

(昭和21年5月造船協会春季講演会に於て講演)

弁無往復働汽機に就いて

正員 山根 繁 昌

Abstract.

On a Reciprocating Steam Engine without Steam Valve,

By Shigemasa Yamane, *Member.*

This engine is equipped with a steam valve at the steam port side of H.P. cylinder of the triple expansion reciprocating steam engine, abolishing the steam receivers between the H.P. and I.P., also the I.P. and L.P. cylinders. These cylinders are connected with the steam pipe, and the pistons work instead of slide valves for supplying and exhausting the steam. Then the steam shall be successively expanded from the H.P. to L.P. cylinder. Thereby, the pressure drop which happens by the steam receivers is prevented and converted into the mechanical work done.

In brief, it is the merits of this steam engine to get a simple mechanism, decrease of steam consumption, increase of mechanical efficiency, diminution of troubles, and reduction of weight and cost of production.

内 容 梗 概

本機械は三段膨脹の往復働汽機に於て高圧気筒の蒸気入口側に蒸気弁を装備し、高圧及び中圧気筒並びに中圧及び低圧気筒の間の蒸気溜を廃止し両気筒の中間を蒸気導管を以て連絡するのみである。気筒への給気及び廃気には滑弁を備えずにピストン自体を以て蒸気の出入を掌らしめ、高圧気筒より低圧気筒に到るまで蒸気を連続膨脹させる方式である。

斯くして蒸気溜に於ける蒸気圧力の落下を防止し、更に廃気の流出に伴うて気筒の高温部に生ずる熱損失を防止し、汽機の蒸気の消費量を減少すると同時に、機関の全重量を軽減し、機関の容積を縮少する事が出来る。

I. 緒 言

従来の三段膨脹往復働汽機は各気筒に蒸気溜と給廃気用の滑弁とを備えている。之が為め各気筒内の蒸気の膨脹は独立して行われるから、膨脹終りの圧力と廃気溜(次の気筒に対しては蒸気溜)との間には相当の圧力差を生ずるのが常である。此の圧力差に依つて効率が低下する。

三段膨脹汽機に於ける各曲肘間の角度は120度とするのが普通であるが、此の曲肘角度と吸罫との関係位置を適当に定めれば、吸罫をして給廃気を司らしむる事が出来る。

即ち高圧気筒の蒸気入口側に蒸気弁を装備するのみにて、各気筒間の蒸気溜と滑弁を廃止し、各気筒を蒸気の導管を以て連絡すれば二サイクルディーゼル機関に於ける如く吸罫自体を以て給廃気を行わしむる事が出来るのである。

斯くの如き構造となすときは高圧気筒に導入せる蒸気は低圧廃気口に到る迄連続的に膨脹し、気筒内の同一部分を往復する事なく次の気筒へ移動する。斯くて気筒の高温部を流出廃気によりて吸罫の毎行程に冷却するが為に生ずる熱損失を防止し、且つ蒸気溜を備えるが為に生ずる蒸気圧力の落下を防止することが出来る。此の他に各気筒に附する滑弁の省略によりて生ずる汽機重量の軽減並びに容積の縮少、等の利点を挙げることが出来る。

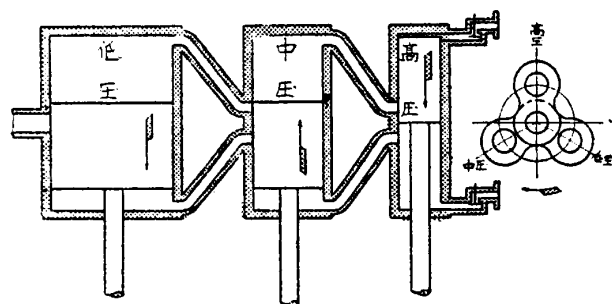
II. 運 転 作 用

説明を簡単にするため

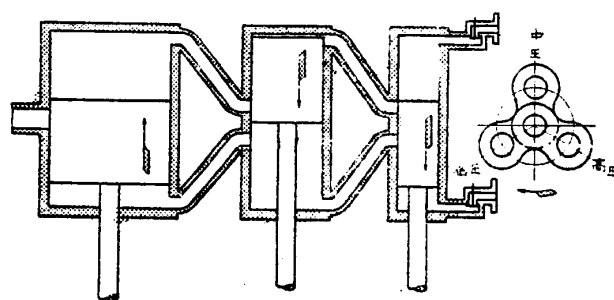
- (1) 接合棒の長さは無限大と仮定する。
- (2) 各気筒に初開きは設けないと仮定する。

(3) 各曲肘の回転方向は高压中压及び低压気筒の順位とし、相互間の角度は120度とする。

先ず頂上の給気弁より高压気筒へ進入する蒸気は第1図に示す如く高压吸鑢を押下げる。給気弁が断気点に於て気筒への蒸気流入を遮断すれば、以後気筒内の蒸気は膨脹のみに依つて吸鑢は押下げを続け、曲肘が120°回



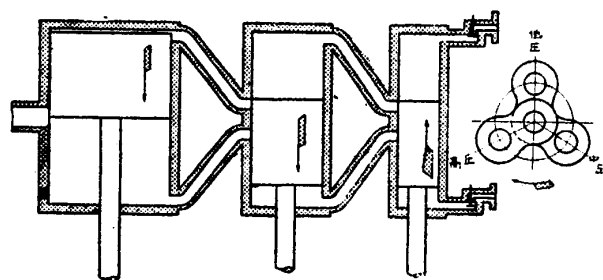
第1図



第2図

転して第2図に示す位置に来れば高压気筒から中压気筒へ通ずる蒸気門が開き始める。此の時に中压気筒の吸鑢は頂部の死点位置に在在する。更に曲肘が前進して高压吸鑢が下部死点に到達する迄の間では、蒸気は高压及び中压気筒の双方に於て共に膨脹を続ける。即ち蒸気は(高压気筒容積+中压気筒容積)に相応して膨脹する。

高压吸鑢が上昇行程に移つてから、頂部死点より240°回転せる第3図の位置に来る迄の間では気筒内の容積は中压の方は増加するが高压の方は減少し、両者の容積差が膨脹の増大になる。第3図の位置に於て高压気筒の吸鑢は蒸気門を閉鎖し、以後吸鑢が上部死点に達する迄は圧縮行程を続ける。中压吸鑢は第2図の頂部死点より曲肘が120°回転せる第3図の位置に至れば低压気筒への通ずる蒸気門を開く。この時に低压気筒への給気が始



第3図

まる事になる。中压吸鑢が120°回つた第3図の位置に来るとき高压吸鑢は240°回つた位置に在り低压吸鑢は丁度頂部死点に位置する。斯くして中压及び低压の両気筒間に於ても、高压及び中压の両気筒間に於てなした全く同様な作動をなして曲肘は回転を続ける。

上述の如く曲肘の回転順位並びに角度と吸鑢との関係位置を適当に決定すれば吸鑢自体に依つて各気筒間の給気を行ひしめ且つ連続的に蒸気を膨脹せしめる事が出来る。

然し圧力が14 圧/立方°程度の蒸気を使用し、高压気筒の断気点を50%前後に定め、気筒の隙隙を10%程度に定むれば高压気筒に於ける吸鑢の圧縮圧力が初圧以上に高くなる恐れがある。此の圧縮圧力を低下させ初圧以上に昇らぬ様にするが為には、圧縮中に高压気筒から蒸気の一部を逸出させる特別の補助弁が必要になつて来る。但し前記の場合に於て中压気筒では圧縮圧力が大体給気始めの圧力程度になり、又低压気筒に於ても圧縮圧力は可成り低くなるから中压及び低压の両気筒には前記の補助弁を備え付ける必要はない。

本汽機では従来の汽機に比して各気筒とも圧縮圧力が高くなり、初圧も中压及び低压の両気筒に於て相当高くなる。之等の関係は次の指圧線図の説明を参照すれば明らかになる。

III. 指 圧 線 図

第4図は下記の条件を具備せる本汽機の指圧線図を示す。但し気筒に於ける熱の伝導や輻射等に基づく損失は考慮に入れてない。

主要寸法(高压, 中压, 低压の各気筒の直径及び行程)



320 φ × 506 φ × 800 φ / 500 耗

使用蒸気の圧力 13.0 気/㎠

	出力	回転数	断気点
最大	500 I. H. P	180(毎分)	0.50
常用	350 I. H. P	160(毎分)	0.35

$$\text{気筒の容積比} = \frac{(M. P. D.)^2}{(H. P. D.)^2} = 2.50$$

$$\frac{(L. P. D.)^2}{(H. P. D.)^2} = 6.25$$

$$\frac{(L. P. D.)^2}{(M. P. D.)^2} = 2.50$$

従つて本汽機に於ては各気筒の容積比は高压気筒を基準に採れば下記の如くなる。

高压気筒容積 = 100

中压気筒容積 = 250

低压気筒容積 = 625

気筒の隙隙 高压 = 10% = 10

中压 = 14% = 35

低压 = 13.6% = 85

高压気筒の断気点 50%

初開き 高压気筒 10% (曲柄の回転角で表示せる値)

中压気筒 5°

低压気筒 15°

接合棒の長さ比 = 接合棒の長さ/行程 = 2.25

尙高压気筒に於ける圧縮圧力を初圧程度に制限する為に補助廃気門及び之に対する補助等を設けてある。

第4図の上方は本汽機の指圧線図を示し、下方は曲柄の回転に伴う吸鑢の所在位置を示す。

第4図の線図を画くに当つては気筒の隙隙並びに接合棒の長さの影響を考慮に入れてある。

本汽機では三つの曲柄を 120° の位相に設置してあるから、曲柄軸が回転するに当り三つの吸鑢が所在する相互位置は第4図の下方に画ける三つの波形曲線で示す関係になつて来る。左端の波形曲線は高压気筒の吸鑢が上下に往復する行程を示し、縦座標で示せる吸鑢の行程に相應して横座標で示す如く気筒の内容積が変化する。それぞれの吸鑢位置に對應して気筒内に於ける蒸気圧力の変化は直上の指圧線図が示す如く変る。第4図の上下に画ける足袋形曲線と波形曲線に記入せる特殊点に就て説明すれば次の如くである。

A点……高压気筒の断気点 (50%吸鑢位置)

B点……高压気筒の廃気門が開く吸鑢位置 (此点で中压気筒への給気を開始する。第2図参照)

C点……高压気筒の主廃気門が閉鎖する吸鑢位置。

D点……高压気筒の補助廃気門が閉鎖する吸鑢位置。(此の位置で高压気筒に残留せる蒸気の圧縮を開始する位置。)

K点……高压気筒の蒸気圧縮を終る吸鑢位置。

B'点……中压気筒の初開きに対する吸鑢位置。

E'点……中压気筒の廃気門が開く吸鑢位置。(第3図参照)

C'点……中压気筒の廃気門を閉鎖する吸鑢位置 (但し此の時は高压気筒の補助廃気門より廃気が中压気筒へ流入中なる故実際の給気の締切りは次の D' 点になる)。

D'点……中压気筒への給気が終る吸鑢位置 (高压気筒の補助廃気門を補助弁が閉鑢する位置)。

G'点……中压気筒の廃気門を閉鎖する吸鑢位置 (圧縮を始める位置)。

E''点……低压気筒の初開きに対する吸鑢位置。

D'点……高压気筒の補助廃気門が閉鎖する吸鑿位置。

G'点……低压気筒への給気が終る吸鑿位置（中圧気筒の廃気門が閉鎖する位置）

H'点……点低压気筒の廃気門が開く吸鑿位置

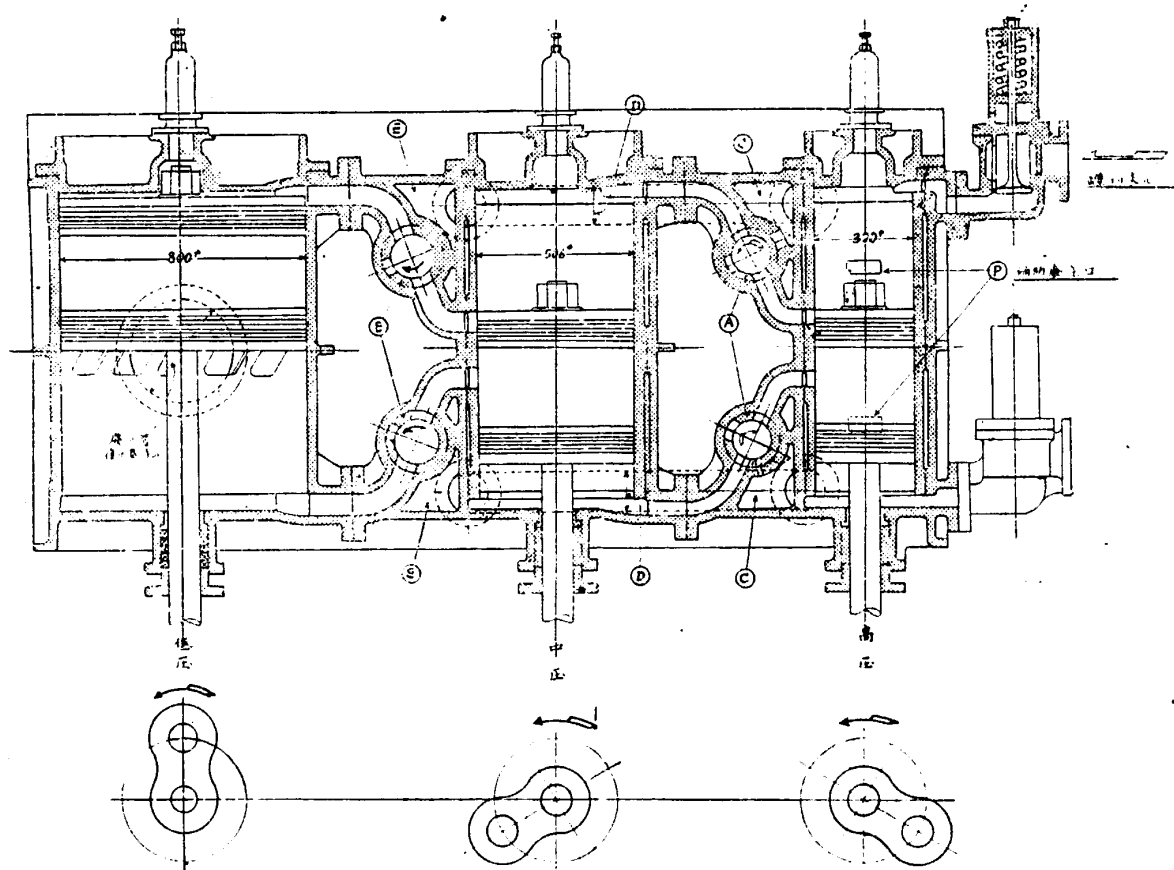
J'点……低压気筒の廃気門が閉鎖する吸鑿位置（圧縮を始める位置）

即ち A 及び B の两点間に於ては蒸気は高压気筒内のみにて膨脹し、B 及び E 点の間に於て蒸気は高压及び中圧の両気筒内で膨脹し、E 及び D, E' 及び D', E' 及び D' 点の間に於ては蒸気が高压、中圧、低压の三気筒内で膨脹し、D' 及び G', D' 及び G' 間に於ては蒸気が中圧及び低压の両気筒内で膨脹し、G' 及び H' の間に於ては低压気筒内のみで蒸気が膨脹する。

以上の諸点に相応する各気筒の蒸気門の位置並びに吸鑿の高さは線図上より決定する事が出来る。

IV. 逆 転 装 置

第 5 図は前記条件を具備する機関の気筒の縦断面を示す。此の図に於て



第 5 図

①及び②……蒸気の通路を切換える活弁

③及び④……蒸気の通路の切換時に於て蒸気が流通する気室

⑤及び⑥……気室 ⑦及び⑧を連絡する蒸気管

である。発電機関の如きものでは汽機の逆転装置の必要はないが、船用機関では汽機の逆転装置が必要となつて来る。然し本汽機に於ては曲軸が高压、中圧及び低压の順序に回転し、且つ相互間の曲軸角度が大体 120° でなければ前記の如く吸鑿を以て給廃気を行わせる事は出来ない。

本汽機を逆転する場合を考えるに、曲軸角度は相互に 120° であるが回転は高压、低压、中圧の順序に変わつて来る。従つて単に高压気筒への蒸気の給入時期を変更するだけでは逆転は出来ない。汽機の逆転を可能ならしむるためには、蒸気を高圧気筒を通過させずに高圧気筒から直ちに低压気筒に進入させ、低压気筒内で働いた蒸気は直に復水器へ導入しなければならぬ。此の場合に中圧気筒は単に空転することになる。逆回転の場合は正回転

の場合に比して回転力の変化が多いが、一般に汽機を逆転する時間は短かいから蒸気の使用効率が減少しても大した損害にはならない。

第5図に於て蒸気の通路に設けた切換活弁④及び⑤を90°回転すれば、高压気筒よりの廃気は中圧を通過する事なく、通路 ③、④、⑤ を通つて直接に低压気筒内に流入する。低压気筒に於ける蒸気の初圧は設計時に於て ③、④、及び ⑤ の容積を適当に定める事によりて所要の程度迄に降下させる事が出来、斯くして低压気筒の破損を避ける事が出来る。

逆転の際は中圧は空転する関係上その気筒内の残存せる蒸気が単に圧縮及び膨脹を繰返すのみである。該気筒内の潤滑は此の残存蒸気に依つて短時間なれば十分と考えられるが、万一の用意の爲め試験機関には簡單なる力装置に依りて極少量の減圧蒸気を供給して潤滑用に供し、吸鑢彈環の焼着防止する計画を樹てた。此の場合に中圧は全く他の気筒に関係なく単独に作働し、その廃気は直ちに復水器へ導入される。

V. 高压気筒用の補助廃気弁

第4図の指圧線図の説明に於て明らかな如く、従来の三段膨脹往復働汽機に比して高压及び中圧の両気筒に於ては圧縮始めの圧力は相当低くても圧縮比が高いため高压気筒では初圧力以上に圧縮圧力が昇ることが分る。(筒隙を10%とし初圧が13 疋/疋²の蒸気を使用し断気点を0.5とすれば、圧縮圧力は約20 疋/疋²となる。) 筒隙を増加すれば気筒内の圧縮圧力は低くなつて良いが、之では蒸気的作用効率が低下して来る。之が爲め補助廃気弁を高压気筒に設け、吸鑢が廃気門を閉鎖した後も尙必要時期までは高压気筒から蒸気を排出させる様な構造にしてある。

第5図(P)は高压気筒に附せる補助廃気門を示す。補助廃気弁は廃気門(P)に接近して気筒の外側に取付け、此弁を通過した廃気は高压及び中圧の両気筒を連絡する蒸気管に導入せられる構造となつてゐる。高压気筒内の圧縮圧力は断気点の位置に依つても變つて来るから補助廃気弁の開閉時期は断気点の増減に依り適当に変更する必要がある。此の場合に補助廃気門(P)の位置は大して影響なく、單に補助弁の開鎖する時期を考えれば宜しい。

VI. 動 弁 装 置

本汽機に於ては高压気筒の高压蒸気弁及び補助廃気弁を作動するのみであるから、在来の汽機蒸気弁を駆動するに費やす馬力の損失は少く、且つ弁の駆動機構は小形のもので用を足す事が出来る。該機構は大体内燃機関に於ける如くカム装置に依りて駆動し、汽機の運転中自由に断気点を増減して出力の加減を行い得る構造とした。(動弁機構の説明は省略する。)

VII. 結 言

本汽機は前記の要目に依り設計し、目下試験用機械を製作中で有り、今秋の初頃には製作が完了する予定である。願わくば諸賢の御批判と御指導とを仰ぎ本汽機の試作に誤りなからん事を期する次第である。