

## 連續圧延作業に於ける走間剪断機に就て

(日本鐵鋼協會第 27 回講演大會講演. 昭 17. 10 於東京)

深田 健三\*

## ON THE FLYING SHEAR USED FOR CONTINUOUS ROLLING

Kenzô Hukada

**SYNOPSIS:**—The flying shear used for the continuous rolling is required to shear off the end of steel shapes and to cut out standard lengths at behind the finishing rolling mill and to be precise according with different finishing lengths and different rolling speeds. Therefore special care is necessary for the design and manufacture. The author concisely explained different kinds of flying shears used at present and described the structure, behaviour, control and design of an example of the reciprocal type flying shear.

## I. 緒 言

連續圧延作業は近時鋼塊單重量の増加、従つて圧延長さ速度の增大に依り生産能率向上に進みつゝあるが、作業速度が高速に成ればなる程、各連續工程に於て總ての設備が各々調和せる高速を有さなくてはならぬ。

連續圧延作業の仕上ロール機より流出する成品、半成品の處理は其の長さ、速度の長大なる點に於て、屢々壓延機設計以上の問題を與へてゐる。成品が薄くて、捲取可能な場合は割合問題ないが、より大きな断面積の物は捲取不能でこれを直線形のまま處理する爲には、成品が仕上圧延機より流出するに従つてこれを走行中に冷却床の長さ、又は所要寸法に切斷する事が必要である。この目的に適合するものが走間剪断機である。この剪断機の特異點は成品速度に適合して、走行中に剪断を行ふ點で、従つて種々な點で困難な問題を伴つてゐる。

今走間剪断機に要求される條件を羅列すれば、次の如き  
ものである。

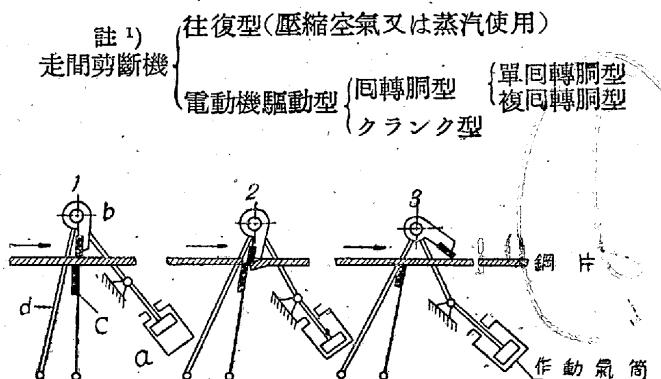
- 1) 動作が確實にして信頼性大なる事
  - 2) 所要切斷長さが最小誤差を以て得られる事
  - 3) 廣範囲の鋼材寸法, 壓延速度, 切斷長さに適應出来る事
  - 4) 鋼材切口状態良好なる事
  - 5) 構造簡単, 調整容易にして, 附帶設備複雑ならざる事

これ等の中、所要切断長さを正確に維持する點が、特に重要である。他の條件も各型式の機構に依り、その影響する

部分が異なるが、何れの型式に於ても以上の條件を充すべく努力されてゐる。

## II. 走間剪断機の種類

V. E. Edwards が水圧ピストンにて往復する走間剪断機を考案したのが始りである。それより往復型剪断機が盛に用ひられ、現在では圧縮空氣、蒸気が作業流體として用ひられてゐる。一方電動機使用の回轉胴型式のものも漸次發達し、又往復機構に電動機を應用せるクランク型も現はれた。これを表示すれば



第1圖 往復型(蒸氣又は壓縮空氣驅動型)

a) 往復型

第1圖の如き偏り機関機構を有し、蒸氣又は壓縮空氣等の作業流體に依りピストンを驅動し各切斷毎に往復するものである。尙本機構に就ては後章に詳細動作を説明する。これは既述の如く、最初の型で多年使用されて來た。作業流體に依り間接に仕事を爲すもので、排氣孔其他の調整に依り容易に任意の鋼材寸法、壓延速度に適應出来る。又切斷長さは附屬定寸裝置を剪断機後方に鋼材進行方向に移動する事に依り、容易に變更出來、切斷長さの誤差も十分小

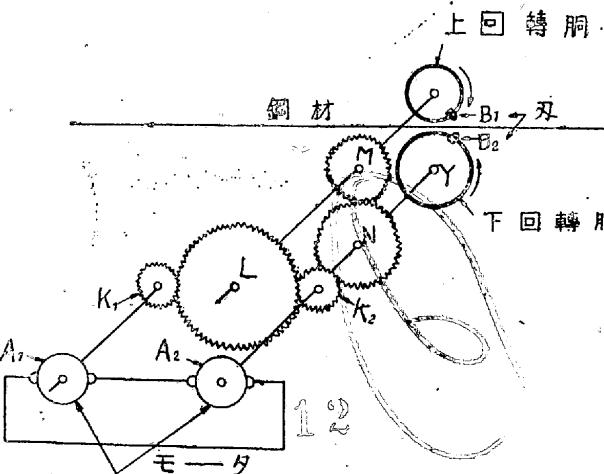
日鐵八幡製鐵所

になし得るので、現在に於ても分塊工場の小鋼片、シートバー切斷用に盛に用ひられてゐる。但し1切斷毎に往復運動を爲すので、慣性力の爲に莫大な仕事が費され、且衝撃を伴ふ。従つて使用し得る壓延速度にも一定の限度があり、餘り高速には不適當である。通常4m/s止りである。又汽罐設備、空氣圧縮機等の附帶設備を要する事も缺點である。

#### b) 電動機駆動型

單回轉胴型は第2圖に示す如く、鋼材速度と同じ周速を有する回轉胴上に、軸方向に滑動する1對の刃物を有し、適當なる切斷位置にて刃を滑らして切斷を行ふもので、主として條鋼等の切斷に用ひられる。

複回轉胴型は第3圖に示す如く、2ヶの相對する回轉胴に各々上刃と下刃を固定、又は可動的に保持し、これを同



第3圖 複回轉胴型

-軸上の歯車装置にて、正しく規定回轉數毎に兩刃が相合して、切斷を行ふ如き構造に成つてゐる。回轉胴は連續的に回轉して常に剪斷準備状態にあるか、又は鋼材が一定個所を通過して、始めて静止より加速され、直ちに剪斷に移る方法とがある。又この型式のものは、定寸作業に於て必ず鋼材速度と回轉胴周速度の間に一定關係比を保持せねば、均一なる切斷長さを期し得られぬ。

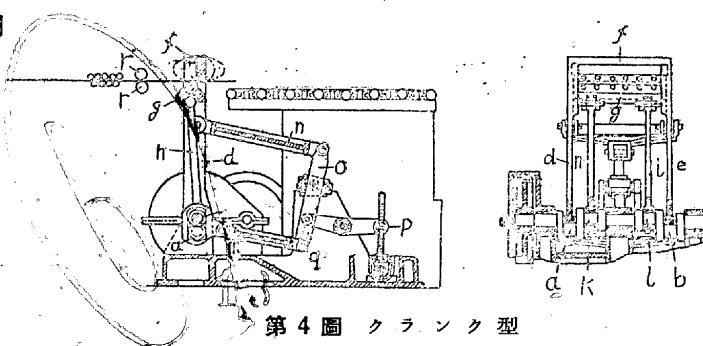
即ち理想的な均一切斷は、仕上壓延機（又は仕上鋼材）と剪斷機の間に絶対的な同期結合が行はれる事が必要で、これ等は機械的又は電氣的に實施せられてゐる。

而してこれ等の結合は、切斷寸法の多種に對應して、調整可能でなくではならず、且調整後は不動の状態に保たれねばならぬ。例へば機械的結合は歯車装置、圓錐調車、水力接手等にて行はれるが、歯車装置以外は傳達動力や速度に制限されるし、結合比が完全に保持されぬ缺點を有し、歯車装置も傳達動力大で、調整段階が微細に亘る時は製作費、容積が大となる缺點がある。

次に電氣的結合<sup>2)</sup>も屢々用ひられる。但しこの方法は剪斷機速度と鋼材速度との喰違ひと、この補正との間に多少時間遅れのある事は避けられぬが、實用上差支へない程度になし得る。

又餘分な端部切斷に依り、屑鐵を生じない爲に鋼材先端が一定の位置に來た時は刃物が常に或る一定位置を占めなくてはならぬ。又切斷面を正しくするためには、鋼材に垂直な切斷が行はれなくてはならぬので、種々の機構が考案されてゐる。これ等回轉胴型のものは今後壓延速度の増大に適應して益々發達利用されるであらう。

クランク型は第4圖の如く曲柄軸を電動機にて駆動し、



第4圖 クランク型

リンク機構に依り、上刃、下刃を噛合せ乍ら鋼材速度に適合して切斷を行ふものである。この型式の物は機構が往復運動をするから、慣性力が相當にあり、a)往復型と同様な缺點を有す。尙剪斷機電動機速度と鋼材速度との間に一定關係を保たせねばならぬから、前の回轉胴型と同様に結合装置を必要とする。

### III. 往復型走間剪斷機の1例に就ての説明

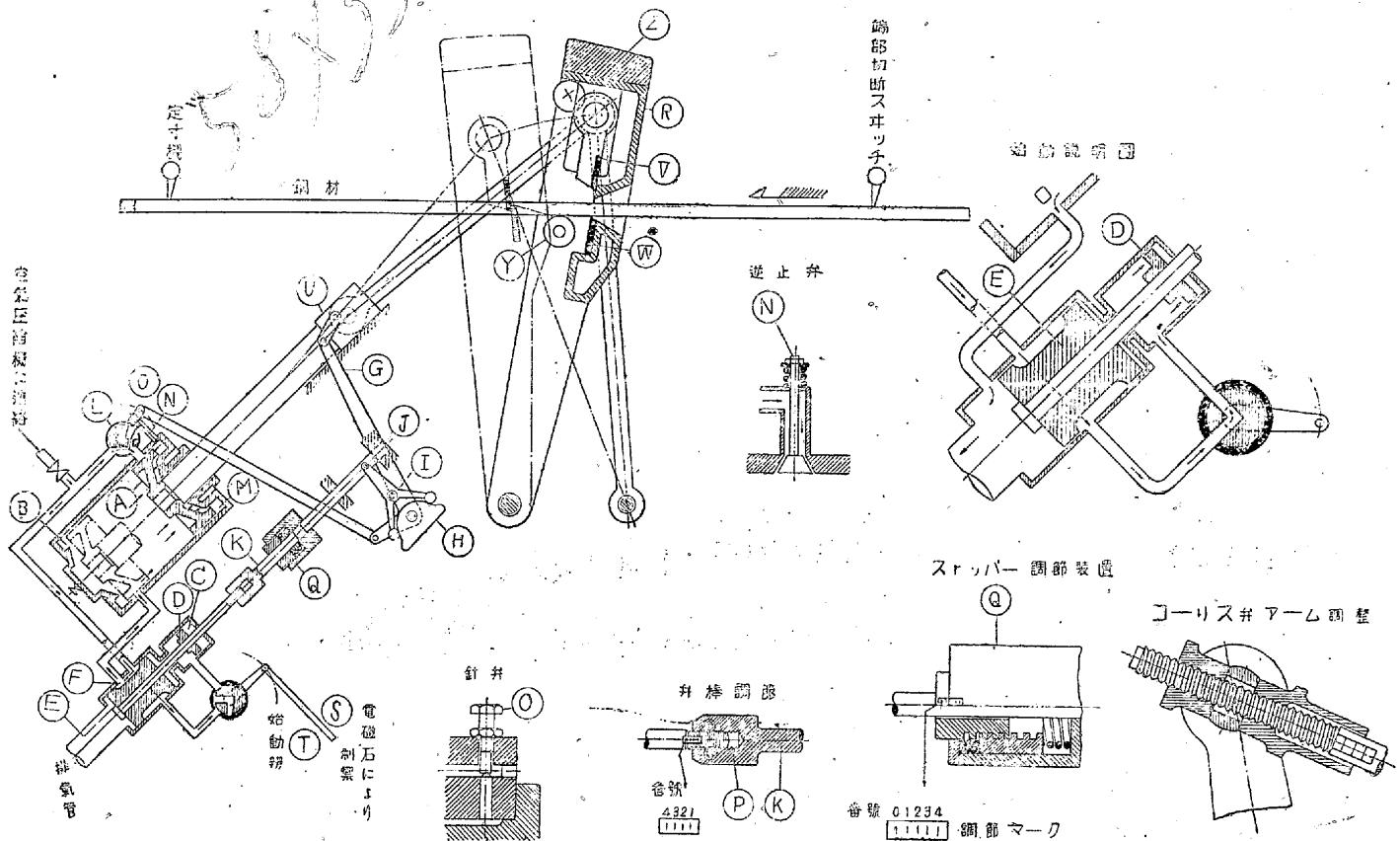
著者は偶々分塊壓延工場第二連續ロール機の後部設置の壓縮空氣使用、往復型走間剪斷機を調査設計する機會があつたので、以下其の構造、調整、設計方針を検討して見る。

#### a) 性能

本機の性能は下の如し。

切斷鋼材寸法 平鋼(6~14)×(250~300)mm

小鋼片 50×50 75×75mm



第5圖 構造略圖

## 符號 機械部分名稱

A ピストン  
B ピストン下方圧縮室  
C 制禦シリンド  
D 制禦ピストン  
E ピストン弁  
F 排氣孔  
G リンク装置

## 符號 機械部分名稱

H カム  
I フォーク  
J ピストン棒  
K 瓣棒  
L コーリス  
M ピストン上方圧縮室  
N 逆止弁

## 符號 機械部分名稱

O 針弁  
P 調節ねぢ  
Q ストッパー  
R 搖動桿  
S 電磁石  
T 制限開閉器  
U クロスヘッド

## 符號 機械部分名稱

V 上刃  
W 下刃  
X 帯制動機  
Y ローラー  
Z 重錘

鋼材壓延速度 1.4~3.5m/s

使用圧縮空氣 8 kg/cm<sup>2</sup> 圧力計

氣笛直徑 600 mm

ピストン行程 767 mm

## b) 構造及び動作原理

全體の構造略圖を第5圖に示す。偏り機関型に搖動桿が附隨せる機構が、圧縮空氣氣笛内のピストンにより、前後に搖動され、壓延方向に壓延速度で搖動桿が動く時にクラシクピンに相當せる個所にある上刃と、搖動桿に附された下刃が相會して、剪斷作業が行はれる。

圧縮空氣クンクよりの空氣は、圖の如く主管より分れて片方はピストン弁Eの溝を通過て、主ピストンAの下方に入り片方はコーリス弁L及び逆止弁Nを通過てピストンAの上方に入り、Aの前後面の受壓面積の差により常にAを最上端位置に維持して、剪斷準備状態にある。

剪斷作業の誘導は、上下刃の間を通過せる鋼材が、所要

定寸位置に設置された定寸機のフラッパーを押上げると、制禦裝置が適當に作動して、電磁石が始動弁を右の始動説明圖にある状態に開き、圧縮空氣を制禦シリンドCに導き、制禦ピストンDを押上げ、從つてピストン弁Eも上方に移動して、今迄は圧縮空氣と連絡してゐた排氣孔Fが、開放されピストンA下方の圧縮空氣を放出して、急激に壓力を下げ、ピストン上方の空氣壓との差に依り、Aに下降運動を與へて、切斷行程が開始せられる。尚鋼材先端の切捨には、最初、端部切斷スキツチが作動して、前記の如き動作が行はれて適當なる長さが切取られる。又この時瓣棒Kは、これに附隨せるカバーが上方に設置せるストッパーQに衝突して、排氣孔の開口度を一定にする。切斷行程に於て、クロスヘッドUに附隨せるリンク装置Gに依り、カムHを廻轉し、カムはフォークIを介して、瓣棒Jを押下げ、從つてピストン弁Eも下方に押下げられて、排氣孔Fを閉鎖し、更に最初の状態に復歸して、再び

ピストン A 下方に新しき圧縮空気を導入して、既に相當加速された機構の制動を助ける。ピストン A が排氣孔 F を通過すると、圧縮室 B の蒲團壓力に依り、急激に制動され、更にその反撥力に依り、復歸行程が開始され、A の前後面の受壓面積の差がこれを助ける。但し瓣棒は圖の如く上下 2 部分 J, K に分離して、J はフォーク I に連結せられて原位置に復歸するも、K は最下端に残存して次の剪断準備に備へる。復歸行程の終りに於て、ピストン A がシリダ蓋に激突するのを防ぐため、圧縮室 M があり、この蒲團壓力に依り制動する。圧縮室 M には逆出瓣 N があり、切斷行程の初期に入氣を許し、復歸行程の終りに於ては空氣の逆戻りを防ぐ。一方ピストン A 上側の入氣に對しては、コーリス瓣 L がリンク装置 G と聯動して、切斷行程中適當なる點でこれを締切る如くなつてゐる。

次にこれ等の裝置を仕上ロール機より流出する種々異つた銅材寸法、壓延速度に適應せしむる爲には調整裝置を必要とする。それには(1) 下瓣棒 K の長さ調整、(2) ストッパー調整、(3) コーリス瓣調整の 3 方法を適當に結合する。(1) は圖示の如くねぢにて K の長さを調整し、(2) はスリープを同じくねぢにて出入させて停止の位置を加減し、(3) は瓣運動用の腕と聯動する棒との間をねぢにて調整して適當なる開口位置を決定する。(1) は排氣孔の締切點、並びに制動用入氣點を適當に移動し、(2) は(1) との適當な結合にて排氣孔の開口度を調整し、(3) は A 上側の入氣の締切點を移動せしめる。

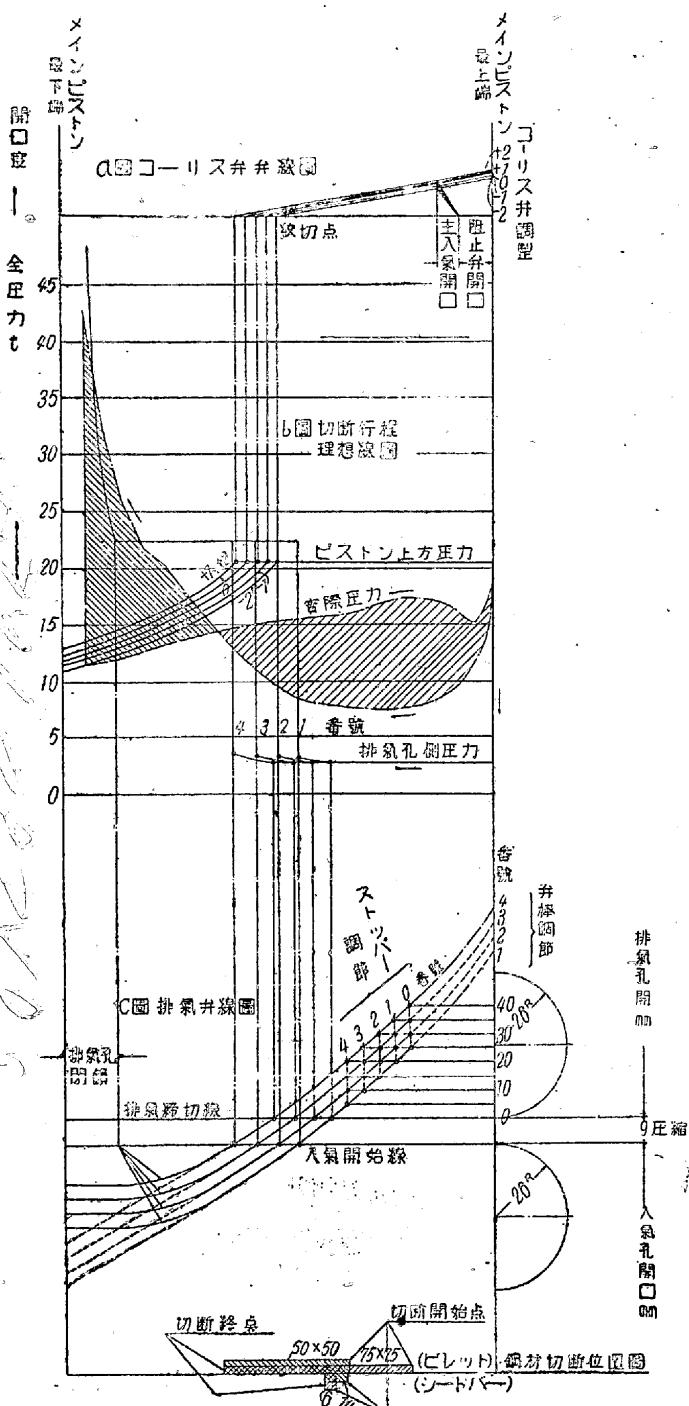
以上の排氣孔、コーリス瓣の開口度を縦軸に、ピストン A の行程を横軸に取つた瓣線圖を第 6-a,c 圖に示す。尚瓣線圖の並行せるものは、前説明圖中の調整番號に相當せるものである。

次に銅材切斷寸法は定寸機を剪断機から適當なる距離に移動せしむれば、容易に變更する事が出来る。この點は本剪断機は回轉洞型に比して簡便である。

### c) 設計方針

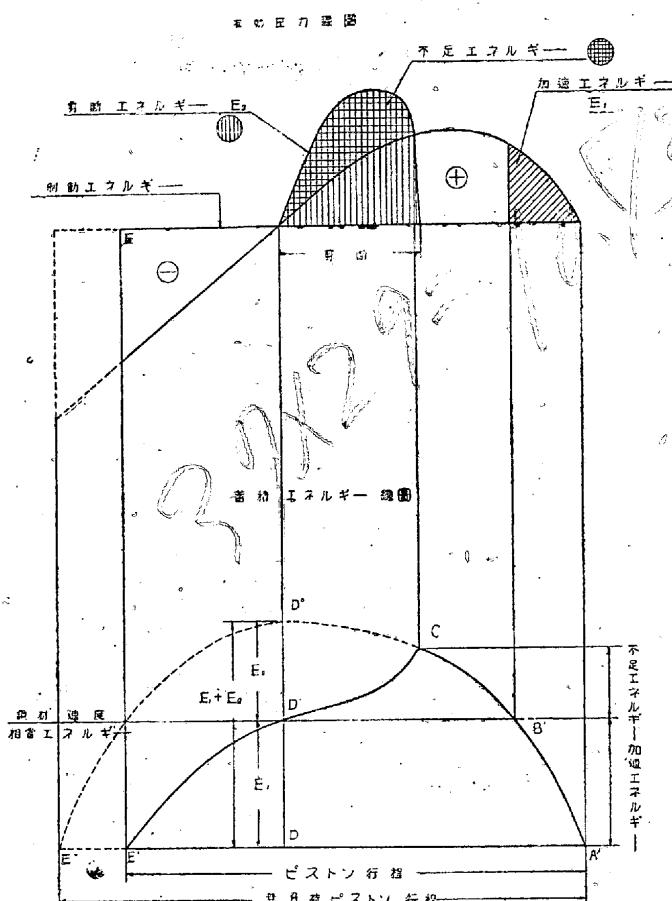
固定剪断機と走間剪断機との差異を考慮せば、前者は銅材寸法、銅材温度、剪断回数が與へられれば、自ら原動機の容量も決定されるが、後者はこの他に銅材壓延速度と言ふ要素が入つて来る。即ち走行中の銅材を剪断するためには、刃物速度と銅材速度が同期化せる後に、剪断作業を行はれなくてはならぬ。

又剪断の途中に於ても、刃物と銅材との間に相對速度が存在せぬ事が望ましいが、實際には入力と出力の状態が必

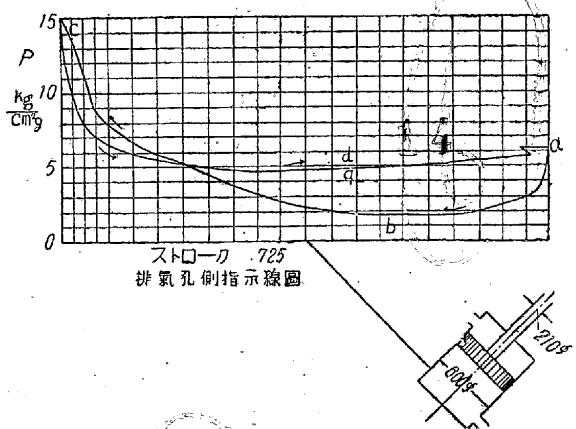


第 6 圖 瓣線圖

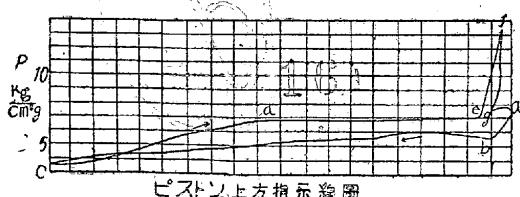
ずしも同一と成らず、多少の速度の喰違ひは免れず、又實際上差支へはない。今刃物速度に影響を及ぼす入力たるピストン A に對する有效壓力と、出力たる剪断エネルギーとの關係説明圖を第 7 圖に示し、更に説明に必要なこの有效壓力線圖の積分曲線、即ち蓄積エネルギー線圖を下に示す。尚圖に於て點線は無負荷の場合を示す。A' より出發せる剪断機構は、B' に於て刃物が所定銅材速度に等しくなる。剪断は CD 間にて行はれるが、圖の如く剪断仕事の尖頭が有效壓力より高い場合、剪断中に於ても刃物速度が銅



第7圖 有效壓線圖



第8圖 a 排氣孔側指示線圖



### 第8圖 b. ピストン上方指示線圖

材速度より落ちぬ爲には、尖頭負荷に依る不足エネルギーを豫め機構に貯へて置かねばならぬから、圖の如く C' 迄加速エネルギーの他に不足エネルギーを餘分に貯へて剪断を開始すれば良い。

しかる時は本圖の如き場合は剪断終了のDに於て、丁度  
双物速度と鋼材速度は一致する。これが剪断が完全に行は  
れる爲に、機構に與へらるべき最小エネルギーの條件を與  
へるもので、最小エネルギー

$$E_1 = \text{加速エネルギー} - (D''/D')$$

$$E_s = \text{剪断エネルギー} - (D'D'')$$

即ち有効壓力線圖の十部分の面積は、少くとも  $E$  を有さなくてはならぬ。實際にはこの他に刃物と鋼材の相對速度が、餘り大ならざる範圍にて、機構の復歸運動の安全と迅速の爲に、附加エネルギー  $E_3$  を加へてやらねばならぬ。

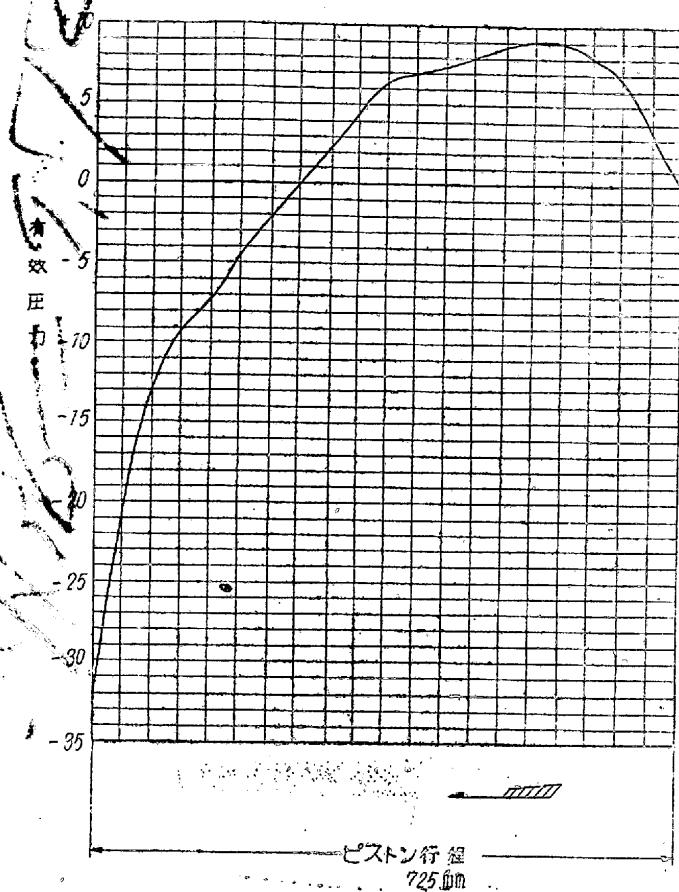
$$E' = E_1 + E_2 + E_3 \quad \dots \dots \dots \quad (2)$$

次に刃物と鋼材との間の相対速度の存在は、上述の如く、多少共に免れぬ所であるが、厚みの薄い鋼材に對しては、實剪斷時間は僅少なる爲に、其の影響は大した事はないが、厚い鋼材に對しては剪斷エネルギーの増大と共に、尖頭荷

重も大と成り、従つて安全なる剪断の爲には、切斷前に相對速度を相當大にせねばなぬ。この爲に機構には衝撃を與へ、鋼材は引裂、切口の傾斜等の不都合が起るから、厚い鋼材剪断の場合には、第5圖搖動桿Rに重錘Gを附して、機構のエネルギー蓄積容量を大にして、刃物速度を低下せしめる。

上述の如く圧縮空氣、又は蒸氣使用の往復式走間剪断機に於ては、ピストンに對する有效壓力が動作の基礎となるのであるから、有效壓力を求める爲には、ピストン兩側に於ける指示線圖を求める必要がある。

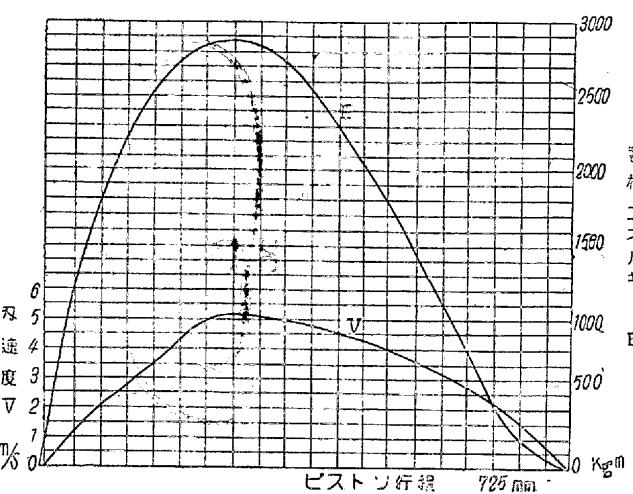
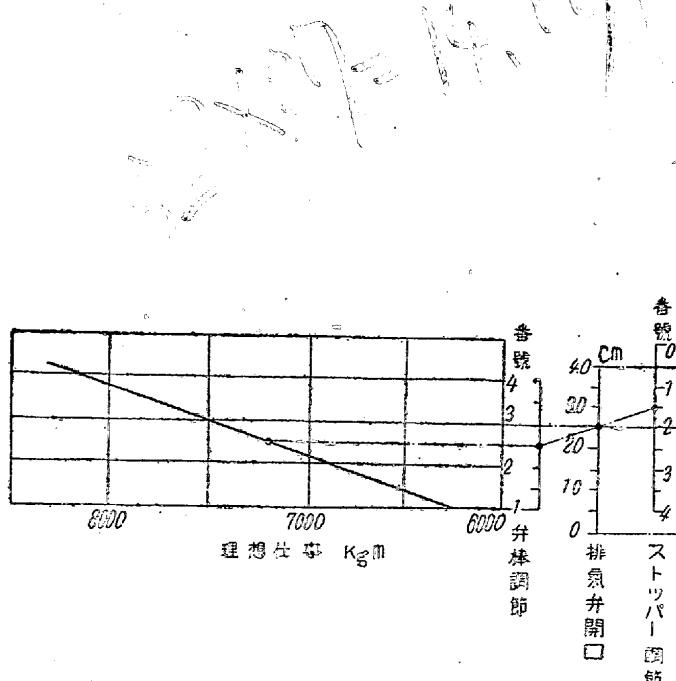
第8圖に本機より採取せ



第9圖 有效壓力線圖の1例(切斷工程)

る指示線圖の1例を示す。(上圖は排氣孔側、下圖はコーリス瓣側) 第9圖はこの指示線圖に基いた有效壓力線圖、第10圖は其の蓄積エネルギー、刃物速度線圖を示す。

設計に當つて指示線圖を豫想する場合(1)類似機械の存在する場合に其指示線圖を基にする方法(2)計算に依る方

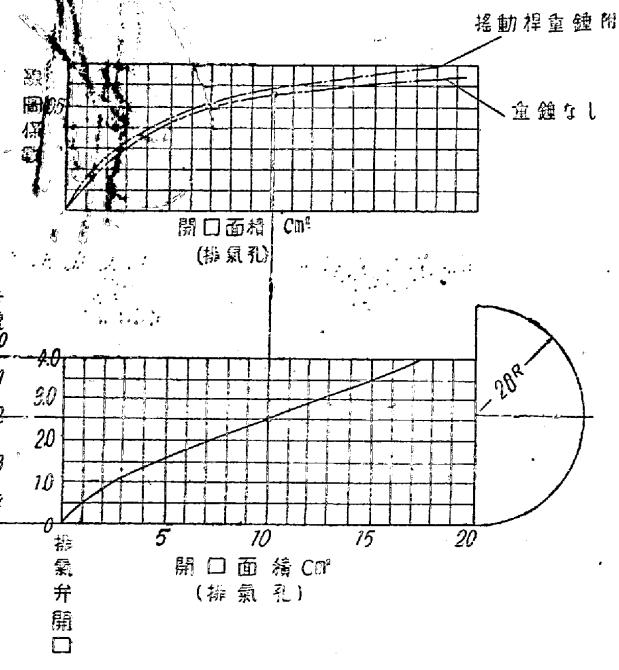


第10圖 蓄積エネルギー、刃物速度線圖の1例(切斷工程)

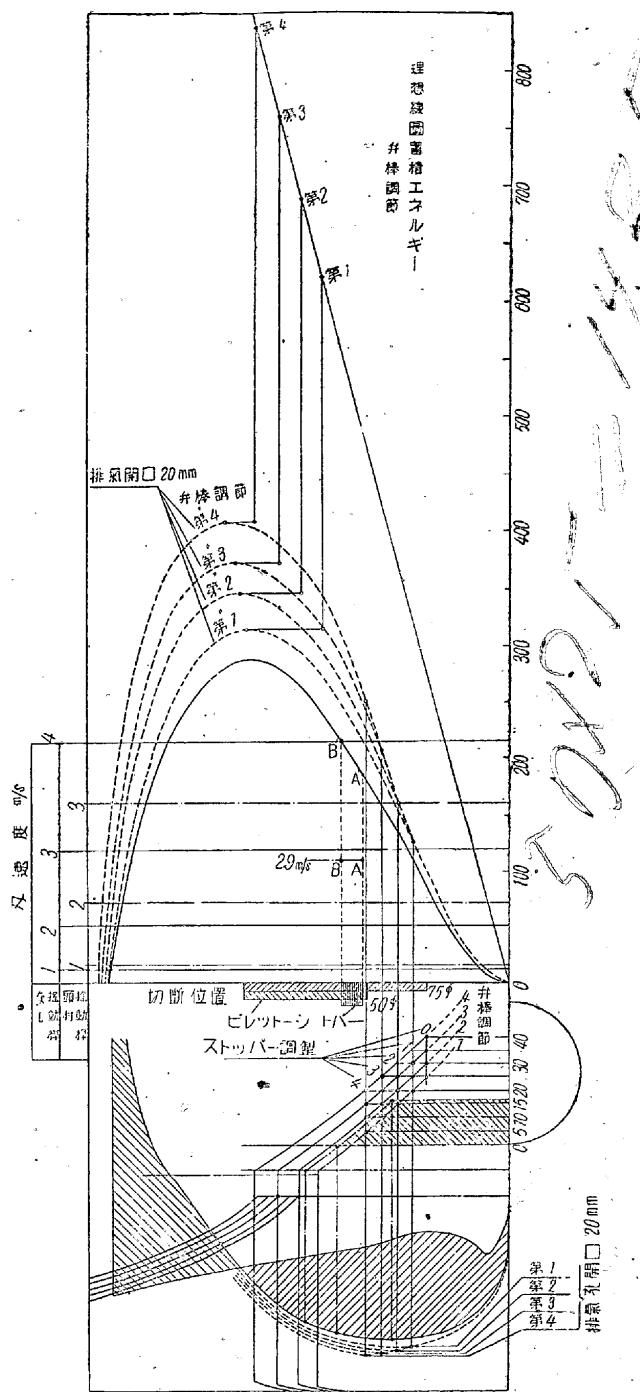
法(3)線圖係數を使用する方法があるが、本設計には(1)(3)を用ひた。即ち前述の排氣孔、及びコーリス瓣開に線圖(第6-a,c圖)に基き、各調整位置に對する理想線圖(入氣孔排氣孔の絞りに依る壓力降下が存在しないとした假想的な線圖)を第6-b圖の如く作り、この理想線圖の與へる仕事量と、其の調整位置に相當する實際線圖の與へる仕事量の比を上述の線圖係數  $\psi$  として關係づける、即ち

$$\psi = \frac{\text{實際線圖の與へる仕事量}}{\text{理想線圖の與へる仕事量}} \dots \dots \dots (3)$$

この中理想線圖の與へる仕事量は計算、又は圖上測量により容易に求まるから、 $\psi$  さへ適當に定まれば、實際線圖の與へる仕事量は求まる。 $\psi$  に影響を及ぼすものは實際には種々の項目が存在するであらうが、主として(1)排氣孔の



第11圖



第12圖 蓄積エネルギー線圖

開口面積、(2) 機構の往復部分の質量、(3) 剪断エネルギー量、(4) 空気又は蒸氣溜、配管に依る壓力降下等の函數であるが、この中特に(1)、(2)が重要である。排氣孔面積が大になれば、ピストン下方(排氣孔側)の壓力の降下は理想線圖に近接するし、逆に小となれば降下も少くなり、面積0の時は $\psi$ も0となる。この關係を第12圖に示す。次に往復部分の質量大となれば、機構の加速度小となり、ピストン下方の壓力降下大となり、又コリス瓣側も絞られ方が減少して、結局 $\psi$ は大となり質量小なれば $\psi$ は小となる。本設計に於ては搖動桿に重錘を附した場合と、然らざる場合の2種類に區別出来るから、第11圖に示す如く、 $\psi$ 線が2本出来る。第11圖に依り任意の瓣棒

調整位置と、ストップバー調整位置の組合せに対する實際線圖の仕事量の大略を推定し得る。

この仕事量が式(2)を満足すれば剪断可能となる、尚(2)中の $E_1$ は $E_1 = 1/2mv^2 \dots (4)$ 但し $m$ :全機構の往復部分が總てピストンに集中したと考へた相當質量 $kgs^2/m$ 、 $v$ :刃物速度が鋼材速度に一致せる場合のピストン速度 $m/s$ に依り算出し得る、又 $E_2$ は $E_2 = (0.5 \sim 0.6) A\tau S \dots (5)$   
 $A$ :鋼材斷面積 $cm^2$ 、 $\tau$ :鋼材の剪断應力 $kg/cm^2$ 、 $S$ :剪断方向の長さ $m$ 、又は其他の式に依り概算する事もあるが、確實な値は實驗に依り剪断行程と壓力の關係を示す切斷線圖を求めて、エネルギーを求める必要がある<sup>3)</sup>又剪断速度も $E_2$ に影響を及ぼすので、注意を要する。

附加エネルギー $E_3$ は刃物と鋼材の相對速度が無理にならぬ範囲で、十分大にした方が良いと思はれるが、その明確なる値はデータ不十分なる爲に示すことが出来ぬ。

次にこれ等の仕事量のピストン行程に於ける分布状態に對する必要條件は、前述の蓄積エネルギー線圖にて説明した通りであるが、この線圖の變化状態を推定する事は可成困難で、これは類似機械の實際線圖を基本として製作しなくてはならぬ。第12圖に數例を示す。實作業に當つては、本圖を基礎として調整を行ふ。縦軸には蓄積エネルギー或ひは刃物速度相當エネルギー、横軸にピストン行程を取り、途中剪断開始、終了點を明示する。尚搖動桿に重錘を附した場合と、然らざる場合にて、 $\psi$ が變り、從つて蓄積エネルギー線圖も變化して來るから、この線圖も2種類準備しなくてはならぬ。圖の使用法は所定鋼材速度(例へば2.9m/s)位置に横線を引き、剪断開始點から(シートバー)垂線を立て、この交點Aを求め、蓄積エネルギー曲線群中から任意の一つを選び、Aから上方に適當なる餘裕AA'を保たしめ、次に剪断終了點から垂線を立て、今の選擇曲線とB'で交らしめ、更に速度横線とBで交らせ、BB'が所定鋼材の剪断エネルギーと等しいか多少大ならば良い。過不足せば次の曲線に移動する。これに依つて剪断機の調整すべき位置を見出すことが出来る。

#### IV. 結 言

以上現在使用される走間剪断機に就き略述し、更に壓縮空氣使用往復型の同機の構造動作を説明し、その設計に當つては氣筒内の指壓線圖、有效壓力線圖、蓄積エネルギー線圖が基本となり、それが如何なる條件を満すべきかを述べ、更に指壓線圖の豫想に當つては、線圖係數の設定に依り關係づけ、作業に對する蓄積エネルギー線圖の應用に就いて述べた。尚詳細なる資料を得る爲には多數の實驗をまたねばならぬ。

#### 参考文獻

- 1) Hoff u. Hilgenstock: Scheren und Sägen in Walzwerken; V.D.I. (1934) S 271.
- 2) Umansky: Electric Drive for Flying Shears; Iron & Steel Engineer. June (1934) p. 224.
- 3) クラツベ(吉田譯):獨逸機械工作法全書; プレス仕事(I), 33頁