

III 講 演

1) 汽 鎚 鍛 鍊

(日本鐵鋼協會第 11 回研究部會講演)

陸軍造兵廠大阪工廠 陸軍砲兵大尉 工學士 下 村 佳 夫

1. 緒 言

只今から私共の所に於いて實施致して居ります汽鎚鍛鍊の二、三について申し上げます。私共の所では汽鎚としましては 10t、5t、2.5t、1t 及びそれ以下のものを用ひまして主にニッケルクロム系の砲身鋼の鍛鍊火造り及び炭素鋼たる彈丸鋼の鍛伸を行つて居ります、そして燃料には塊炭を手焚にするもの或は下込ストーカによる粉炭のようなものもありますが多くは微粉炭によつてゐます。

2. 燃 料

先づ燃料について申し上げます。他種のもの特に手焚のものに比較して微粉炭の特長を述べますと

- 1) 給炭量の加減調節が極めて簡單容易であります。
- 2) 従つて所望の溫度を速かに得ることが出來。
- 3) 特に最もよいのはその溫度を一定に持續出來ることあります即ち手焚でありますと投炭直後に於て溫度が上り次で漸次降下しこれを繰返しますためにどうしても、ヂグザグ、になります。微粉炭ではその懼がありません。
- 4) また媒煙濃度が非常に少いのでありまして他の爐で少し無理をしますと非常に濃度が大になるときでも微粉炭では殆どその害がないのであります。
- 5) 最後に經濟的であります。

然しその反面に於きまして不利とするところは

- 1) 灰の多いことでありまして爐及び煙道共に甚だ損害を受けたために爐の命數は 1/2 乃至 1/3 に短縮され煙道の掃除も 2 乃至 3 倍位頻繁に行ふことを要します。
- 2) またこれは爐及びバーナーの構造にもよる事で御座いますが下手を致しますると裝入材料の局部に激しい火焰を吹きつけてその部分を過熱する懼があります。

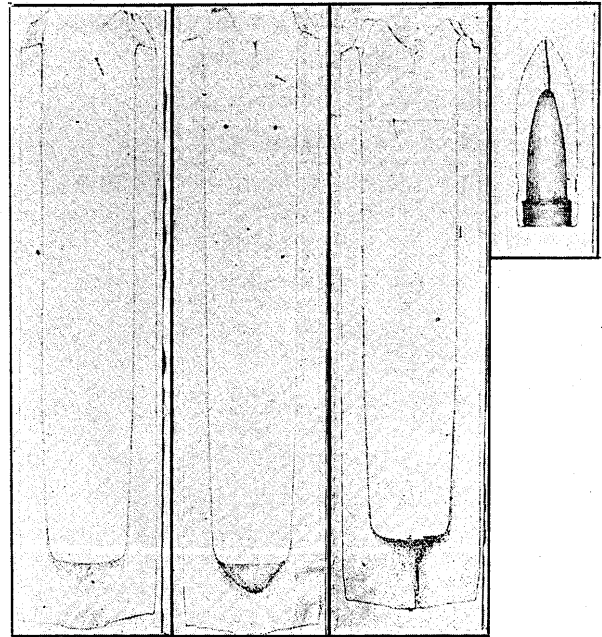
燃料についてはその位に致しまして次には彈丸鋼の鍛伸について申し上げます。

3. 彈丸鋼の鍛伸

擲出彈體に生ずる缺陷 直接鍛伸に入ります以前に簡單に擲出彈體に生ずる缺陷の二、三について申し上げたいと思ひます第 1 圖は擲出彈體のマクロ組織を例示したもので

第 1 圖 擲出彈體のマクロ組織

- |                 |                   |                   |            |
|-----------------|-------------------|-------------------|------------|
| (1)             | (2)               | (3)               | (4)        |
| 擲出彈體マクロ組織缺點なきもの | 擲出彈體マクロ組織偏析を有するもの | 擲出彈體のマクロ組織收縮孔あるもの | 擲出彈體のマクロ組織 |



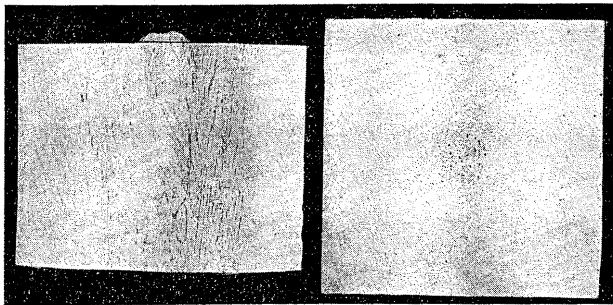
ございまして(1)は別に缺陷としてはない完全な合格品であります。彈底の部分には明瞭にして比較的粗大な纖維を表して居ります(2)、(3)はそれぞれ著しい偏析及び收縮孔の殘存したものであると思はれます、(4)はこれらが彈頭に表れた例であります。

缺陷の原因 斯くの如き缺陷の發生について考へて見ますと

- 1) これらは何れもロールによる壓延の如く素材が常に鋼塊の軸方向に壓延若くは鍛伸された材料に起るのであります。
- 2) 鋼塊の偏析若くは收縮孔等は素材の断面に於て第 2 圖の如く殘存致します。

第2圖 素材に残存する鋼塊の偏析

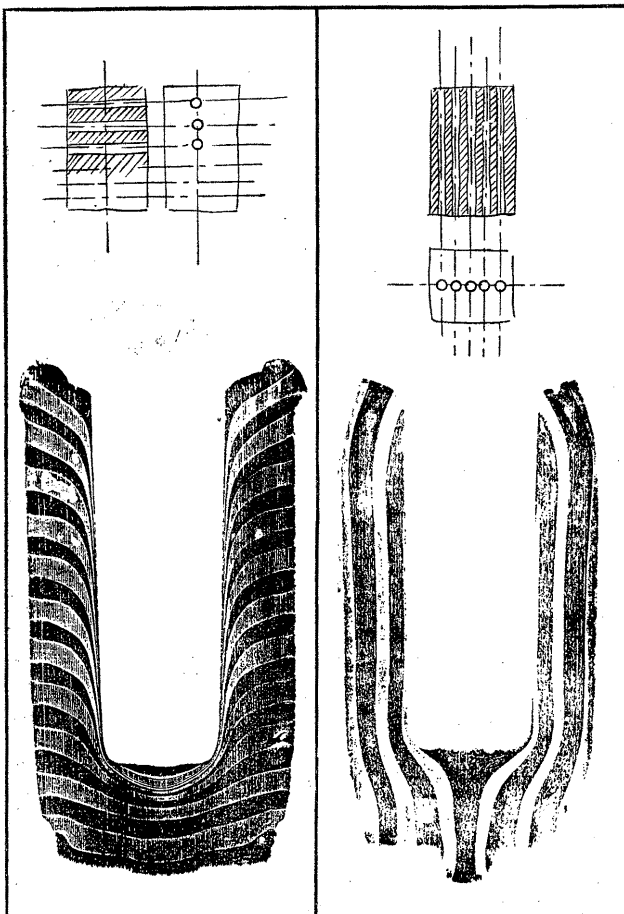
縦断面 横断面



3) 而して素材に穿孔してその軟鋼棒の如きものを挿入しフローを調べて見ますと第3圖の如くなりまして、よくこの間の事情を説明するのであります。

第3圖 挿出弾體フロー

(1) 棒を横に挿入した場合 (2) 棒を縦に挿入した場合

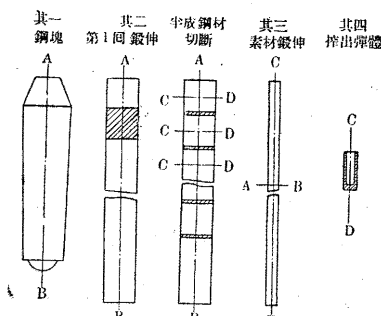


**弾底の重要性** 挿出せられた弾頭に斯くの如き缺陷が生じますれば弾丸効力上價値なきことは言を俟ちませんが砲腔内に於ける火薬瓦斯の高壓に對して弾底もまた重要でありまして歐洲大戰に於きましてはこのため腔發の如き事故を多發したといふようなことを耳にして居ります、從つ

て彈頭及び彈底に發生する斯くの如き缺陷は素材研究者の立場よりこれを防止したいのであります、然るに次に述べます如き素材の鍛伸法を行ひますとこれらの缺陷を防止し得、またマクロ組織を調べましても著しく密實なものとなるのでございます。

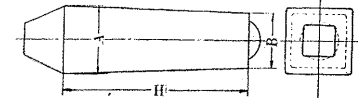
**彈丸鋼の鍛伸法** 第4圖は私共の所に於て實施致して居ります彈丸鋼鍛伸の要領であります其一は鋼塊でありま

第4圖 彈丸鋼鍛伸要領



して、その軸をABと致します、其二是鋼塊を一先づAB方向に鍛鍊して得た所謂半成鋼材であります、この半成鋼材を適宜の大きさに切斷します、圖ではハツチングを施してこれを示して居ます、このそれぞれについてABに直角な方向をCDとします。其三是斯くし

第1表 供試鋼塊の種及寸法



鋼塊 kg	2,000	1,000	600	300	60	25
A	450	350	280	260	140	105
B	400	300	220	215	130	100
H	1,000	1,000	1,000	1,000	460	310

て得た一つのブロックをCD方向に延ばしたもので。これを更に適當な寸法に切斷して其四の如く挿出致します結局挿出された弾體の軸は塊の軸に對して直交しており鋼塊に對しては各方向から鍛鍊が加へられてゐるわけであります。抑々彈丸素材は多量生産を要するのでそれ等を一々汽鎚によつて斯くの如く鍛伸することは勿論不可能でありませうけれども若し汽鎚を用ふる場合には斯くの如き方法で鍛伸すれば健全な素材を得ることが出來ると信する次第であります。

**鋼材鍛伸と使用衝程との關係** 彈丸鋼の如く簡単な形状で多量を鍛伸する場合に汽鎚の最大衝程の何割位の衝程を常用するのが最も時間的に有利であるかについて一寸調べたことがございます。これは嚴密に申しますと材料の溫度及び大きさ等につき一々研討すべきで私共の場合に於きましては溫度は簡單に普通使用してゐる溫度、大きさは各汽鎚毎に普通最も多く伸ばしてゐる材料の大きさを選んだのであります。そう致しますと各汽鎚共に或る衝程の所で所要時間

の極小點が生起する傾向がありましてこれが極めて大まかに申しますと最大衝程の70%附近でありました。

**鋼材鍛伸と所要エネルギーとの関係** 次に前項の試験の結果から鋼材の鍛伸に要しますエネルギーを調べて見ます、甚だ大まかな話で恐れ入りますが。

1) 汽鎚ではカット、オフを行いませんから衝程間気筒内の蒸気圧を一定と考へ

2) 従つて1鎚打のエネルギーは衝程高に比例する。

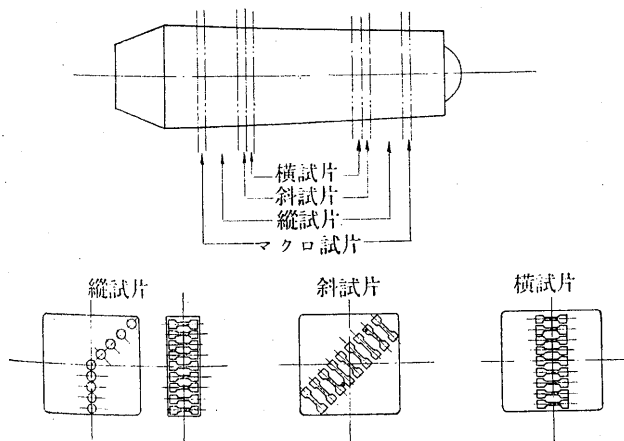
と假定しまして一定の變形を起さしめた鎚打回数を求めますと勿論衝程高の小となるに従つて鎚打回数は大となつて参りましてこの回数とそのときの衝程高との相乗積は鎚打の總エネルギーに比例するわけでありまして、ところで衝程高とこのエネルギーとを縦横軸にとつて見ますと衝程高の小なるほどエネルギーは小になつて來る傾向を示します、然るに衝程高の變化は衝擊速度の變化を示し結局衝擊速度の小なるほど變形に利用せられるエネルギーの効率が高くなる傾向を示して來ました。

#### 4. Ni-Cr 鋼の鍛錬

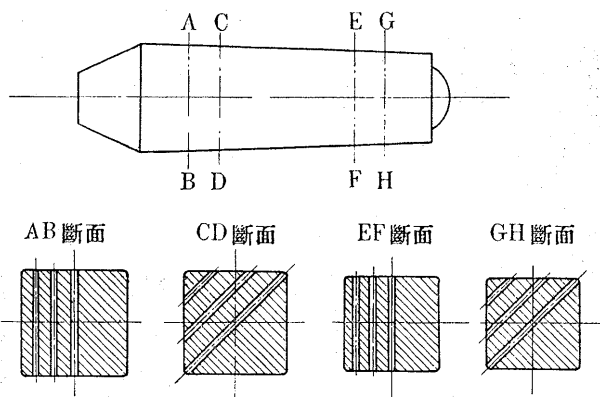
汽鎚によつて Ni-Cr 鋼を鍛錬する場合に起る各種の事柄をフロー、マクロ組織及び機械的性質とから調べた事がありますので…尤もまだ試験の途中でございますが二三報告したいと思ひます。

**供試材料の準備** 使用しました鋼塊の種類は第1表の通りでございまして各鋼塊種類毎に1個を抽出して第5圖の如く試片をとり鋼塊としての性質を調べそれから第6圖の如く凡ての鋼塊に穿孔しこの部に軟鋼棒を挿入しまして鍛

第5圖 試験片採取要領

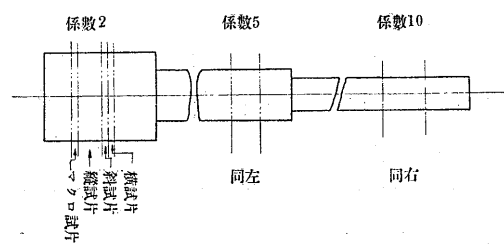


第6圖 鋼塊穿孔要領



錬によるフローの試験の資としました、斯くの如く準備しました鋼塊は押湯の方から逐次鍛錬係数2.5及び10と取つて鍛錬を行ひ結局第7圖の如き形状のものを得ました。

第7圖 鍛錬後の材料の形状及試片採取要領



而して各鍛錬係数の部分から鋼塊に對して行つたような試片を採取し特に鍛錬係数2及10の部分ではフローを調査致しました一寸お断り致してをきますが試片は何れも鍛錬後空中放冷した状態に於て採取したのでありまして別に焼鈍とかその他の調質を施してないであります。

**試験項目** 斯くの如く準備しました材料について次のような場合の材質に及ぼす影響を試験致しました。

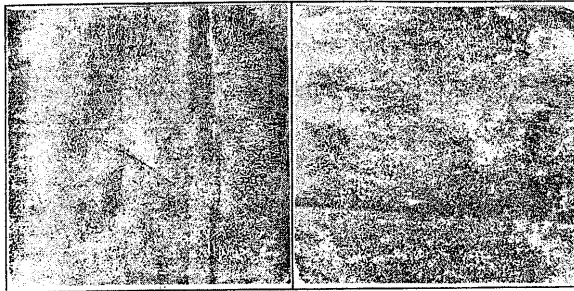
- 1) 各種大きさの汽鎚に各種大きさの鋼塊を組み合せた場合つまり汽鎚と材料との大きさの関係。
- 2) 鋼塊に加へる鍛錬の方向換言すれば常に鋼塊の隅角の方向のみから鍛錬して行く時と對邊の方向からのみの場合及びこれらを交互に繰り返した場合。
- 3) 同一汽鎚で衝程高を變へて同一大きさの材料を鍛錬した場合。
- 4) 鋼塊を急熱若くは過冷せしめた場合。

ところが、これらのうち或種のものを除きましては現在迄のところ、あまり明瞭にこれといった差異を表さないのであります、特にマクロ組織上相當の變化がありフローにも多少の影響があるように見えてゐても機械的性質には一向表れて來ないのであります。然しながら共通的な二三の傾向を明かにすることを得ました、また偶然白點を發生し

第8圖 1噸鋼塊のマクロ組織

其の1

其の2

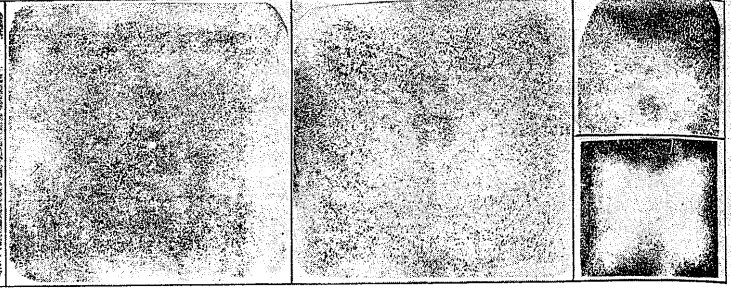


第9圖 鍛鍊材料のマクロ組織

其の2隅角より鍛鍊せるもの

鍛鍊係数2

其の1鍛鍊係数5



鍛鍊係数10

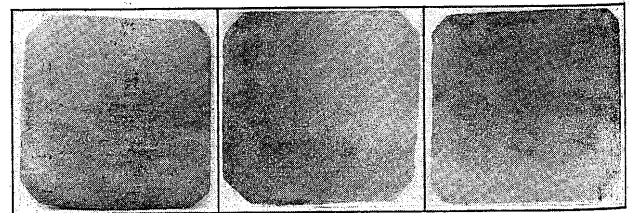
たものがありまして、しかもその生起する状態についてまた1種の傾向を認めたと申しますのは單に今回の試験にのみ限つたわけではなく他の場合にも同様のことを認めて居ります。

**鋼塊に加へる鍛鍊方向の影響** 先づこの問題について主にマクロ組織を申し上げます。

材料は1t 鋼塊で汽錠は5t であります。鋼塊のマクロ組織は第8圖の如く柱状結晶の發達程度については鋼塊の上下部分に於て殆ど差はありません、これを普通に行ひます如く對邊方向から鍛鍊しますと第9圖に示すような變化をします。即ち邊の中央部が材料の中心に向つて突出し即ち柱状結晶の部が鋼塊に於ては邊に平行な域を占めてゐたに拘らず次第に膨み出して來ます。従つて鋼塊内部の自由結晶の部分は45°の對角線方向に足を持つたヒトデのような形になります、そして柱状結晶は表面に於てはこれと直角方向に内部に於ては膨んだ面に對し直交する如く方向を變化して參ります、これらの傾向は汽錠及材料の大小に關せず常に存在するのでありまして、ただ鍛鍊係数の増加或は汽錠に比して材料が甚だ小である場合にはこの變化が多少不規則亂雜になつて來ます、次に角の方向からのみ鍛鍊致しますと鋼塊の隅角部が材料の邊の中央部に來て、ここにマクロの交叉した部分を生じ材料の隅角部では柱状組織は平行して中心部に向つて居ります。而してこの傾向は鍛鍊係数が10に進んで參りましても依然として存在致します、方向を交互に換へて鍛鍊した場合には以上二つの場合を組み合せたものとなります。擬ここで注意すべきは材料の表面に生ずるクラックで、これが對邊方向から普通に鍛鍊したものは材料の表面に直角に生起しますが隅角から鍛鍊したものは邊に對し45°の方向をとつて發生致します、交互に繰返し鍛鍊したものは邊によつて或は直角に或は斜に出るのであります即ちこれら表面のクラックは全

く柱状組織の方向に従つて發生して居ります。

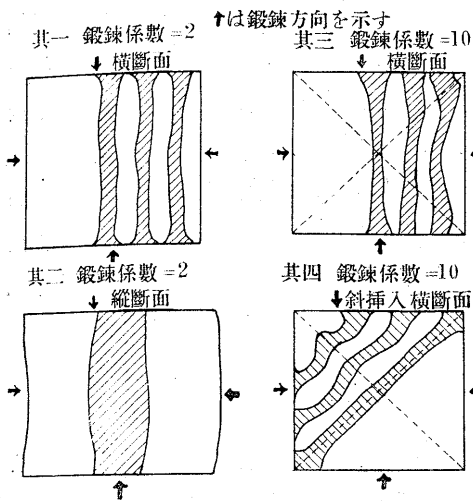
**白點の發生に關する或種の傾向** マクロ組織につき申上げました序に角材を鍛鍊しました時に認めます白點の發生する傾向について一言致します。先づ用ひました鋼塊の白點最も白點といふよりも一般的に疵と申した方が穩かとも思ひますが、その疵は既に言はれてゐる如く柱状組織の部分には少く自由結晶の部分に多いのでありますが発生する状態は柱状結晶の部分ではその方向に支配され自由結晶の部分では任意の方向をとるようであります、然るにこれを鍛鍊して例へば鍛鍊係数2位になると、その發生状態は恰もマクロ組織に支配されたかの如き著しい傾向を表すことが多いのであります、即ち第10圖其2の如くヒトデの

第10圖の1  
白點の發生状態第10圖の2  
白點の發生状態

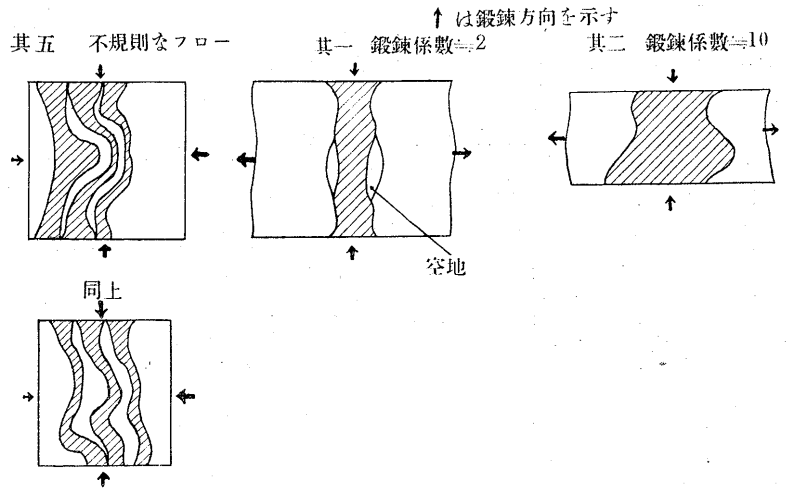
凹んだ邊に平行して發生し、これが中心部に至るに従つて次第に不規則となつて參ります、更に鍛鍊係数が増加しますと疵は減少しこの傾向も不明瞭になつて來ます。

**フロー** 個々の試験につきましてはあまり明瞭に區別がつかかねますので一般的の傾向について申し上げます、先づ鍛鍊係数2の場合でございますが、これは第11圖其一、其二の如く邊に平行に挿入した棒の變形によつて見ますと横断面に於きましては内、中、外の3本共殆ど一樣に滑かに變化し特に取り立てて申上げることもなく、縦断面にありましては各棒共稍内部に於て膨みを見せる程度であります、即ちフローのみから見れば鍛鍊係数2附近に於ては汽錠及び材料の大小或は其他に多少條件を異にする因子があ

第 11 圖 フ ロ ー



第 12 圖 丸 棒 鍛 鍊



りましても内外略一様に良好に鍛鍊されてあると言へるよ  
うに思えます、更に鍛鍊係数が 10 附近になりますと注意  
すべき傾向を見るのでございます、即ち其三の如く横断面  
をとつて見ますと材料の中央に挿入した棒は割合滑かに一  
様に變化して居りますが、その次のは中程に於て少し中心  
に向つて突出して居り更に一番外側のもは單にこの突出  
の程度が甚しいのみならずこの棒と材料の對角線との交る  
點に於て外側に向ふ屈曲を起すのであります。

また斜めに挿入した棒について調べて見ますと其四の如  
く變化し恰も以上の状態に應ずるものの如くであります、  
これを前申しましたマクロ組織と併せ考へますときに何等  
か得るところはないかと思ふ次第であります。

以上はフローの一般的傾向でありますが特に材料に比し  
て汽鎚の大きい場合、或は内外の温度が一様でなかつたと  
推定されるような場合のフローは甚だ不規則でありまして  
例は其五のような状態を呈しました水壓鍛鍊の如く 1 回の壓  
縮度が比較的大きいものにありましては 45° 方向に於ける  
屈曲は比較的大となるようであります、尙この際遭遇し  
たこととありますが鎚打に當つてアンヴィルの接觸する面  
積が材料の極く一部に過ぎない場合即ち第 12 圖に於ける  
如く鋼塊を角から鍛鍊するとか棒材を鍛鍊するとかいふ場  
合に鍛鍊係数 10 附近に於ては何れも軟鋼棒を挿入した部  
分に於て材料が破壊されたのであります、つまり斯くの如  
き鍛鍊は無理な作用をするのではないかと思はれます。

**丸棒鍛鍊** これはフローの追加のようなものであります  
が丸棒を鍛鍊する場合一旦角にして再び丸にするのと始め  
から常に丸く鍛鍊する場合とを比較しその縦断面のフロー

を第 12 圖に掲げました、この圖は寧ろ鎚打力の小なる場  
合の例と申した方が適當かと存じます、つまり常に断面を  
丸く保つために輕打する結果となり其一の如く鍛鍊係数 2  
附近に於ては表面附近のみ伸ばされ内部には空隙が出来て  
居ります、しかしこれとても更に鍛鍊係数が進み例は 10  
以上ともなつたときには其二の如くなります、若し角にし  
て更に丸にするといふ風に普通の鎚打力で鍛鍊すれば始め  
から斯くの如き厄介なフローは起さないのであります。

**機械的性質** 前申しました如く試片は焼鈍若くは其他の  
調質を施さず鍛鍊後空中放冷のままのものについて抗張試  
験のみを行つたのであります、その結果は個々のものにつ  
いては明瞭な差が出ませんために一般的傾向を申上げるに  
止めたいと存じます。

抗張力と弾性界及び伸びと絞りとはそれぞれ同様の傾向  
をとり只だ絞りは伸びに比し一層變化が著しいのに過ぎま  
せんため抗張力と伸びについて申上げます、鋼塊に於きま  
しては何れの性質も外側に於て最もよく中心に向ふに従つ  
て低下致しますが、その程度は抗張力では比較的少く伸び  
では大であります、又鋼塊の軸若くは邊に平行な方向と邊  
に斜の方向との方向別による値もマクロ組織上は甚だ異る  
べきに拘らず殆ど變化なく鋼塊の上部と下部に於ても同様  
であります、鍛鍊係数 2 に於きましては、これらの値が多  
少断面上均一化されて参りまして特に鋼塊軸即ち縦の方向  
の試片は非常にこの傾向があります、そして更に鍛鍊係数  
が 5, 10 と進むに連れまして縦の方向の伸びは稍増加し均  
一化して來ます、然しそれに反して横及び斜の試片は均一  
化の傾向は多少認められないでもありませんけれども、そ

の成績は向上して居ないのであります。

**汽錠と鋼塊との組合せ** 以上行ひました大部分の試験は第2表の如き汽錠と鋼塊との組合せ結果であります、この

第 2 表  
供試鋼塊と汽錠の組合

汽錠容量 (cm)	標準鋼塊 mm	供試鋼塊の大小		
		小	適	大
½	125	25	60	300
1	200	25 60	300	600
2½	270	25 60 300	600 1,000	
5	400	600 1,000	2,000	
1,500 (水壓)	900	1,000 2,000		

表に於て汽錠容量の欄は使用しました汽錠若くは水壓鍛錬機の容量を示しその次

の標準鋼塊と申しますのは或る文献によりまして、これらの汽錠に於て鍛錬するに最も適當なりとせられてゐる鋼塊

の大小であります。従つて假にこれを標準と致しまして汽錠に對し組合せました鋼塊の大小適否を調べたのが供試鋼塊の大小と題した次の欄であります、本欄の數字は鋼塊の重量を表はし(小)は汽錠に對し鋼塊の小さ過ぎたことを意味し(適)は適當、(大)は大き過ぎた意味であります、そしてこの他に衝程高を變じたもの急熱過冷したもの鍛錬方向を變へたもの等を試験したのでありますが前申上げました如くそれぞれの結果について未だはつきりした結論を申上げるに至つて居りません。

## 5. 結 言

以上極めて、つまらぬことを、とりとめもなく申上げましたに拘らず永く御静聽を煩はしまして感謝に堪へません、これで私の話を終ります。