

せられ、外國輸出量は制限せらるるを以て吾人の不幸なる石炭業者は大恐慌の状態なり。元來、英國工業界に於ては一、〇〇〇、〇〇〇萬人以上の職工を使役し石炭使用量一噸に付三志の利益を收得せり。統計數學に據れば英國を十區に區分し其中僅に半數が精確に利益の位置を示せり、而して利益の大部分はノーサンプランド、ダルハム及びサウスウェールズの三港より輸出せらるる量なりとす。

石炭礦業は實に危險にして而かも困難なる事業の一なり、從來の如き政府の政策にありては、到底其振興を期すべからず、此際サー、ヒューは石炭業の獨立自由を要求し首相と協議して社會上、經濟上及び工業上の爲めに其主張を貫徹せんことを期せり。

終に臨みて同氏はは政府の干渉は國家全般の工業をして全く不振の状態に導く者なることを明言せり。要するに完全なる經濟の上に立てる工業企圖は飽く迄も其全能力を發揮せしむる爲めに可成的之が扶助に努めざるべからず。現在に於ける勞銀問題は經濟上主要問題となり、勞銀の騰貴は直ちに物價騰貴を誘起するの階段となれり。されば吾人は此風潮の圈内より速に脱出するの策を講ぜざるべからず。是に於て之が改革の緊急問題は勉めて生産物の増加を計るにありとなす。

●鋼線に就て

佐藤慶二郎

(一)鋼線の發達史

鐵の針金としては、今日迄、一旦、板に打展べて之を細く長く切つたものが發見されてゐないので、従つて針金牽伸法、即ち要する孔型を通して針金にする製造方法は、鐵が出来てから發明されたものと思はれる。

針金牽伸法の記録に見えるのは、一三五一年に出版された *History of Augsburg* 及び一三六〇年出版の *History of Nuremberg* 中に *Drahtzieher* 即ち *Wire drawer* と云ふ字が載つてゐるのが一番古いらしい。殊に後者には、最初、孔型を使用した牽伸工はニュールムブルグのルドルフだと記してゐる。其の後間もなく佛國にも牽伸工といふ職業が出来たと傳えられる。

英國に於ける最初の針金牽伸工は、記録に據れば、一五六五年 *Christopher Shultz* と云ふサクソニヤ人が、*Calais Point* と云ふ人と共に、多くの外國人を引連れ來り、時のエリザベス女王の許可を得て孔型を用ひて針金を引き、カレブ、メルは *Holly Well* に水車で運轉する牽伸機を設け、エリザベス女王に髪飾りのピン等を製造して献上したと。之は丁度十六世紀の末頃である。チャールズ一世の時に至つては、針金の産額も次第に増加したが、尙、國產獎勵の

爲めに、從來の輸入を禁止した。

一般の線殊に銅線及び鐵線の需要は、汽車の出現と共に鐵道信號及び十八世紀の中頃より電氣學の發達と共に増大し、一八四三年 Samuel F. B. Morse の電信法が米國政府に採用せられ、一八五〇年ドーヴァー、カレース間に最初の海底電信の實驗が行はれて以來、針金の製造は日を追うて盛となつた。間もなく大西洋海底電線の計畫があり、The Atlantic Telegraph Co. が一八五六年に建設され、一八五七年 Bradley の線材を用ひマンチェスター市の某工場で牽伸仕上をした針金で作つたケーブルを敷設しようとしたがケーブルの繰出装置が不完全だつた爲めに切斷して數度失敗したが、一八六五年に至つて成功するに至つた。

米國の John A. Roebling は、同國に於ける最初の鐵線吊橋を二個建設した人であるが、其の一はシンシナチーにある。吊線索の重量五百噸其の直徑 $12\frac{1}{2}$ 吋、破壊荷重六千五百噸、各ケーブルは五千二百本の針金より成り其の長さ千七百六十呎であつた。他の一は、ナイヤガラ瀑布に於けるナイヤガラ鐵道吊橋であるが、針金の質は何れも木炭鐵である。シンシナチーの橋の方は今尙使用せられてゐる様であるが、ナイヤガラ橋は一八五五年建設され、四十二年の使用後、交通の頻繁に伴ふ爲めに大きな橋と取替へられた。之は四本のケーブルを使用した各々直徑〇、一四五吋の針金二六四〇本を其の儘平行に集めたもので、其

の強さは四本のケーブルで一萬一千九百九十六噸一本の針金は約一千六百四十八封度であつた。四十二年間の使用中設計當時よりも其の荷重は大いに増加した譯であるが、ケーブルを取外づしてから、其の針金を試験し、十二回の平均を取つて見ると一本の針金は一五六六封度の強さで一平方吋に付約四十二噸に當るが、元の強さに比べると約九五%である。併し、針金は總て、牽伸仕上をしたばかりの光澤を有してゐたと云ふが、之は今日の所謂軟鋼の如く不鈍物を混じて居ないため腐蝕に對して頗る強いからである。

鐵の精鍊は、最初は、炎土精鍊に依つたもので、其の後攪煉鐵が製出されてから、之が普通用の電信線、垣根用の針金、吊線等に使用されたが、稍、上等なものになると英國及び瑞典産の木炭精鍊鐵が使用された。攪拌鐵は South Staffordshire 及び Shropshire に於て製せられ木炭精鍊鐵は瑞典に多く産し、ランカシャ爐と云ふ爐で作られた。瑞典よりの材料は、鋼塊、鋼片及び線材の形狀で方々に輸出された。

十九世紀の半までは、比較的短い線材を用ひて、牽伸仕上をしたので、約十四封度位が止りであつた。線材を作るには最初は、鐵材を鋸で叩いて細くし、約 $\frac{1}{2}$ の太さに作り上げたものであるが、壓延機の發明と共に線材も之で容易に製造される様なつた。壓延機は一五五三年佛國のブルリエーが、金銀の板を作るために發明したものを以て嚆

矢とするが、壓延機の利とする所は、製造の時間を短くし其の質を一定する事等にある。線材の如きものは、ロールに溝を附けるのであるが、此の種のロールは一七八三年 Henry Cort が改善して、後にはベセマー鋼の壓延にも成功するに至つたのである。併し線材壓延の初期には、鐵材を總て人間の手にて取扱ひ、其の重量十封度以上、長さ十四呎以上、直徑 $\frac{1}{2}$ 吋以下の線材を得る事は頗る困難であつた、一八六〇年に於て $\frac{1}{4}$ 吋角の鐵材を用ひ二十四時間作業して、 $\frac{3}{8}$ 吋の線材五噸以上を製出する事が出来なかつた。(現今では、此の當時と同型の仕上壓延機を以てするも $5\frac{1}{2}$ 角の鐵材より二十四時間に付直徑 $0\cdot220$ 吋の線材四〇〇噸を製出し、直徑 $0\cdot160$ 吋の線材で、一條の長さ六哩半重量約一噸のものを作上げる事も出来る様になつた)。

一八六二年、Richard Johnson & Nephew 會社の支配人ジョージ・ベッドソンは、線材壓延機の連續式を發明して其の特許を得た。之に依ると一條の重量百拾封度のものを作る事が出来た、之は軀て、一條の重さ三百三十六封度のものを得る様になつた。ベッドソンの以前にも既に、彎曲式と稱へらゝものが出来て居たが、一方此の式の改良も大に行はれた。ベッドソン式の最初の壓延機は、ロールを交互に水平と垂直に置き、以て、上下及び兩側より平均に壓延しようとした。一八六三年、實驗的のものを Salford に

作り次でマンチエスター市のブラッドフォード製鐵所に移され、好成绩を擧げて一八八四生迄運轉を續けた。第二に作られたのは、一八六七年に完成して、其の一部は今日も尙運轉して居る。

米國では、一八六〇年頃には稍上等のビレットは約 $\frac{1}{2}$ 吋角で、長さ八乃至十二呎に鋸で鍛へたもので、針金の製造は主として、ウァセスターに限られた。之等のビレットは瑞典又は同國より輸入してゐる商人から買入れ、ポストン又はニューエングランドで線材に壓延せられたのが、餘り上等のものでなければクインシガモンドで鍊鐵から作つたビレットを使用した。何れの場合でも二十封度乃至三十封度のものであつたが、電信其他では、一本線の長い針金の需要甚だしく増大し、三十封度四十封度位のものを必要とした爲め、米國の製線業者は茲に一大困難に遭遇したわけである。其の間にあつて Ichbod Washburn は専心此の難問題を解決せんと苦心したが、英國に於てベッドソン式の連續壓延機が發明されたと聞いて William E. Rice を英國に遣はし、一八六八年には註文を終へ、一八六九年、ウァセスターに据附け作業を開始した。併しクインシガモンドで作るビレットは之に不適當なものであつたので、ライネは瑞典に往つて長いビレットの軟質のものを購入する契約をして來た。然るにベッドソン式の特許を調査中、同様な發明が既に Levy Comer に依つてなされてゐる事が分つた

ので、機械の据附前二人の特許を買収した。コーマーは後に、ウアセスター工場に雇はれてベッドソン壓延機の運轉に従事した。ライスは一八七七年ウアセスター針金會社を興したが、Washburn & Moen Co. の Philip L. Moen が死去するに及び同社の社長となり。一八九九年、American Steel & Wire Co. に合併された。

ワッシバーン、モーエン會社が、ベッドソン式線材壓延機を買入れた時分には、一日の生産高僅かに七噸に過ぎなかつた。同會社の總支配人であつた O. H. Morgan は工風を重ねて、自動的の線材捲取機を考案し、更に數ヶ年の實驗に依つて、垂直ロールを水平ロールに改め、其の代りに材料を途中で九十度丈け廻はすために捻れガイドを用ひた。其の他種々の點に於て改良を加へたが、ベッドソン式では垂直ロールがあるため一時に只一本のビレットを通すに過ぎないが、モルガン式では全部水平ロールのために、同時に數本を通す事が出来、生産高に於て三十年前のベッドソン式の十倍であつたと云ふ。

其の後、米國に於ては William Garrett が別に彎曲式のもの改良してガレット式を考案した。之れでは一組のロールから出て來た線材を更に次のロールに入れたるために Repeater と云ふものを用ひた。此の外線材壓延機には種々の型式も出来、何れも相當の成績を収めて居る。米國では銅の生産高の約一割は線材及び其の製品となつてゐる。線

材より仕上げた針金は、何と云つても、電信、電話線が一番多く用ひられてゐるらしい、其他ワイヤロープ、彈條、洋釘、垣根網、棘線等枚擧するに暇はない。

我が遞信省で最近一ヶ年に要する針金は約次の如くである。

吊線	二五〇〇噸
アーモア線	三八〇
ストランド線	一一〇
合計	約 三〇〇〇

日本の鋼線工業は、東京製鋼株式會社が、明治三十年四月に東京深川にワイヤロープ工場を建て、線材を輸入して針金を牽伸したのが最初で、明治四十年二月には、八幡製鐵所にも線材壓延機を据附け作業を開始し、遞信省では、更に針金牽伸仕上をも依囑し、古河に亞鉛鍍をさせて電信、電話線を作上げた。今日では、製線工場も仲々多いが、東京製鋼、東京亞鉛鍍金等の工場は、電信、電話線の製造工場として最も大なる能力を有して居る。

米國より我國に昨年一ヶ年に輸入した針金及其の製品の量は左の如くである。

線釘	三六、三二四、〇〇〇	封度
棘線	八四五、〇〇〇	
其他の線	五九、五八二、〇〇〇	

(二) 鋼線工業の概要

茲には無論、鐵及鋼の製煉法を述べないが、今日では鐵即ち攪煉鐵は殆ど見る事が出来ず、鋼が代つて鐵の有する

特色をも有せしめ得るので、現今、鐵線と云ふものは殆どない、先づ全部が鋼線と云つて宜しい。今左に鋼より針金に至るまでの製造作業項目を擧げ、概説を試みよう。

A、線材の壓延

ベセマー、轉爐又はシーメンス平爐（特別の場合には、電氣爐、坩堝爐）等より取出した熔鋼は之を鑄型に注込んで鋼塊とするが、大きな工場では五噸位の大きな鋼塊を作り、之をブルミミング、ミルで壓延した後、ブルーム、シニアで適當の長さに剪斷し、線材壓延用のピレットとする方が利益であるが、小工場では5角、長さ四呎位の線材専用のインゴットを作り、之をピレット、ミルで壓延し、ピレットを作るのが普通である、之がワイヤ、ロッド、ミルの材料となるのであつて壓延して仕上つたものは即ち線材である。其の太さは普通半吋乃至一吋位で、コイルとして捲取られる。一本續きのコイルで普通線材の重量は百封度乃至二百五十封である。

B、ピッキング法

線材は、ピレットを加熱して、赤熱中に加工したものであるから、其の表面にスケールの薄い層が出来てゐるので、酸液で之を除去する必要がある。此の作業をピッキングと稱する。尙、酸液が残留してゐると、悪い影響があるから、石灰乳中に浸して、酸を中和し、然る後に之を乾燥する。

C、牽伸法

ピッキングを終へ、充分乾燥した線材は、之をダイスと稱する良質の鋼で作つた仕上げるべき直徑の孔を有する型に通し、一方、動力で回轉する Rotating Drum に捲取る。此の作業は、線材を加熱して行ふものでなく、普通溫度の儘である、それで常溫牽伸法とも稱する。線材は元來上下二つのロールの溝を通されたものであつて充分に圓形ではないが、此の牽伸作業に依つて始めて圓形の満足なものとなる。更に細い針金を要する時は、ダイスを別にして之を繰返すのである。

D、焼鈍法

牽伸作業に依つて、漸次針金が細くなるに連れ次第に質が硬くなる。遂には脆くなつて切斷するに至る、之を避くるために、適當の時機に一度焼鈍する必要がある。特種の用途の針金には Patenting, Hardening, Tempering 等の熱取扱を施す事がある。

E、鍍金法

針金の表面を鍍より防ぐため、例へば電信、電話線の如きものに於ては亞鉛を鍍着する。之をガルヴァニシングと稱する。又、裝飾用其他の目的で、錫を鍍着する事がある。之をテンチングと稱する。何れも、熱式と電氣式の別がある。熱式といふのは、熔解した亞鉛又は錫の中を通過せしめるもので、電氣式といふのは電解溶液中を通過せし

め、之に電鍍を行ふのである。

以上で、鋼線の概説を終へたが、尙、此の作業中の或物が鋼の性質に如何なる變化を及ぼすかと云ふ問題に就いて一二述べて見たいと思ふ。

(二) 常溫作業が鋼の性質に及ぶ影響

常溫度で牽伸作業をやると鋼の種々の性質が變つて来る第一、組織であるが、之は顯微鏡で見るのが一番早い。一般に、金屬及合金の鋼塊は、丸味のある大きな粒から出来てゐて、之を加熱して壓延すると更に小さな粒に分裂する。しかし、常溫度で鋤打、牽伸等の作業を加へると、此の粒に變形を生ずる。此の變化は、劈開面に平行な無數の面に沿ふて迂りを生じて變形するものと云はれてゐるが、此は、顯微鏡下では無數の平行した線になつて見える。之を「迂り線」と云つてゐる。之を簡單に見るには、二分位の徑の軟鋼棒を六吋位の長さになり、軸に平行して其の面を鏡の如く磨き、傷のない様になつたのを見て、之を試験機に掛け、降服點以上で、切れない範圍内に引張りを加へ然る後に、此の部分で顯微鏡で見るのであるが、約、六百倍以上で、充分に「迂り線」を見る事が出来る。結晶粒上の「迂り線」を見度い時には、磨いた面を軽く腐蝕して引張りを加へて見ると宜しい。常溫作業を加へてから、焼鈍を施すと、結晶の状態は、鑄塊の儘の時よりも、極めて角張つた結晶らしい結晶になる。

組織の變化に就いては他日改めて記述する事にして、種々の性質に於て其の量に増減がある。常溫作業を加へた場合に、

増加する量は次の如くである。

- | | |
|------------|---------------------|
| 1、抗張力 | 5、彈性限界 |
| 2、硬度(貫通抵抗) | 6、電氣抵抗 |
| 3、脆性 | 7、溶解度 |
| 4、降服點 | 8、磁性ヒマテリシス(鋼の場合に限る) |
- 減少する量は、

- | | |
|-------|-----------------------|
| 1、密度 | 4、衝動、彎曲に對する抵抗 |
| 2、伸長率 | 5、磁性パーミヤビリティ(鋼の場合に限る) |
| 3、延性 | 6、磁性容量(鋼の場合に限る) |

以上のうちには、互に似たやうなものも這入つてゐるが別にして擧げた。減少する量のうち密度に就ては後に述べる様に、或最大値に達してから減少する。

此の外、常溫作業を加へたものと、加へぬものとを接して置くと、前者の電位がポジティブとなつて、其の結果前者がよく赤錆を生じ易くなる。

次に此等の性質の變化に就いて、二三述べて見よう。

A、抗張力の變化

最も名高きのは、Dr. Percy が John Fowler & Co. に於て、ロープ用の鋼線に就ての實驗で次の如き變化を示した。

線の斷面積(□) 線の直徑(吋) 抗張力(封度) 抗張力(噸)

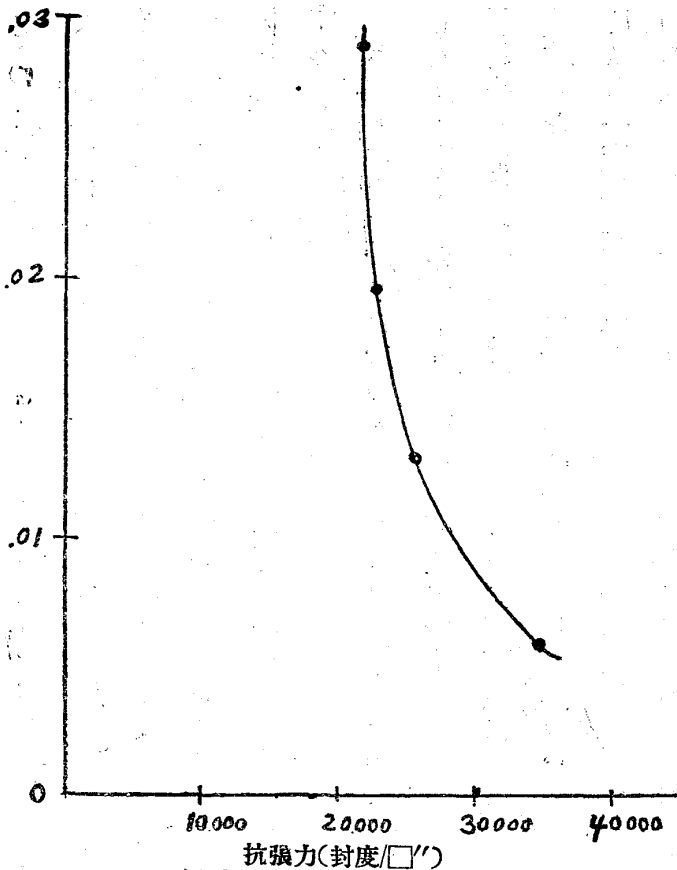
〇〇二八六五 〇・一九一 二〇一六〇〇 九〇

〇・〇一九八五	〇・一五九	二二四、〇〇〇	一〇〇
〇・〇一三六八	〇・一三二	二五七、〇〇〇	一一五
〇・〇〇六七九	〇・〇九三	三四四、〇〇〇	一五四

此試験に供した鋼線は轉爐鋼で次の成分を有し、比重は七・八一四であつたと云ふ。

炭素	硫黄	滿	俺	磷	珪素	銅
〇・八二八	〇・〇〇九	〇・五八七	〇	〇・二四三	〇・〇三〇	〇

クローム、チタニウム、タングステン等に就ては其の痕跡も認めなかつた。前表の通りに順次牽伸して、最後の仕上りのものを曲げると折れたと云ふ。其の伸長率は僅かに〇・七五乃至一・一％に過ぎなかつた。A圖は此の抗張力の



A圖 ベルレー博士の實驗

積(平方吋)
拔萃鋼線に就て

變化を點表にしたものであるが、其の變化の曲線が圖の如く彎曲する事に就いては疑を存して置きたい。(牽伸後所謂 Patenting をやつたものらしき)

米國ウオーター街兵器廠で實驗したところに依ると、〇・〇二八四吋の徑を有するピアノ線は平方吋に就き二百一十一噸の抗張力を示したと云ふ。

一八九七年 Cambria Iron Co. で實驗した結果は次の如くであるが、各々十二回の試験値を平均した値を示す。

	彈性限界 抗張力(封度/□)	伸長率(%)	斷面縮少率(%)
常溫壓延前	三五、三九〇	五九、九八〇	二八・三
同 後	七二、五三〇	七九、八三〇	九・六
常溫牽伸後	七六、五三〇	八三、八六〇	八・九
			三四・二

但し伸長率は、試験片のゲージポイント間の距離八吋の時である。常溫壓延は、常溫牽伸と同様の結果を與へるのである事は、之に依つても知られる。

然らば、常溫作業前後の抗張力の間には、數量的に如何なる關係があらうか。

之に就いては、Thomas Bolton 及び D. R. Pye が銅線牽伸につき實驗を試み、A. P. Trotter は其の結果よりして、次の如き關係があると言つた。(Electric Review Jan. 1907. Journal of Institute of Metals. No.2. Vol. VI, P. 166)

$$T = a - bD \quad \text{但し } T = \text{抗張力噸/□} \quad D = \text{鋼金直徑(吋)} \quad a, b = \text{定數}$$

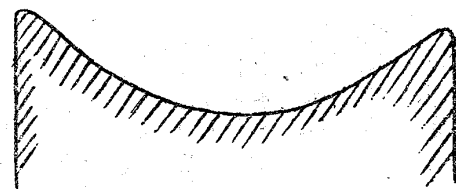
即ち、牽伸後の針金は直徑に就て直線的の關係があるものとした。鋼線の場合に於ては、單に定數が異なるのみであ

る、パイ氏に據れば「抗張力が、直径の(即ち亦圓周の)函數なる事は製造作業中に見出す事が出来る。即ち針金は順次に小なるダイスを通されるものであつて、此の作業中、外部皮層は其の粘性を失ひ、硬く且つ抗張力は大となる。此の硬化は表面の層に限られ、次で全針金の強さは、此の圓周の硬い皮層に依つて生じたもので、圓周の長さに比例する」と。

ポルトン氏は「〇・五寸のトロリー線を牽伸した時に試験したが、之を旋盤で削り、種々の直径に細くし、又之と同じ針金の他の一試料をば、別に此等と同じ直径に牽伸して試験した。……其の結果は全く一致しなかつた。實驗はもう一度繰返す必要がある。併し、最初牽伸された際の〇・五寸の線は外部よりも中央に於て事實硬かりしが如く見えた」云々。

抗張力は既に斷面積に關するものである以上、前の式は認める事が出来ない事は明かである。又、パイ氏の皮層硬化と云ふ事が、全く事實で無い事は、諸方面から證明する事が出来る。ポルトン氏は、パイ氏との反對の事實を見た一人である。尙、Major Wade が、熱間壓延を加へた鋼材を常溫壓延で磨き仕上をなした者と比較した實驗に於て、硬度は後者が五〇パーセント丈けの増加を見たが、之は同様な凹みを與へるための重量で測定したものであつて、中央に於て最も硬度が大であつた。

Prof. Heyn (The Ironmonger, April 7, 1917) は、常溫牽伸した棒に於ては外部は引張り、内部は壓縮の状態にあると述べてゐる。之はB圖を見るとよく分る様に思はれる。



B圖 針金牽伸後の最後端

之は〇・二二〇寸の線材を用ひて〇・一七一寸の針金を仕上げる際、線材の最後端の平滑に磨り、ダイスの通過後、此の部分を縦斷して長さに於て約十倍に廓大したものである。

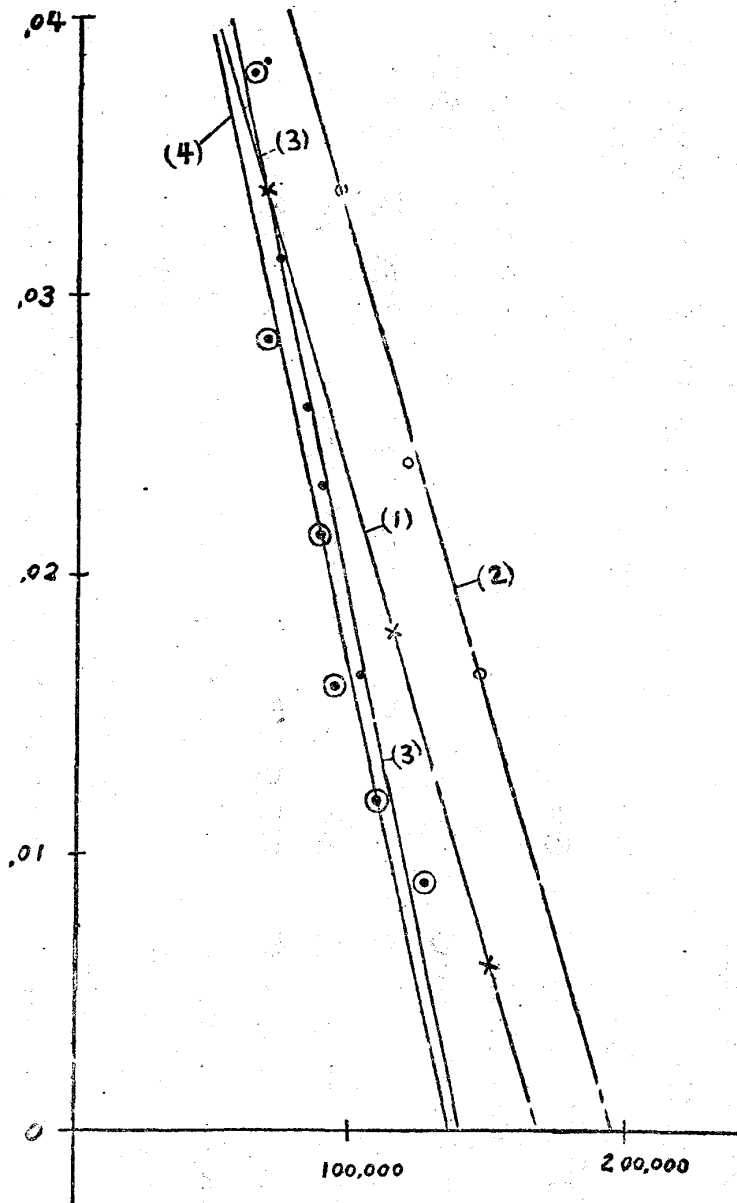
顯微鏡試験をなす前に、牽伸後の針金を横斷して、よく磨き、之を軽く腐蝕して、檢すると、中央が周圍に比して著しく腐蝕が進んでゐるのを見る。之は常溫作業が化學溶劑に對して溶解度を増す事から考へると、中央部に於ては外部よりも引張りを受けてゐる事を示したのが分る。

かう考へて來ると、パイ氏の皮層硬化と云ふ事實が頗る怪しい。否、誤りだと云ふ事が出来る。で、正しい關係式は抗張力が斷面積の函數として表はされるものである。

John F. Tinsley (Year Book of the American Iron & Steel Institute, 1914) の實驗の一つに依ると牽伸作業は次の如き變化を與へた。

(一) 斷面積	〇・〇三三六五	〇・〇一七八三	〇・〇〇六六六
抗張力封度	六八・〇〇〇	一三三・〇〇〇	一五〇・〇〇〇

断面積 (平方吋)
拔萃鋼線に就て



抗張力(封度/平方吋)
C圖 テンスレーと私の實驗

(二) 断面積 \square 、〇・〇三三六五 〇・〇二四〇六 〇・〇二四六四八九
 抗張力封度 \square 、九五、〇〇〇 一二二、〇〇〇 一四六、〇〇〇
 私が昨年秋に實驗したのは、
 (三) 断面積 \square 、〇・〇三八 〇・〇二八五 〇・〇二一三八 〇・〇一六〇四*

抗張力封度 \square 、六四、二九〇 七〇、〇六六 八八、八三四
 九四、八二八 一〇八、八七八 一二七、一三二

但し、之は、牽伸縮小率を廿五パーセントに一定した時の結果で、四回の試験の平均値を示す。次に示すのは別に縮小率を一定せずに、ワイヤゲージに標準を置いて牽伸したものである。(二回の平均値)

(四) 断面積 \square 、〇・〇三八三一 〇・〇三二四 〇・〇二六 〇・〇三二
 抗張力封度 \square 、六五、一七二 七三、五一三 八四、〇四四
 〇・〇一六四
 八九、六〇八 一〇三、五二九

以上(一)乃至(四)は、すべて、線材より途中に於て焼鈍せずに連続して牽伸した結果である。今、此等より纏まつた關係式を作つて見よう。各々を點表するとC圖に示す様になる。

C圖よりして次の様に云ふ事が出来よう。

$$f_2 = f_1 + \cos\theta(a_1 - a_2) \times \frac{100,000}{0.01}$$

但し f_1 最初の断面積 s_1 平方吋の時

の抗張力(平方吋に付き封度)

f_2 仕上針金の断面積 s_2 平方吋の時

の抗張力(平方吋に付き封度)

θ 變化を表はす線を直線と見做し

之が水平線となす角(度)

然るに θ なる角は實測に依つて

次の如くである。

(一)の場合 七三・五 (三)の場合 七七・〇

(二)同 七三・五 (四)同 七八・〇

故に $\cos\theta$ の値は 〇・二二五六乃至

〇・二九六二

それで式は次の様になる。

$$f_2 = f_1 + C(a_1 - a_2)$$

C 定數 = 二、二五、六〇〇 乃至

二、九六、二一〇〇

此の式の定數は聊か疑を存して

置くにしても、二、一二五、六〇〇を採用する事が實際上一番近い値を得る事は私の經驗上事實である。テンスレーも別に式を作つては居ないし、私の知つてゐる範圍内では唯一の正しい式だと自惚れて居る。

テンスレーの實驗の(一)及(二)は双方共熱間壓延に依つて得た線材から牽伸したものであるが、斷面積が等しいのに抗張力が等しくない之れからして次の様に云ふ事が出来る。此の實驗公式は最初の抗張力の大小に關しない。

又牽伸する際の縮小の割合にも關しない事は、以上の結果を見ても明かに分る。

ペルシー博士の實驗値は此の式の見地からすると誤りの様に思へる。同氏のは牽伸作用の合間又は仕上後に於て所謂バテンテングなる熱取扱を行つたものかも知れない。

B、密度の變化

一般に常溫作業を金屬に加へると密度に變化を來たし、或る最大値に達した後には減少する一方である。此の事に就ては諸學者の實驗があるが、知られてゐる二三の例を擧げると Brunton は鋼線を牽伸する時は比重は七・六八より七・九九八に到るまで増加し此の點に到達すれば、牽伸するに従ひ比重を減ずると云ひ Kallbaum は白金線を牽伸すると、其の比重は二一・四三より二一・四一に減少すると述べ、Lowry 及 Parker は、鑛粉は作業に依りて硬化された状態にあるので、之れを焼鈍すれば其の比重が増加するを

見たと云ひ、リー博士は壓縮試験に於て軟鋼に歪を加へると遂には比重を減ずると云つてゐる。

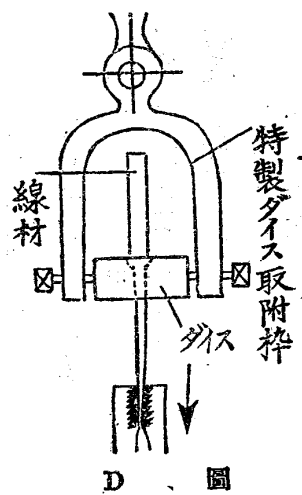
私の實驗としては、五番の軟鋼線を數尺丈け取り途中焼鈍することなしに、靜かに廿番迄引延し其の間の比重を普通の天秤で量つたが、七・八七九より七・九五〇に達したゞけて減少は見るに至らなかつた。ブルントンの値に比すれば、まだ最大値に達して居ないかも知れない。しかし、針金が細くなるに連れて秤量し難いのと、天秤が頗る安物なると此以上は實驗しないで居る。

尙、其の他の性質の變化に就ては、お話ししたい事もまだ残つてゐるが、あまり永くなるから、牽伸に要する力に就いてお話しして御免を蒙る事にする。

(四)針金牽伸力の決定

針金を牽伸する際に要する力を求むる事に就ては寡聞にして先輩の公表したものを聞かない。齋藤大吉博士「金屬合金及其加工法」中には、針金を切る時の強さを牽伸に要する力の最大値として記してあるのみである。

私の工場には不幸にして試験装置の完備したものがない従つて、貧弱な試験機に信賴するの止むを得ざるに至つた。手働式油ポンプ附のリーレー式抗張力試験機であるが、D圖の如くダイスを取付け、下のチャックで針金を引出す様にした。ダイスに於ける牽伸力は抗張力試験と同様にスケール上で檢したが、其目盛の上では、ダイス及針金の重量



だけ掛つた際に零となる様に調整した。(牽伸機とモーターより力を算出した事もあるが、非常な誤差があつて失敗に終つた。)

それで最初は一つの式を假定し、其の定数を此の實驗に依つて決定する方針を取つた。今、牽伸に要する力を考へて見ると、材料の押つぶされ様とするのに抗する強さにも比例するし、牽伸前後の面積の差にも比例するに違ひない尚、ダイスと材料との間の摩擦、材料の酸洗後の状態、氣温濕度等にも大いに關係がある。それで、

$$F = P \times (a_1 - a_2) \times (1 + \mu) \dots \dots \dots (1)$$

F = 一 封度に付針金の牽伸に要する力

P = 封度 [] に於ける壓潰に對する金屬の抵抗

a₁ = 一 平方時に於ける針金の最初の斷面積

a₂ = 一 平方時に於ける針金の最終の斷面積

μ = 針金とダイスとの間の摩擦の合力、氣温、温度、潤滑物等の變化

$$\text{故に } F = OP(a_1 - a_2)(1 + \mu) \dots \dots \dots (2)$$

$$\text{又は } F = OP + a_1 r(1 + \mu) \dots \dots \dots (3)$$

r = 牽伸の減少率 = $\frac{a_1 - a_2}{a_1}$

茲で決定するのに困難なのは、Pの値である。之は、抗壓力と似たものである以上、抗張力の作用として表はす事が出来るかも知れない。後の實驗表で見る様に、單位面積に對する牽伸力は、材料抗張力と共に變化するのでも分る。

それで、今假りに次の如くに假定する。

$$F = C_1 f_1 a_1 r(1 + \mu) \dots \dots \dots (4)$$

C₁ = 定数

f₁ = 封度 [] に付牽伸前針金の抗張力

所で、猶、困るのはμの値であつて、實驗に依つて求める外はない。それで、今次の如くにする。

$$C_1(1 + \mu) = C_2 \dots \dots \dots (5)$$

$$\text{故に } F = C_2 f_1 a_1 r \dots \dots \dots (6)$$

斯うして見ると、實驗に依つてF、f₁が分るし、a₁及びrは知れて居るからC₂を定める事は容易である。扱て私が貧弱な試験機を相手にして得た結果は次表の如くである。

番號	a ₁	a ₂	r	f ₁	F	C ₂
一	〇・三八〇	〇・二八五	二五	六四、二九〇	九三〇	一・五二五
二	〇・二八五	〇・二一四	二五	七〇、〇六六	八五六	一・七二〇
三	〇・二一四	〇・一六〇	二五	八八、八三四	六四八	一・三六四
四	〇・三三三	〇・三一四	一七八	六五、一七二	七九一	一・七六七
五	〇・三一四	〇・二六〇	一七二	七三、五一三	七七三	一・九三七
六	〇・二三一	〇・一六四	二八八	八九、六〇八	九五七	一・六〇四
七	〇・二六四	〇・一三六	一七一	一〇三、五二九	五五五	一・九一六
八	〇・一三六	〇・一〇八	二〇八	一一一、七四〇	五〇八	一・五四四
九	〇・一〇八	〇・〇八六	一九七	一一四、〇二一	四三〇	一・七六七

此の中一乃至三は四回、四乃至九は三回の試験に依つて平均した値である。今、此の表に依り、C₂の平均値を求めると、

$$C_2 = 1.683 \quad \text{近値}$$

$$\text{依つて } F = 1.683 f_1 a_1 r \dots \dots \dots (7)$$

勿論、概算をするには、C₂ = 1.7位に取れば結構であつて

前に述べた様に、色々の状態で變化するからである。此の値は、私の工場の普通作業状態に於ては大差のないものである。

扱て、此の式で見る様に、今、 f_1 及び a_1 が一定の時にはFの大きさは r に關係する。そして、 a_2 即ち仕上線の斷面積が零である時に、 r は1となり最大値を取る。 a_2 が a_1 に等しき時には、 r は零となり最小値となる。之よりして、仕上線を極めて細くして、殆ど斷面積を零に近くする場合には最大の力を要し、仕上線が材料たるべき針金と等しき斷面積の場合、即ち、何等縮小する事なく單にダイスを通した場合に力が最小であると云へる。

しかし乍ら、事實上、針金の強さは有限であるから、

一

に近き縮小率を以て、一度に牽伸する事は不可能な譯である。然らば、實際上に於て、一度に牽伸し得る最大の縮小率は何程であろうか。之は(7)の式より容易に誘導しやう

假定 r_0 = 最大減少率

$$= \frac{a_1 - a_0}{a_1}$$

a_0 = 完成線の最小斷面積

$F > f_1 a_0$ の時針金は破綻す

假定 $f_1 = f_2$ 近値 f_2 = 牽伸後線の抗張力

扱て臨界點は

$$F = f_1 a_0$$

$$f_1 a_0 = C_2 f_1 a_1 r_0$$

$$= C_2 f_1 (a_1 - a_0) = 1.683 f_1 (a_1 - a_0)$$

故に $a_0 = a_1 \frac{1.683}{1 + 1.683} = a_1 \times 0.627$

依て $r_0 = \frac{a_1 - a_0}{a_1} = 0.373$ 或れば約 37%

實地作業に於ては、牽伸し始めに、ダイスに於て衝動となるから、之れよりも、ずつと小さくなる事は明白である。

(附、 C_2 の本體)

C_2 なる定數は如何なるものであるうか。之に就ては尙研究を要するが、今、漠然乍らも推定だけを述べて置きたい前に述べた様に、(5)の式より

$$C_2 = C_1(1 + \mu)$$

$$\text{又 } C_1 = \frac{OP}{f_1} \dots \dots \dots (3) \text{ 及 } (4) \text{ 參照}$$

$$\therefore C_2 = \frac{OP}{f_1} (1 + \mu) \dots \dots \dots (8)$$

今、此の C_2 の正體を極める爲に、先づPなる値を考へると一體、銅、鐵等の如き所謂靱き金屬は、之を壓縮して、其の彈性限を越えると、流動し始め、直徑が増大し、高さが低くなつて、其の面積の増大と共に、荷重も増し、止まる所を知らない。しかし、其面積の増大と荷重の増大とは一定の比を持つらし。Unwinは此の面積に對する荷重を流動壓力と呼んでゐる。即ち粘性状態を始めてからは、單位面積に對する流動壓力は定數である。

其の値は、アンウインに據ると、

軟鋼 一一二、〇〇〇

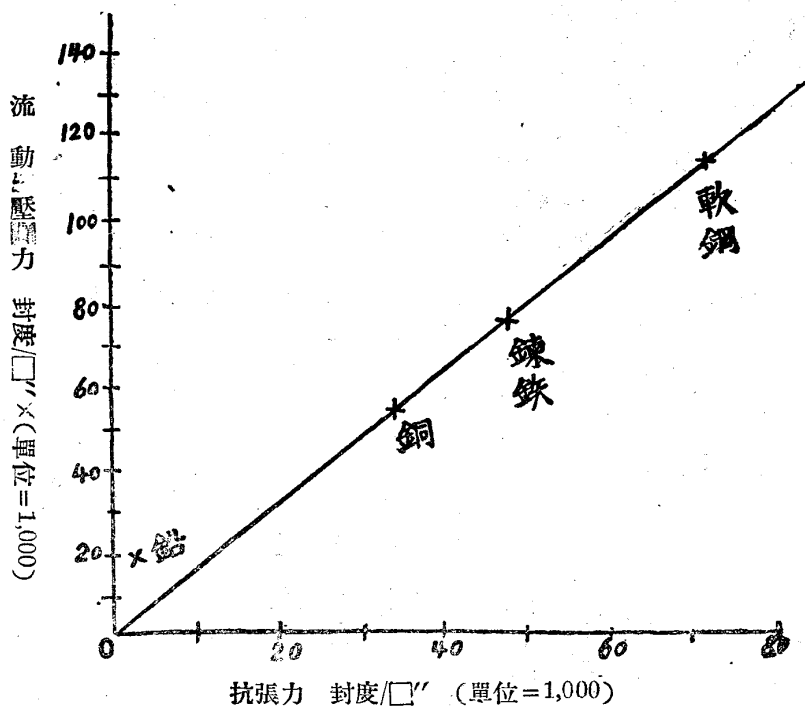
銅 五四、〇〇〇

鉛 一七、〇〇〇

W. K. Haas に據れば、

鍊鐵 七六、〇〇〇 (何れも、封度□")

今此等の値と、抗張力との比を見るために、此等の金属の抗張力の範圍中から次の値を取り之を點表すると、E圖



E圖 抗張力と流動壓力との關係

の如くなる。アンウインもハットも流動壓力と共に試験片の抗張力を示して居ないから頗る不都合であつて、抗張力の次の値も少しは如何かと思へるのもある。

軟鋼 七二、〇〇〇 鍊鐵 四八、五〇〇
鋼 三四、〇〇〇 鉛 二、二〇〇

拔 萃 鋼線に就て

E圖に依つて、大體の次くの如くにする事が出来る。

$$\frac{P}{A} = \text{封度} = 1.555 \text{ 封度} \quad (8)$$

之を(8)に代入して

$$Q_2 = 1.550(1 + \mu) \dots \dots \dots (9)$$

鉛だけは仲間はずれになつてゐるが、概略の性質から云へば、銅、軟鋼、鍊鐵何れも同一の(7)式を適用する事が出来る譯である。

尚、前に述べた通り實驗に依り、

$$Q_2 = 1.683 \text{ 近値}$$

故に

$$Q_2 = 1.550(1 + \mu) = 1.683$$

之より

$$Q(1 + \mu) = \frac{1.683}{1.555} \dots \dots \dots (10)$$

$$= 1.0822 \text{ 近値}$$

今、ダイス孔型の角度、大氣の濕度、催滑料の種類、状態ピッキング後の状態等、牽伸力を變すべき條件は事實上、ダイスの材料との摩擦となつて現はるべきに依り、

$$C = 1 \dots \dots \dots (2)$$

とすれば(10)は、

$$(1 + \mu) = 1.082$$

之より

$$\mu = 1.082$$

私の實驗したところでは、牽伸の速度は、牽伸の力の量に變化を與へなかつた様である。

針金牽伸の場合と、常溫壓延の場合とで、金属の押潰さるゝに抗する力が單位面積に就いて同一なものとするれば、 $P = 1.555 f_1$ なる値は、常溫壓延の場合にも容易に適用する事が出来る。尚、之に就ては、研究を重ねて見たいと思つてゐる。

(大正九年十二月十日藏前工業會議第二〇四號)