

鐵と

鋼 第參年 第八號

大正六年八月二十五日發行

小銃彈丸被甲用白銅の研究

小林 清 太郎

緒 言

小銃彈丸被甲用として銅八十、ニッケル二十%より成る白銅を用ゆることあり、然れども此白銅の性質に關しては其壓延加工し得る程度は幾何にして可なるや或は軟過溫度として何度を採用して可なるやの如きは未だ充分に之を知らざるなり、從て日常の作業間に於ても其過を侵すこと往々ありき、依りて是等の關係を研究し以て其性質を知るは實に必要缺くへからざるのみならず又製作者としては一日も知らざるへからざる事なりとす、依りて過去兩三年間に互りて實驗研究し得たる結果を基礎とし白銅に關する記載を試みんとす。

本記錄の大部分は殆んど手簿の摘録に過ぎざるのみならず時に或は少數實驗の結果より其判定を下せし等の事もあるを以て元より正鵠を失する事もあるらん、又た實驗に供したる地金の如きも其配合比こそ同じけれ其鑄造に當りては或は全く新らしき銅と新らしきニッケルとを以てしたる事あり、或は全く古白銅のみを以てしたる事あるのみならず、其の實驗期間の長さため其間に種々の變化を來し爲めに此記錄の全部を通して比較する時は往々彼是矛盾する事あるは免れざる所なりとす、本記錄の實驗中牽引試験はリーレー及ひマイヤー試験機特に試験機の種類を示さざるものはリーレー試験機によりしものとす、により硬度試験はブリネル試験機に溫度の測定はシーメンズ、エ、ハ

ルスケ會社製の高熱計によれり又軟過のためにはマツフル爐を使用したれば充分正確のものなりと稱し難し。

又本記錄中に稱する所の鍛鍊係數は壓延前に於ける鈑の横斷面積(S)より壓延後に於ける鈑の横斷面積(s)を減し其差を壓延前に於ける鈑の横斷面積(S)にて除し其商を百倍したるものにして即ち次の如し。

$$\text{鍛鍊係數} = \frac{S-s}{S} \times 100$$

而して鍛鍊係數の零とは鑄造したる儘のもの(以下之を素鈑と稱す)及壓延加工せしも之に完全軟過を施したるものなり。

第一編

白銅の物理的並に顯微鏡的性質と鍛鍊係數との關係

第一章 白銅の物理的並に顯微鏡的性質と鍛鍊係數との關係

今鑄造したる一枚の白銅素鈑を取りて之を検する時は其各部決して等質のものなりと云ふ事を得ず、其原因多々あるへしと雖も鑄流時に於ける熔液の溫度及ひ鑄型の寸度並に溫度等の影響は蓋し其大なるものならん、故に本章の實驗に使用したる各試料は左記要領によりて之を選定採用し以て之か試驗を實施せり。

一、地金の鑄造

地金の鑄造は新らしき銅とニッケルとを以て日常施行しつゝある所の方法(但し熔劑を使用せず)を採用し而して研究の試料に適するや否やを検定するためには各坩堝容量毎に分析及ひ顯微鏡試驗を施行したり、本記錄の實驗に供したる白銅の分析の結果(百分率)は概ね之を次に示すか如し。

銅七九三〇 ニッケル二〇〇 鐵〇六六五 硅素〇〇一〇 其他の不純分〇〇二五

註、熔劑としてアルミニウムを使用するときは分析の結果に於てアルミニウムの痕跡を示し又た古白銅を多く使用するときは、従て不純分の量(鐵、硅素、アルミニウム等)を増加するものとす而して是等白銅の鑄造用として採用したる銅及ニッケルの成分(百分率)は概ね次の如し。

電氣銅 藤田組供給の電氣分銅にして

純分九九・九六三 硫黃〇・〇〇九 砒素〇・〇〇二 其他の不純分 〇・〇二六

ニッケル外國輸入品にして其形は球狀にして大豆大のものとす。

純分九九・八五 鐵〇・一一二 硅素〇・〇〇五 其他の不純分〇・〇三三

二、試験桿の採取

試験桿の形狀及寸度は之を第一圖に示すか如く其厚さを七耗及ひ一耗の二種類とせり。之れ七耗は白銅の壓延作業に於て素板厚さ約十六耗より最終の彈丸地金(厚さ一耗)に至る厚さの略中間に相當し、又一耗は被甲製作に當り此厚さ附近に於て最も多く軟過作業を反復せらるゝかためなり。

又壓縮用試験のために使用したる試料は各種鍛鍊係數を有する七耗厚の試験桿を採取したる地金の一端を使用せり、之れ此試料は七耗厚の試験桿と其性質殆んど相等しければなり。

試験桿の端末に附する所の一片は顯微鏡及硬度試験用とす、即ち斯の如くすれば此試料は當該試験桿と其性質之れ亦た殆ど相等しきものと見做す事を得ればなり。

以上記する所の各種試験體は先きに鑄造選定したる地金に壓延を施し以て鍛鍊係數を附與したる後之を採取したり、而して七耗試験桿のためには鍛鍊係數零より七十五%に至る十三種とし一耗試験桿の爲には九種とせり、而して此鍛鍊係數に應ずる壓延前に於ける板厚の關係は左表の如し。

鍛鍊係數% 〇 五 一〇 一五 二〇 二五 三〇 三五 四〇 五〇 六〇 七〇 七五

七〇〇	七三七	七七八	八二四	八七五	九三三	一〇〇〇	一〇七七	一二六	一四〇〇	一七五〇	二三四〇	二六〇〇
一〇〇	—	一二二	—	一三五	—	—	一三三	一六七	二〇〇	二五〇	三三四	四〇〇

前表中鍛鍊係數を與ふるため、鉄厚七耗及其以上のものは素鉄を削成(素鉄より試料を削成するに
は素鉄の厚さに應ずる面を壓延する如くしたり、從て落成せる試験桿の鉄面は素鉄の側面に相當す
るものなり)し七耗以下のものは厚さ十六耗の素鉄を前表の厚さに壓延(前表の厚さを決定するため
には約六百五十度の軟過及壓延により而して厚さ一四三耗以上は厚さ七耗に於て軟過し以下は厚
さ七耗及二八耗に於て軟過したり)せるものを約六百五十度に軟過して之に充てたり、但し此後の場
合にありては地金か完全軟過の状態にあるを證するため顯微鏡試験によりて之か採否を決せり。

各種鍛鍊係數を有する試験桿は各種鍛鍊係數毎に縦方向(壓延方向)に六個宛を採取せり。

三、物理的性質

是等の試験桿に對する物理的試験の結果は之を第二圖の一に示すか如く破斷界及彈性界は鍛鍊
係數増加に伴ひて増大し延伸率は之に反す、然れども鍛鍊係數四十%以上に至れば其變化の景況は
極めて微々たるを知る又た硬度及び壓縮試験の結果も鍛鍊係數に伴ふて變化する事第二圖の二に
示すか如し。

四、顯微鏡的性質

此試験の結果は附圖一及二(檢鏡の位置は總て壓延方向にて鉄厚の中央とす)に示すか如く七耗及
ひ一耗の兩種試験桿は共に其組織は鍛鍊係數の増加するに従ひて漸次に變化するの外たとへ鍛鍊
係數同一なるも壓延前の厚さを決定するに單に素鉄を削成して決定したるものと軟過及壓延によ
りて決定したるものとは其間に自ら相違あるを見る、但し鍛鍊係數大なるものは殆んど之を識別す
る事を得ず、以上記載せし所によりて白銅の物理的性質と鍛鍊係數との關係に就て其概要を知るを

得たり、然れども今第二圖に於て七耗及一耗の兩種試験桿に就て其性質を比較するとき、は其間に差違あるを知る其原因たる何れにあるや、其關係を研究する事も亦必要ならん、依りて以下白銅の物理的性質と鍛鍊係數との關係に就て尙少しく之を記せんとす。

第二章 白銅の壓延方向と之と直角方向とに於ける物理的並に顯微鏡的性質と鍛鍊係數との關係

總て壓延作業に於ては其地金の金質を損する事なくんば機械の能力の許す限り軟過回數を減少する事なりとす、然らば其軟化間に地金に加へ得る壓延の程度は如何にして決定するを適當とするや。

今彈丸被甲用地金として其性質を見るに一旦彈丸の腔綫に吻入するや、其被甲の變形作用を受けるは其被甲の壓伸方向より其壓伸方向と直角方向に於て却て大なるものなり、故に此點より考へる時は、彈丸被甲用たる地金の物理的性質は其壓延方向より却て之と直角方向に於けるものの方良好なるを要する事明かなり、被甲用地金に以上の關係の必要なるは彈丸の被甲破れ防止上極めて肝要なればなり、然れども此要求は作業上絶対に不可能なりとす、故に此方向に於ける地金の物理的性質の差違は某程度に於て満足せざるへからず、以上の理由によりて彈丸被甲用地金としてはたとへ機械の能力に於て餘りありと雖も其鍛鍊係數の限界を適當に定めざるへからざるの益々必要なるを知る。

今各種鍛鍊係數を有する白銅地金より其壓延方向と之に直角方向とに於て試験桿を採取し之れに適度の軟過を施し其物理的性質を比較するに某鍛鍊係數迄は其破斷界延伸率共に相等しくなるを見る、之れ地金の金質未だ損せられざるの證なるへし故に白銅の壓延作業に於て其壓延程度は此要旨に従て決定するを適當なりとすへし。

一、物理的性質

今各種鍛鍊係數(壓延前に於ける素鉄の厚さは總て二十二耗にして鍛鍊係數を有せしめたる後の厚さは總て四耗とす)を有する地金地金の鑄造は前章に同じ、但し熔劑としてアルミニウムを使用すより壓延の兩方向に於て採取したる試験桿に對し七百度の完全軟過を施して其物理的性質を檢するに其軟過前に於ては兩方向に於て著しき差違ありしものも軟過後に於ては鍛鍊係數八十%に至る迄は相等しきに至るを見たり、其景況は之を第三圖に示すか如し。

之れに因りて見れば彈丸被甲用たる白銅は軟過する事に因りて略被甲の要求する性能を附與し得ると雖も彈丸の効力其他の關係上完成の彈丸被甲に軟過を施す事を得ずして勢ひ或鍛鍊係數を有するものを採用せざるへからず、以上記する所に因れば其壓延作業の如きは鍛鍊係數八十%迄は壓延を繼續し得へしと雖も之れ單に物理的性質上のみよりの判定なれば實際の作業上にありては諸種の關係上鍛鍊係數八十%以前に於て壓延を中止し以て軟過するを有利とす。

鍛鍊係數を有するものにして、鉄の如何なる方向に於ても其物理的性質同一なるものを得んとせば鉄の壓延方向を一定せずして或は横方向に或は縦方向に或は斜方向に交互に之を壓延する事に因りて之れを達する事を得、然れ共此壓延方法は諸種の關係上殆んど不可能ならん、今參考のため此方法によりて壓延せしものゝ一例を示さん。

素鉄厚(耗)	壓延後 の厚(耗)	鍛鍊係數%	破斷界(耗)	延伸率%	摘	要
一五	七・五	〇	五〇	(四四・六)	(三・九)	
一八	七・〇	〇	六一	(五一・一)	(四・〇)	
二二	三・五	六八	五〇	(四九・六)	(三・八)	二十二耗より七耗に壓延するには其方向を一定(兩方より)して施行せり
二二	六・〇	四一	五〇	(五二・九)	(四・四)	
				(五二・三)	(四・六)	

備考 一、本試験はマイヤー試験機によりしものとす。

二、本表中括弧なきは鑄造時に於ける鑄流方向のものにして括弧内のものは鑄流と直角方向のものとする。

三、試験桿の寸度壓延後の厚さ三五耗のものは幅二十耗其他は幅十耗にして標點距離は總て百耗とす。

二、顯微鏡的性質

未だ軟過を施さるるものは壓延方向に於て鍛鍊係數の異なるに従て變化するか如く壓延方向と直角方向に於ても鍛鍊係數に伴ひて變化す、然れとも一旦軟過を施す時は鍛鍊係數及壓延の方向に於ける關係は全く消滅して之を識別する事を得ざるに至る事附圖三(檢鏡の位置は總て鈹厚の中央とす)の3乃至8に示すか如し(同一溫度なるに關はらす5の差違あるは素鈹時に於ける差違の影響か或は溫度の誤りありしたためならん)壓延方向を一定せしして壓延したるものは何れの方向に於ても顯微鏡的性質の同一なる事附圖三の1及2(此試料は前表中素鈹厚二十二耗を六耗に壓延せしものにして檢鏡の位置は鈹厚の中央とす)に示すか如し。

第三章 白銅の物理的並に顯微鏡的性質と補足鍛鍊係數との關係

今第二及び第三圖に於て一耗七耗及四耗試験桿の物理的性質を比較する時は鍛鍊係數の同一なるに係はらす其間に著しき差違あるを見る、此の差違たる如何にして生ずるや以下之に就て記せんとす。

此關係を研究するに先ち其鍛鍊係數と比重との關係を測定せしに其結果は次に示すか如し。

鍛鍊係數%	〇	二〇〇	五〇〇	六〇〇	六六七	七二四	七五〇	七七八	八〇〇
比 重	八・九四三	八・九五二	八・九六〇	八・九六九	八・九七八	八・九八七	八・九九五	九・〇〇五	九・〇一四

備考 鍛鍊係數〇％は素鋇とす。

即ち比重は鍛鍊係數の増加に伴ふて増加するに因りて見れば其地金は鍛鍊係數の大なるもの程緻密なりと稱する事を得へし、是に於てか其地金に所望の鍛鍊係數を與へんとするに當りて壓延前の厚さを決定するに施す所の補足鍛鍊係數大なる時は大なる程其地金は益々緻密良好なりと云ふ事を得へし、此事たる次の實驗によりて明かなり。

白銅の素鋇厚十耗より二十四耗に至る間に於て八種(地金の鑄造には新銅及ニッケル十八%と古白銅地金八十二%)を使用せり(を撰定し七百度の軟過及壓延によりて次の如き關係を保たしめたり

素鋇厚耗	九耗にする 鍛鍊係數%		六耗にする鍛鍊係數%		四耗にする鍛鍊係數%	
	鍛鍊係數	補足鍛鍊係數	鍛鍊係數	補足鍛鍊係數	鍛鍊係數	補足鍛鍊係數
一〇	一〇〇	一〇〇	三三〇	一〇〇	五五六	
一二	二五〇	二五〇	三三〇	二五〇	五五六	
一四	三五七	三五七	三三〇	三五七	五五六	
一六	四三八	四三八	三三〇	四三八	五五六	
一八	五〇〇	五〇〇	三三〇	五〇〇	五五六	
二〇	五五〇	五五〇	三三〇	五五〇	五五六	
二二	五九一	五九一	三三〇	五九一	五五六	
二四	六二五	六二五	三三〇	六二五	五五六	

摘

要

一、物理的性質

前表の厚さ六耗及び四耗に於て壓延方向に試験棒を採取し、一部は壓延の儘に於て一部は七百度の完全軟過を施し以て其物理的性質を検せしに其結果は第四圖に示すか如し之によりて見れば補足鍛鍊係數大なるものは地金の緻密良好なるの證にして第二圖及第三圖に於ける差違も是等に關

するや明かなり。

二、顯微鏡的性質

補足鍛鍊係數大なるものは附圖四(檢鏡の位置は總て鈑厚の中央とす)に示すか如く鍛鍊係數同一なるも顯微鏡的性質に於ては鍛鍊係數大なり、然れ共軟過したるものは全く之れを識別する事を得ず。

以上記せし所によれば、補足鍛鍊係數大なるものは、鍛鍊係數同一なる時顯微鏡的性質上よりすれば破斷界大にして延伸率小なるへきに事實は延伸率の却て大なるは、之れ補足鍛鍊係數大なるものは全く地金の緻密良好なるの證にして第二及び第三圖に於ける差違も是等に關するや明かなり。

第四章 鍛鍊係數の地金の内部に及ぼす影響

以上兩三章に於て記載したる白銅の物理的性質と鍛鍊係數との關係は地金の厚薄に關して之を論せさりきよりて本章に於ては鍛鍊係數と地金の厚薄との關係に付いて少しく之を記せんとす、之がため厚さ異なる數枚の白銅素鈑(地金の鑄造は前章に同し)を取り之に七百度の軟過を施し次の如き關係を保たしめて鈑の兩面を平等に削取し以て之より試験桿を採取せり。

番號	壓延前の素鈑厚(耗)		壓延後		削取せし一面厚(耗)		削取後の鈑厚	
	補足鍛鍊係數%	鍛鍊係數%	厚(耗)	厚(耗)	面厚(耗)	面厚(耗)	鈑厚	厚
一	二四	五〇	一二	一二	四・〇	四・〇	四	四
二	二二	五〇	一一	一一	三五	三五	四	四
三	二〇	五〇	一〇	一〇	三〇	三〇	四	四
四	一八	五〇	九	九	二五	二五	四	四
五	一六	五〇	八	八	二〇	二〇	四	四
六	一四	五〇	七	七	一五	一五	四	四

一、物理的性質

前記の試験桿に對する牽引試験の結果は次表に示すか如し。

番號

破斷界(珎)

延伸率(%)

備

考

七	一二	〇	五〇	五〇	六	一〇	四
八	一〇	〇	五〇	五〇	五	〇・五	四
九	三二	五〇	五〇	五〇	八	二〇	四
一〇	二四	五〇	五〇	五〇	六	一〇	四
一一	二〇	五〇	五〇	五〇	五	〇・五	四
一二	一六	五〇	五〇	五〇	四	〇〇	四
一	五〇・三	四・一					
二	四九・三	三七					
三	四九・四	三八					
四	五二・四	三八					
五	五一・九	三六					
六	五二・一	三三					
七	五二・七	三六					
八	五二・二	三三					
九	五一・四 (四三・四)	五・三 (三・四)					
一〇	五三・二 (三四・八)	五・一 (四・三)					
一一	五四・〇 (三四・四)	五・〇 (四・四)					

一、番號中九、十、十一及十二の牽引試験はマイヤー試験機によりしものとす

二、括弧内のは七百度の軟過を施せしものとす

一二

(三五・五
三四・九)(四〇・八
四〇・九)

本表による時はたとへ鍛錬係數同一なるも素鋸時に於ける厚さ異なる時は地金の内部に及ぼす鍛錬係數の影響は其厚さ大なるものは小なるものより概して少しと稱する事を得へし。

二、顯微鏡的性質

顯微鏡的試験の結果は附圖五(檢鏡の位置は鋸厚の中央とす)に示すか如く殆んど其差違を認めずして全く同一なりと稱する事を得(圖中1乃至4に於て僅少の差違あるを見るは之れ素鋸時に於ける影響ならん)然らば物理的性質上に於て前述の如き差違を呈するは其原因何れにありや、之れを判斷することを得ず、依りて次の如き關係を有するものについて之を試験せしに其結果は附圖六に示すか如し。

附圖中の番號	素鋸厚(耗)	壓延後		檢鏡の位置
		補足鍛錬係數%	鍛錬係數厚(耗)	
一	二二・〇	一四	二五	一三五〇
二	二二・〇	五七	二五	六七五
三	二二・〇	一四	二五	一三五〇
四	二二・〇	五七	二五	六七五
五	二二・〇	一四	二五	一三五〇
六	二二・〇	五七	二五	六七五
七	二二・〇	一四	二五	一三五〇
八	二二・〇	五七	二五	六七五
九	二二・〇	一四	二五	一三五〇
一〇	二二・〇	五七	二五	六七五

壓延したる表面

同

壓延したる表面下〇・五耗の處

同

壓延したる表面下一耗の處

同

壓延したる表面下二耗の處

同

壓延したる表面下三四耗の處

同(鋸厚の約中央)

一一	二一〇	一四	二五	一三五〇	壓延したる表面下六・七五耗の處即ち中央
一二	二一〇	二四	五〇	八〇〇	壓延したる表面
一三	二一〇	二四	五〇	八〇〇	壓延したる表面下〇・五耗の處
一四	二一〇	二四	五〇	八〇〇	壓延したる表面下一耗の處
一五	二一〇	二四	五〇	八〇〇	壓延したる表面下二耗の處
一六	二一〇	二四	五〇	八〇〇	壓延したる表面下四耗の處即ち中央

附圖六によれば1乃至6に於ては其差違を見さること附圖五に於けると同様なり、之れ鍛鍊係數小なるため素鋸時に於ける組織を未だ破壊すること能はざりしためなるか如し、然るに7乃至11及12乃至16に於ては壓延表面より地金の内部に至るに従ひ其景況異なるを見る、之れたとへ鍛鍊係數同一なるも壓延は前後に於ける地金の厚さ異なる時之より同一寸度の試験桿を採取するも其物理的性質に差違ある原因ならんか。

第五章 白銅の物理的及顯微鏡的性質と壓延方法との關係

以上記する所により白銅の物理的性質と鍛鍊係數との關係に就ては略ほ其大要を知るを得たり依つて本章に於ては壓延方法の差違は白銅の物理的性質に如何に影響するやについて少しく之を記せんとす。

之かため同一厚を有する素鋸數枚(地金の鑄造は前章に同し)を取りて之を同一の厚さに壓延(壓延前には素鋸を七百度にて軟過せり)するに其方法を異にすること左表に示すか如くしたり。

地金 番號	壓延前素 鋸厚(耗)	壓延方法	鍛鍊係數 %	壓延方法	鍛鍊係數 %
一	一六	一方より 十回通過	三七・五	一方より十 三回通過	五〇・〇
二	一六	兩方より十回 交毎に通過	三七・五	兩方より十三 回交毎に通過	五〇・〇
				一方より廿 九回通過	七五・〇
				兩方より廿九 回交毎に通過	七五・〇

一、物理的性質

前表の如くして壓延したる後之より試験桿を採取し一部は壓延の儘に於て一部は七百度の軟過を施したる後に於て其物理的性質を検せしに其結果は次表の如し。

地金 番號	十五耗厚の試験桿		十耗厚の試験桿		八耗厚の試験桿		四耗厚の試験桿		備考
	破斷界	延伸率%	破斷界	延伸率%	破斷界	延伸率%	破斷界	延伸率%	
一	—	—	四七・八 (三二・一)	四・八 (三八・六)	五〇・七 (三四・六)	五・六 (四三・八)	五八・五 (三五・六)	四・四 (四二・七)	一、括弧内のものは七百度軟過のものとする 二、試験桿の寸度 十五耗試験桿厚十五耗幅十五耗十耗試 驗桿厚十耗幅十耗八耗試驗桿厚八耗幅 十耗四耗試驗桿厚四耗幅廿耗標點距離 は共に百耗とす 三、地金番號の五、六及七の牽引試験はマ イヤ試験機によりしものとす
二	—	—	四八・〇 (三二・一)	四・七 (三八・二)	五〇・七 (三四・四)	五・八 (四二・五)	五八・三 (三五・七)	四・五 (四二・九)	
三	—	—	四八・〇 (三二・一)	四・七 (三八・二)	五〇・七 (三四・四)	五・八 (四二・五)	五八・三 (三五・七)	四・五 (四二・九)	
四	—	—	四七・三 (四二・二)	四・一 (四〇・八)	四八・八 (三四・八)	五・五 (四〇・五)	五五・〇 (三五・七)	四・〇 (四二・七)	
五	四三・二	五・七	五二・四	四・四					
六	四二・六	五・九	五二・一	四・〇					
七	四三・二	五・三	五二・六	四・三					

本表によれば多少の差違あるか如きも其間實驗誤差の影響等も考ふる時は壓延方法の差違は其物理的性質に及ぼす影響殆んどなしと稱するも可ならん、たとへ此壓延方法の影響ありとするも此の如く極端なる壓延方法の差違によりて斯の如く僅少なる物理的性質の差違なれば壓延方法の影響は殆んど顧慮を要せざるへし、又た實際の作業上に於ても壓延方法を一定ならしむるか如きは殆

んと不可能の事なりとす。

二、顯微鏡的性質

顯微鏡的實驗の結果に於ても壓延方法の差違は殆んど其影響を認めざる事附圖七檢鏡の位置は鉄厚の中央部とすに示すか如し。之によるも壓延方法(轉子間の通過回数及び方向等)は之を一定するの要なきか如し。

註、附圖中の5と6とに少しく相違あるは之れ素鉄時に於ける差違の影響なり、此事に關しては次編に於て之を記せんとす。

第六章 約 說

以上第一章乃至第五章を約說する事次の如し。

一、白銅は冷間に於ける可鍛性甚た大なるを以て爾他の關係之を許せば鍛鍊係數約八十%迄は中間の軟過なくして連續壓延する事を得。

二、白銅は其他の關係之を許せば補足鍛鍊係數を大ならしむるを可とす。

三、白銅地金を壓延するに壓延前後に於ける厚さ異なる時はたとへ鍛鍊係數同一なる地金の内部に及ぼす鍛鍊係數の影響は異なるものとす。

四、白銅地金を壓延するには其壓延方向及び轉子間の通過回数等には甚たしく顧慮するを要せず。

第二編 白銅の物理的及顯微鏡的性質と軟過との關係

白銅の物理的及び顯微鏡的性質と鍛鍊係數との關係に就ては第壹編に於て已に之を知りたるを以て本編に於ては、物理的性質及顯微鏡的性質と軟化との關係に就て之を記せんとす。

第一章 白銅素鉄に軟過の要否

一、物理的性質

白銅素鋇の物理的性質區々なるは肉眼によりて其破斷面を検することによりても之を想像し得る事困難ならず、故に白銅素鋇に於ける軟過の要否は素鋇の物理的性質によりて之を判斷する事甚た困難なりとす、依りて之かためには其物理的性質殆んど一樣なるへしと想像さるゝ所の素鋇を取りて鋇を二分し一部は鑄造の儘に於て一部は七百度の軟過を施して之を壓延し、而して其物理的性質を比較する方法を採りたるに其結果は之を次表に示すか如し(試験桿は壓延方向に之を採取す)

素鋇 厚耗	鍛鍊 係數 %	壓延 後の 厚耗	鑄造したる儘の素鋇によるもの		七百度にて軟過したる素鋇によるもの	
			破斷界距	延伸率%	破斷界距	延伸率%
一六	三七・五	一〇	四七・二	五・六	三三・七	三〇・六
一二	四一・六	七	四九・一	五・〇	三四・四	三一・八
一六	五〇・〇	八	四九・四	四・六	三二・七	四〇・九
一六	七五・〇	四	五四・九	四・一	三四・八	四一・九
平均			五〇・二	四・八	三四・二	四一・三

備考 試験桿の寸度壓延後の厚十、八及七耗のものは幅十耗

厚四耗のものは幅廿耗、標點距離は總て百耗とす。

本表に依る時は素鋇に軟過を施したるものも施さるものも之を區別する事を得ずして白銅素鋇には軟過を施さるものも可なりと稱する事を得へし。

以上實驗に供したる白銅素鋇は肉眼による破斷面の景況密實なるものゝみなりしか、抑も白銅素鋇は鑄流時に於ける鑄型の温度及鑄型に塗抹する塗料の如何によりて其破斷面の景況大に異なるものにして一般に鑄型の温度高きものに之に反して冷却せるもの及び鑄型に塗料を施さるものは其破斷面針狀結晶(此結晶狀をなすの程度は鑄型の温度及厚さの異なるに従て變化するものにして鋇の中央部は密實なるを常とす)を呈し然らざるものは破斷面の景況密實なるを普通とするか如し

依りて以下是等白銅素鋅の物理的性質は如何なる差違を呈するものなるや或は軟過によりて之を調整する事を得るものなるや否やについて之を左表に示さんとす(試験桿は壓延方向に之を採取す)

素鋅	破断面 厚耗	鍛鍊 係數 %	壓延 後の 厚耗	鑄造したる儘の素鋅によるもの				七百度にて軟過したる素鋅によるもの			
				壓延の儘		同上のもの 七百度軟過		壓延の儘		同上のもの 七百度軟過	
				破断面距	延伸率%	破断面距	延伸率%	破断面距	延伸率%	破断面距	延伸率%
密 實	二〇	二五	一五	四三・〇	五・七	三三・三	三四・〇	四二・七	六・〇	三三・一	三五・二
針狀結晶	二〇	二五	一五	四一・七	四・一	三二・〇	二九・二	四二・三	五・六	三一・三	三〇・一
密 實	二〇	五〇	一〇	五一・〇	四・八	三四・八	四二・〇	五〇・九	四・九	三四・五	四二・三
針狀結晶	二〇	五〇	一〇	五〇・八	三・七	三二・二	三八・九	四八・六	四・〇	三三・六	四〇・〇
平 均				四六・六	四・六	三三・一	三六・〇	四六・一	五・一	三三・一	三六・九

備考 試験桿の寸度幅十耗標點距離百耗とす。

本表を見る時は素鋅は軟過を施したるものは其結果多少良好なるか如きも先づ其差違なしと稱して可なり。之れに依れば白銅素鋅は軟過により、この金質の調整を行ふ事能はざるを知る、然れともたとへ素鋅時に於て破断面の状態針狀結晶をなすものも屢次の軟過及壓延作業を経て其厚さを減するに従ひ、其物理的性質は最初破断面の状態密實なりしものに近づき、殆んど區別し能はざるに至るは作業上大に利便とする所なり、之れに依りて見れば破断面に針狀結晶を有するも敢て支障なきか如し、之れ針狀結晶の状態甚たしからざるものゝ結果なり、其甚たしきものに至りては、其性質脆弱にして當初の壓延作業に於て龜裂を生し廢物に歸せしむるものなり、故に此の如き素鋅はたとへ針狀結晶少なきものと雖も、之を製出せざる如く注意を要するは勿論の事なりとす。

二、顯微鏡的性質

白銅素鋅に對する軟過の影響は物理的性質に於て其差違なきか如く顯微鏡的性質上に於ても附圖八及び九の1乃至5に示すか如く殆んど其差違を認むる事なく又た軟過後急冷したるものも變

化を認む事なし(檢鏡面は鈹面に直角方向の面とす即ち鈹面と平行方向より檢鏡す)又た素鈹の破斷面異なるもの(密實なるものと針狀結晶狀態をなすもの)に於ても軟過の影響を呈する事なし、即ち附圖九の8乃至11に示すか如し、然れとも此倍率は大なりしを以て單に一部の景況なるやも知るへからず、依りて倍率を少にして之を檢せしに圖中12乃至15に示すか如く之れ又た其變化を認むる事なし(檢鏡面は板面とす即ち板面と法線方向より檢鏡す)以上記する所によれば肉眼によりて破斷面の景況異なるものも顯微鏡によりては其差違なき事に歸すへし、之れ顯微鏡にありては鈹面に法線方向より之を檢し肉眼にありては鈹面に平行方向より之を見たるためなるやも知るへからず、依りて顯微鏡にありても肉眼によりしと同方向より之を檢せしに之れ亦た其景況異ならざる事附圖十の1乃至4に示すが如く軟過の影響も認むる事なし、只々破斷面に針狀結晶の狀態を呈するものは其結晶の一般に大なる如き感あるのみなり。

素鈹に對する顯微鏡的性質は以上之を記するか如しと雖も、斯の如く破斷面の景況異なるものも鍛鍊する時は顯微鏡的性質に如何なる景況を呈するものなるや、之れまた看過すへからざる事ならん、よりて是等二種の素鈹鑄造したる素鈹は厚二五耗なるも鈹の兩面を二五耗つゝ平削し二〇耗とす、之れ針狀結晶狀態の部をよく鈹面に露はさんが爲めなり)に對し一は鑄造の儘に於て一は七百度の軟過を施して鍛鍊後に於ける檢鏡のためには鈹面を〇三耗つゝ削取せり、之れ破斷面に於ける針狀結晶の狀態の部をよく鈹面に露はさんがためなり)を加へ以て其景況を檢し、或は鍛鍊後軟過を施して之を檢せしに附圖十の5乃至20に示すか如く兩種共に之れ亦た其差違を認むる事なし。

破斷面に針狀結晶の現はるゝ針狀の方向は總て鈹面(換言すれば鑄型に接したる面即ち冷却面に直角方向なり)に直角方向に之を形成するか如し、然るに破斷面に此の如き針狀結晶の狀態を呈するは元來此部分は非常に微細なる孔(ブローホール?)多きため鈹を破斷するに當り其孔の部を傳はり

て破斷するためなるへしと、もし然らんには之を破斷する方向により如何なる方向にも之を現出せしめ得るの理なく、よりて之を實驗せんとせしも完全に之を施行する事を得ざりき、之れ鈹面に平行して此部分を破斷せんとせしも、此部分の厚さ少きと、たとへ針狀結晶狀態をなす所と雖も、之に打撃壓迫を加ふる時は忽ち他の部分と區別し得ざるに至るとを以てなり、不完全なるも其破斷面の景況によれば、其針狀結晶の方向は上記せし如く鈹面に直角方向なるか如く之を認めたり、之れ破斷に際しては上記の如く薄弱なる孔の部を傳はりて破斷するも鈹の冷却の遲速等の關係より鈹に存在する孔の狀態一樣ならざるを以て特異の狀態を有し鈹面に直角方向にのみ、針狀結晶の狀態を呈するにあるか如し、附圖第十一の1参照、若し鈹面に直角方向より之を見る時は何れの處に於ても此の如き長き結晶の部分を認むる事なし、然れとも破斷面にかゝる狀態を呈するものは其結晶狀態の方向何れにあるを問はず其性質不良なるは明かなりとす。

註附圖第十一圖の2に破斷面の景況を示す普通の寫眞を掲げて參考に供す。

第二章 壓延したる白銅鈹と軟過との關係

白銅素鈹の軟過に關しては、本編第一章に於て既に之を記せしを以て、本章に於ては壓延したる白銅鈹と軟過との關係に就て之を記せんとす、壓延によりて各種の鍛鍊係數を附與したる白銅鈹は適當なる軟過を之に加ふれば鍛鍊前に於ては各々其鍛鍊係數に應ずる性質を有するも、第一編第一章參照、軟過後に於ては其性質殆んと同一に至ること、第一編第二章參照、第一編に於て既に之を知れば壓延したる白銅鈹を各種の溫度を以て軟過する時は如何なる性質を呈するものなるや以下之に就て記せんとす。

一、物理的性質 壓延したる白銅鈹は其軟過溫度異なるに従ひ、各々其溫度に應ずる物理的性質を呈する事、第五圖に示すか如し、而して其溫度四百度までに至るまでは殆んと軟過の影響を蒙る事な

く四百五十度より其影響を現出し五百度に至りて著しく其物理的性質を變し其後に於ては温度の差違に依る物理的性質の變化は極めて微々たるを知る。

註一、九百度以上に於ける性質の變化を研究すること、勿論無益の事にあらざるも彈丸製作上に於ては今其必要なか如きを以て茲には之を省く。

註二、第一編第一章に屬する第二圖と本編第二章に屬する第五圖との比較に就て今第二圖の一に於て七耗試験桿の物理的性質を見る時は鍛鍊係數零%なる時破斷界二十七疋延伸率二十四%にして第五圖の一に於ては此の如きものを認むる事なし、又第五圖の一を得たる試験桿の軟過前に於ける鍛鍊係數は五十%にして破斷界五十疋延伸率五%なるも第二圖の一に於て鍛鍊係數五十%に應ずるものを求むる時は破斷界四十八疋延伸率一二%にして鍛鍊係數同一なるに關らず、其間に差違あるを見る、之れ此差違を生じたるは第二圖の一の七耗試験桿は素鋸を削成して鍛鍊前の厚さを決定したるに第五圖の一の七耗試験桿は十八耗の素鋸より七百度の軟過及び壓延によりて鍛鍊前の厚さを決定したるを以て二十二%の補足鍛鍊係數を有するかためなりと認むることを得へし(第一編第三章參照)

次に第二圖の一に於て一耗試験桿の鍛鍊係數零%(六百五十度にして軟過せしものなり)に應ずるものを見るときは破斷界三十九疋延伸率三十七%にして第五圖の二に於ける六百五十度軟過のもののは破斷界三十三疋延伸率三十八%にして其間に大なる差違あるを見る、然るに第二圖の一を得たる試験桿も第五圖の二を得たる試験桿も其採取法同一なるに關はらず、此の如き差違あるは甚だ疑はしきか如きも其後に於ける實驗の結果より見る時は第五圖の二に示したるものゝ方眞なるか如し、加之第二圖の一を得たる實驗の當時(明治四十三年)にありては白銅に關して研究したる一の標準とすへきものもなく、只々僅かに外國製實包を分解して得たる被甲等を檢鏡比較したるに止まり、其

比較の結果は外國製被甲を軟過するときは大なる結晶粒の現出するに本邦製のものとは小なる結晶粒を見るは本邦製の白銅は外國製のものとは全く異なるものにあらざるか、外國製被甲に軟過を施す時大なる結晶粒を現出するは分析によればマンガンの微量あれば、或は之かためにあらざるか、是等の疑より其當時に於てマンガンを入れたる白銅について、研究したるも外國製被甲の如き組織を有する白銅を得る事能はざりき、其何故に外國製白銅と本邦製白銅との間に差違あるや、其當時に於ては之を判斷する事を得ざりき、然るに其後に於ける實驗に於ては附圖十二に示すか如く、本邦製白銅にありても外國製白銅と同一なる組織を有するに至れり、之によりて見れば先きに第二圖の一を得るに使用せし地金は其性質不良なりしか、或は温度等に誤りありしたためなるへしと云ふの外なからん。

二、顯微鏡的性質 顯微鏡的性質に及ぼす軟過温度の影響も之を附圖十二に示すか如くよく其物理的性質の變化と相伴ふを見る即ち軟過温度四百五十度に於ては其組織の變化未だ明瞭ならざるも五百度に至れば全く其鍛鍊組織の消滅するを見る、以上温度の變化に伴ひ其結晶粒は漸々増大す、

以上兩性質によりて見るに壓延したる白銅板を軟過するには單に物理的性質上よりすれば其温度六百度以上なれば可なるか如きも又た顯微鏡的性質上より見れば軟過温度六百五十度以下のものは何となく、其軟過未だ充分ならざるか如き感あるに反し、八百五十度以上に於ては結晶粒過大となり、軟過其度を失せしにあらざるやの感ありて七百度乃至八百度のは、其景況適當に軟過されたるか如き感あり、之に因りて見れば白銅の軟過温度としては、此附近を採用するを可とするか如きも軟過温度の決定に關しては諸種關係の又た之に伴ふものあれば後章に於て尙之に關し記する事あるへし。

第三章 軟過したる白銅の性質に及ぼす軟過後に於ける冷却方法差違の影響

壓延したる白銅板を各種の温度を以て軟過するに當り軟過後自然に之を放冷する時に於ける其物理的及び顯微鏡的性質に及ぼす影響に關しては前章に於て之を記せしか如し、然らば軟過後直に之を水中又は油中等に投入して之を冷却すれば、之かため其性質上に如何なる影響を呈するものなるや少しく之に就て記せんとす。

一、物理的性質 壓延後軟過したる白銅を軟過後直に水中又た油中等に投し、之を急冷するも物理的性質上には、其影響なきか如し、今一枚の壓延したる白銅板より試験桿を採取し同時に同温度にて軟過したる後一部は之を急冷し、一部は之を自然に放冷したる後其物理的性質を検するに實に左表に示すか如し。

冷却の區分	試験桿の寸度 耗			六〇〇度		七〇〇度		八〇〇度		九〇〇度	
	厚	幅	標點距離	破斷界	延伸率	破斷界	延伸率	破斷界	延伸率	破斷界	延伸率
自然放冷	七	一〇	一〇〇	三二、一	四四、五	三一、六	四五、〇	三一、〇	四五、三	三〇、五	四五、六
十八度の水中に急冷	七	一〇	一〇〇	三一、八	四五、三	三二、二	四四、六	二九、七	四四、九	三〇、八	四五、七
自然放冷	一	二〇	一〇〇	三四、七	三九、八	三三、二	三八、一	三二、一	三七、三	三二、五	三八、〇
十八度の水中に急冷	一	二〇	一〇〇	三四、一	三八、〇	三四、五	三六、七	三三、六	三六、五	三〇、九	三七、二
廿度の種油中に急冷	一	二〇	一〇〇	三五、〇	三七、二	三五、七	三八、五	三一、八	三八、一	三二、七	三七、二

備考 一、軟過前に於ける鍛鍊係數は五十%とす。

二、試験桿は之を爐より出して水中又は油中等に投入するに若干の時間を要するを以て將に水中又は油中に入らんとするの瞬時に於て、試験桿の保有する温度は爐中にある時より若干降下しあるや明かなるものには爐中に於ける時と同温度を保有するものと見做せり。

牽引試験の如き徐々に鍛鍊を受くる場合にありては、軟過後に於ける冷却方法の差違は其物理的

性質上に全く其影響なしと稱するを得る事前表に示すか如し、然れとも彈丸被甲の壓延に於けるか如く瞬時間に鍛鍊を受くる場合に於ても冷却方法差違の影響なきや否やに就て之を實驗したらんには被甲の軟過作業上に利益あるや明かなれば(密閉式自動軟過爐使用上)是等に就ては須らく研究を要する事ならん。

二、顯微鏡的性質 軟過後冷却方法の差違は顯微鏡的性質上にも其影響なき事附圖十三に示すか如し。

第四章 壓延したる白銅鈑の性質に及ぼす軟過溫度及軟過時間の影響

一、軟過溫度と鍛鍊係數との關係

壓延したる白銅鈑の軟過溫度に従て其性質の異なることは前章に於て之を記載せしか如しと雖も今此に鍛鍊係數の關係を加ふる時はたとへ軟過溫度同一なるも尙ほ他の現象を生起するか如し即ち鍛鍊係數異なるときは軟過溫度同一なるも、某一定時間に達する迄は其性質上に軟過のために蒙る影響に遲速あること之れなり、其景況は次に示すか如し。

一、物理的性質 鍛鍊係數異なるも某一定時間に達すれば、軟過溫度同一なる時は遂に其溫度に應し殆んど同一性質に至ること勿論なるも某一定時期に達する間に於ける變化の景況は鍛鍊係數の差大ならざる時は次に記する所の顯微鏡的性質の變化に伴ふか如き現象を認むることを得さる、之れ元より充分綿密なる試験を行ふこと能はさりしは確かに一の原因ならんも、又他の一方より之を察するに某一定時期に達する間に於ける軟過のために蒙る軟過影響の變化は壓延鈑の性質に及ぼす鍛鍊係數の影響大なるかため之に打ち勝つこと能はさるのたにあらざるか、然れとも鍛鍊係數大にして而も其差大なる時は物理的性質の變化も鍛鍊係數の大なるものは小なるものより軟過進行の速なること第六圖に示すか如し。

二、顯微鏡的性質 軟過溫度同一なるも鍛鍊係數異なる時は軟過のため組織の變化に遲速あること附圖十四に示すか如く明瞭に之を認むることを得、即ち鍛鍊係數大なるものは鍛鍊係數小なるものより軟過のために組織の變化すること速かなり。加之鍛鍊係數の差大なる時は常に組織の變化に遲速あるのみならず、結晶粒の大きさにも差違を生し、鍛鍊係數大なるものは小なるものより結晶粒小なり、低溫度にありては組織の變化せざるものもあるものとす、其景況は附圖十五に示すか如し。又補足鍛鍊係數を有するものはたとへ鍛鍊係數同一なるも補足鍛鍊係數を有せざるものより軟過の影響を蒙むること速かなり。

二、軟過溫度と軟過時間との關係

壓延したる白銅板を某溫度を以て軟過する時は軟過時間の増加するに從て其性質を變化すると其景況恰も各種溫度を以て軟過するに當り、低溫度より溫度の増加するに從て、其性質を變化すると同一にして(第五圖參照)遂に完全軟過に達して當該溫度に相當する性質を現はし、尙ほ時間の増加するに伴ひ其溫度の異なるに從て各種の性質を呈するものなり、其景況は次に記するか如し。

一、物理的性質 軟過溫度の異なるに從ひ軟過の進行時間に遲速あるは勿論のことなるも其變化の景況は各種溫度共殆んど同一なり、而して爾後時間の増加するに從ひ軟過溫度約七百度に至る迄は其變化の景況著しからざるも約七百度以上に至る時は白銅の性質は漸次脆弱に陥るものとす、其景況は之を第七及第八圖に示すか如し。

註軟過溫度七百度に於ても軟過時間を増加して十時間以上に至る時は著しく其性質を變し脆弱に陥るを認めたり、即ち破斷界は其變化極めて微々たるも延伸率は甚だ減少するを認めたり、其景況は之を次に示すか如し。

軟過時間

破斷界限

延伸率

一〇	三三	三九、〇
二〇	三一	一九、〇
三〇	三〇	一五、〇
四〇	二九	一三、〇
五〇	二九	一三、五
六〇	二八	一三、〇

二、顯微鏡的性質 顯微鏡的性質の變化もよく物理的性質の變化に伴ひて變化すること附圖十六、十七及十八に示すか如し、然れとも此に疑を生ずる點あり即ち次の如し。

今第八圖と附圖十八とを對照するとき第八圖に於て軟過時間三時間に至る迄は曲線の變化甚たしきに係はらず、附圖十八に於ては結晶粒の増大せし外特異の點を認めることなり。依て尙ほ詳細に顯微鏡試験を施行せしに附圖十八の7及8に示す如き現象を發見したり、即軟過時間の増大する時は地金内部の局所に其組織間に細粒結晶の集團しありて、其狀況恰も素鈹の組織に類すること之れなり、之に依りて見れば第八圖に於て曲線の變化甚たしきは全く之かためなることを知れり。

尙七百度軟過のものに就て之を検したるに軟過時間四時間のものより細粒結晶の現出を始め、以下時間の増加に伴ひ、十時間を経過するときは此細粒結晶を著しく増加するを見たり。

前章及び以上の結果を綜合する時は白銅の軟過溫度としては七百度乃至八百度を採用し、而かも細粒結晶の現出せざる程度に於てするを可とせん。

註 軟過溫度八百度以上に於ても軟過時間に注意する時は決して不可ならざるも大製作の作業

上に於ては困難なるへし、何となれば一爐に多量の地金を装入して軟過するに當り、其地金は爐面に近き部分より軟過を開始し漸次中央に及ぶを以て中央部の完全に軟過するゝ時期に於ては爐面に近き部分の地金中には細粒結晶の現出するもの即ち過軟過のものを生ずるを以てなり。

附 各種不純物の影響

白銅は其中に不純分の混在する時は其性質に及ぼす影響大なるを以て其取扱には充分注意せざるへからず、白銅の成分たる銅及ニッケル中に含有する不純分は之れ止むを得ざるものなれとも其作業間他より混入し来る不純分に就ては出來得る限り之か混入を豫防せざるへからず、其作業間混入し来る不純分の主なるものは凡そ次に示すか如し。

鐵の混入 白銅に加工する總ての器具機械及工具等は殆んど鐵或は鋼にあらざるものなし。故に古白銅中に鐵の混入することは如何にするも、絶対に之を豫防すること能はすして鐵の含有量は折々増加するものとす、先きに鑄造用攪拌棒に鐵棒のみを使用しつゝありし際、参考のため鑄造回数に伴ふ鐵の増加量を調査したることありしか、其増加量は決して少きにあらざること實に左に示すか如し(現今に於てはニッケル棒を使用すニッケル棒は尙研究中なり)

鑄造回数	鐵の量%
一	〇、〇九
一一	〇、一五
二〇	〇、二一
三〇	〇、二六

鉛及銻の混入 完成したる彈丸にして疵のため或は修正すること能はざる不良品なる時は其彈丸は之を被甲たる白銅と彈身たる硬鉛とに破壊分離して之を使用せざるへからず、其分離に際して白銅の破面に硬鉛の附著することは之れ又た絶対に豫防することを得ずして漸次其量を増加するに至るものとす。

アルミニウムの混入 アルミニウムは白銅鑄造のため脱酸劑として使用するを以て古白銅を再三使用する時はたとへ其幾分は燒散するも漸次其量を増加するものとす。

マンガンの混入 マンガンも白銅鑄造のため脱酸劑並に其他の目的のため使用するを以てアルミニウムと同じく漸次其量を増加するものとす。

依りて參考のため左記の如く以上の不純分を白銅に含有せしめ以て其性質を試験せしに其景況は之を第九乃至十四圖及び附圖十九に示すか如し。

鉛含有量	〇、五	一、〇	一、五	二、〇%の四種
鐵含有量	〇、五	一、〇	一、五	二、〇%の四種
錫含有量	〇、五	一、〇	一、五	二、〇%の四種
マンガ含有量	一、〇	二、〇%の二種		
アルミニウム含有量	〇、五	一、〇%の二種		
硅素含有量	一、〇%の一種			

尙ほ其影響を摘記すれば次の如し。

鉛の影響 鉛は破斷界及延伸率を減少す高温度に於て殊に然り從て熔融點を降下す、顯微鏡的性質上には特異の點を認めす鑄造に當り氣泡を生しスラグ多く作業困難なり。

鐵の影響 鐵は破斷界を増加するも延伸率を減少し、軟過温度高上す其量多き時はスラグ多く作業困難なり、顯微鏡的性質上には其量多きものは、結晶の錯雜せるを見る。

錫の影響 錫は壓延したるものは破斷界及延伸率大なるも、之を軟過する時は之に反す軟過温度低く從て熔融點降下すスラグ多く鑄造困難なり、顯微鏡的性質上其の結晶粒は一般に圓みを有す。

マンガンの影響 マンガンは其量少き時は、其性質普通白銅と同一なるのみならず、其量適當なる時は却て良好の結果を得ること多數の實驗によりて之を認めたり。

アルミニウムの影響 アルミニウムは其含有量微量なる時は脱酸劑として白銅鑄造上有利なること從來の作業に於て之を認む、然れとも其量増加する時は著しく破斷界を増加し、延伸率を減少す、漸次脆弱性となるのみならず、鑄造壓延共に其の作業困難なり。

硅素の影響 硅素は白銅をして著しく脆弱ならしめ軟過温度の高上すること大なり。

各種不純分の白銅に及ぼす影響は以上之を記するか如し(少數實驗の結果なるも其大要を知るを得ん)然れとも、各種作業間に生ずる所の古白銅地金を使用するときは漸次不純分の量を増加し従て白銅の性質をして不良に陥らしむるを以て古白銅の使用量については新地金の使用量と相待て大に考慮を要すること勿論のこととす。

今白銅を再三反覆鑄造する時如何に其性質か不良に陥るやは左記成績によりて明かなり、然れとも顯微鏡的性質上にはスラグの多量を認むるの外他に特異の點なきこと附圖二十に示すか如し。

區分	鑄造回数		備考
	一	一〇	二五
破斷界 庇	三三、四	四一、三	五〇、〇
延伸率 %	四四、三	二八、四	二四、七

第五章 軟過の修正

第一編及び本編各章に於て記載したる所の白銅に關する研究は、諸種の關係上長時日に互りたるを以て、全般を通して之を比較する時は其間彼此矛盾する所あるに至りたり、之れ止むを得ることなりと雖も、大に遺憾とする所なり然れとも之を各編各章に於て各々獨立せしむる時は其關係は明かに之を知り得るを以て、之を以て満足せざるへからざるに至れり、今や本編の研究を結ぶに際して

軟過の修正なる章を設け以て此白銅冷間展伸性大なるかため、其取扱ひ大に便利なるに加へ、尙ほ便利なる一の性質を掲げ以て結論に代へんとす。

壓延したる白銅を各種温度を以て、軟過する時各々其温度に應ずる性質を現はすことは、前屢々之を記せしか如し、然るに低温度を以て軟過したるもの即ち軟過不足のものは爾後の作業に移すに際しても、尙其後に於ける軟過に於て適當なる時は白銅の展伸性大なるかため、其軟過不足の影響は甚た小なるものなり、之に反し高温度を以て軟過したるもの即ち過軟過のものは、如何之れ又た其後の軟過適當なるときは、之を修正し得るものとす、是等を稱して軟過の修正と稱せしなり、以下其試験の成績について記せんとす。

厚さ二十二耗の銅素鋅を採りて之を九耗に壓延(鍛鍊係數約六〇%)し、之を四百乃至九百度の六種温度を以て軟過したる後更に壓延して厚さ四五耗(鍛鍊係數五〇%)及び三耗(鍛鍊係數約六七%)に於て試験桿を採取し一部は壓延の儘に於て一部は七百度の軟過を施し、然る後之か牽引試験を施行せり其結果次の如し。

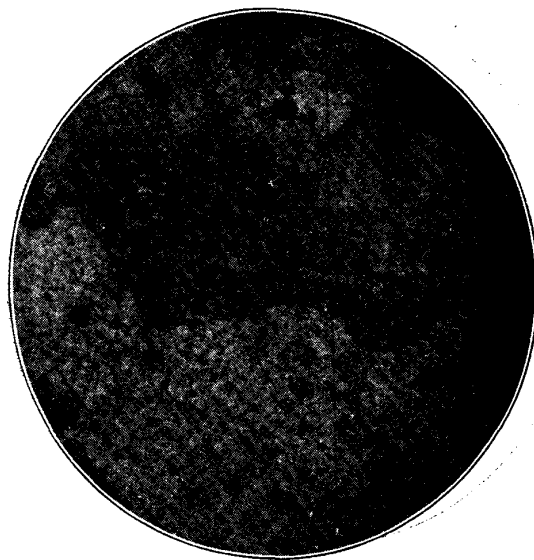
軟過温度	軟過したるまゝのもの		七百度にて更に軟過したるもの		備考
	破斷界限	延伸率%	破斷界限	延伸率%	
四〇〇	四七、五	一〇、四	三二、七	四三、八	試験桿の寸度
五〇〇	四五、七	一二、六	三二、七	四一、八	厚九耗幅一〇耗
六〇〇	三三、五	三七、三	三一、六	四二、二	標點距離一〇〇耗
七〇〇	三二、八	四〇、二	三一、一	四一、三	
八〇〇	三一、五	四一、七	三〇、九	四一、九	
九〇〇	二九、六	三九、九	二九、一	三九、七	

附圖一 壓延に伴ふ顯微鏡的性質の變化

(七耗試驗桿)

各五百倍大

1. 0 % (素鉄)



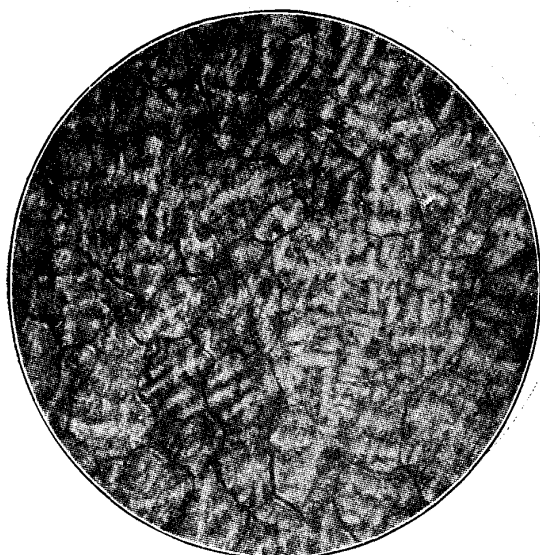
2. 5 %



3. 10 %



4. 15 %



7. 30 %



5. 20 %



8. 35 %



6. 25 %



11. 60 %



9. 40 %



12. 70 %



10. 50 %



13. 75 %



附圖二 壓延に伴ふ顯微鏡的性質の變化

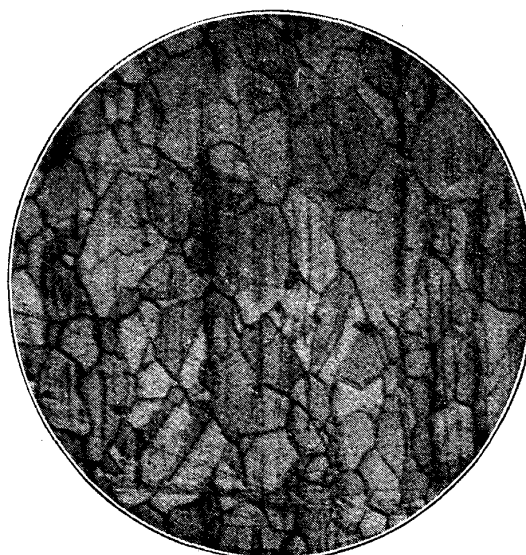
(一 耗試驗桿)

各五百倍大

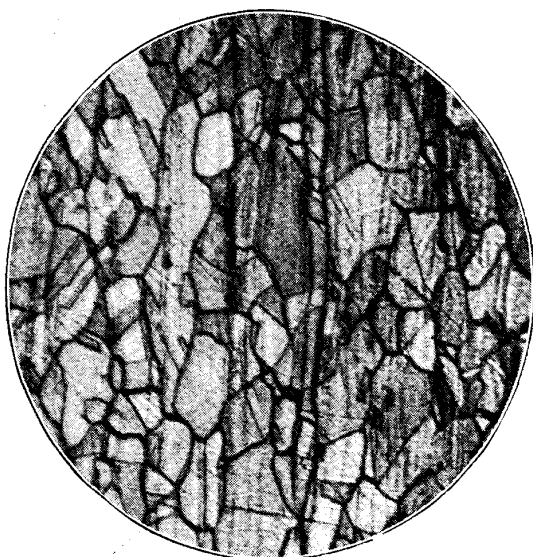
1. 0 % (約 650° 軟過)



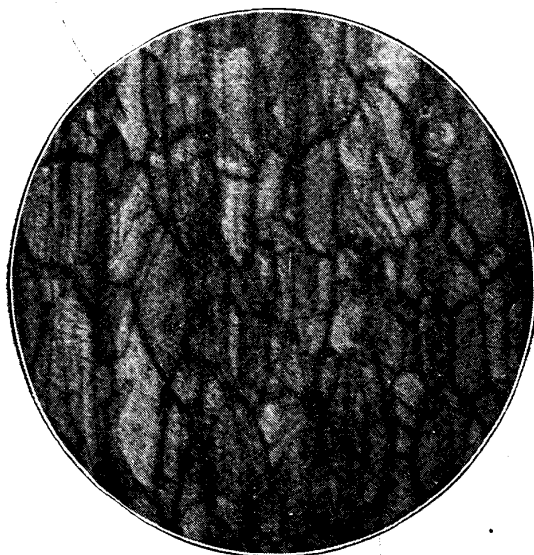
2. 10 %



3. 20 %



4. 30 %



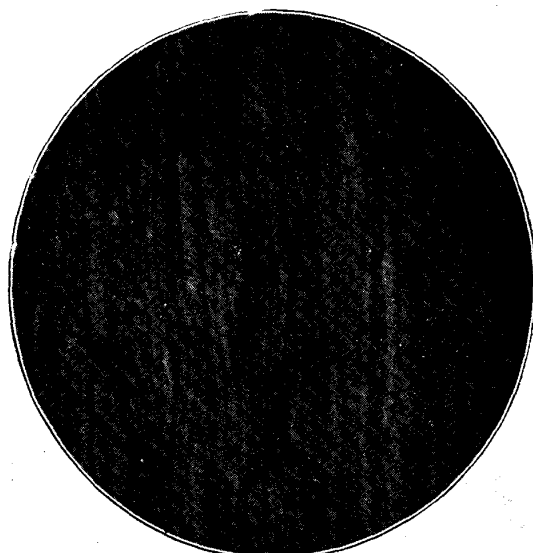
7. 60%



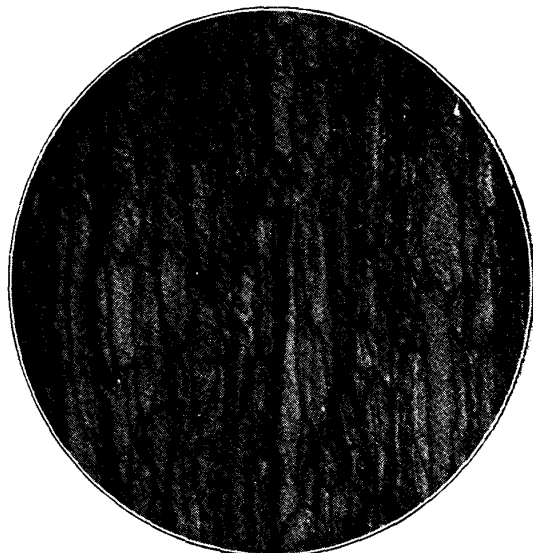
5. 40 %



8. 70 %



6. 50 %



9. 75%



1. 鍛錬方向は一定せずして鍛錬係数 50 % のもの(但し最初の鑄流方向に平行なる面)

註 素鍛厚 22 m/m は 6 m/m に壓延するに厚 18 及び 12 m/m にて七百度にて軟過せり



2. 鍛錬係数 50 % の壓延方向を一定せざるもの(但し最初の鑄流方向に直角面のもの)

註 素鍛厚 22 m/m を 6 に壓延するに厚 18 及 12 m/m にて 700 度にて軟過せり



附圖三 壓延に伴ふ顯微鏡的性質の變化 (各五百倍大)

附圖四 壓延に伴ふ顯微鏡的性質の變化 (各五百倍大)

3. 鍛鍊係數 33 % の壓延方向面(素板厚 20 m/m)



1. 鍛鍊係數 33 % の壓延に直角面(素板厚 20 m/m)



4. 鍛鍊係數 33 % の壓延方向面 素板厚 12 m/m)



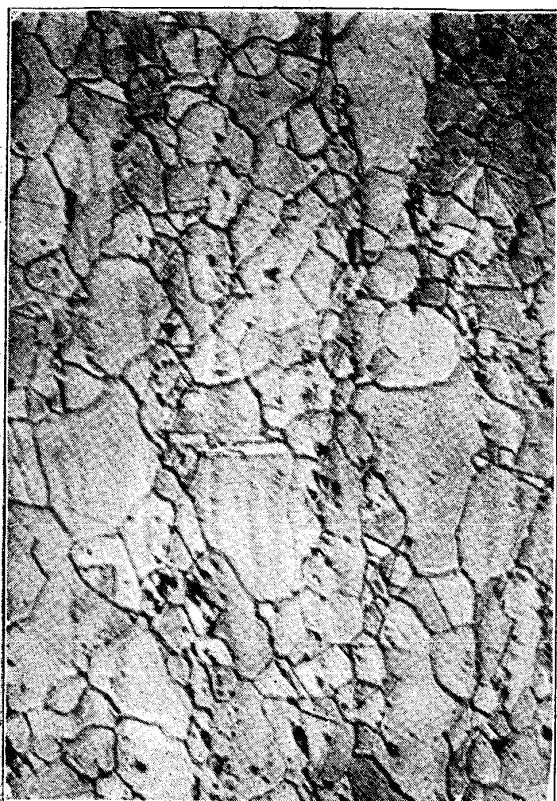
2. 鍛鍊係數 33 % の壓延方向に直角面(素板厚 12 m/m)



5. 鍛錬係数 33% の壓延方向面を 700 度軟過
(素板厚 20 m/m)



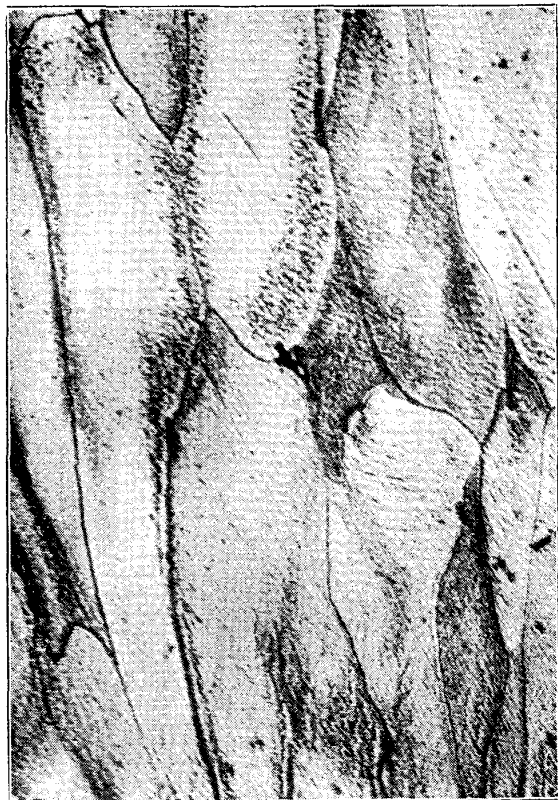
6. 鍛錬係数 33% の壓延方向面を 700 度軟過
(素板厚 12 m/m)



3. 素板厚 20 m/m を 10 m/m に壓延せしもの、板厚の中心部



1. 素板厚 24 m/m を 12 m/m に壓延せしもの、板厚の中心部



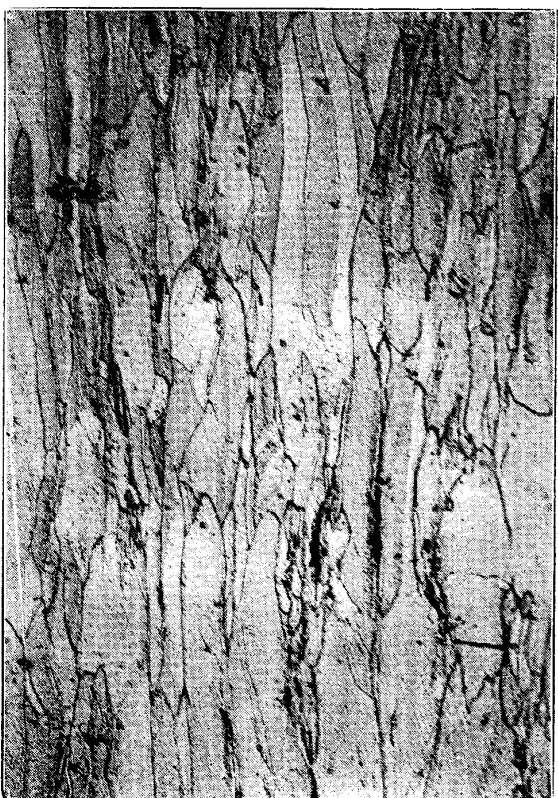
4. 素板厚 18 m/m を 9 m/m に壓延せしもの、板厚の中心部



2. 素板厚 22 m/m を 11 m/m に壓延せしもの、板厚の中心部



5. 厚 20 m/m の壓延鋼(700 度軟過)を 5 m/m に壓延せしものゝ鋼厚の中心部 但し素鋼厚 20 m/m



6. 厚 8 m/m の壓延鋼(700 度過)を 4 m/m に壓延せしものゝ鋼厚の中心部但素鋼厚 16 m/m

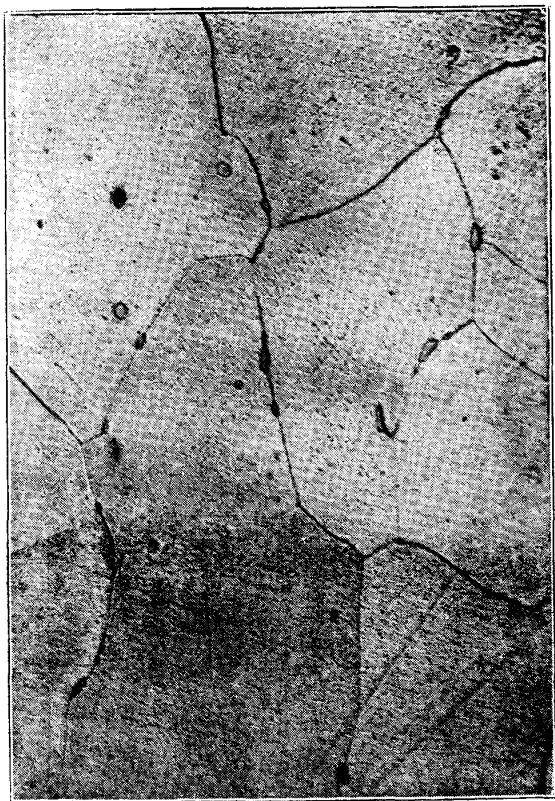


附圖六 壓延に伴ふ顯微鏡的性質の變化 (各五百倍大)

3. 1 の壓延面下 1.0 m/m の處



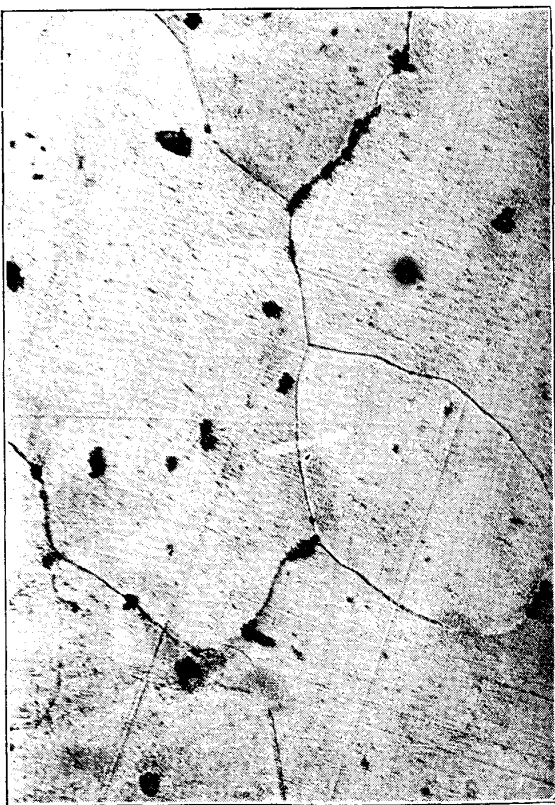
1. 素板厚 21 m/m を 18 m/m に壓延し七百度にて軟過し 13.5 m/m に壓延せし壓延面



4. 1 の壓延面下 2.0 m/m の處



2. 1 の壓延面下 0.5 m/m の處



7. 素紙厚 21.0 m/m を 9.0 m/m に壓延し七百度にて軟過し 6.75 m/m 耗に壓延せし壓延面



5. 1 の壓延面下 34 m/m の處



8. 7 の壓延面下 0.5 m/m の處



6. 1 の壓延面下 6.75 m/m の處即ち紙厚の中央



11. 7 の壓延面下 3.4 m/m の處即ち厚銀の中央



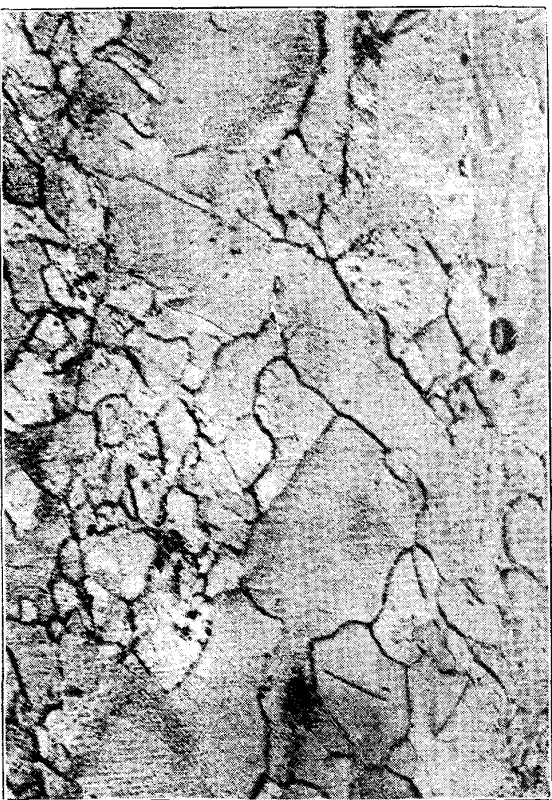
12. 素銀厚 21.0 m/m を 16.0 m/m とし七百度にて軟過し 8.0 に壓延せし壓延面



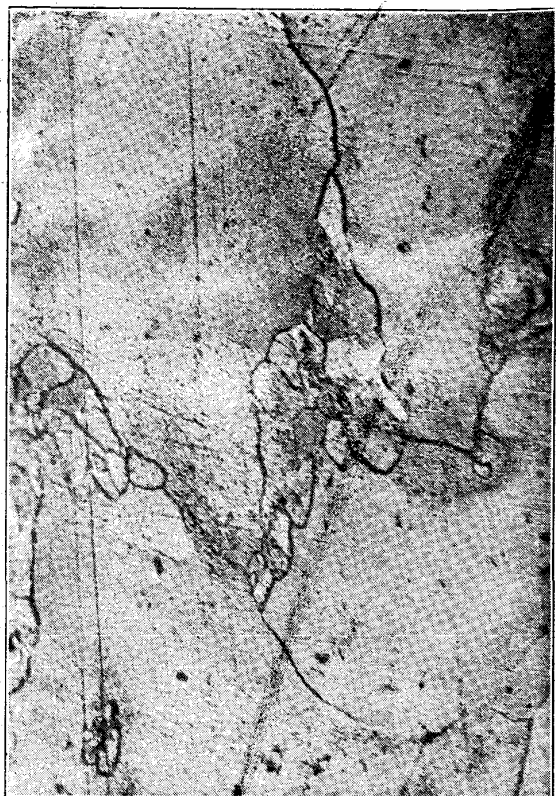
9. 7 の壓延面下 1.0 耗の處



10. 7 の壓延面下 2.0 m/m の處



15. 12 の壓延面下 2.0 m/m の處



13. 12 の壓延面下 0.5 m/m の處



16. 12 の壓延面下 4.0 m/m の處即ち中央



14. 12 の壓延面下 1.0 m/m の處

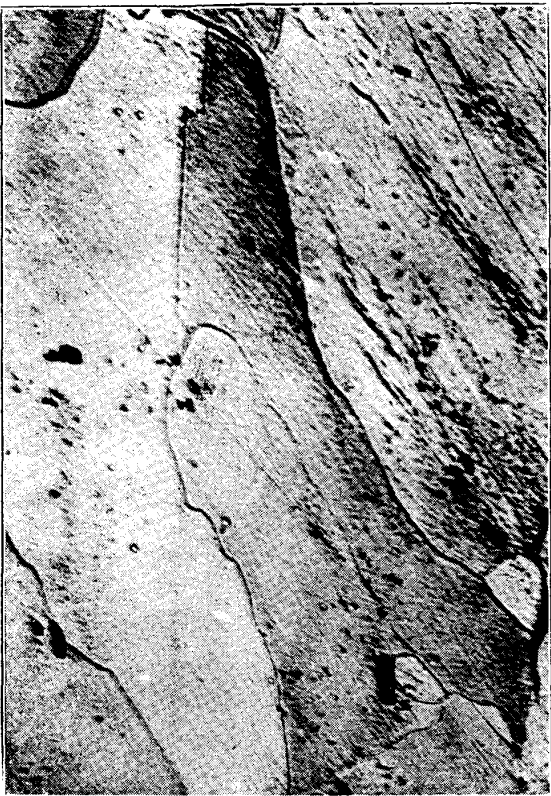


附圖七 壓延方法に伴ふ顯微鏡的性質の變化 (各五百倍大)

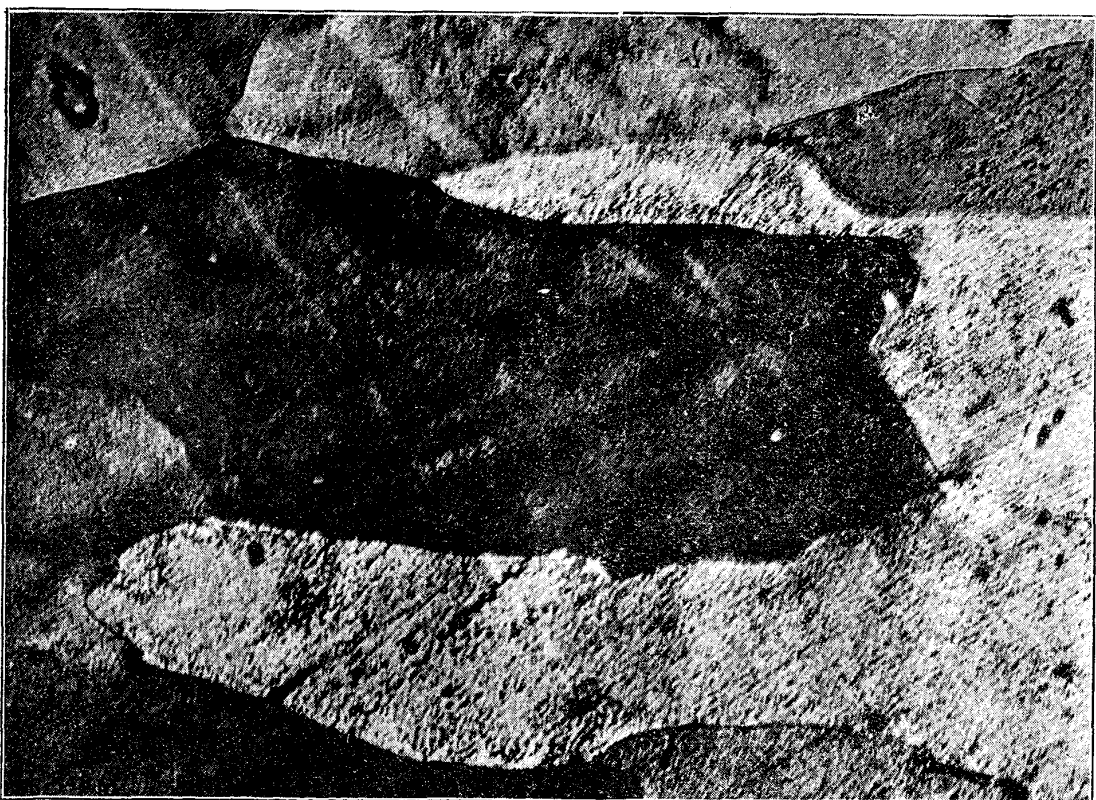
1. 地金の一方より十回轉子間通過(鍛鍊係數 37.5 %)



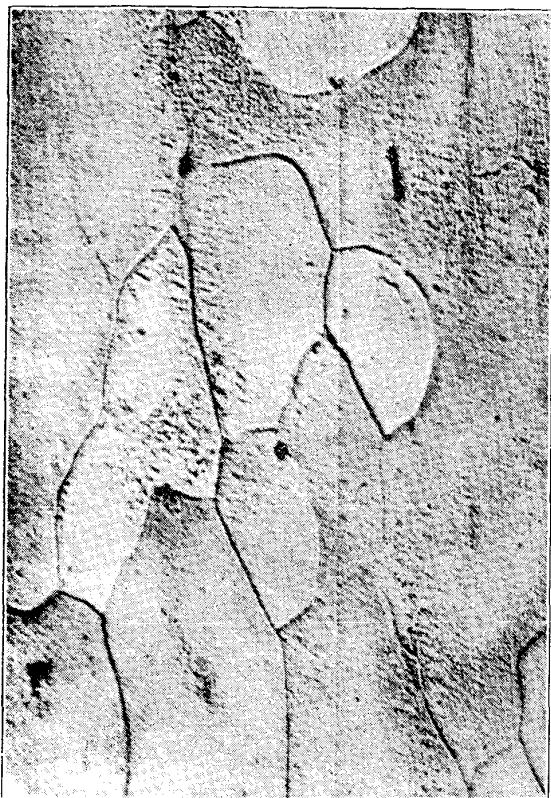
2. 地金の兩方より交互に十回轉子間通過(鍛鍊係數 37.5 %)



3. 地金の一方より二十回轉子間通過(鍛鍊係數 37.5 %)



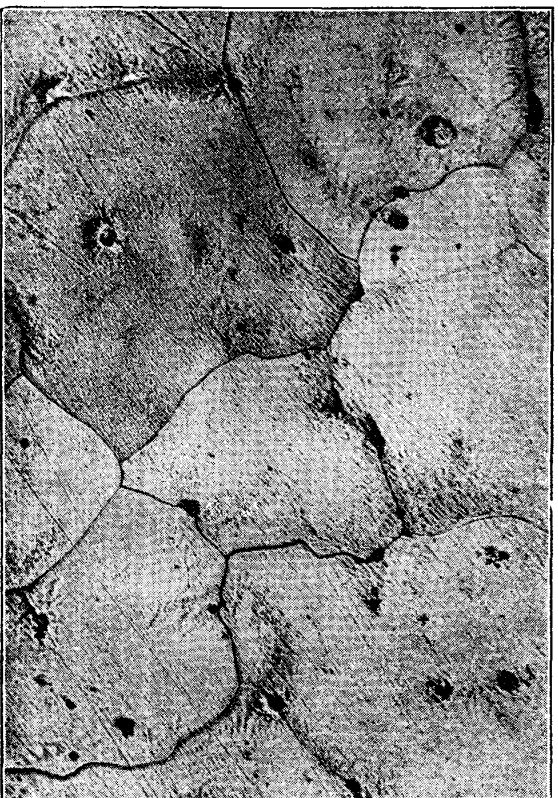
4. 地金の兩方より交互に二十回轉子間通過
(鍛鍊係數 37.5 %)



3. 同 前 600 度 10 分



1. 暖型にて鑄造の素鋇を 600 度 0 分軟過



4. 同 前 600 度 15 分



2. 同 前 600 度 5 分



7. 同 前 750 度 5 分



5. 同 前 600 度 30 分



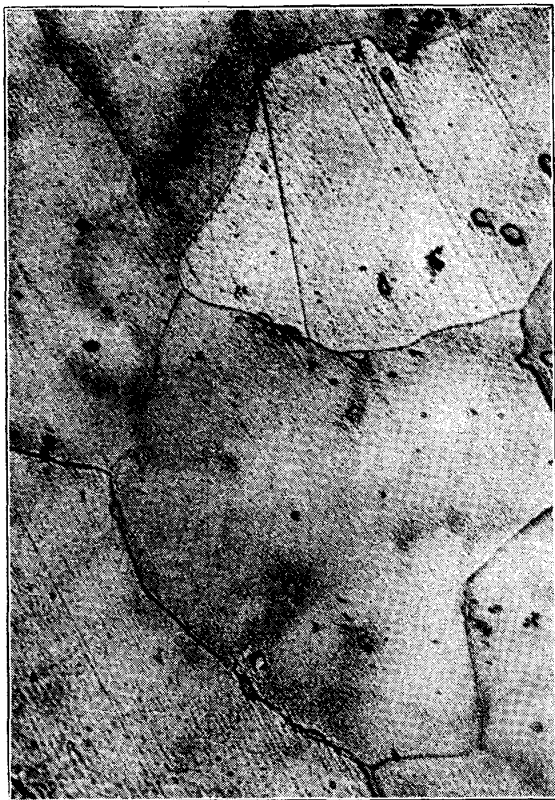
8. 同 前 750 度 10 分



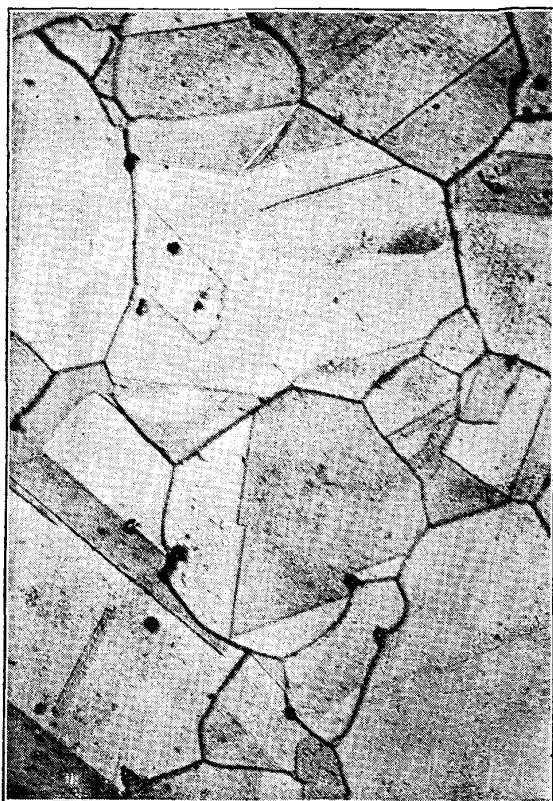
6. 同 前 750 度 2 分



9. 同 前 750 度 15 分



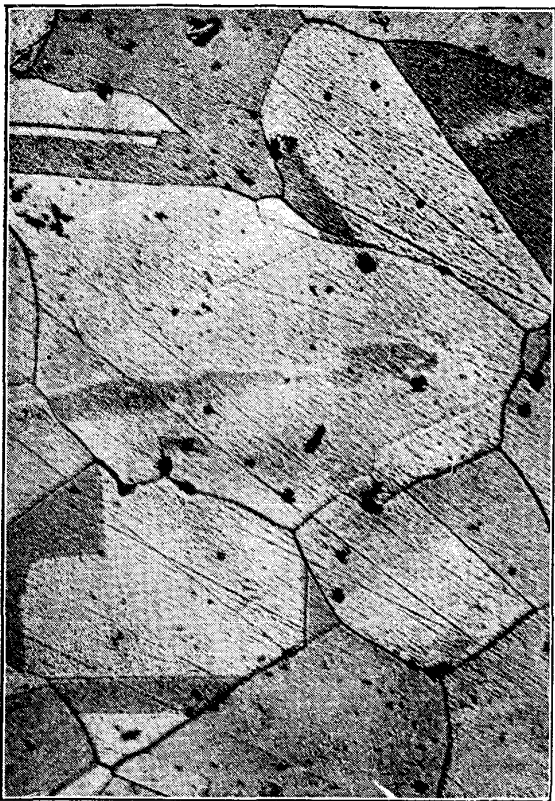
3. 暖型にて鑄造の素鋳を八百度軟過後自然放冷



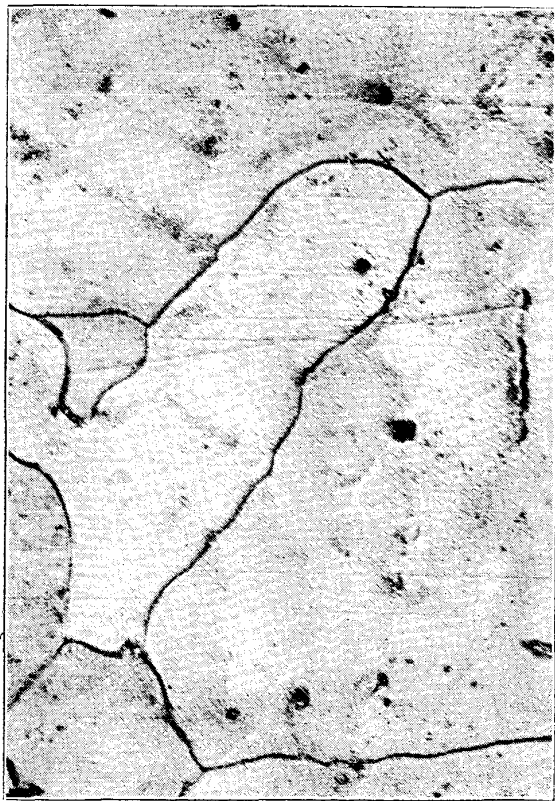
1. 暖型にて鑄造の素鋳



4. 暖型にて鑄造の素鋳を九百度軟過後自然放冷



2. 暖型にて鑄造の素鋳を六百度軟過後自然放冷

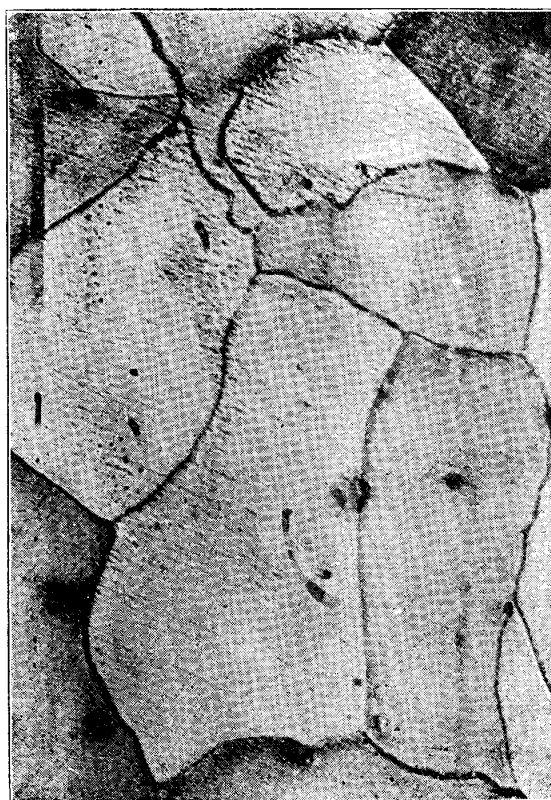


附圖九 白銅素鋳の顯微鏡的性質と軟過との關係 (各五百倍大 但二乃至一五は百倍)

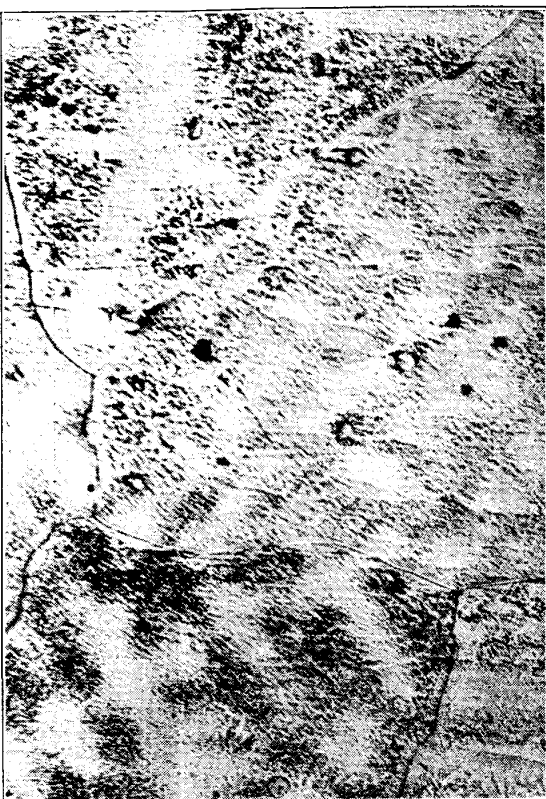
7. 暖型にて鑄造の素鋳を九百度軟過後十八度の水中に急冷



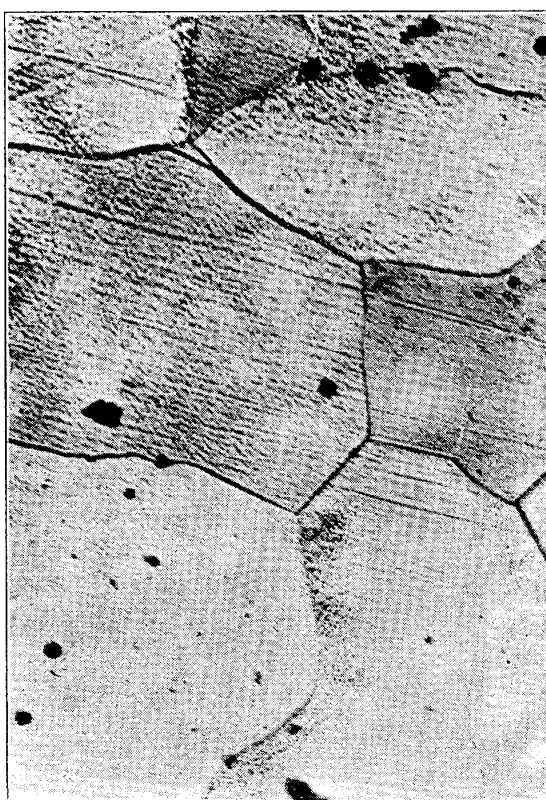
5. 暖型にて鑄造の素鋳を六百度軟過後十八度の水中に急冷



8. 冷型にて鑄造の素鋳



6. 暖型にて鑄造の素鋳を八百度軟過後十八度の水中に急冷



11. 熱型にて鑄造の素鋳を七百度軟過後自然放冷



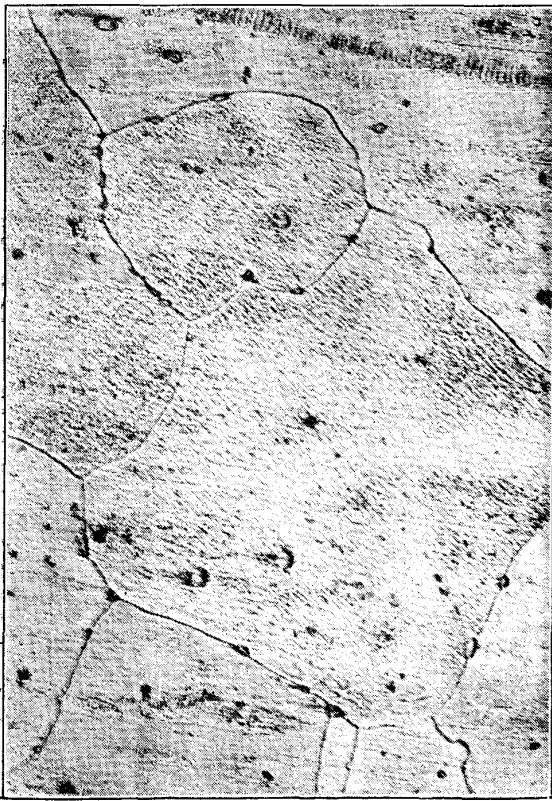
9. 熱型にて鑄造の素鋳



12. 冷型にて鑄造の素鋳



10. 冷型にて鑄造の素鋳を七百度軟過後自然放冷



15. 暖型にて鑄造の素鋳を七百度軟過後自然放冷



13. 暖型にて鑄造の素鋳



14. 冷型にて鑄造の素鋳を七百度軟過後自然放冷



3. 冷型にて鑄造の素板を七百度軟過後自然放冷
1 と同方向より見たるもの百倍大



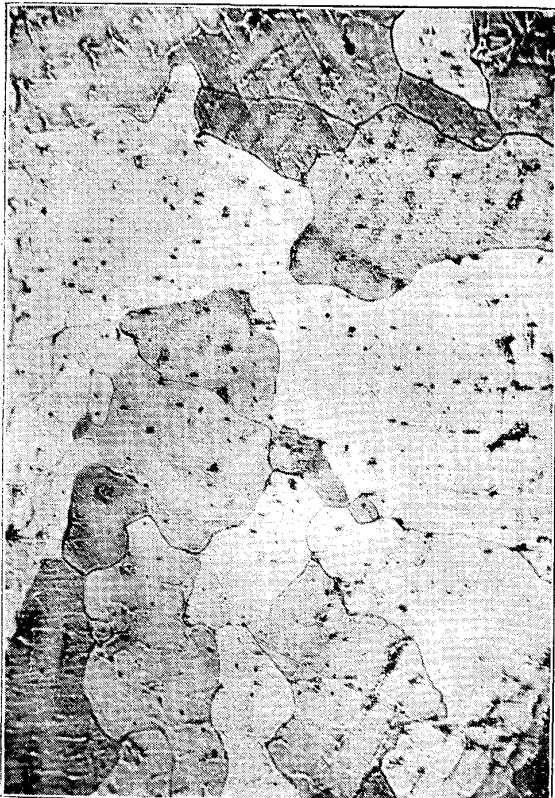
1. 冷型にて鑄造の素板
破断面針状結晶を呈する部を板面に平行方向より見たるもの百倍大



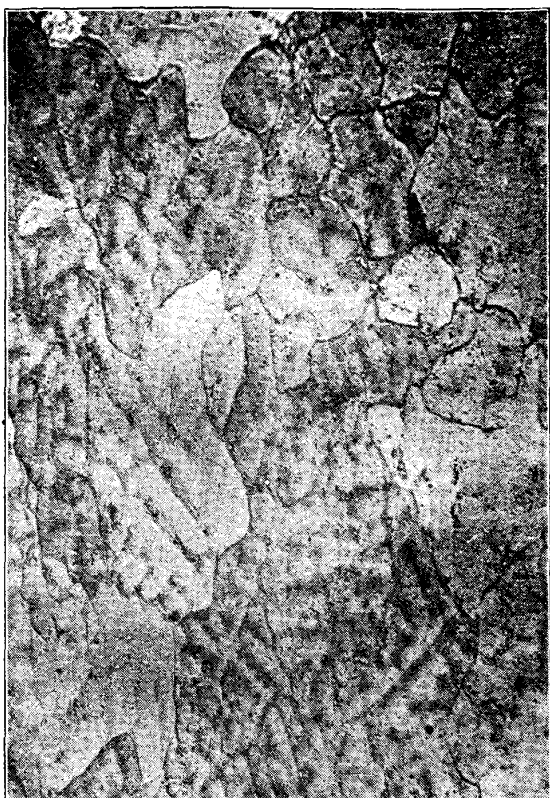
4. 暖型にて鑄造の素板を七百度軟過後自然放冷
1 と同方向より見たるもの百倍大



2. 暖型にて鑄造の素板
破断面密質なる部を 1 と同方向より見たるもの百倍大



7. 5を鉄面に平行方向より見たるもの
但し其位置は鉄面に近き所. 百倍大



5. 冷型鑄造素鉄厚 20 m/m を 15 m/m に壓延したる壓延面下 0.3 m/m
の處 鉄面に法線方向より見たるもの. 二百倍大



8. 6を鉄面に平行方向より見たるもの
但し其位置は鉄面に近き所. 百倍大



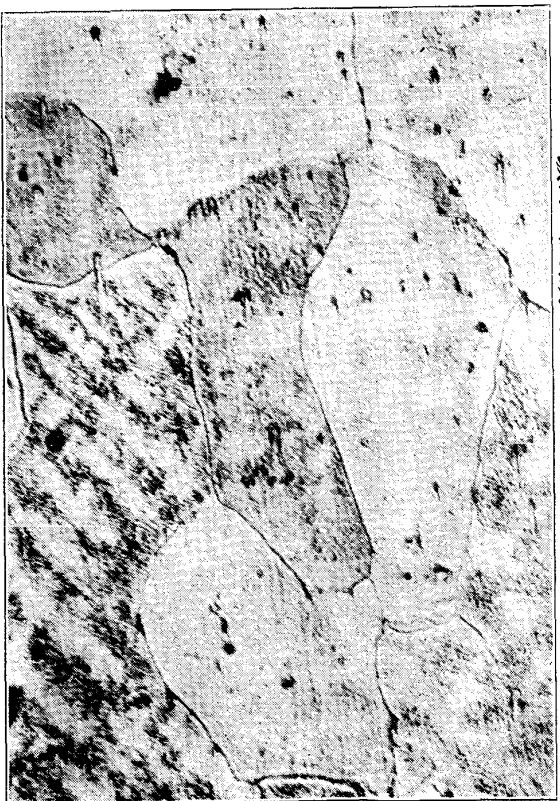
6. 暖型鑄造素鉄厚 20 m/m を 15 m/m に壓延したる壓延面下
0.3 m/m の處 鉄面に法線方向より見たるもの. 二百倍大



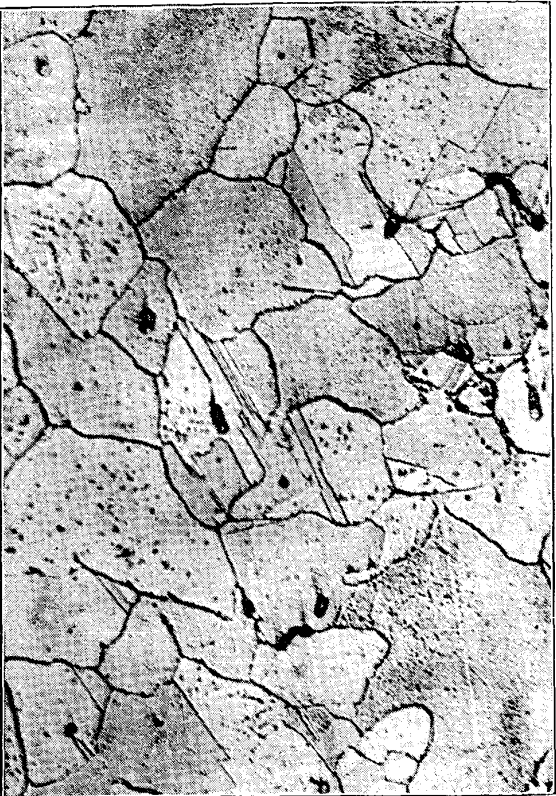
11. 5 を七百度軟過後自然放冷 五百倍大



9. 冷型鑄造素鉄厚 20 m/m を七百度軟過後 15 m/m に壓延したる 壓延面下 0.3 m/m の處 鉄面に法線方向より見たるもの. 二百倍大



12. 6 を七百度軟過後自然放冷 五百倍大



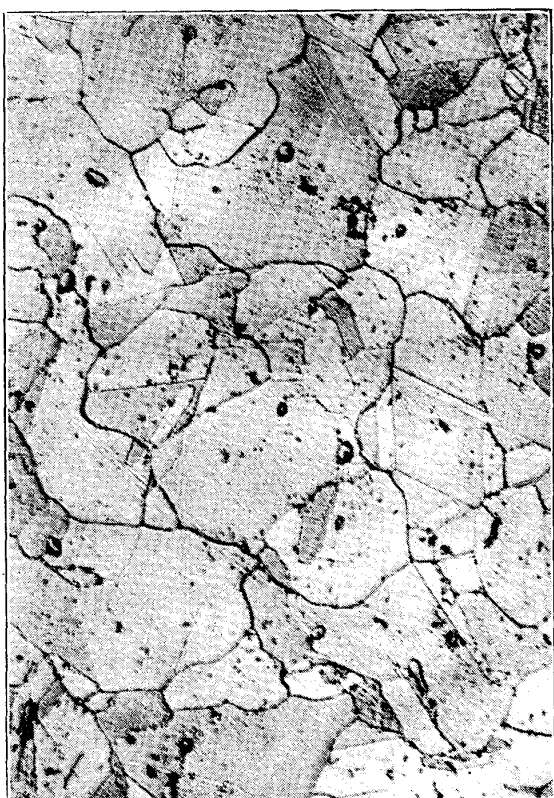
10. 暖型鑄造素鉄厚 20 m/m を七百度軟過後 15 m/m に壓延したる 壓延面下 0.3 m/m の處 鉄面に法線方向より見たるもの. 二百倍大



15. (13) に同じ
但し鉄面に平行方向より見たるもの. 五百倍大



13. 9 を七百度軟過後自然放冷 五百倍大



16 (14) に同じ
但し鉄面に平行方向より見たるもの. 五百倍大



14. 10 を七百度軟過後自然放冷 五百倍大



19. 冷型鑄造素鉄厚 20 m/m を 10 m/m に壓延したる壓延面下 0.3 m/m の處
七百度軟過後自然放冷. 五百倍大



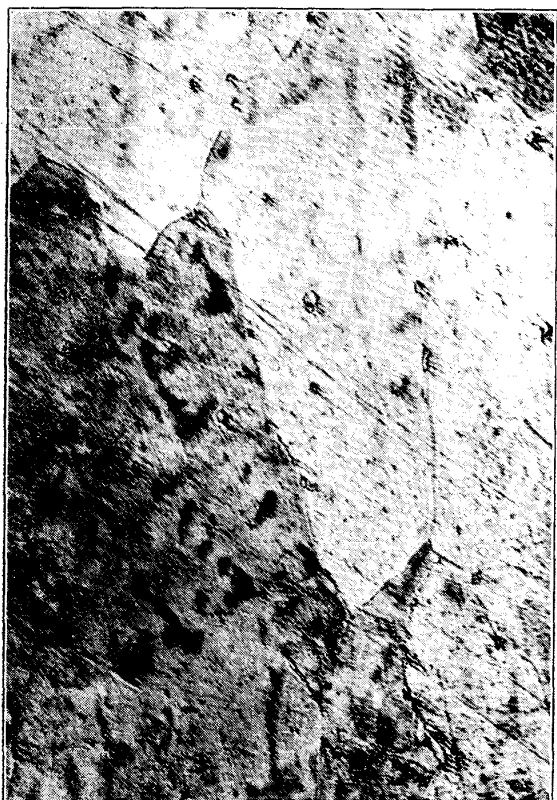
17. 冷型鑄造素鉄厚 20 m/m を 10 m/m に壓延したる壓延面
下 0.3 m/m の處
鉄面に法線方向より見たるもの. 二百倍大



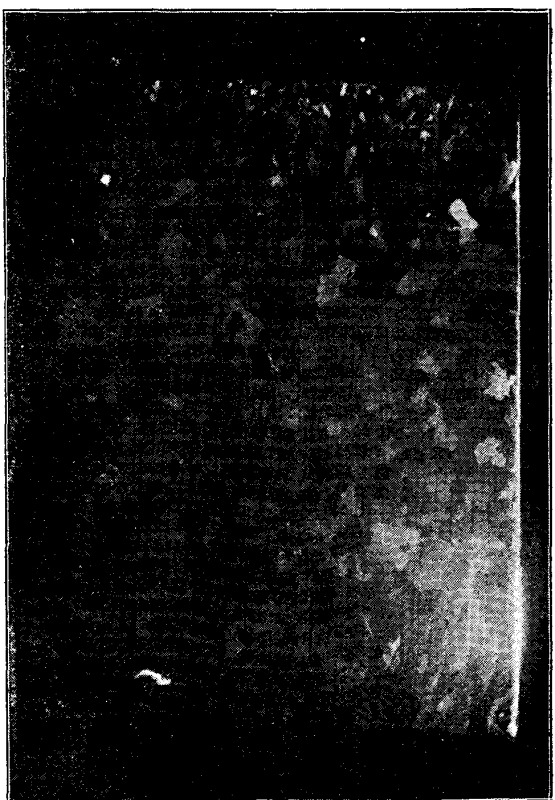
20. 18 を七百度軟過後自然放冷. 五百倍大



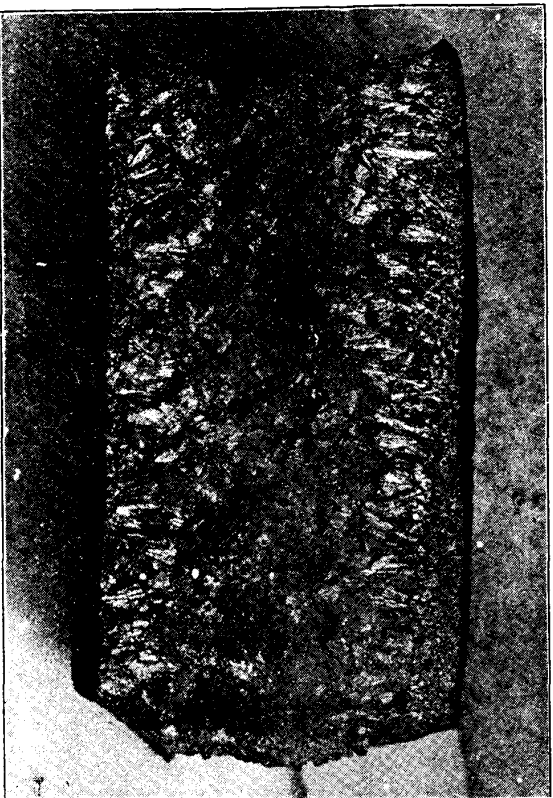
18. 暖型鑄造素鉄厚 20 m/m を 10 m/m に壓延したる壓延面下 0.3 m/m の處
鉄面に法線方向より見たるもの. 二百倍大



1. 針狀結晶を有する白銅素銅の横断面(倍率二倍半)



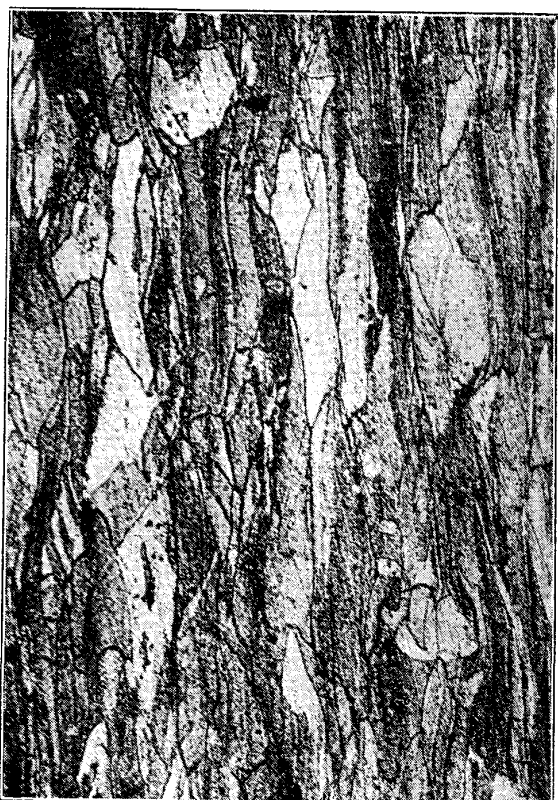
2. 針狀結晶を有する白銅素銅の横断面(倍率一倍半)



3. 450 度 軟 過



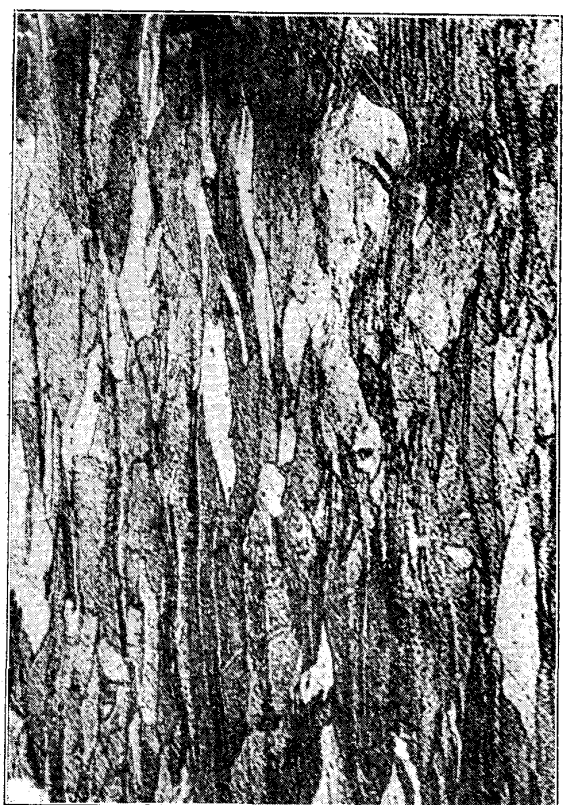
1. 鍛 鍊 係 數 50%



4. 500 度 軟 過

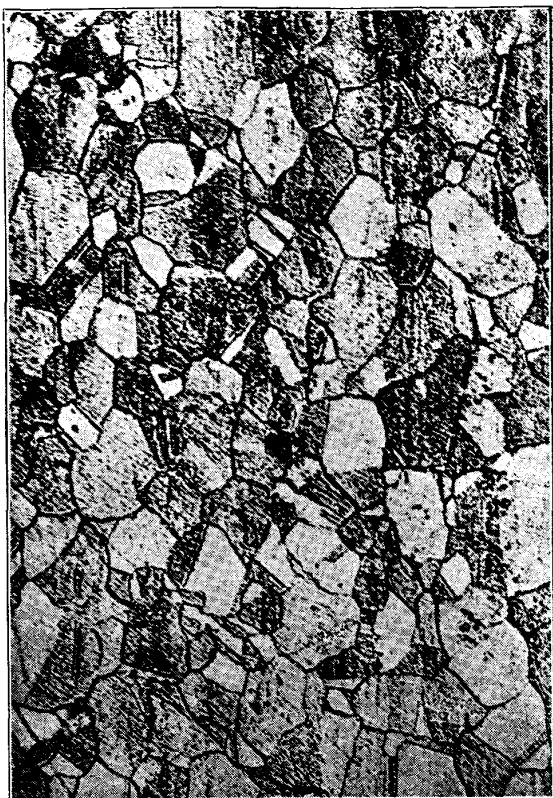


2. 400度軟過(軟過前の鍛鍊係數50%以下同じ)

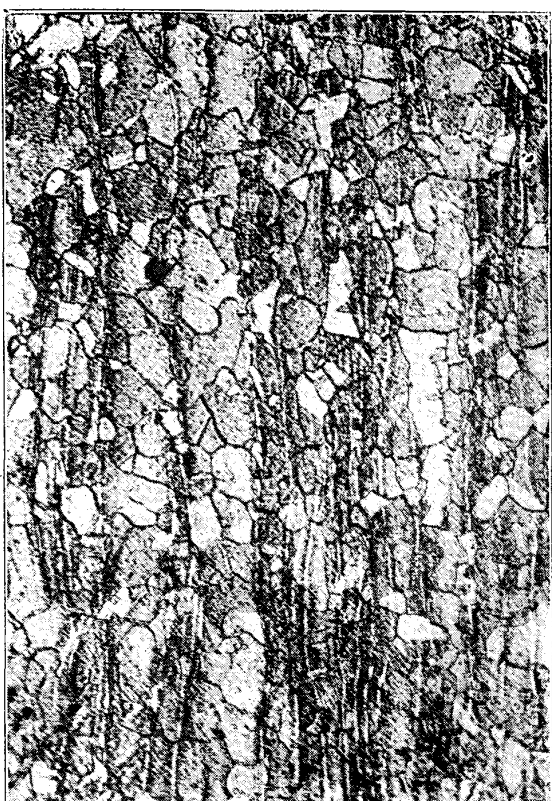


附圖十二 白銅の顯微鏡的性質に及ぼす軟過温度の影響 (倍大) (各五百) (種號一三六九一二 試號四一五二)

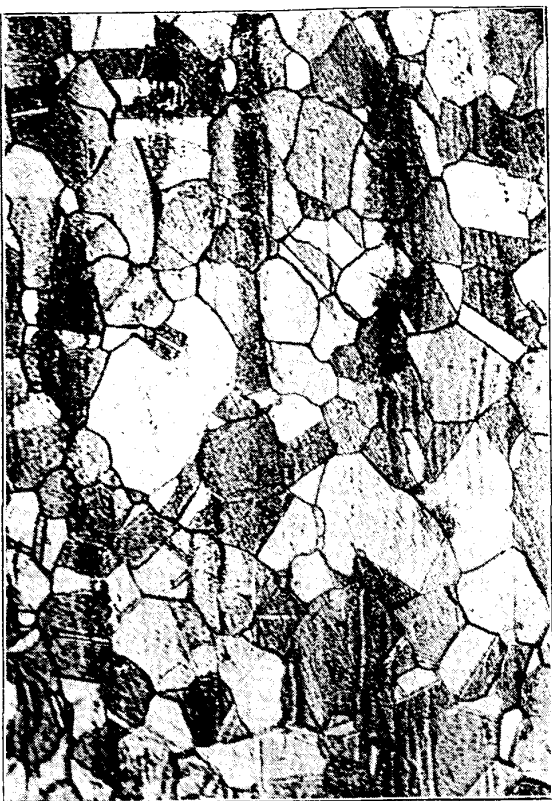
7. 650 度 軟 過



5. 550 度 軟 過



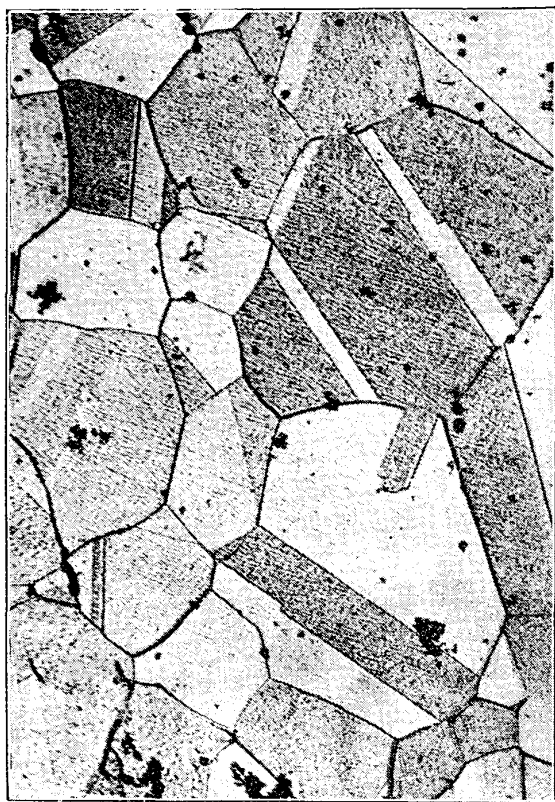
8. 700 度 軟 過



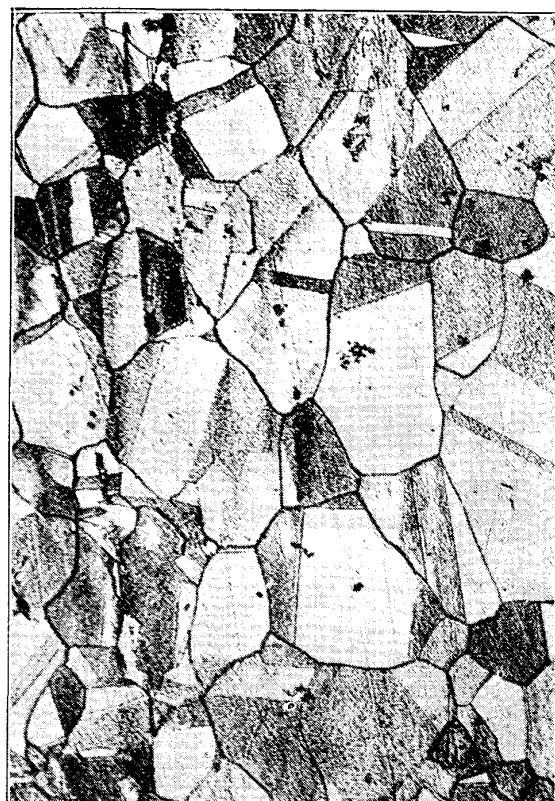
6. 600 度 軟 過



11. 850 度 軟 過



9. 750 度 軟 過



12. 900 度 軟 過



10. 800 度 軟 過



3. 800 度軟過後 18 度の水中にて急冷



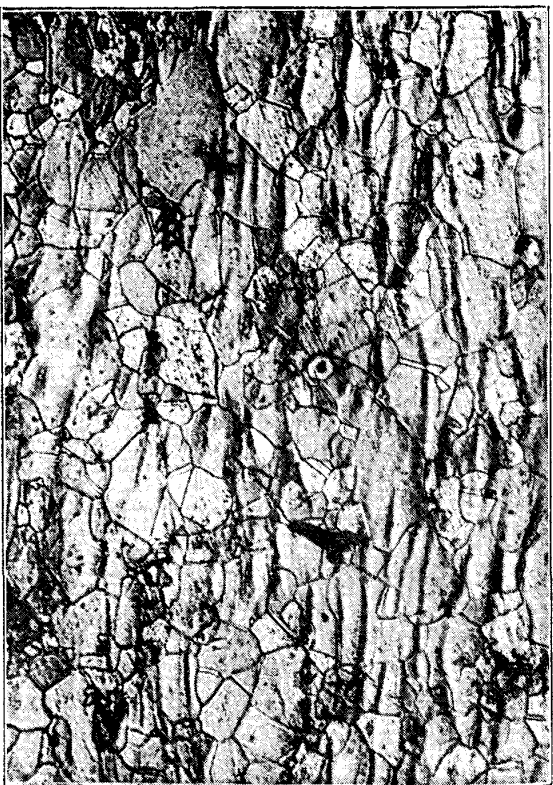
1. 1400 度軟過後 18 度の水中にて急冷
(軟過前の鍛錬係数 50% 以下同じ)



4. 900 度軟過後 18 度の水中にて急冷



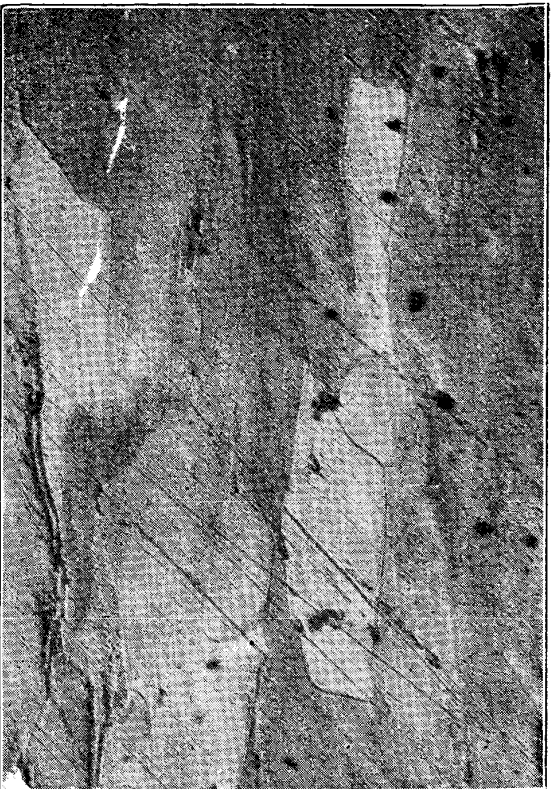
2. 700 度軟過後 18 度の水中にて急冷



(各二百倍大) 試號 五九、六三、六四、六六、六七 種號 一四〇一一四〇五

附圖十二 白銅の顯微鏡的性質に及ぼす軟過後に於ける冷却方法の影響

3. 1 を七百度にて三分間軟過



1. 鍛錬係数 50 % (厚 10 m/m の素銅を 5 m/m に壓延)



4. 2 を七百度にて三分間軟過



2. 鍛錬係数 80 % (厚 25 m/m の素銅を 5 m/m に壓延)



7. 1 を七百度にて六分間軟過



5. 1 を七百度にて四分間軟過



8. 2 を七百度にて六分間軟過



6. 2 を七百度にて四分間軟過



3. 鍛錬係数 50 % のものを五百度にて二時間軟過



1. 鍛錬係数 50 % のものを四百五十度にて二時間分間軟過(厚 10 m/m の素板を 5 m/m に壓延)



4. 鍛錬係数 80 % のものを五百度にて二時間軟過



2. 鍛錬係数 80 % のものを四百五十度にて二時間分間軟過(厚 25 m/m の素板を 5 m/m に壓延)



5. 鍛錬係数 50 % のものを五百五十度にて二時間軟過



6. 鍛錬係数 80 % のものを五百五十度にて二時間軟過



3. 六百度十分間軟過



1. 鍛錬係數75%



4. 六百度十五分間軟過



2. 六百度二分間軟過（軟過前鍛錬係數75%以下同じ）



附圖十六 白銅の顯微鏡的性質に及ぼす軟過溫度及時間の影響（各五百倍大）

7. 七百五十度二分間軟過



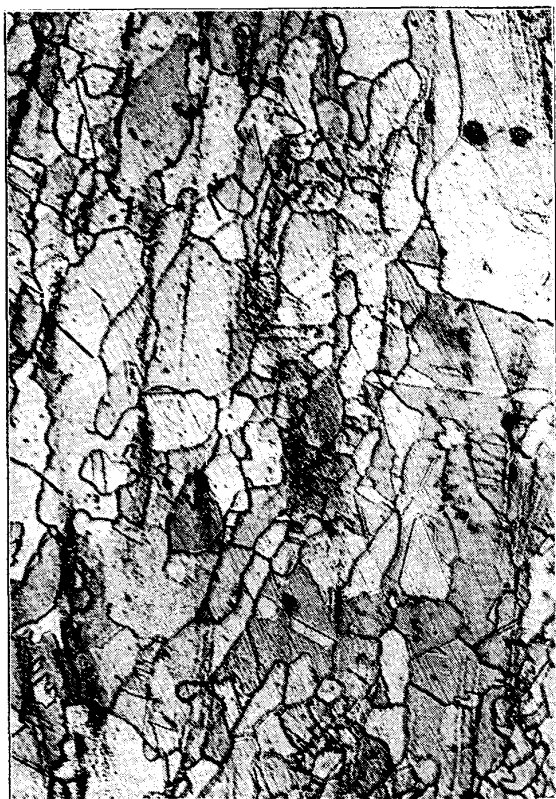
5. 六百度三十分間軟過



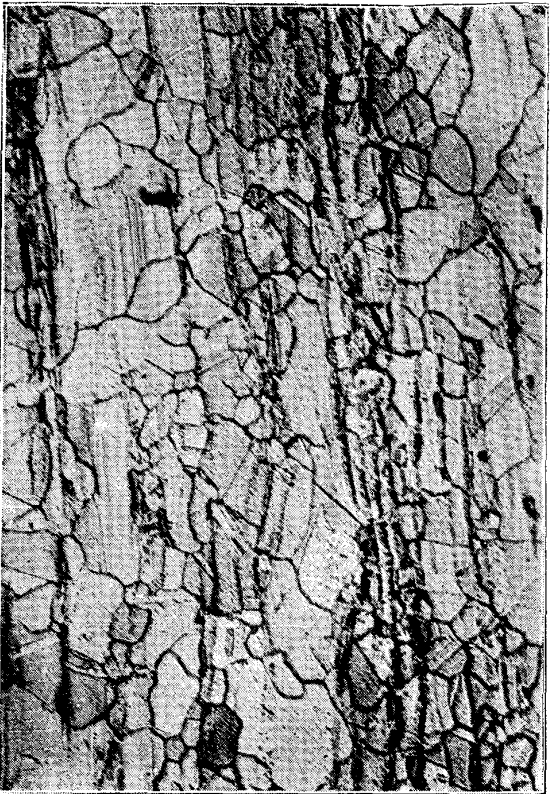
8. 七百五十度五分間軟過



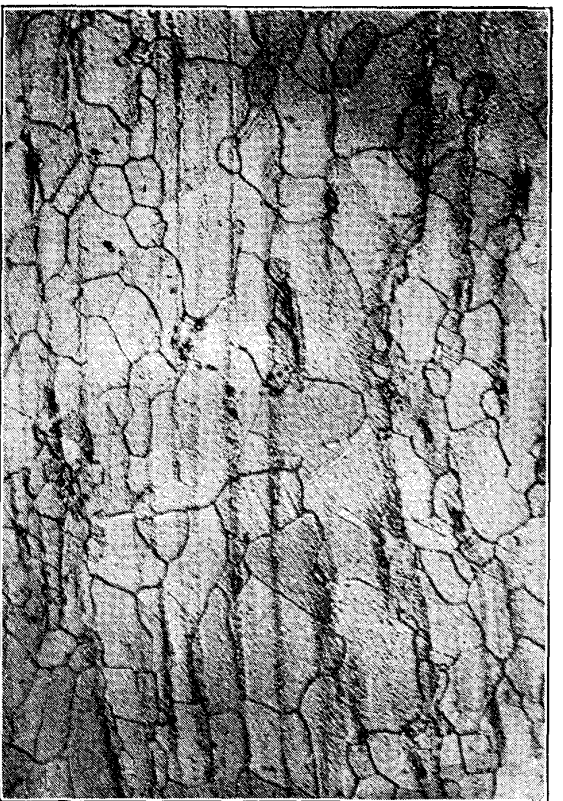
6. 六百度四十五分間軟過



11. 七百五十度二十分間軟過



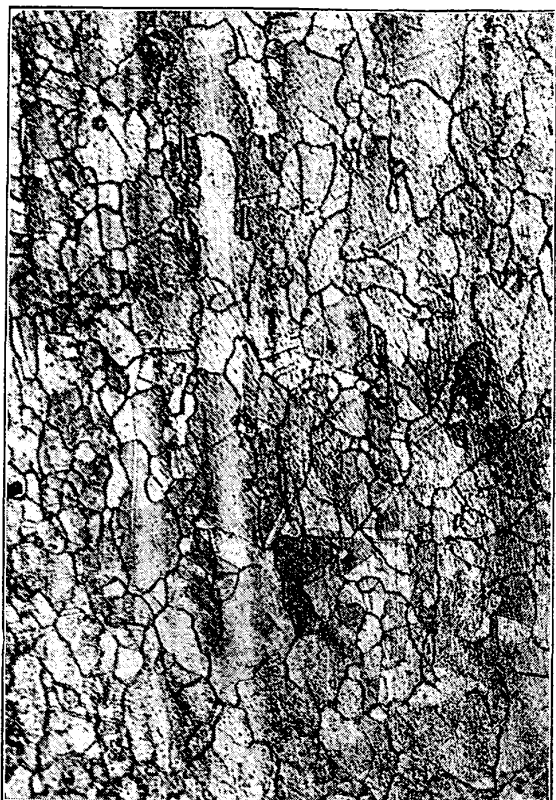
9. 七百五十度十分間軟過



10. 七百五十度十五分間軟過



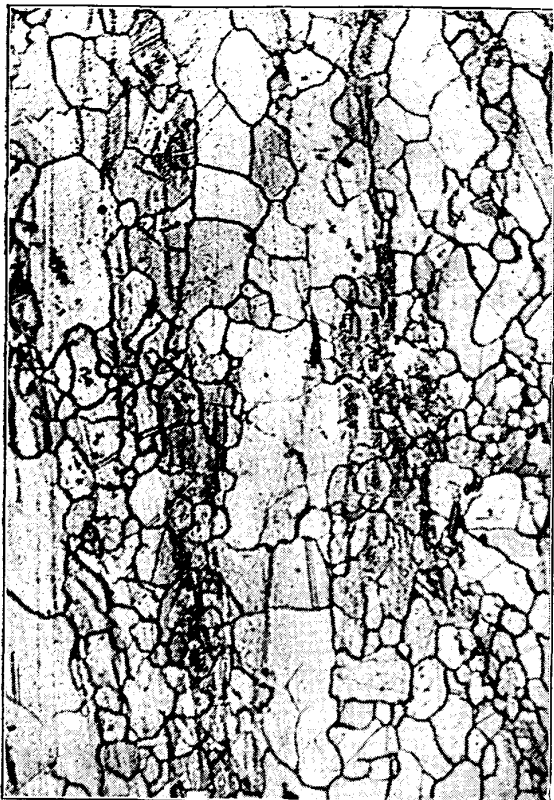
3. 六百度二時間軟過



1. 六百度卅分間軟過(軟過前鍛鍊係數 50 %以下同じ)



4. 六百度四時間軟過



2. 六百度一時間軟過

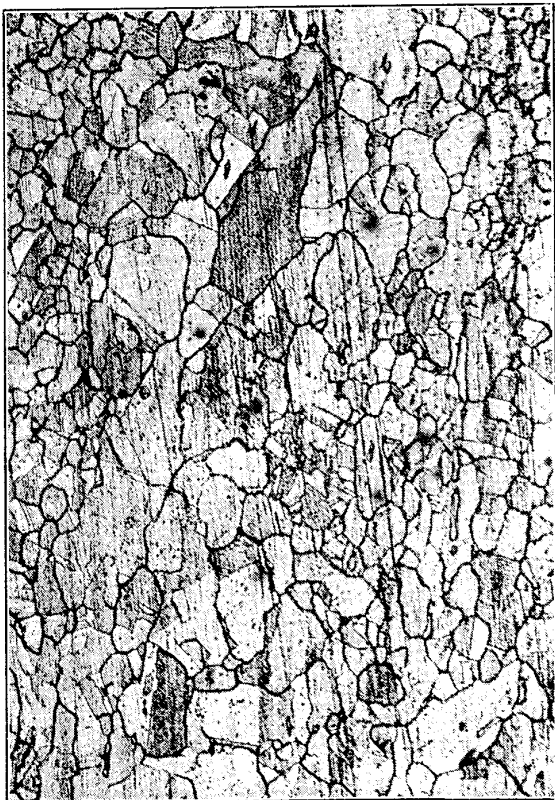


附圖十七 白銅の顯微鏡的性質に及ぼす軟過溫度及時間の影響 (各五百倍大)

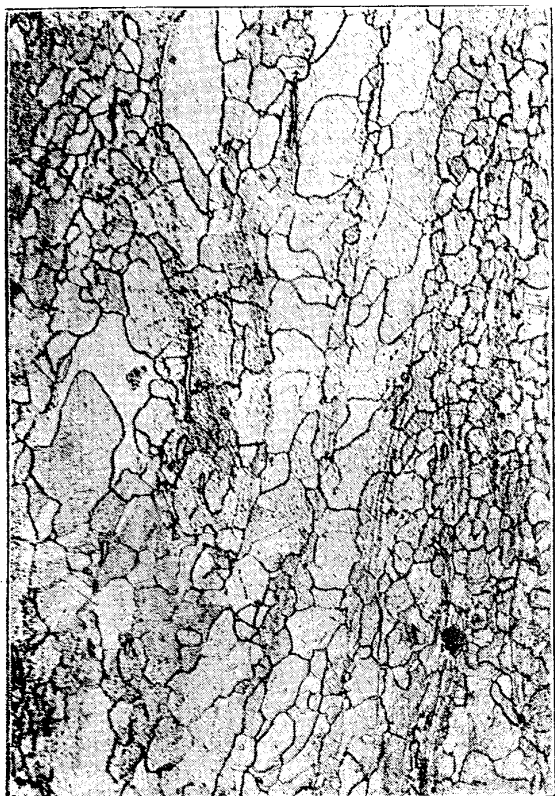
7. 六 百 度 十 時 間 軟 過



5. 六 百 度 六 時 間 軟 過

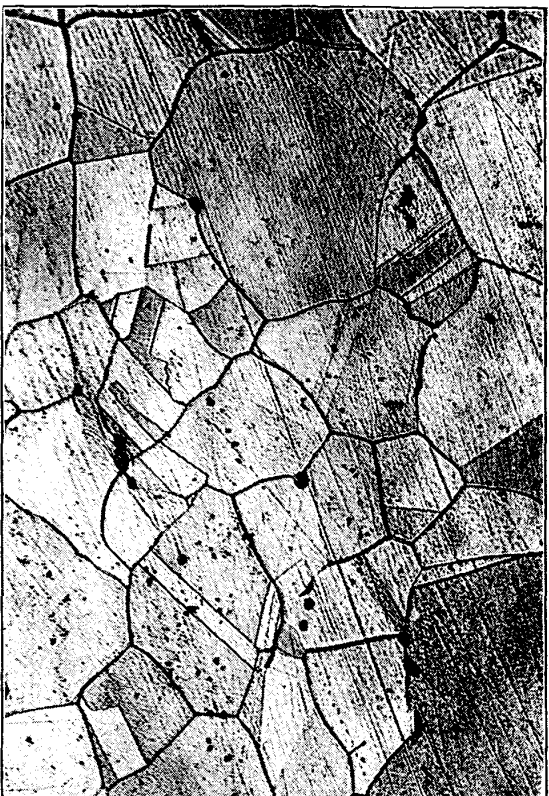


6. 六 百 度 八 時 間 軟 過



附圖十八 白銅の顯微鏡的性質に及ぼす軟過溫度及時間の影響 (各五百倍大)

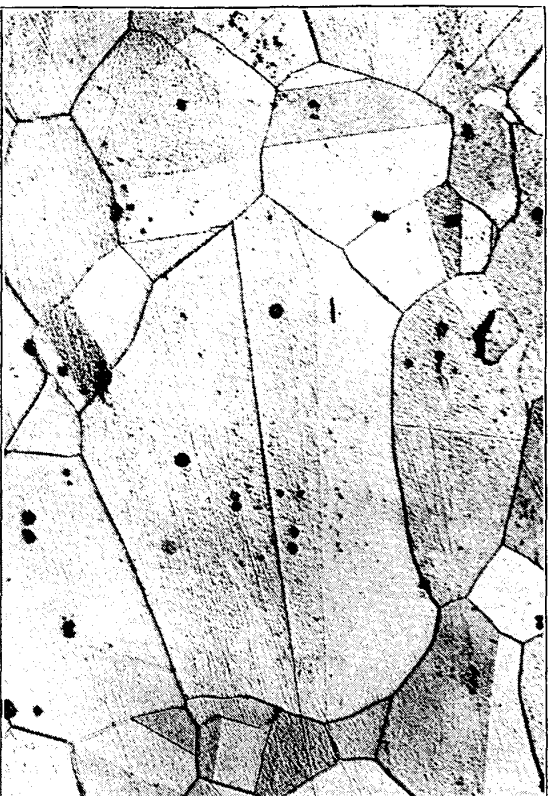
3. 800 度にて 4 時間軟過



1. 800 度にて 30 分間軟過 (軟過前鍛鍊係數 50 %以下同じ)



4. 800 度にて 5 時間軟過



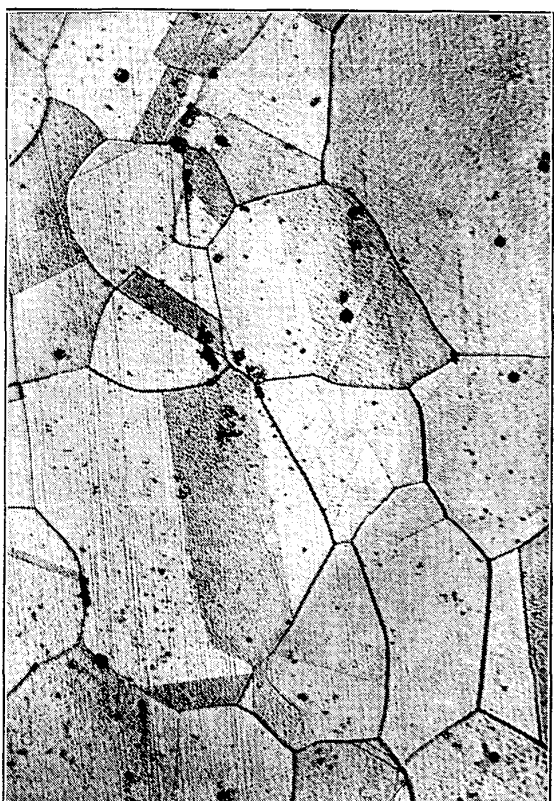
2. 800 度にて 2 時間軟過



7. 700 度にて 4 時間軟過



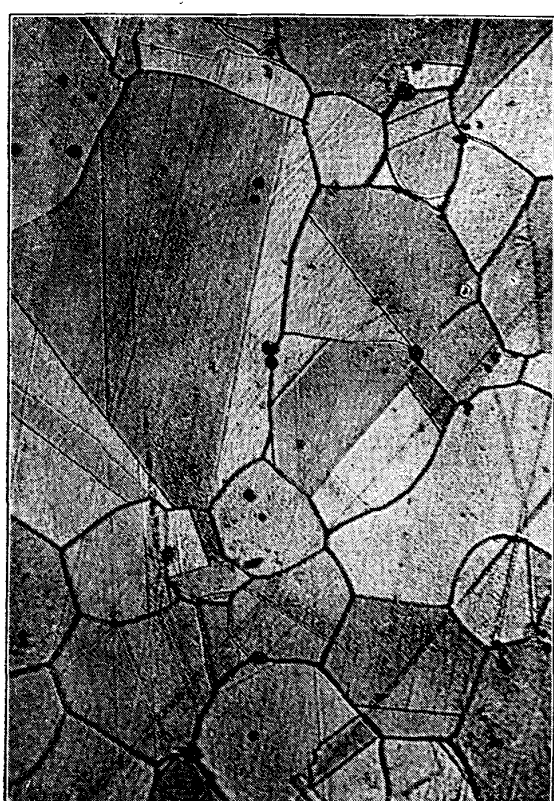
5. 800 度にて 6 時間軟過



8. 800 度にて 4 時間軟過

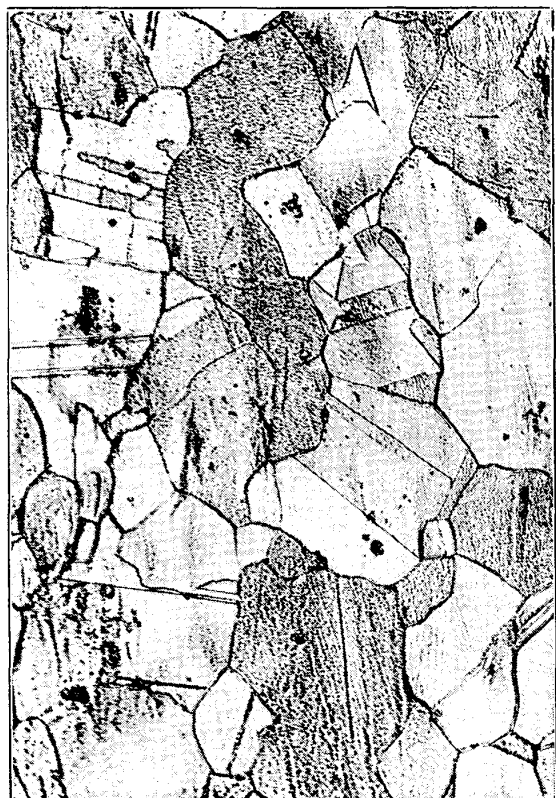


6. 800 度にて 10 時間軟過



附圖十九 各種不純分の影響（各五百倍大）
括弧内は分析結果とし、疑はしきものは單に一回の分析なるを以て記載せり

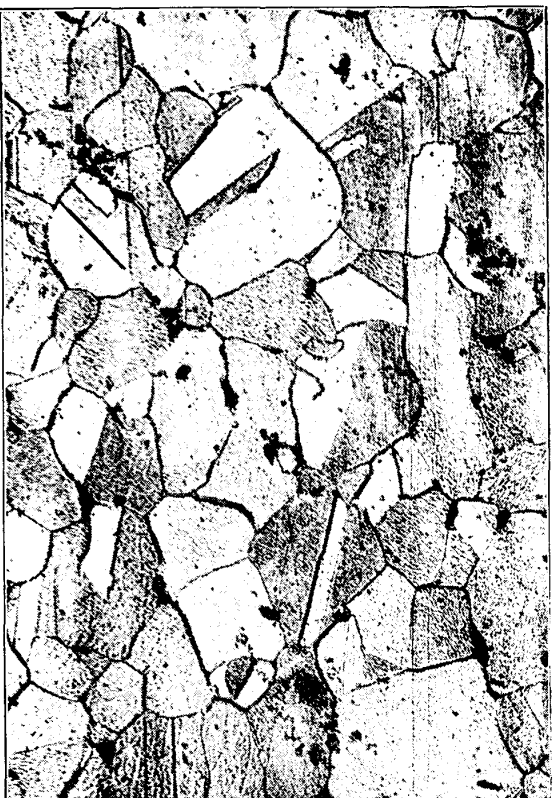
1. Cu 79.68% Fe 0.04% Cu 79.7% 厚 16 m/m の素鋼を }
 (Ni 19.84 Si trace) Ni 29.8 } 7 m/m に壓延し 800 }
 Pb 0.44 Pb 0.5 } 度にて軟過以下同じ



2. Cu 79.5%
 Ni 19.5
 Pb 1.0



3. Cu 79.2% (Cu 82.24%) Fe. 0.31%
 Ni 19.3 (Ni 15.88%)
 Pb 1.5 (Pb 1.42)



4. Cu 79.0% (Cu 77.725) Fe 0.22
 Ni 19.0 (Ni 19.865) Si 0.01
 Pb 2.0 (Pb 2.18)



7. Cu 79.2%
Ni 19.3
Fe 1.5



5. Cu 79.7%
Ni 19.8
Fe 0.5



8. Cu 79.0%
Ni 19.0
Fe 2.0



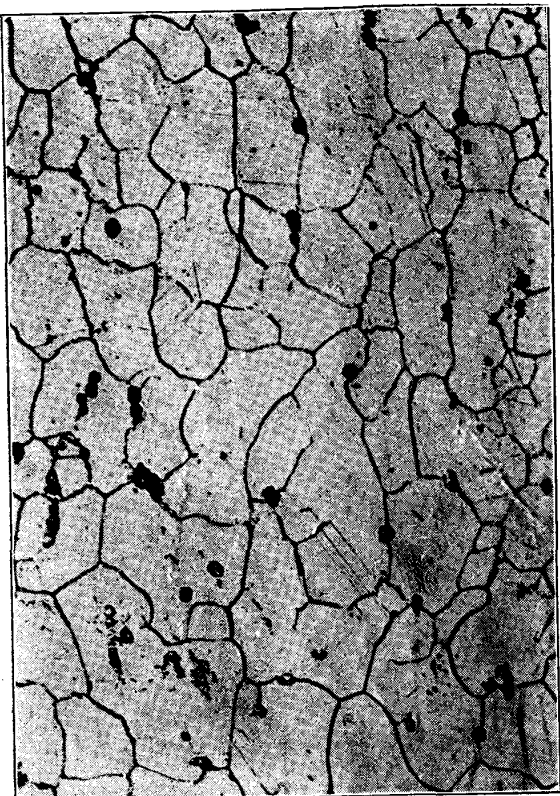
6. Cu 79.5%
Ni 19.5
Fe 1.0 (Cu 81.14
Ni 18.68
Fe 0.17(?)
Si 0.01)



11. Cu 79.2% (Cu 77.94(?) Fe 0.65)
 Ni 19.3 (Ni 19.70
 Sb 1.5 (Sb 1.325)



12. Cu 79.0%
 Ni 19.0
 Sb 2.0



9. Cu 79.7% (Cu 78.72 Fe 0.05)
 Ni 19.8 (Ni 20.96 Si trace)
 Sb 0.5 (Sb 0.27)



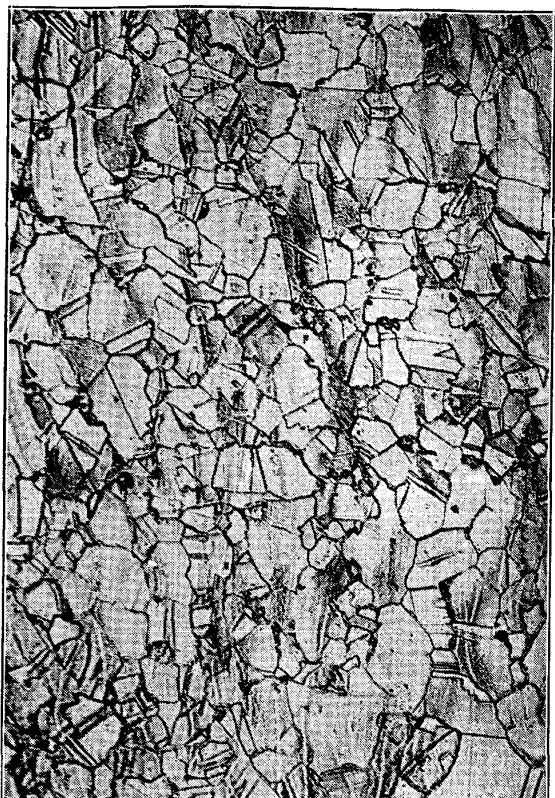
10. Cu 79.5% (Cu 78.31 Fe 0.65)
 Ni 19.5 (Ni 20.37
 Sb 1.0 (Sb 1.0)



15. Cu 79.7% (Cu 79.95 Fe 0.14)
Ni 19.8 (Ni 19.32 Si 0.02)
Al 0.5 (Al 0.57)



16. Cu 79.5% (Cu 78.71 Fe 0.05)
Ni 19.5 (Ni 20.29 Si 0.02)
Al 1.0 (Al 1.08)



13. Cu 79.5% (Cu 79.19 Fe 0.14)
Ni 19.5 (Ni 19.76 Si 0.04)
Mn 1.0 (Mn 0.87)



14. Cu 79.0% (Cu 78.64 Fe 1.43)
Ni 19.0 (Ni 18.09 Si 0.06)
Mn 2.0 (Mn 1.78)



17. Cu 79.5% (Cu 76.40(?)
 Ni 19.5 (Ni 22.13(?)
 Si 1.0 (Si 0.96 Al 0.1 (?)
 Fe 0.41(?))



3. 鍛錬係数 50 % のものを七百度にて軟過せしもの
(但し殘彈潰屑のみにて鑄造を十回繰り返せしもの)



1. 鍛錬係数 50 % のものを七百度軟過 (但し普通配合即ち古地金のみの配合にて鑄造を十回繰り返せしもの)



2. 鍛錬係数 50 % のものを七百度にて軟過せしもの(但し新地金のみの配合にて鑄造を十回繰り返せしもの)



3. 厚 22 m/m の素紙を 9 m/m に壓延し 900 度に軟過して 4.6 m/m に壓延したるもの



1. 厚 22 m/m の素紙を 9 m/m に壓延し 600 度に軟過して 6 m/m に壓延したるもの



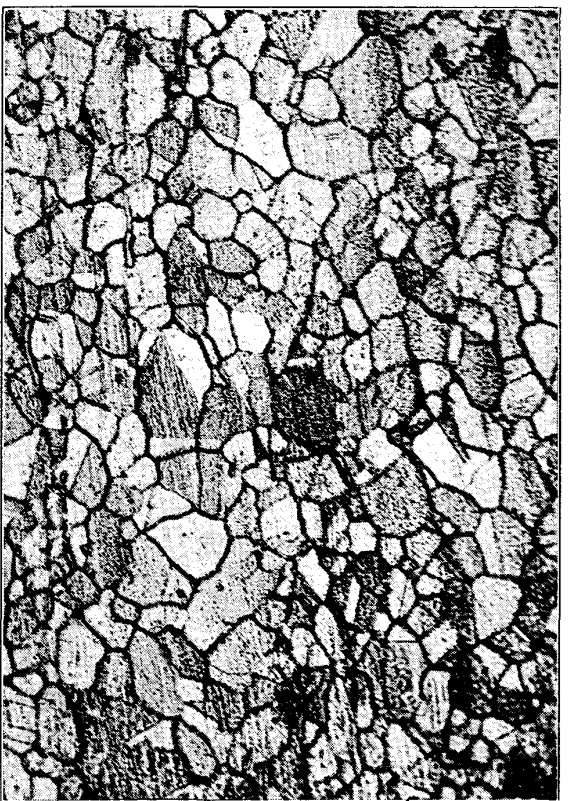
4. 厚 22 m/m の素紙を 9 m/m に壓延し 900 度に軟過して 4.5 m/m に壓延したるもの



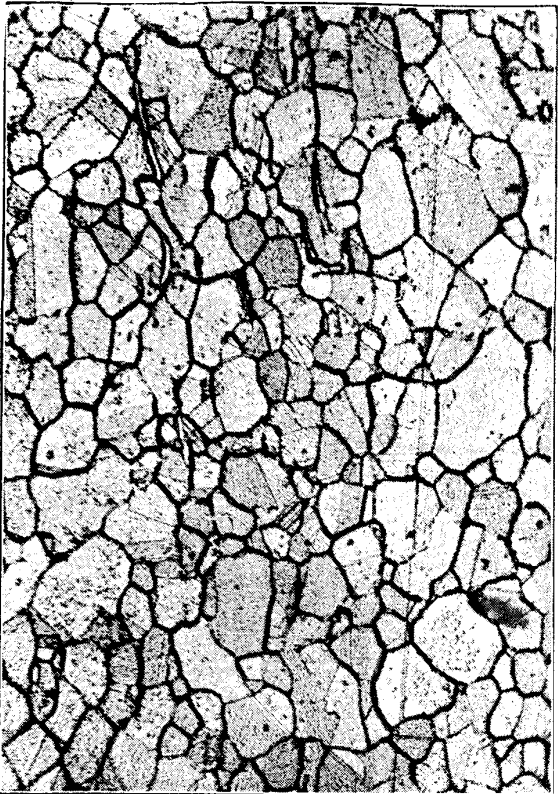
2. 厚 22 m/m の素紙を 9 m/m に壓延し 600 度に軟過して 4.5 m/m に壓延したるもの

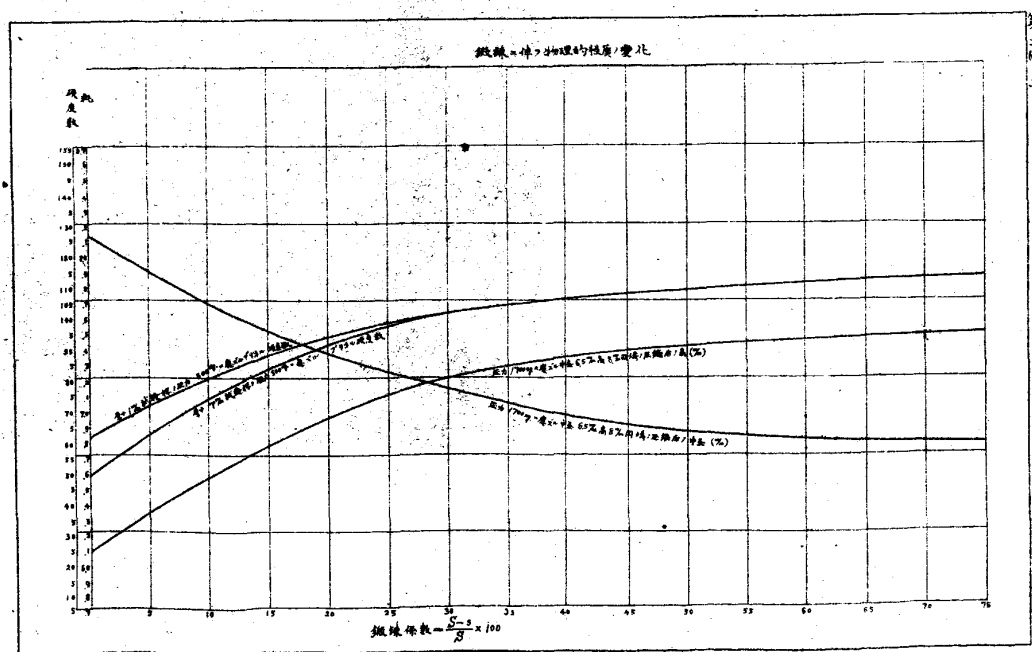
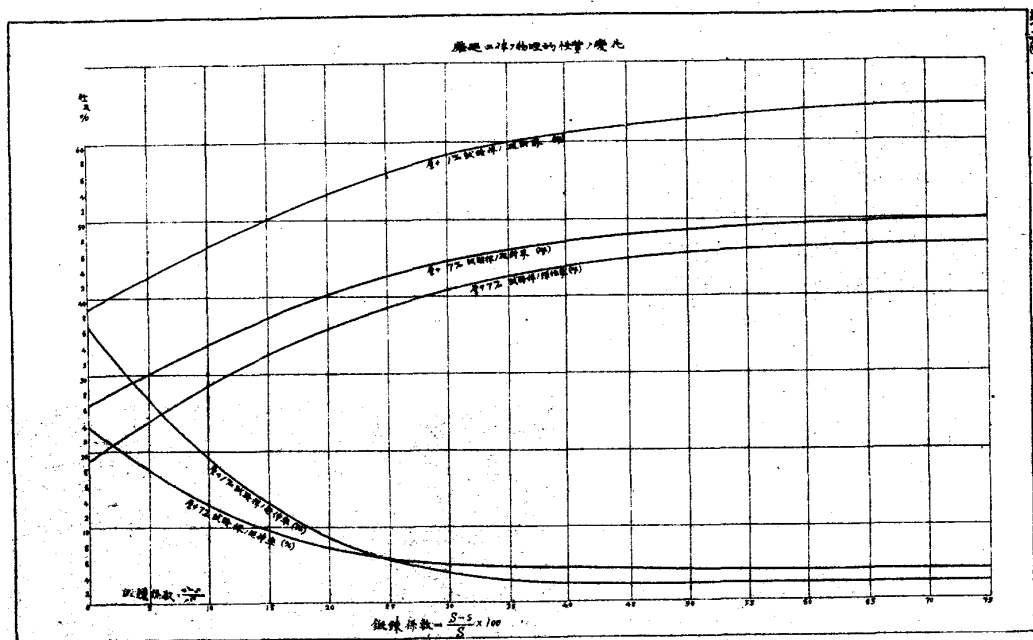
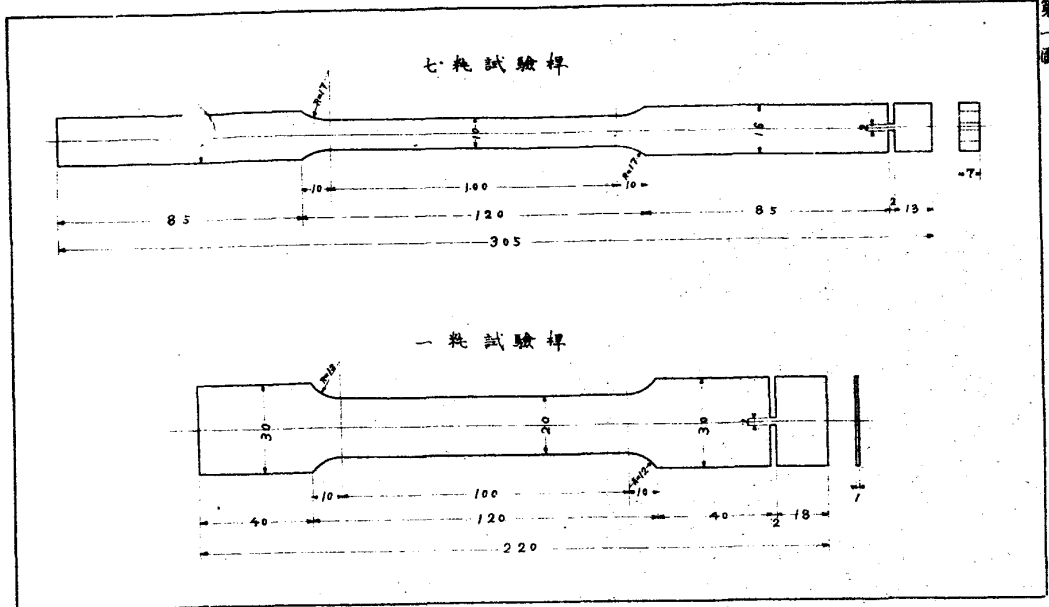


5. 厚 22 m/m の素板を 9 m/m に壓延し 600 度に軟過して 3 m/m に壓延し 700 度にて軟過したるもの

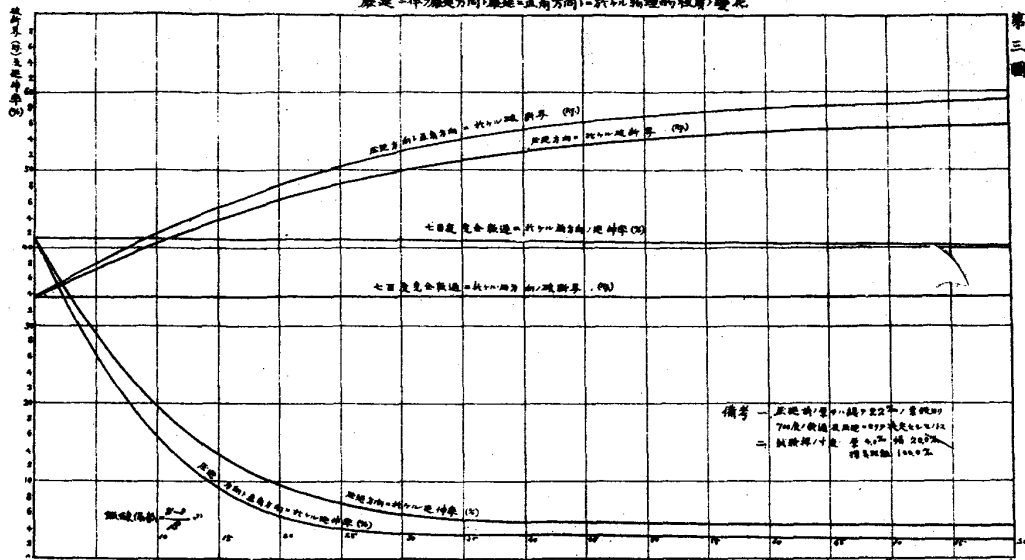


6. 厚 22 m/m の素板を 9 m/m に壓延し 900 度に軟過して 3 m/m に壓延し 700 度にて軟過したるもの

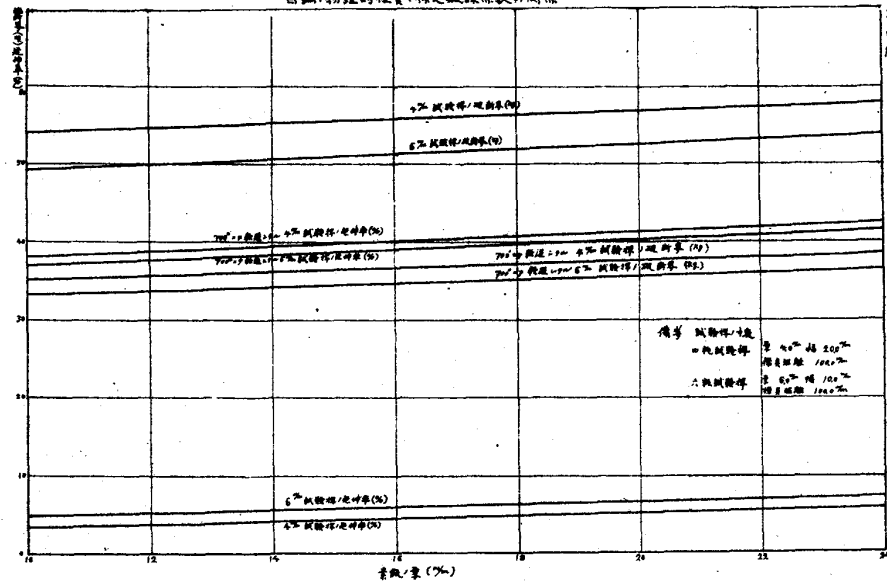




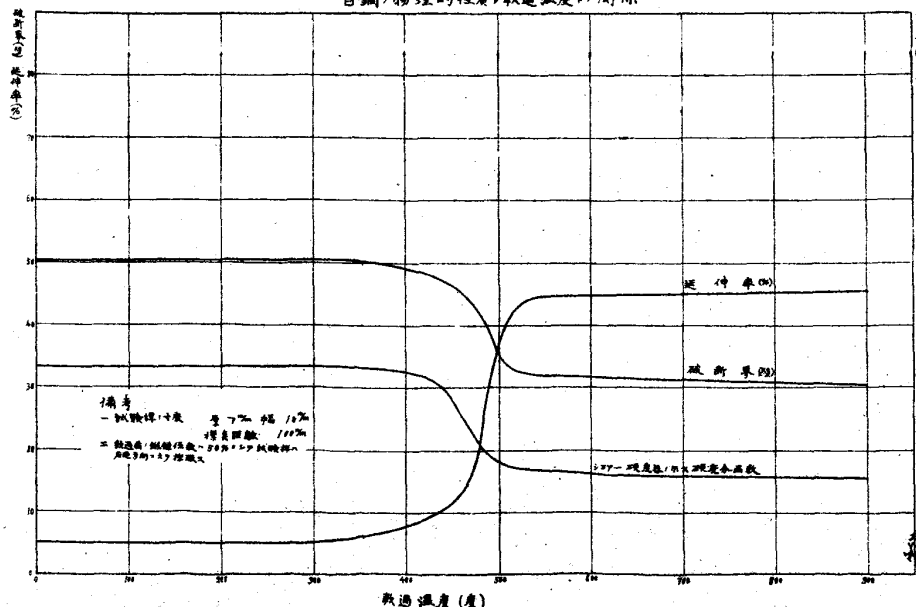
第三回



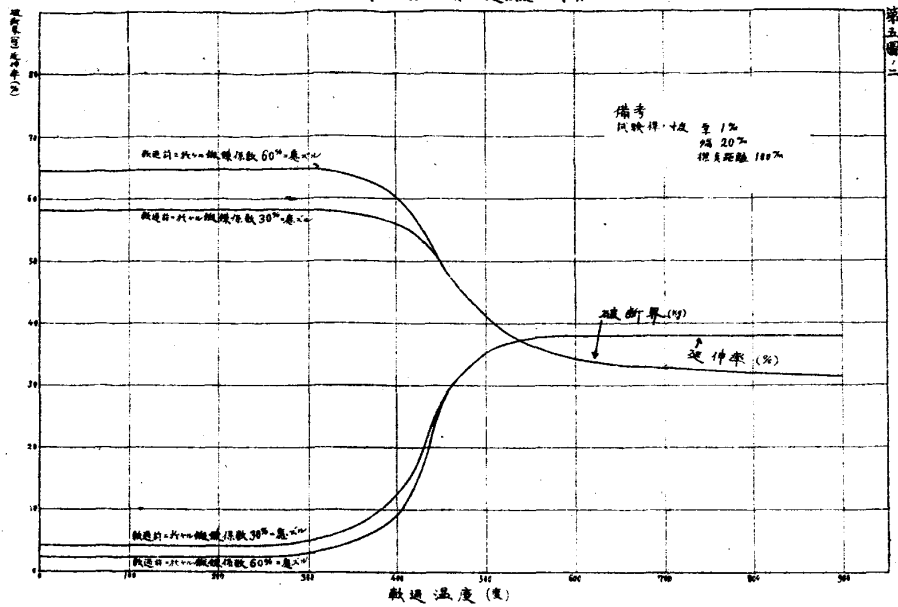
第四圖



第五，一

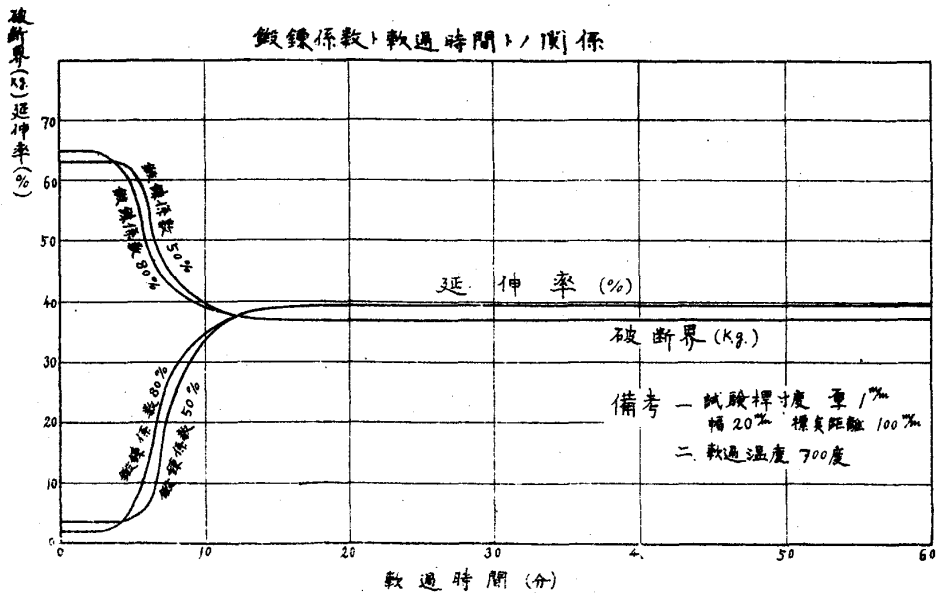


白銅物理的性質、軟退溫度、ノ關係



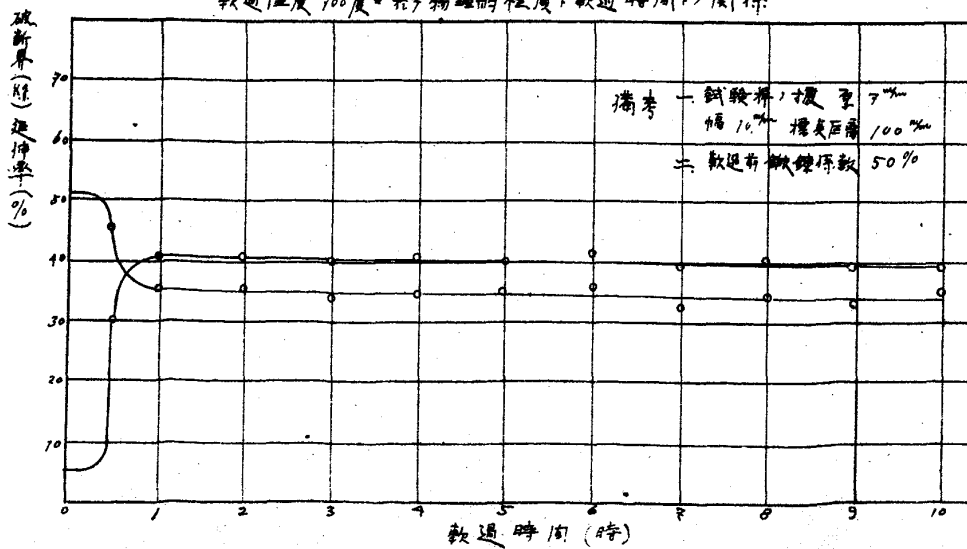
第五圖

鍍銀係數、軟退時間、ノ關係



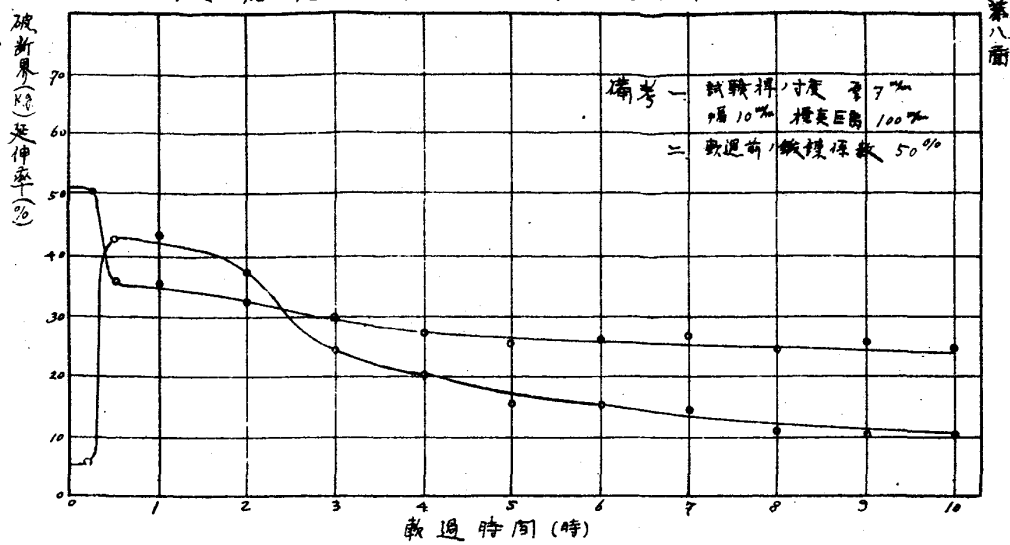
第六圖

軟退溫度 700 度、於物理的性質、軟退時間、ノ關係



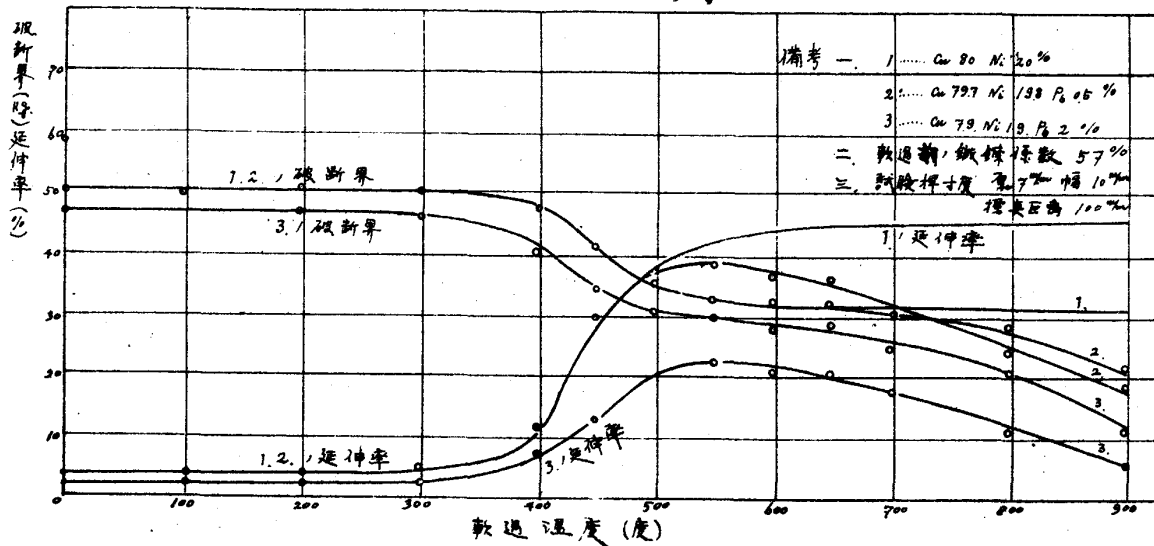
第七圖

軟退溫度800度之Z白銅物理的性質之軟退時間之關係



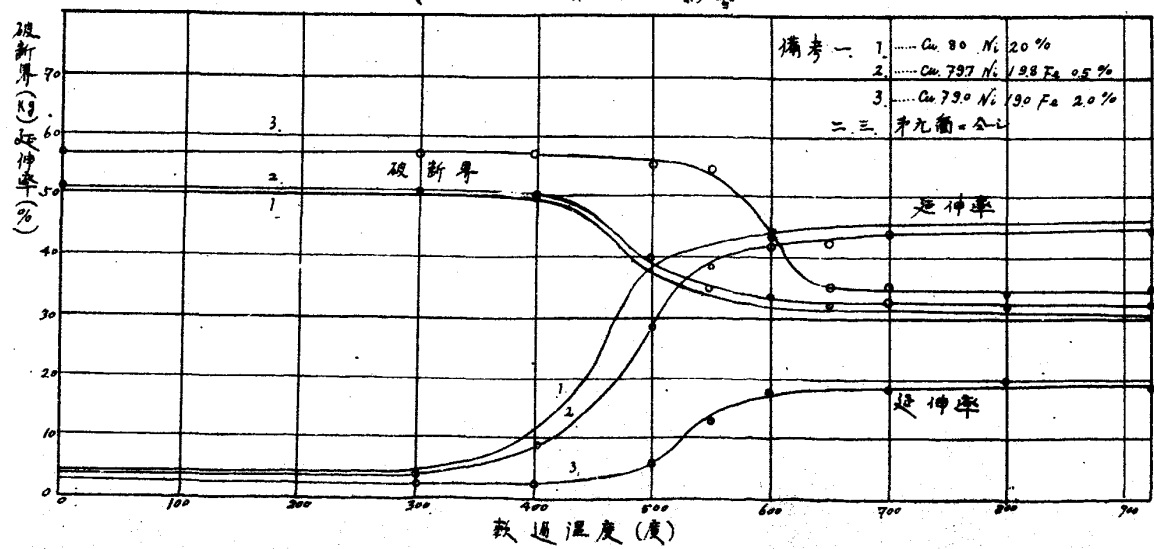
第八圖

鉛物理的性質及Z之影響



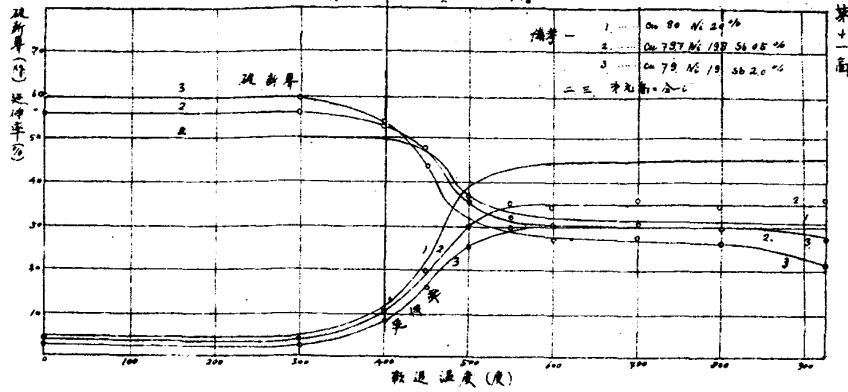
第九圖

鐵物理的性質及Z之影響



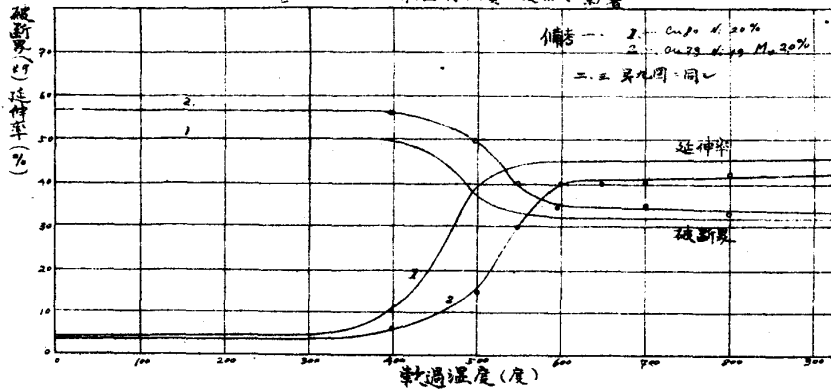
第十圖

磷、物理的性质及H₂O影响



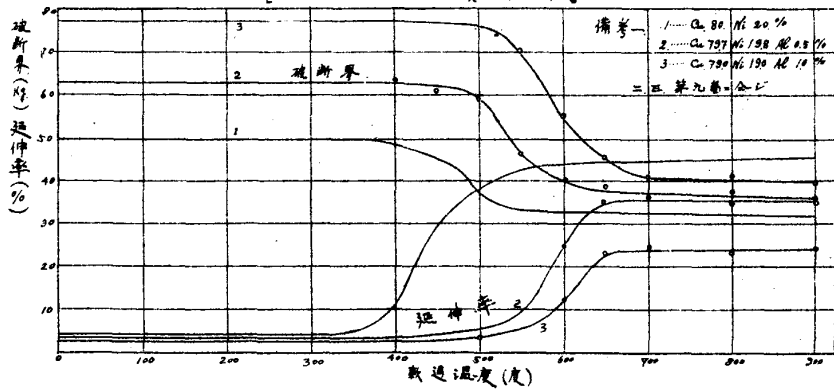
第十一圖

磷、物理的性质及H₂O影响



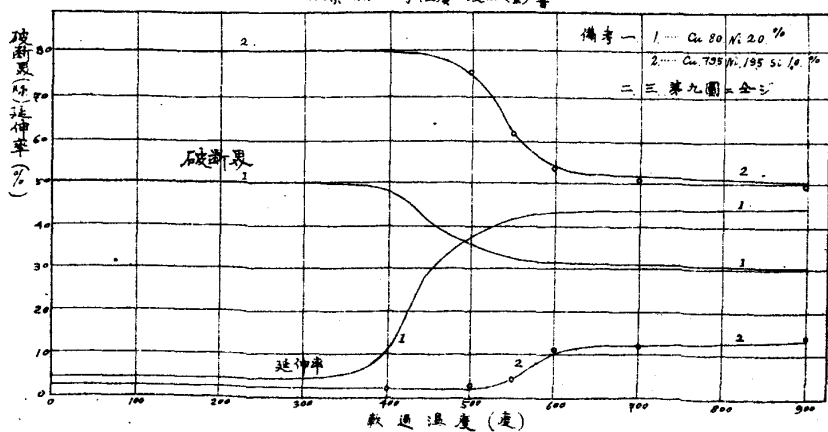
第十二圖

磷、物理的性质及H₂O影响



第十三圖

磷、物理的性质及H₂O影响



第十四圖

二、厚九耗(各種温度にて軟過したるもの)を各種に壓延したるもの及び之を七百度にて軟過したるもの、成績(七百度軟過のもの、中厚四、五のもの)はアムスララツフン試験機を使用す)

軟過温度	壓延の儘破斷界限		同 延 伸 率 %		七百度軟過破斷界限		同 延 伸 率 %	
	厚六、〇	同四、五	同三、〇	同六、〇	同四、五	同三、〇	同六、〇	同四、五
四〇〇	五五、〇	六〇、六	六五、三	四、二二	二、五〇	〇、九〇	三三、一	二七、八
五〇〇	五三、七	五九、四	六四、六	四、三〇	三、二〇	一、二〇	三二、八	二八、八
六〇〇	四七、八	五三、八	六二、四	五、四〇	三、七〇	一、三〇	三三、〇	二八、七
七〇〇	四七、二	五二、六	六〇、七	六、八〇	四、〇〇	一、五〇	三三、二	二八、九
八〇〇	四六、九	五二、八	五六、八	七、〇〇	四、二〇	一、四〇	三二、四	二七、八
九〇〇	四五、二	五二、七	五六、二	六、〇〇	四、〇〇	〇、九〇	三一、三	二六、一

備考 試験桿の寸度

厚六耗のもの	厚	六耗	幅一〇耗	標點距離	一〇〇耗
厚四、五耗のもの	厚	四、五耗	幅一五耗	同	同
厚三耗のもの	厚	三耗	幅一五耗	同	同

本表を見る時は單に壓延したるのみにては、其鍛鍊係數の如何に關はらず元温度軟過の影響を現出しあるも之を七百度に軟過したるものにありては殆んど元温度軟過の影響を認むることなし即ち軟過は修正されたることを示せり。

顯微鏡的性質もよく前記物理的性質と一致すること、附圖二十一に示すか如く5と6とに比較するときはよく元温度の軟過に修正されたるを認む。

壓延したる白銅板は爾後の作業法適當なれば軟過の修正をなし得ること以上記するか如しと雖も之れ固より尙ほ適當なる加工法及軟過作業の餘地を存する時なれば其完成品に近づくに従ひ軟過温度に注意し過ちなからんことを期すへきは勿論のことゝす。(終)