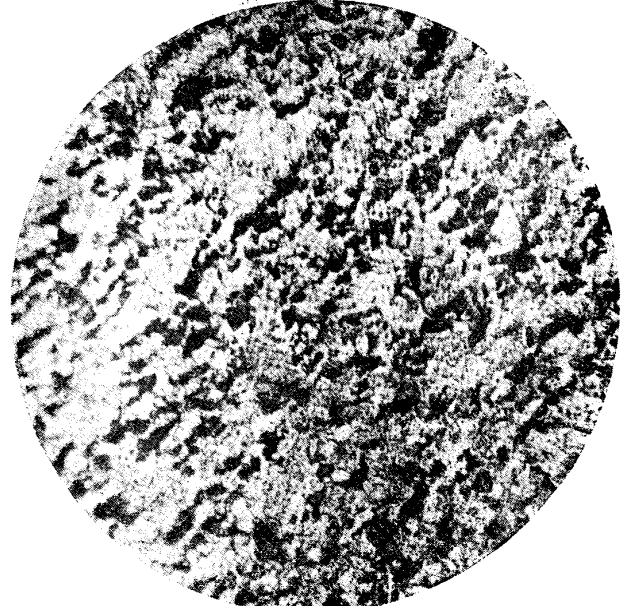
丙材 (ロ) 燒鈍セサル不捻扭部 斷 面 8 倍

第 拾 九 圖



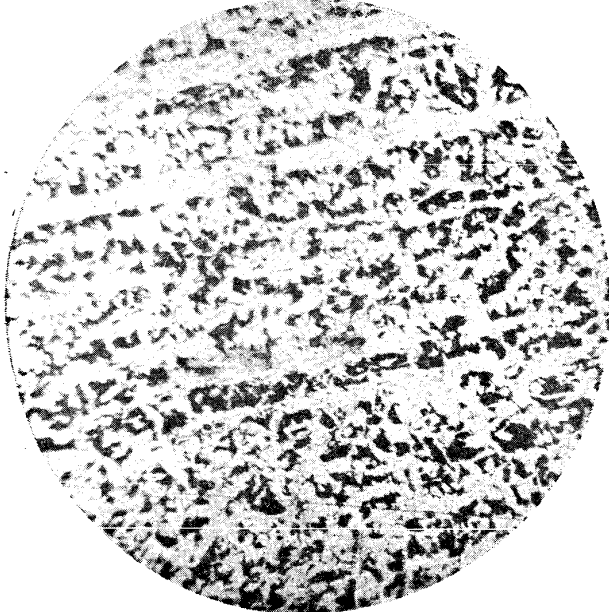
丙材 (ロ) 焼鈍セル不捻扭部 平行面 80倍

第 貳 拾 圖



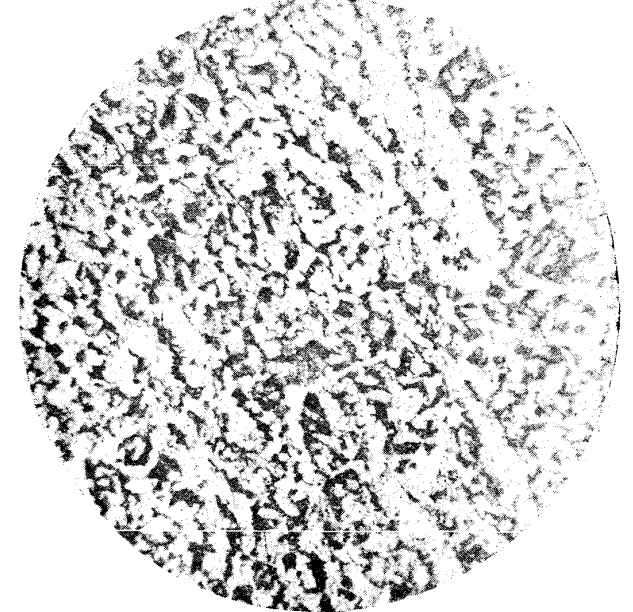
丙材 (ロ) 焼鈍セル不捻扭部 断面 80倍

第 貳 拾 壹 圖



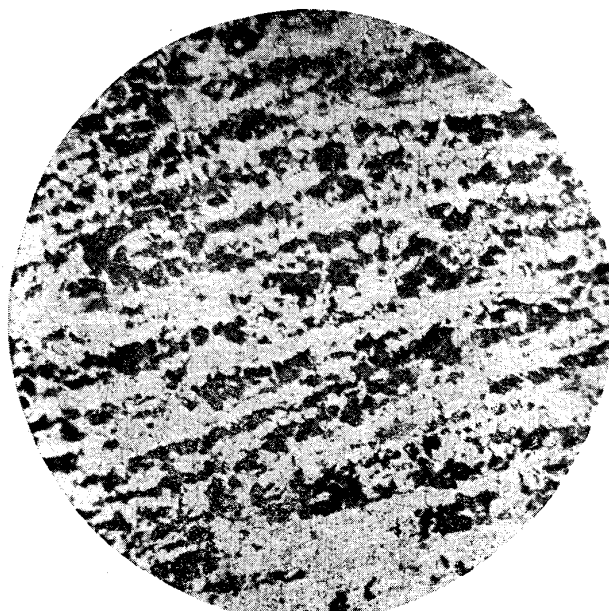
丙材 (ロ) 焼鈍セサル捻扭部 平行面 80倍

第 貳 拾 貳 圖



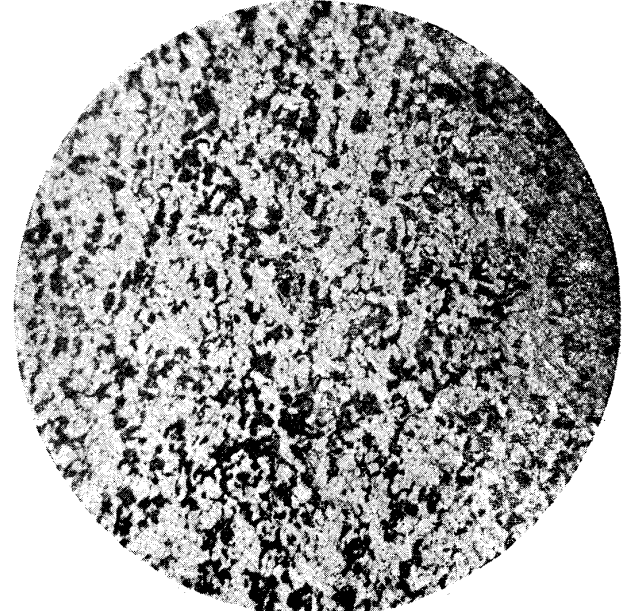
丙材 (ロ) 焼鈍セサル捻扭部 断面 80倍

第 貳 拾 參 圖



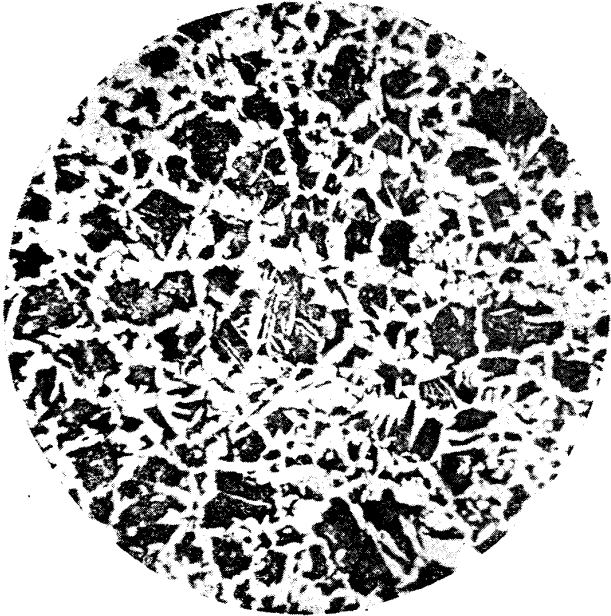
丙材 (ロ) 焼鈍セル捻扭部 平行面 80倍

第 貳 拾 四 圖



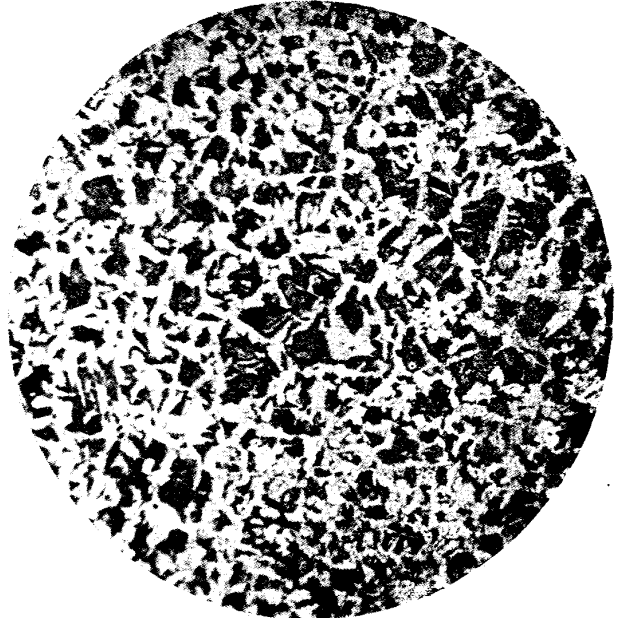
丙材 (ロ) 焼鈍セル捻扭部 断面 80倍

第 貳 拾 五 圖



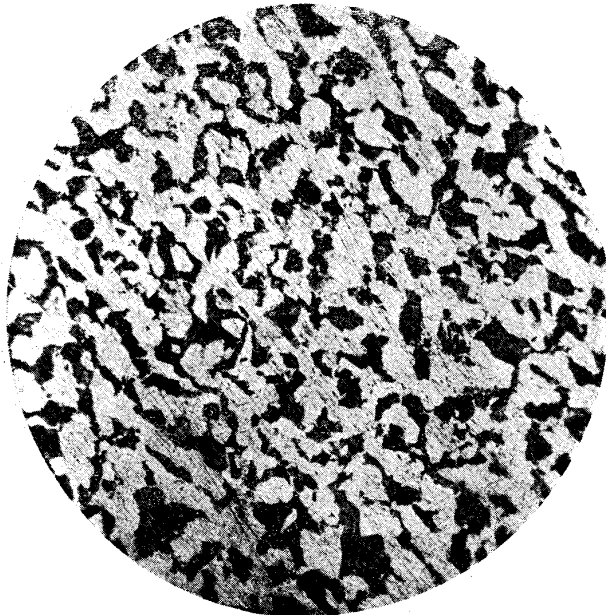
丁材 (イ) 焼鈍セサル不捻扭部 平行面 80倍

第 貳 拾 六 圖



丁材 (イ) 焼鈍セサル不捻扭部 断面 80倍

第 貳 拾 八 圖



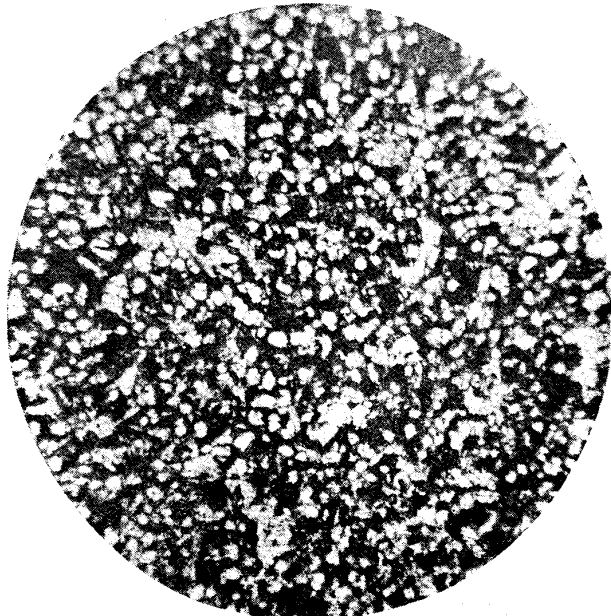
丁材 (イ) 焼鈍セル不捻扭部 断面 80倍

第 貳 拾 九 圖



丁材 (イ) 焼鈍セサル捻扭部 平行面 80倍

第 參 拾 圖



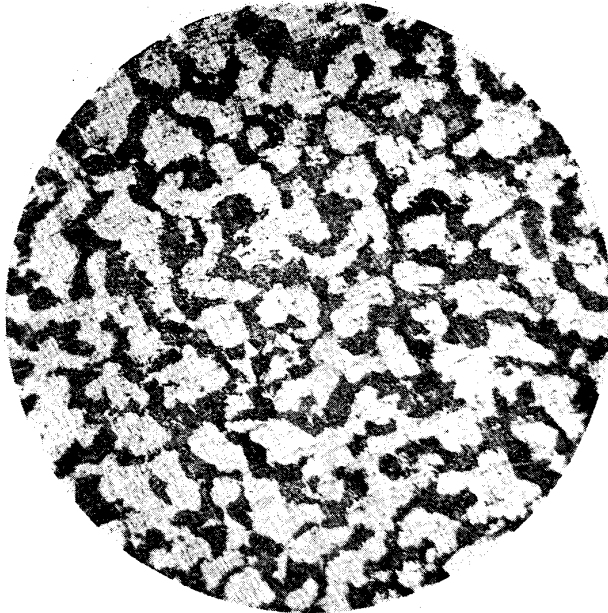
丁材 (イ) 焼鈍セサル捻扭部 断面 80倍

第 參 拾 壹 圖



丁材 (イ) 焼鈍セル捻扭部 平行面 80倍

第 參 拾 貳 圖



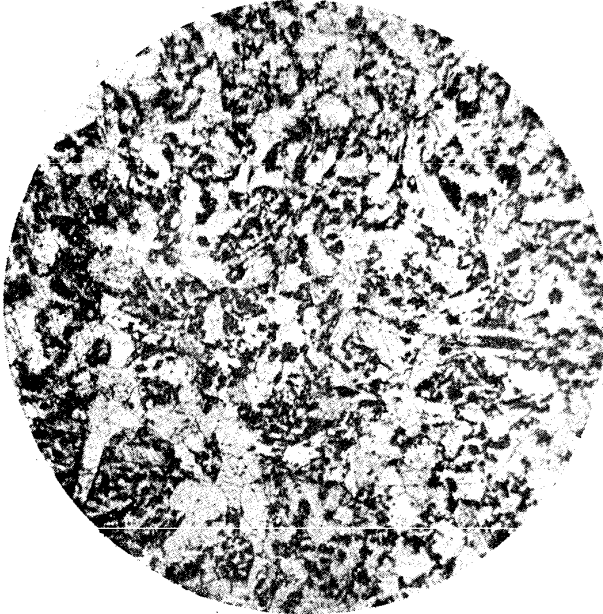
丁材 (イ) 燒鈍セル捻扭部 斷 面 80倍

第 參 拾 參 圖



丙材 (イ) 燒鈍セサル不捻扭部 平行面 80倍

第 參 拾 四 圖



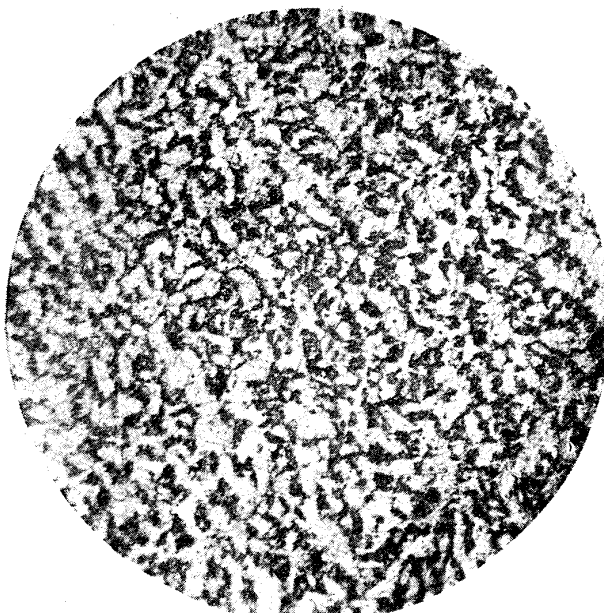
丙材 (イ) 燒鈍セサル不捻扭部 斷 面 80倍

第 參 拾 五 圖



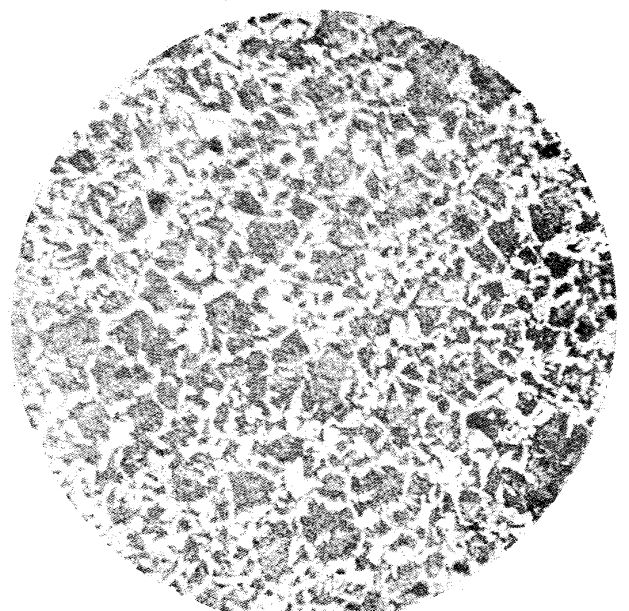
丙材 (イ) 燒鈍セサル捻扭部 平行面 80倍

第 參 拾 六 圖



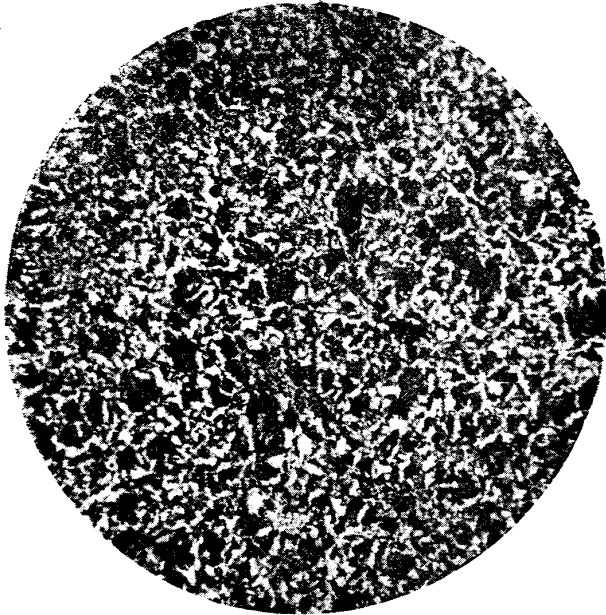
丙材 (イ) 燒鈍セサル捻扭部 斷 面 80倍

第 參 拾 七 圖



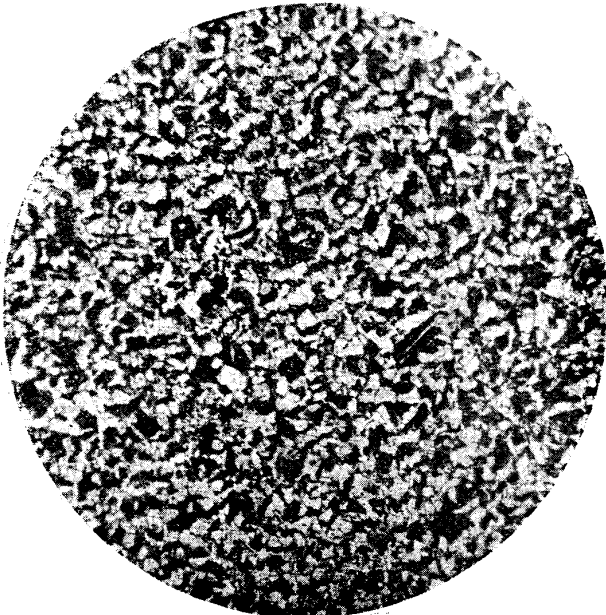
丁材 (ロ) 燒鈍セサル捻扭部 斷 面 80倍

第 參 拾 八 圖



丁材 (ロ) 焼鈍セサル 捻扭部 斷面 80倍

第 四 拾 圖



丁材 (ロ) 焼鈍セサル 捻扭部 斷面 80倍

第 四 拾 貳 圖



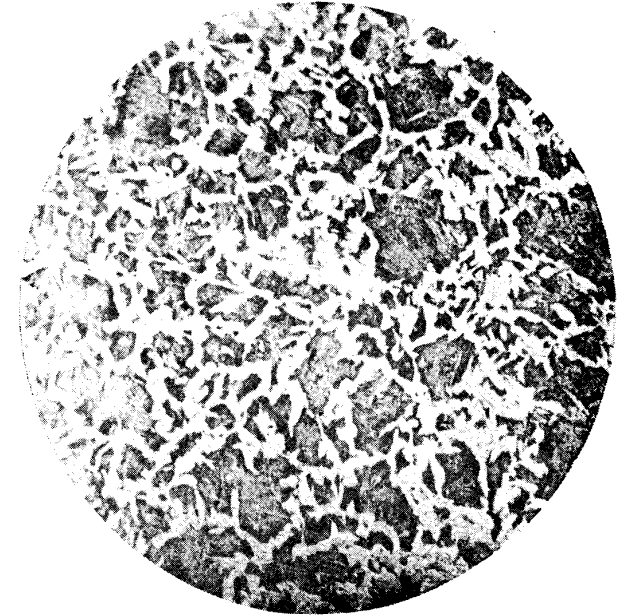
鍛縮度 $\frac{1}{8}$ 鍛鍊ノ儘ノ斷面 70倍

第 參 拾 九 圖



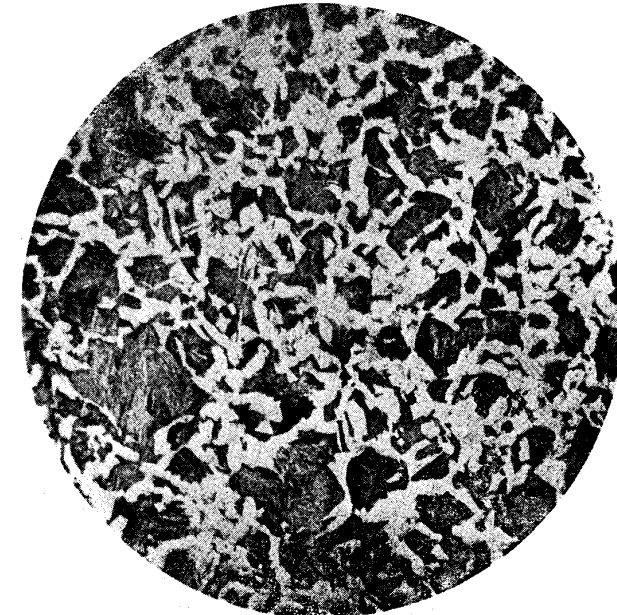
丁材 (ロ) 焼鈍セサル 捻扭部 平行面 80倍

第 四 拾 壹 圖



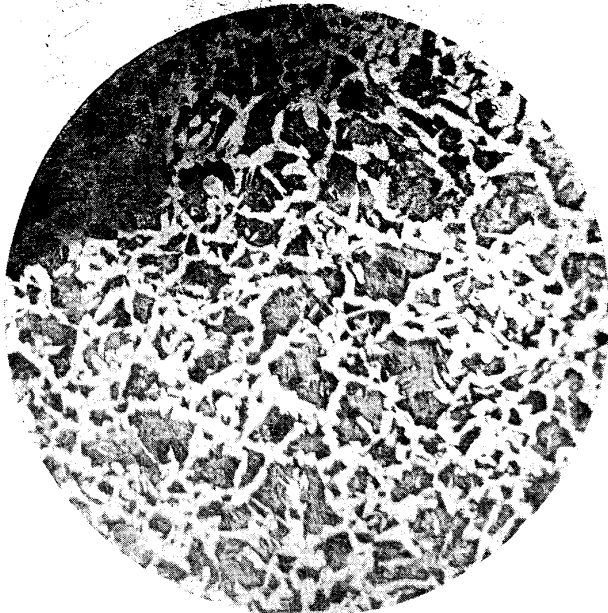
鍛縮度 $\frac{1}{8}$ 鍛鍊ノ儘ノ斷面 70倍

第 四 拾 參 圖



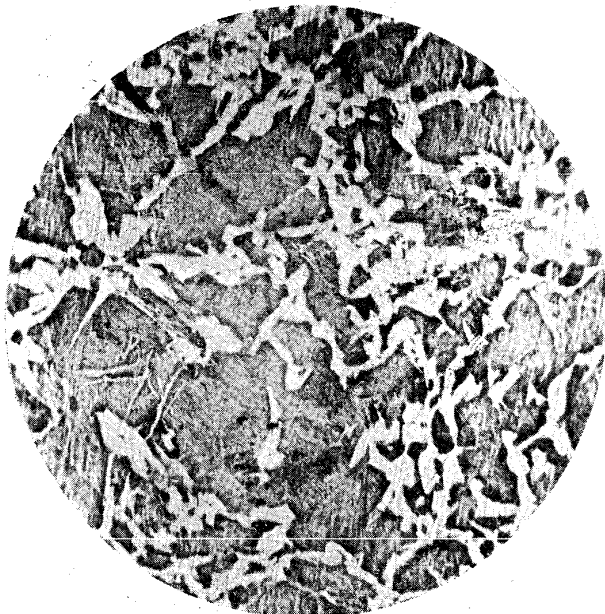
鍛縮度 $\frac{1}{4}$ 鍛鍊ノ儘ノ斷面 70倍

第 四 拾 四 圖



鍛縮度 $\frac{1}{6}$ 鍛鍊ノ儘ノ断面 70倍

第 四 拾 六 圖



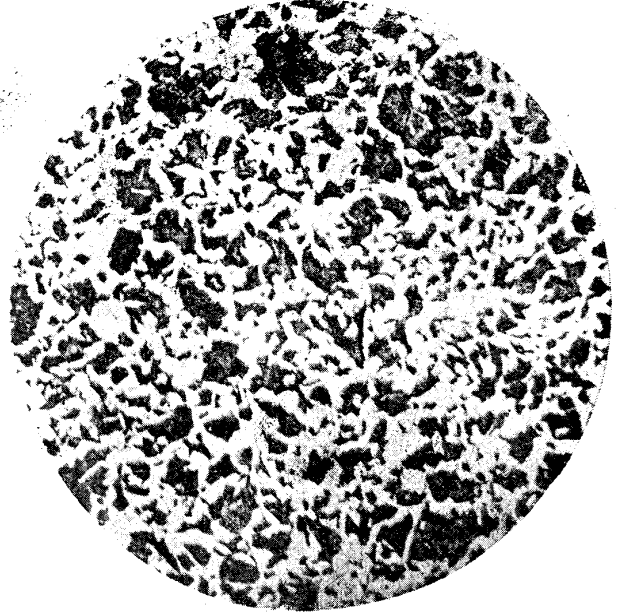
鋼塊ヲ僅カニ鍛鍊シタル儘ノモノ 70倍

第 四 拾 八 圖



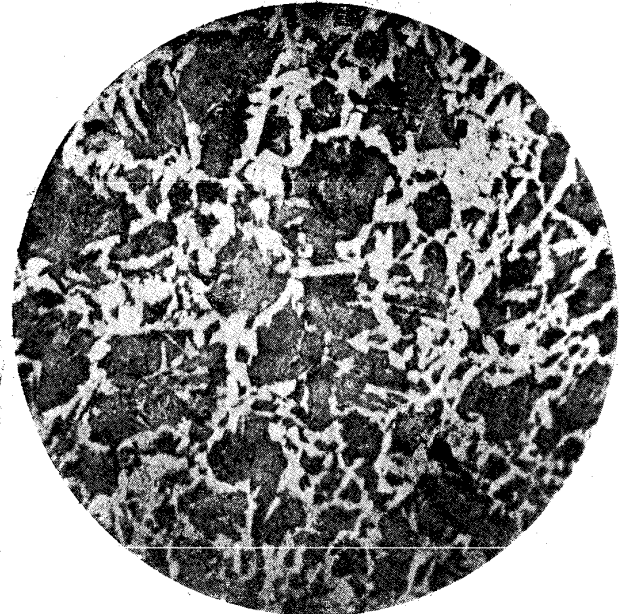
鍛縮度 $\frac{1}{3}$ 鍛鍊ノ儘ノ平行面 70倍

第 四 拾 五 圖



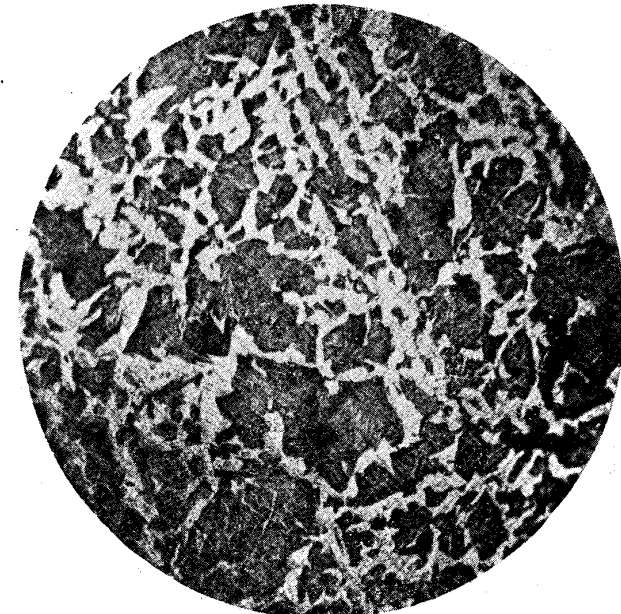
鍛縮度 $\frac{1}{6}$ 鍛鍊ノ儘ノ断面 70倍

第 四 拾 七 圖



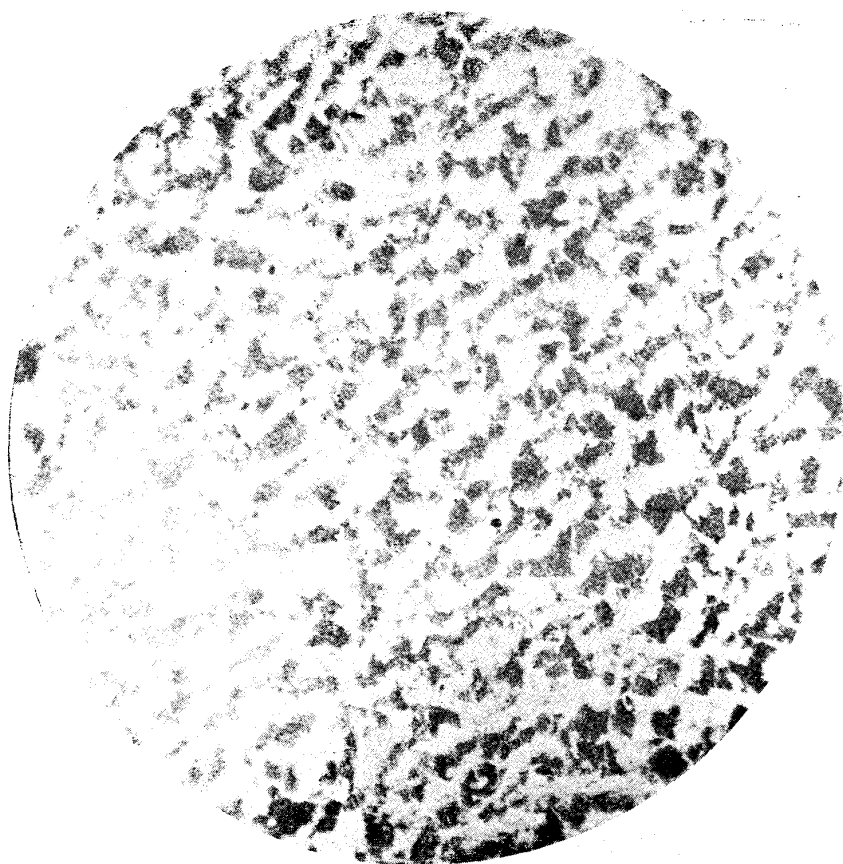
鍛縮度 $\frac{5}{8}$ 鍛鍊ノ儘ノ平行面 70倍

第 四 拾 九 圖



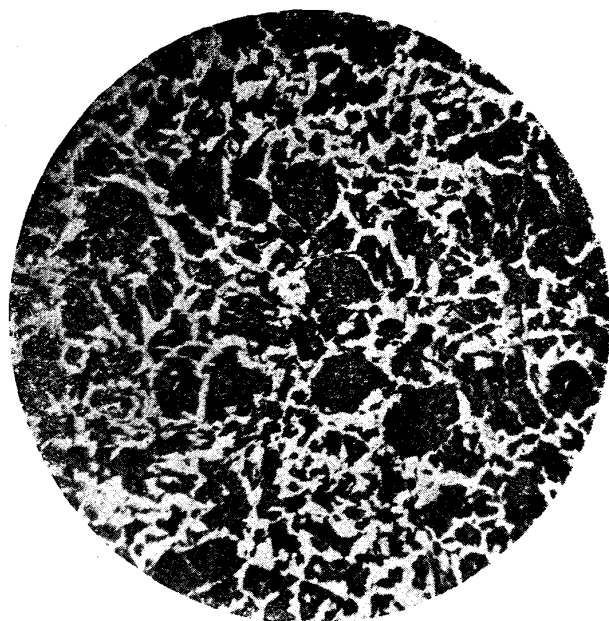
鍛縮度 $\frac{1}{4}$ 鍛鍊ノ儘ノ平行面 70倍

第 五 拾 貳 圖



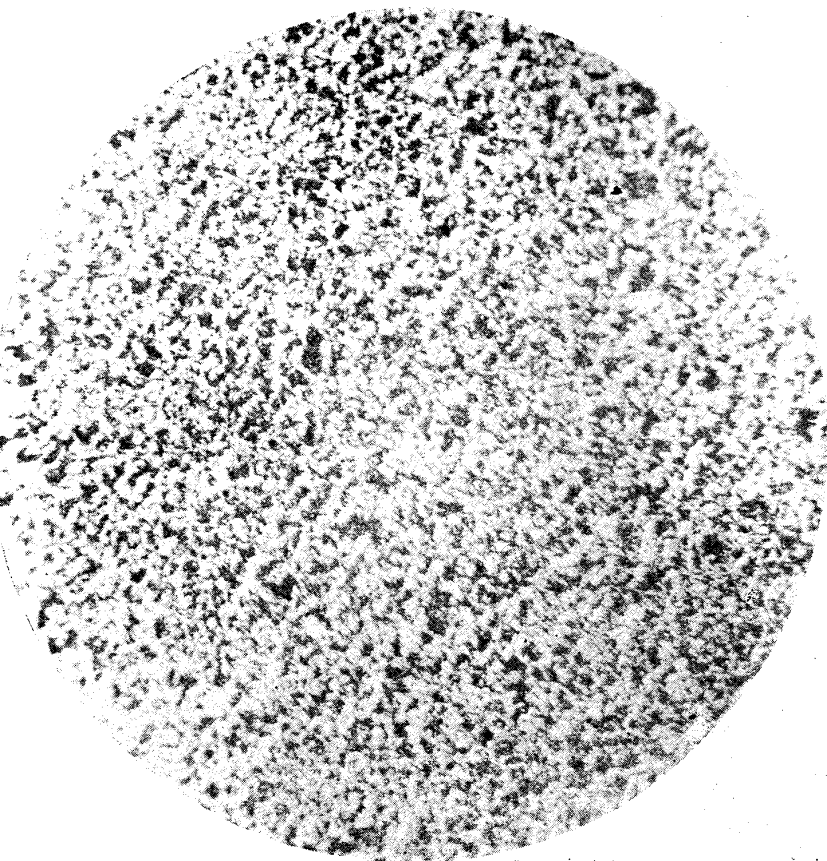
燒鈍溫度八百十度爐中冷却 斷 面 75倍

第 五 拾 圖



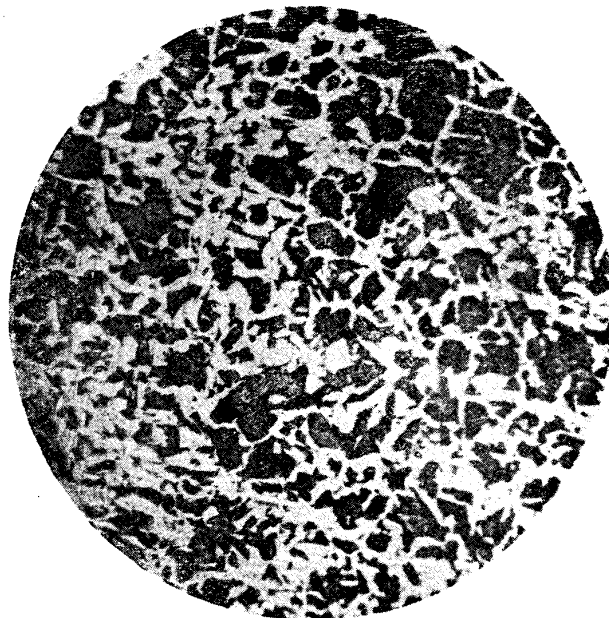
鍛縮度 $\frac{1}{4}$ 鍛鍊ノ儘ノ平行面 70倍

第 五 拾 參 圖

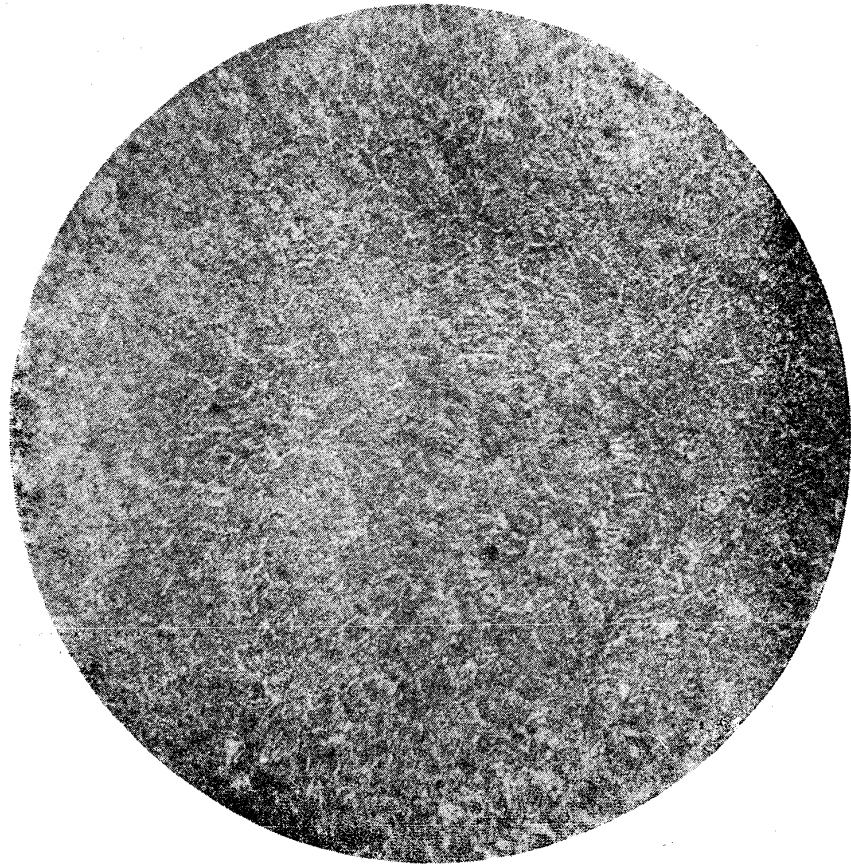


燒鈍溫度八百十度ヨリ大氣中ニ放冷後更ニ六百四十度迄熱シタルモノ
斷 面 75倍

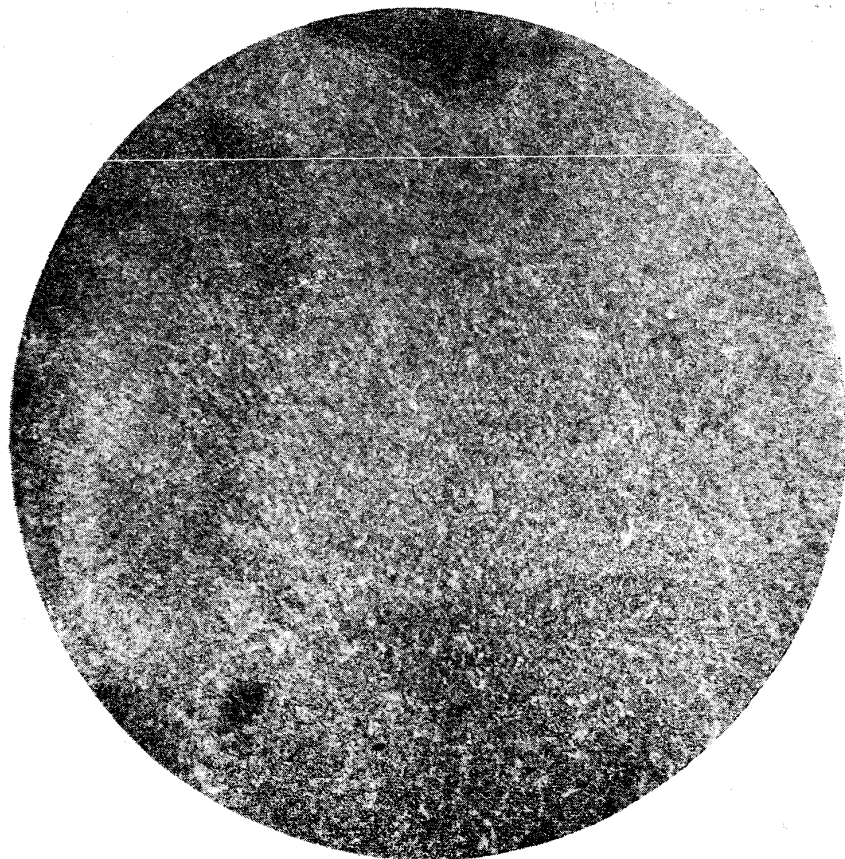
第 五 拾 壹 圖



鍛縮度 $\frac{1}{8}$ 鍛鍊ノ儘ノ平行面 70倍

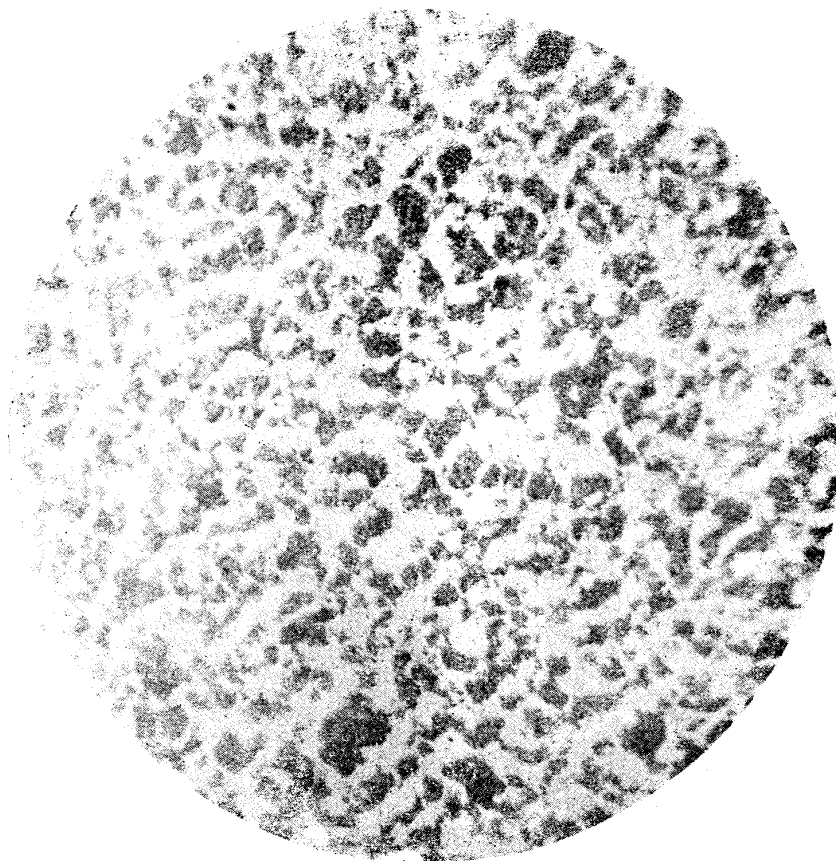


燒鈍溫度八百十度ヨリ油中ニ冷却後六百十度迄熱シタルモノ
75倍



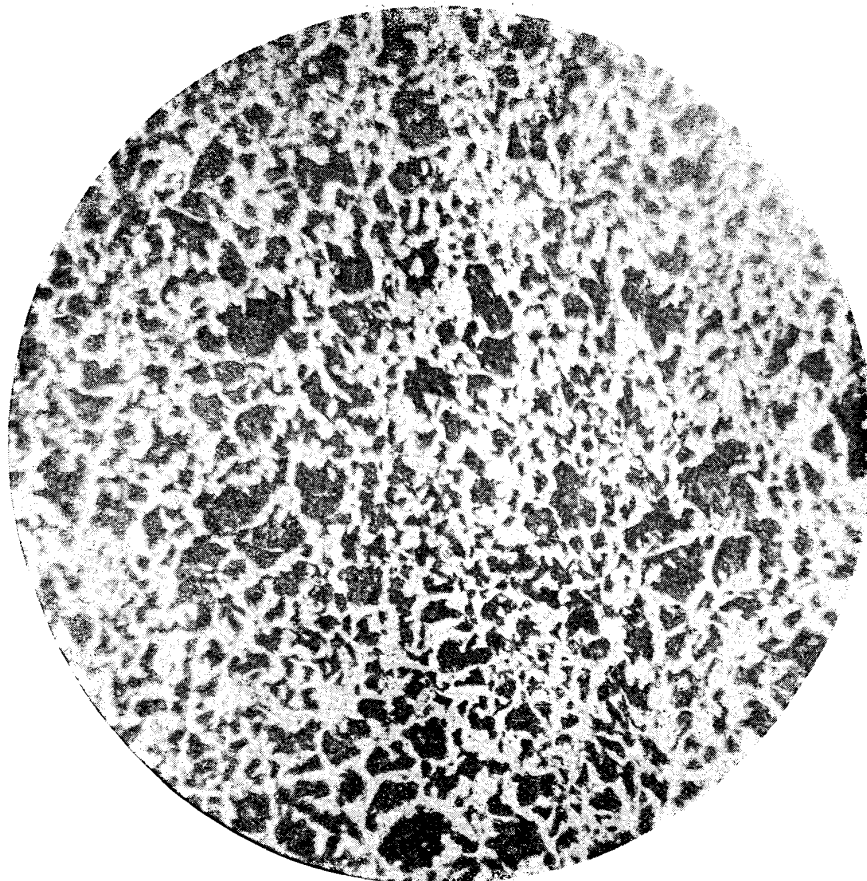
燒鈍溫度八百十度ヨリ水中ニ冷却後六百四十度迄熱シタルモノ
75倍

第 五 拾 六 圖



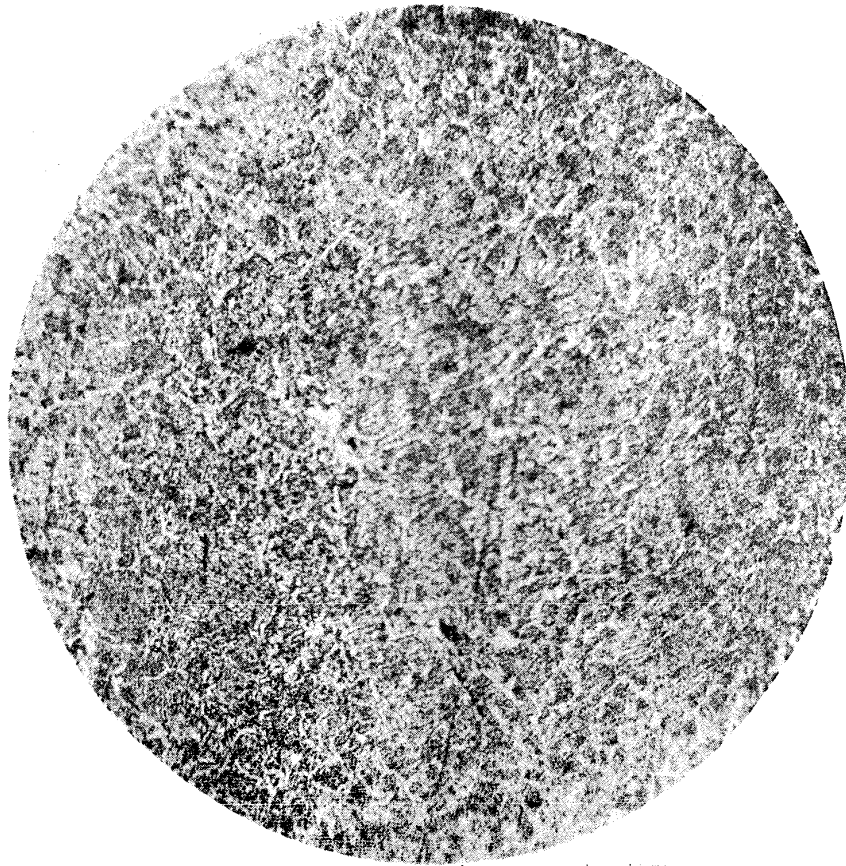
燒鈍溫度八百三十度ヨリ爐中冷却ノモノ
斷 面 75倍

第 五 拾 七 圖



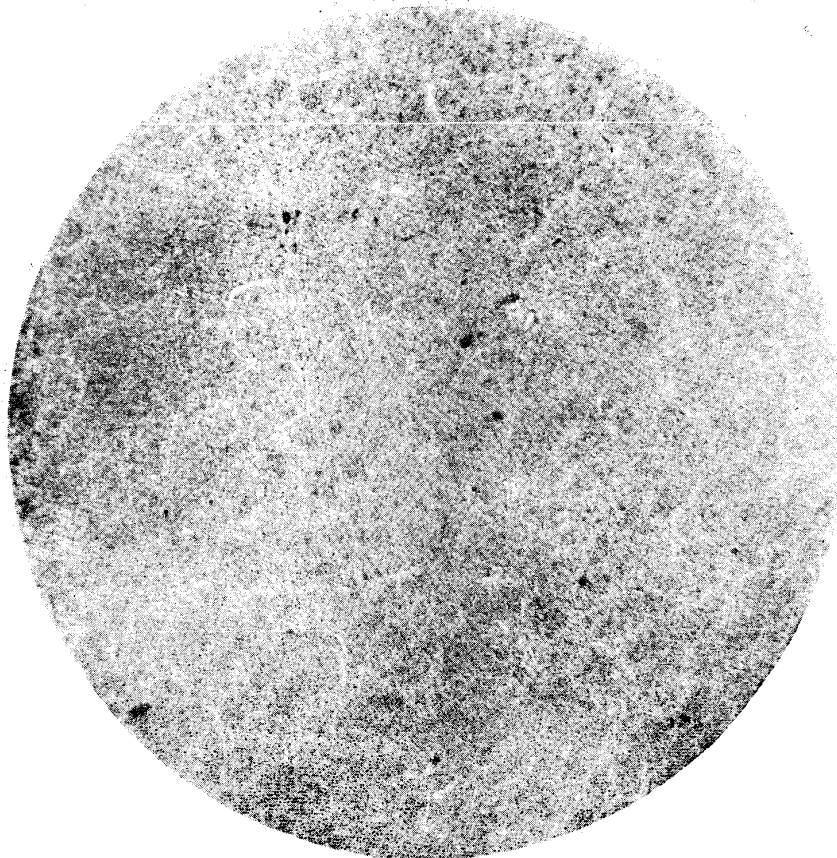
燒鈍溫度八百三十度ヨリ大氣中ニ放冷後六百四十度ニ熱シタルモノ
斷 面 75倍

第 五 拾 八 圖



燒鈍溫度八百三十度ヨリ油中ニ冷却後六百四十度ニ熱シタルモノ
斷 面 75倍

第 五 拾 九 圖



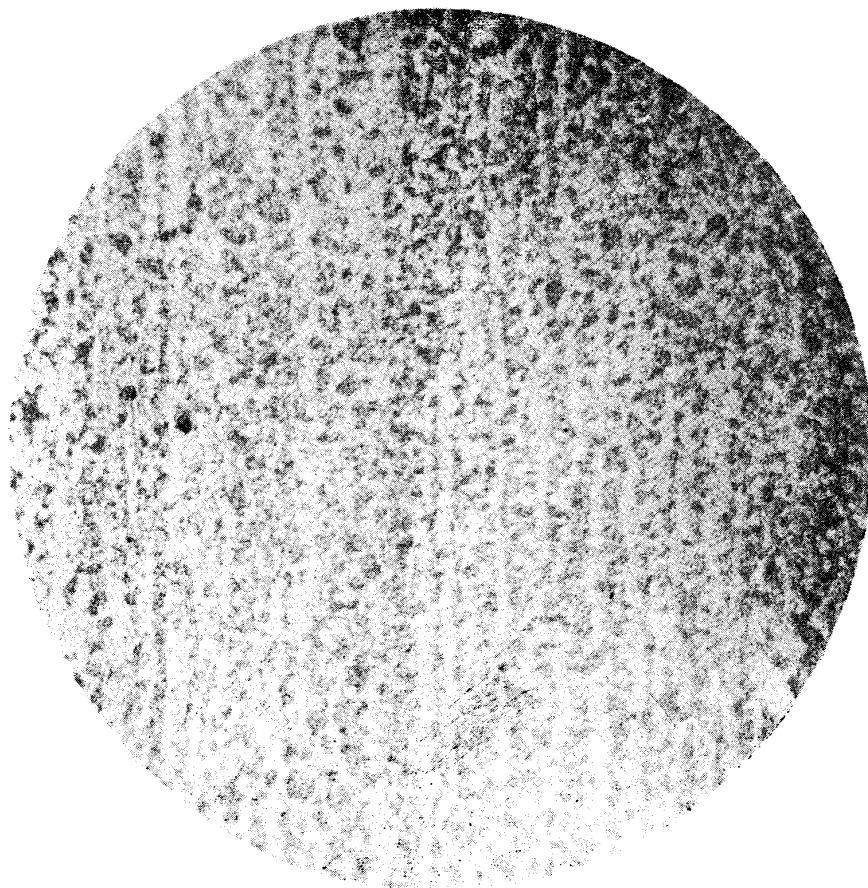
燒鈍溫度八百三十度ヨリ水中ニ冷却後六百四十度ニ熱シタルモノ
斷 面 75倍

第 六 拾 圖



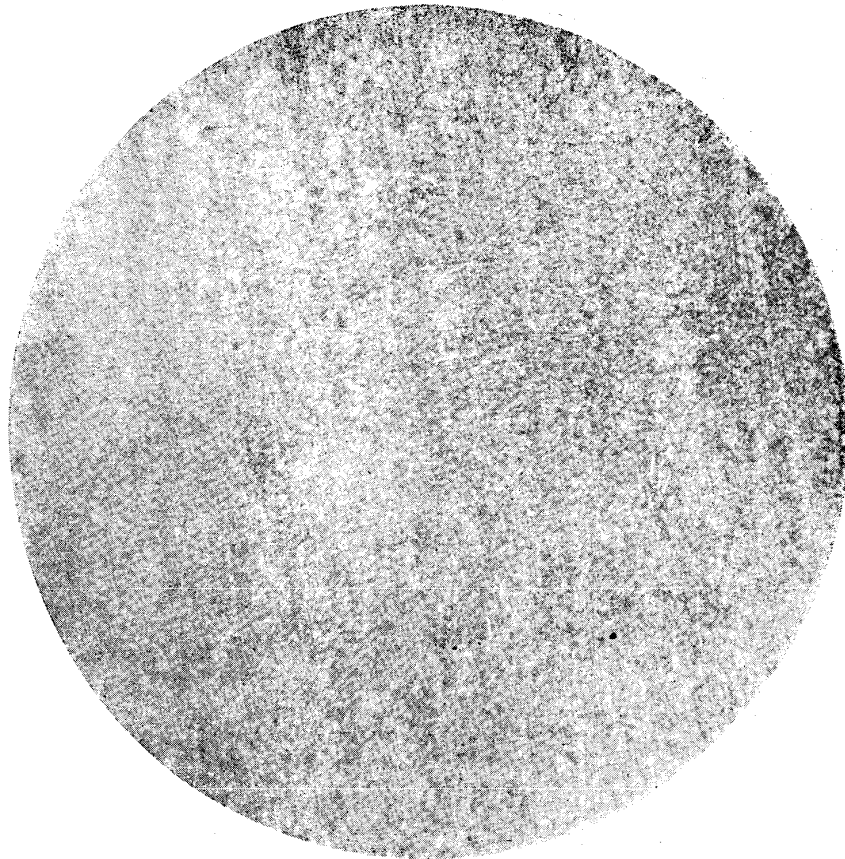
熱處理第五十二圖 = 同シ
平行面 75倍

第 六 拾 壹 圖



熱處理第五十三圖 = 同シ
75倍

第 六 拾 貳 圖



熱處理第五十四圖ノモノニ同シ
平行面 75倍

第 六 拾 參 圖



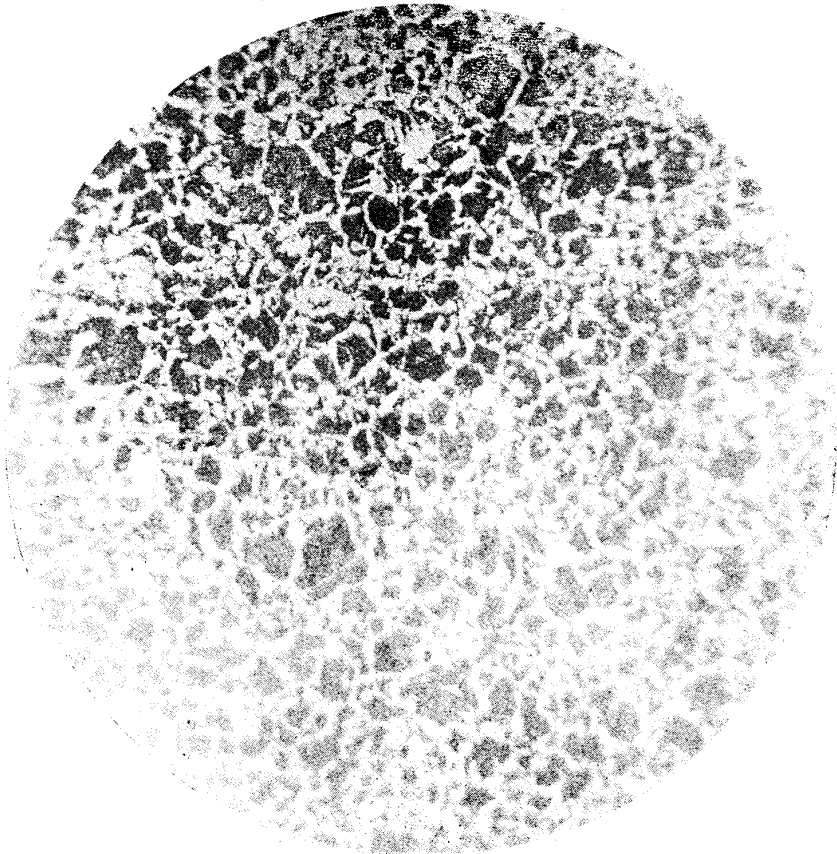
熱處理第五十五圖ノモノニ同シ
平行面 75倍

第 六 拾 四 圖



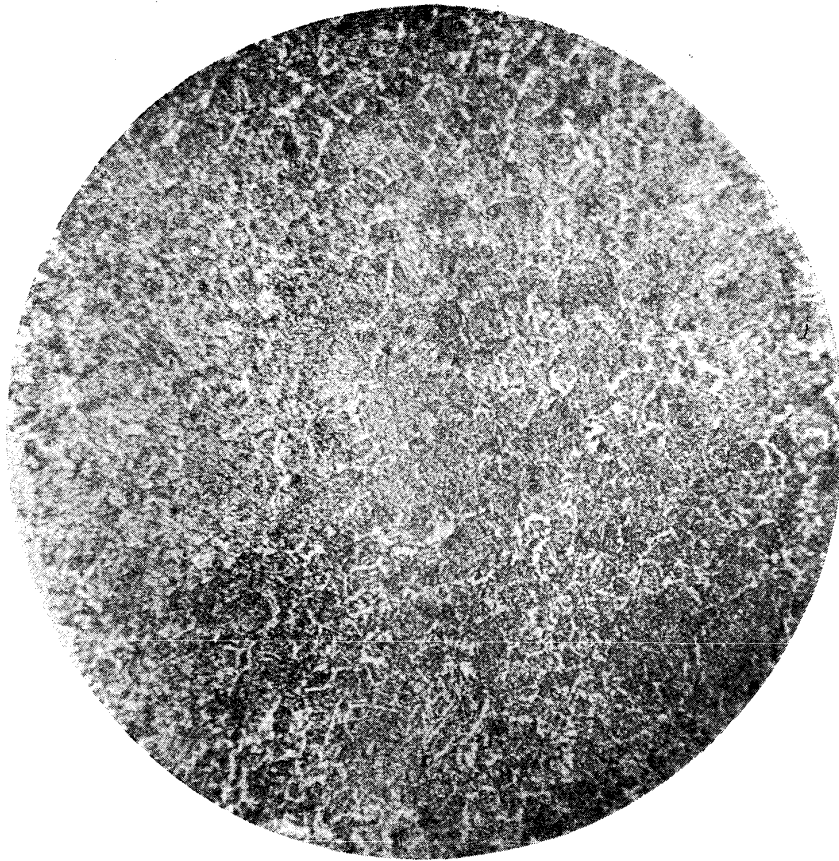
熱處理第五十六圖ノモノニ同シ
平行面 75倍

第 六 拾 五 圖



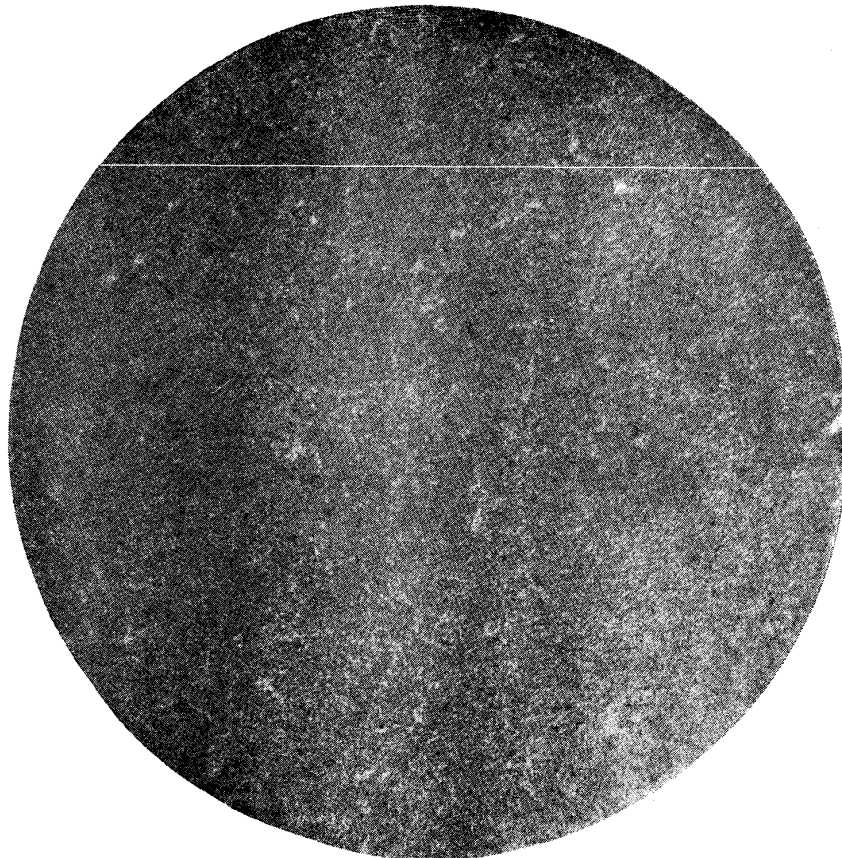
熱處理第五十七圖ノモノニ同シ
平行面 75倍

第 六 拾 六 圖



熱處理第五十八圖ノモノニ同シ
平行面 75倍

第 六 拾 七 圖



熱處理第五十九圖ノモノニ同シ
平行面 79倍

第五十五圖は燒鈍溫度八百十度五十分間保留後水中に投し後第二回目の熱處理を施せるものなり臨界範圍を通過する速度油中冷却のものに比し更に一層速かなるものなり之を前圖と比較するに大體に於て相似の組織を示せり。

第五十六圖より第五十九圖のものは燒鈍溫度を八百三十度とし第五十二圖より第五十五圖に至るものと夫れ夫れ同一の處理を施せるものにして只燒鈍溫度の相異により多少組織上に顯れたる點を異にするもの有れとも先づ大同小異と云ふ可し。

寫眞第六十圖より第六十三圖のものは第五十二圖より第五十五圖の處理を施したる鍛鍊の方向と平行面又第六十四圖より第六十七圖は第五十六圖より第五十九圖と同處理を施したる所の同じく平行面組織なり。爐中冷却及び大氣中に放冷のものに有つてはフェーライトの縞狀に延長平行せる様斷面組織と比較して著しく其趣を異にせり然れとも油中及び水中冷却のものに有つては斷面組織と格別の差有るを認め難し。

要するに本實驗の結果燒入後第二回の熱處理を施せるものに有つては著しく強力にして之等は何れもソールバイト組織を示せり就中水中冷却のものに於て著明なり。又ニッケル鋼は高溫度に熱せられたるものは一般に延伸率を減し強力に於て増加せり之れ捻扭加工の場合と同一結果を示せるものなり。即ち此種材質に強力を附與せんにはソールヴァイチックとなすか高溫度パリリチックとなすかに有り而も相當の延伸率を有せり。如斯は炭素鋼に於て望み難きことにして實にニッケルフェーライトの特有性なりとす。即ち化合炭素を出來得る丈廣き面積を有する如くせしめユーテクトイド組織を有せしむる時のニッケル鋼の特長とす。

十三 結 論

以上曲軸軸地金の検査及び附帶せる熱的實驗の結果を概括すれば次の如し。

凡て鍛工作業は鋼材を加熱して其の鍛性を利用し彈性極限以上に於て鍛鍊若しくは造形するものにして其の加工の難易は主として鋼材の溫度に比例す可きと勿論なり。高溫度に於て加工する事は唯に加工造形の容易なる而已ならず材質を毀損する憂少し。鋼材の鍛鍊造形作業は一般に高溫度即ちオーステナイトの領域に於て行ひ最後の仕上溫度に至つては少くとも A_{T_3} 以上成る可くは A_{T_3} 以上僅かに高溫度とするを可とす就中捻扭鍛工に於て然りとす。鋼材はオーステナイトの領域より臨界範圍に入る時は著しく性質を變化す可きも其の變態組織として知らるゝ所のマルテンサイト、パーソルスタイト、ソールバイト等は臨界範圍を通過する間に迅速に變移するものなり。臨界溫度より急冷し又は焼鈍する時に於て之等の生すると熱處理實驗の示す所にして之を常溫度に冷却保持したる場合に有つて種々の特性を示すに至る。鍛工溫度の降下に伴ひオーステナイトの領域を脱したる場合には抵抗力並に各組織間の緊着力を増加し加工を困難ならしめ其の變形されたる組織に有つては脆性を呈し内部應力甚たしく大なるに至る。之れ捻扭の場合に於ける檢鏡試験及び材料試験の成績に依つて明かなり。然れども其の焼鈍したるものに有つては組織状態を異にするにも拘らず不捻扭部と捻扭部とは材料試験の結果に於て殆んど相同しきことを知れり。曲軸の捻扭鍛工に際し殊に其の最後の捻扭に當り作業者は捻扭中低溫度に降下すること有るも再度加熱の手續を省くため稍々もすれば其の儘無理に捻扭を行はんとする事有り。斯る場合に有つては或は組織を亂し或は結晶粒を破壊するの虞なしとせず。捻扭作業は鋼粒の移動變形最も容易なるオーステナイトの領域に於て之を行ひ其の捻扭終了時の溫度としては A_{T_3} 附近となすこと必要なり。然るに斯る鍛工に於て一般にニツケル鋼を使用する時は前述の如き炭素鋼に比し熱處理に於て性質の變化鋭敏ならず特に延伸率は優秀なる結果を示せり。焼鈍せざる不捻扭部に有つて組織は粗大にしてフェーライトは板狀となりて夾在せるにも拘らず優秀なる延伸率を示せること全くニツケルフェーライト

及ひパーライトの特有性にして強力及び弾性界共に同様なるを知る。之を焼鈍するに於ては粒狀組織となりフェーライトの集合著明となり前述の特性を失ふに至る即ちニッケルフェーライトは寧ろ高温度に於て特性を有し八百度附近に於ける焼鈍は却つて良結果を示さる傾向あり。捻扭部に於ては捻扭の儘のものは細微組織にして焼鈍により膨大するに至れり。炭素鋼に有つては強力を失ひ軟性を得るを以て一般的とすれどもニッケル鋼に有つては然らず強力を失ふこと無くして延伸率を増せり之れ亦前掲と同理によりニッケルフェーライトが強力を有し單純なるフェーライトに比し優秀なるに歸因す可し。要するに不捻扭部、捻扭部共に大體に於て同一傾向を示しニッケル鋼は炭素鋼の如く鍛工仕上温度を嚴重ならしむるの必要少く高熱加工にて質を害せらるゝ事鋭敏ならず屢々前述の如く優秀なる良性を得可し、同様に低温焼鈍にても良性を得るに至るものにして之等の特徴は實にニッケル鋼の鍛工作業に應用して優秀なる大なる理由とす、而して炭素鋼に有つては良質を與ふ可き作業甚だ困難なる可きを推理するを得。

之を要するに以上實驗的事實に據り著者の研究目的とせる捻扭作業の材質に及す影響は何等憂ふるに足らざるものにして捻扭作業は獨り曲軸の場合に止らず、凡ゆる方面に適用して可なることを證明し得たり。(終り)

日本刀の研磨法に就き

(東京帝國大學工學部日本刀研究室報告第十七)

倭 國 一

本 間 清 人

日本刀を研磨し之を仕上して刃部に鋭き角度又は刀身に適當なる形狀を附與するは、之が實用上