

URZĄD PATENTOWY



F 02 b 25/08

RZECZYPOSPOLITEJ POLSKIEJ

OPIS PATENTOWY

Nr 25619.

Therese Junkers, ur. Bennhold
(Gauting, Niemcy).

~~Kl. 46 a⁴, 7.~~

46 a, 25/08

**Tłokowy silnik spalinowy z wielostopniową sprężarką i względem siebie
przeciwbieżnymi masami tłoków, sprzęgniętych ze sobą
za pomocą przekładni.**

Zgłoszono 19 maja 1934 r.

Udzielono 18 października 1937 r.

Pierwszeństwo: 20 maja 1933 r. (Niemcy).

W znanych tłokowych silnikach spalinowych ze sprężarkami o swobodnie poruszających się masach tłoków przeciwbieżnych łączy się te masy ze sobą w sposób przymusowy, w celu zapewnienia dokładnej przeciwbieżności ich przesuwów, np. za pomocą przekładni, składających się z zębatek i włączonych między nie kół zębatach. Wskazano jest, aby przekładnia ta była możliwie lekka, co zostanie osiągnięte wówczas, gdy przekładnia nie będzie przenosiła pracy mechanicznej z jednej strony maszyny na drugą. Z tego względu czynione były próby wykonania tłokowych silni-

ków spalinowych z wielostopniowymi sprężarkami w ten sposób, aby obydwie strony zespołu maszyny były jednakowe, czyli np. w zespole silnika z trójstopniową sprężarką budowano po każdej stronie maszyny pierwszy, drugi i trzeci stopień ciśnienia sprężarki, a więc razem sześć stopni ciśnienia sprężarki. Taka maszyna jest, oczywiście, bardzo długa, czyli zajmuje wiele miejsca i posiada dużą ilość części składowych. Pompa przedmuchowa do dostarczania potrzebnego powietrza przedmuchiującego silnik, musi w tym przypadku składać się z dwu części, po jednej

części pompy z każdej strony zespołu maszyny. Rezygnując z jednakowego ustroju po obu stronach maszyny, gdy np. pompę przedmuchową umieszcza się z jednej strony maszyny lub gdy przewiduje po obu stronach zespołu maszyny niejednakową liczbę stopni sprężarki, zastosowana przekładnia musi podczas suwu roboczego i suwu powrotnego przenosić mniejszą lub większą pracę z jednej strony maszyny na drugą, a więc musi być w tym celu wykonana, znacznie mocniejsza, niż w maszynie, zbudowanej symetrycznie. Wskutek tego powiększa się w sposób niepożądany ciężar swobodnie poruszających się mas, tym samym budowa maszyny wypada ciężka, a wskutek większych strat na tarcie w przekładni zmniejsza się jednocześnie sprawność maszyny.

Wynalazek niniejszy ma na celu uzyskanie w silnikach z wielostopniowymi sprężarkami o swobodnie poruszających się masach tłoków przeciwbieżnych, wykonanych niesymetrycznie po obu stronach, czyli zaopatrzonych oprócz przestrzeni roboczej silnika w przestrzeń sprężania, odciążenia przekładni od przenoszenia większej pracy z jednej strony maszyny na drugą, w celu osiągnięcia zalet symetrycznie zbudowanych maszyn tego rodzaju, a jednocześnie pozbawionych ich wad. Zadanie zostaje rozwiązane według wynalazku w ten sposób, że panujące w poszczególnych przestrzeniach roboczych cylindrów przebiegi ciśnień lub objętości względnie przebiegi ciśnień i objętości określa się w sposób odmienny, niż w zwykłej wielostopniowej sprężarce, w której rozporządzalna praca użyteczna na każdy obieg roboczy (suw w jednym i drugim kierunku) rozdziela się równomiernie na poszczególne stopnie. Wskutek tego zmienia się także pobieranie względnie oddawanie pracy w poszczególnych przestrzeniach roboczych, a mianowicie te zmiany stosunków ciśnień względnie po-

jemności mają zmieniać się w taki sposób, aby sumy prac po każdej stronie maszyny dla poszczególnych przestrzeni, zarówno dla suwu roboczego, jak i dla suwu powrotnego, były możliwie jednakowe.

Na rysunku przedstawiono przykład wykonania przedmiotu wynalazku. Fig. 1 — 3 przedstawiają kolejno trzy indykatorowe wykresy pracy jednego stopnia sprężania, w których stosunek ciśnień i objętości maszyny uwidocznia możliwość wprowadzenia zmiany w pobieraniu pracy tego stopnia sprężarki podczas suwu roboczego względnie oddawania pracy podczas suwu powrotnego. Fig. 4 przedstawia schematycznie tłokowy silnik spalinowy ze sprężarką o swobodnie poruszających się masach tłoków przeciwbieżnych.

W wykresie na fig. 1 linia $B - C$ oznacza krzywą przebiegu sprężania zassanego gazu od ciśnienia p_1 do ciśnienia p_2 , a linia $C - E$ — przebieg krzywej wytłaczania sprężonego gazu; oddana w tym stopniu sprężania praca jest uwidoczniiona powierzchnią $ABCEFA$ między tymi liniami i linią ciśnienia zerowego $p = 0$. Ilość gazu, znajdującego się w martwej przestrzeni v_T , jest również sprężona do ciśnienia p_2 ; w niej więc jest nagromadzona część pracy oddanej podczas suwu roboczego danemu stopniowi sprężarki, która to część pracy po odwróceniu suwu tłoka podczas suwu powrotnego, jest oddawana na swobodnie poruszający się układ mas, a dalej z kolei na ładunek zasilający silnika, w celu sprężenia tego ładunku. Podczas suwu powrotnego następuje więc oddawanie pracy podczas rozprężania gazu według linii $E - G$ wykresu, od ciśnienia p_2 do ciśnienia p_1 , a potem przy ciśnieniu p_1 zasysanie nowej ilości gazu według linii $G - B$ wykresu; odnośna praca, oddana podczas suwu powrotnego tłokowi sprężarki, jest uwidoczniiona przez powierzchnię $EFABGE$ wykresu. Powierzchnię

nia $BCEGB$ wykresu oznacza zatem pracę, odprowadzoną na zewnątrz wraz z gazem wytłoczonym z danego stopnia sprężarki.

Wartość prac, wykonanych podczas suwu roboczego względnie suwu powrotnego, czyli wielkość powierzchni $ABCEFA$ względnie $EFABGE$ wykresu jest funkcją stosunku ciśnień $\frac{p_2}{p_1}$ i stosunku objętości

$$\frac{V_T}{V_H + V_T}$$

Powiększając np. stosunek objętości $\frac{V_T}{V_H + V_T}$, przez włączenie, zgodnie z wykresem pracy sprężarki według fig. 2, dodatkowej przestrzeni martwej V'_1 , otrzymuje się nowy wykres $BC'EG'B$. Pierwotny wykres pracy o powierzchni $BCEGB$ na fig. 1 jest zaznaczony na fig. 2 za pomocą kreskowania. Z porównania powierzchni na fig. 2 widać, że praca, oddana podczas suwu roboczego danemu stopniowi sprężarki z większą przestrzenią martwą, jest mniejsza o powierzchnię $BCC'B$, natomiast praca, nagromadzona w tym stopniu sprężarki i oddana podczas suwu powrotnego, wzrosła o powierzchnię $EGG'E$; odprowadzona na zewnątrz praca, odpowiadająca powierzchni $BC'EG'B$, jest więc w porównaniu z pracą, odpowiadającą powierzchni wykresu $BCEGB$ według fig. 1, zmniejszona o sumę powyższych prac, odpowiadającą powierzchni wykresu powierzchni $BCC'B + EGG'E$.

W wykresie pracy według fig. 3, w porównaniu z wykresem pracy, zaznaczanym zakreskowaną powierzchnią $BCEGB$ pierwotnego wykresu według fig. 1, stosunek ciśnień jest powiększony do $\frac{p'_2}{p_1}$, natomiast stosunek objętości $\frac{V_T}{V_H + V_T}$ pozostał nie zmieniony. Wskutek tego praca podczas suwu roboczego została w tym przypadku powiększona o powierzchnię $CC'E''EC$, jak również i praca rozprężania zosta-

ła w pierwszej części suwu powrotnego powiększona o powierzchnię $E''E'GG'E''$.

Z powyższego wynika, że przez odpowiedni dobór stosunków ciśnień i objętości można zmieniać wartości pracy pobranej przez jeden stopień sprężarki podczas suwu roboczego i oddawanej podczas suwu powrotnego, a przy tym można także zmieniać różnicę tychże w szerokich granicach. Tę możliwość zmiany wartości pracy wykazuje się według wynalazku w ten sposób, aby także w sprężarkach tego rodzaju, zbudowanych niesymetrycznie, osiągnąć tak podczas suwu roboczego, jak również podczas suwu powrotnego, możliwie jednakową pracę po obu stronach zespołu maszyny, a to w celu odciążenia czyli uwolnienia od przenoszenia pracy przez przekładnię, synchronizującą bieg swobodnie poruszających się mas, pomijając ewentualny napęd przyrządów pomocniczych, jak np. pomp paliwowych lub pomp, doprowadzających wodę chłodzącą, których zapotrzebowanie mocy jest stosunkowo nieznaczne.

Gdy np. w silniku z trójstopniową sprężarką zostaną wykonane trzy przestrzenie sprężania rozmieszczone nierówno po obu stronach maszyny, a całkowite zapotrzebowanie pracy zostanie rozdzielone równomiernie na te stopnie, jak to zwykle ma miejsce w budowie sprężarek, czyli we wszystkich stopniach będą jednakowe stosunki ciśnień i objętości, to z jednej strony zespołu maszyny praca będzie wynosiła $\frac{2}{3}$, z drugiej strony $\frac{1}{3}$, natomiast $\frac{1}{6}$ całkowitej pracy musi być przenoszona za pomocą przekładni z jednej strony maszyny na drugą. Gdy natomiast w myśl niniejszego wynalazku stosunek ciśnień w dwóch stopniach, znajdujących się z jednej strony maszyny, zostanie określony mniejszy niż stosunek ciśnień trzeciego stopnia, znajdującego się z drugiej strony maszyny, to można pracę rozdzielić równomiernie na obie jej strony. Osiąga się dzięki temu

przy prostej budowie maszyny (z najmniejszą liczbą przestrzeni roboczych) odciążoną, a więc lekką przekładnię i powiększenie ogólnego skutku użytecznego zespołu maszyny, wskutek usunięcia strat powodowanych przez pracę przekładni. Zamiast zmiany stosunku ciśnień lub też oprócz tej zmiany, można także zmieniać stosunek objętości poszczególnych stopni ciśnienia (a mianowicie w taki sam sposób, jak opisano w odniesieniu do zmiany stosunku ciśnień). Jednakże tego rodzaju zmiana wymaga zmniejszenia suwu ssania, zaznaczonego odcinkiem GB (fig. 1) do długości suwu, zaznaczonego odcinkiem $G'B$ (fig. 2), a wskutek tego także suw powrotny zostaje zmniejszony w tym samym stopniu. To zmniejszenie długości suwu ssania można jednak łatwo wyrównać przez odpowiednie powiększenie średnicy tłoka, który to zabieg może okazać się ponadto korzystny i z innej przyczyny. W celu odciążenia przekładni ważne jest nie tylko zmniejszenie do minimum przenoszenia przez nią pracy z jednej strony maszyny na drugą, lecz również różnica sił, wywieranych przez tłoki po obu stronach maszyny, musi być możliwie mała przy wszystkich położeniach tłoków. Wiadomo, że ta różnica jest największa pod koniec suwu roboczego. Ponieważ siła tłoka jest równa iloczynowi z ciśnienia jednostkowego (p_1 względnie p_2) i powierzchni tłoka, należy więc powierzchnię tłoków stopni ciśnienia, znajdujących się od strony silnika z mniejszą liczbą stopni, przyjąć możliwie wielką.

Wielkość sił tłokowych przy końcu suwu roboczego można regulować w pewnych granicach przez oddziaływanie na wielkość ciśnienia p_2 w ten sposób, aby przebieg poziomej linii wytłaczania CE (fig. 1), słusznej tylko dla nieskończonego wielkiego zasobnika, został określony przez odpowiedni dobór wymiarów zasobnika, do którego gaz jest wtłaczany, a mianowicie, aby

ta linia była mniej lub więcej nachylona względem linii CK , wskutek czego osiąga się większe końcowe ciśnienie sprężania p'_2 .

Niekiedy jest nawet pożądane jeszcze bardziej powiększyć powierzchnię tłoka jednego stopnia, niż to można osiągnąć przez powiększenie stosunku objętości. Wskutek tego wzrosłoby, oczywiście, zbyt mało skuteczna pojemność suwu odnośnego stopnia, ponieważ jednakowy dla wszystkich stopni suw tłoka jest z góry określony, a zatem i pobieranie pracy wzrosłoby także zbyt znacznie, co powodowałoby szkodliwy wpływ na równomierny rozdział pracy po obu stronach maszyny. W celu uniknięcia tej niedogodności, należy w myśl wynalazku wytłaczać z jednego lub kilku stopni na początku suwu roboczego część zassanej objętości gazu, tak aby punkt B , oznaczający np. na fig. 1 początek sprężania, został przesunięty na linii $B - G$ w lewo.

Gdy takie powrotne usuwanie zassanego gazu przeprowadza się w sprężarce powietrznej w stopniu niskiego ciśnienia, to wytłoczone powietrze może być użyte jako dodatek do powietrza przedmuchowego, doprowadzanego za pomocą pompy powietrznej. Pompę tę może stanowić tylna strona jednego lub kilku tłoków sprężarki. Oczywiście, można do dostarczania powietrza przedmuchowego zastosować specjalną pompę tłokową, którą należy umieścić w taki sposób, aby jej zapotrzebowanie pracy mogło być wyzyskane do wyrównywania sumy prac otrzymywanych po obydwóch stronach maszyny.

Gdy niektóre stopnie sprężarki mają większą średnicę niż silnik, to na tylnej stronie tłoka sprężarki powstaje powierzchnia różnicowa, równa powierzchni tylnej tłoka sprężarki, zmniejszonej o powierzchnię tłoka silnika. Tę powierzchnię różnicową można również wyzyskać jako czynną powierzchnię tłoka, np. jako tłok

pompy przedmuchowej, jako tłok dalszego stopnia ciśnienia sprężarki lub jako zasobnik energii, pobierający pracę i oddający ją po odwróceniu biegu tłoka. Zawsze należy, oczywiście, stosunki ciśnień i pojemności także i tych przestrzeni roboczych określać w ten sposób, aby czynne tutaj wielkości pracy, łącznie z pracą pozostałych stopni sprężarki, dawały podczas suwu roboczego i suwu powrotnego dla obydwóch stron maszyny jednakowe sumy pracy. Tak samo należy określać zasobniki energii, które, nie oddając pracy na zewnątrz, gromadzą ją podczas suwu roboczego i oddają podczas suwu powrotnego, przy czym pod względem występujących w tych zasobnikach stosunków ciśnień i objętości, należy je odpowiednio dobrać w sensie całkowitego wyrównania energii po obydwóch stronach maszyny.

Wynalazek może być zastosowany do wszystkich tłokowych silników spalinywych z wielostopniowymi sprężarkami z niesymetrycznym układem stopni ciśnienia po obu stronach zespołu maszyny, np. do silnika z trójstopniową sprężarką z dwoma stopniami z jednej strony i jednym stopniem z drugiej strony. Wynalazek może być także z dobrym wynikiem zastosowany do sprężarek z równą liczbą stopni, ponieważ w silniko-sprężarce o swobodnie poruszających się tłokach chodzi o wyrównanie czynnych wartości pracy na każdy suw po obu stronach maszyny, czyli nie o jednakowe powierzchnie wykresów pracy, otrzymane podczas suwów w jednym i drugim kierunku (powierzchnie pracy skutecznej) każdego stopnia, lecz o jednakowe sumy tych powierzchni wykresów obydwóch stron maszyny, które znajdują się zawsze między linią zmiennego ciśnienia i linią ciśnienia zerowego $p = 0$. Te powierzchnie wykresów, nawet przy równym rozdziale powierzchni pracy użytecznej, mogą posiadać różne wielkości, wskutek czego i w tym przypadku wyrównywanie

pracy w myśl wynalazku daje znaczne korzyści.

Na fig. 4 przedstawiono przykład wykonania trójstopniowej silniko-sprężarki o swobodnych tłokach.

W cylindrze 1 silnika znajdują się dwa przeciwbieżne tłoki 2, 3 silnika, przy czym tłok 2 rozrządza szczeliny przedmuchowe 4, a tłok 3 — szczeliny wylotowe 5. Tłok 2 jest za pomocą swego przedłużenia 6 połączony z tłokiem 8 sprężarki pierwszego stopnia sprężania (komora robocza 9) i z tłokiem 21 sprężarki trzeciego stopnia sprężania (komora robocza 22). Tłok 3 silnika jest połączony za pomocą swego przedłużenia 7 z tłokiem 10 sprężarki drugiego stopnia sprężania (komora robocza 11). Utworzone w ten sposób dwie swobodnie poruszające się masy 2, 6, 8, 21 i 3, 7, 10 są sprzęgnięte za pomocą dwóch par zębatek 12, 12' oraz zazębających się z nimi i osadzonych na cylindrze 1 kół zębatach 13 w celu uzyskania dokładnie przeciwbieżnego ruchu mas tłoków. Komora 9 pierwszego stopnia sprężania sprężarki zasysa pobierany gaz przez zawory 14 i wytłacza go po sprężeniu zaworami tłocznymi 15 do zasobnika 16, z którego gaz przepływa zaworami ssawczymi 17 do komory 11 drugiego stopnia sprężania sprężarki, skąd zostaje wytłoczony przez zawory tłoczne 18 do zasobnika 19, a z niego przez zawór ssawczy 20 do komory roboczej 22 trzeciego stopnia ciśnienia sprężarki, po czym przepływa wreszcie przez zawór tłoczny 23 do przewodu użytkowego.

Stosunek ciśnień i pojemności w komorze 11 drugiego stopnia ciśnienia sprężarki jest określony w tym przypadku większy, niż w pozostałych dwóch stopniach, a to w celu wzajemnego wyrównania wartości pracy po obydwóch stronach maszyny podczas suwu roboczego, jak i podczas suwu powrotnego. W celu osiągnięcia możliwie jednakowych wielkości sił tłokowych,

zwłaszcza przy końcu suwu roboczego po obydwóch stronach zespołu maszyny, należy średnicę tłoka 10 drugiego stopnia ciśnienia sprężarki określić stosunkowo bardzo dużą. Aby jednak ten stopień ciśnienia, wskutek powstającej w ten sposób wielkiej pojemności roboczej, nie pobierał zbyt wiele pracy, wytłacza się z niego z powrotem część zassanego gazu. W tym celu znajdują się w płaszczu cylindra drugiego stopnia ciśnienia sprężarki zawory tłoczne 24, przez które na początku suwu roboczego jest wytłaczana część gazu, zassanego przez zawory ssawcze 17, z powrotem do zasobnika 16 tak długo, aż tłok 10 podczas swego przesuwu minie zawory 24. Również i pierwszy stopień sprężania sprężarki jest wyposażony w takie zawory 25; powietrze wytłoczone przez te zawory 25 służy jako dodatek do powietrza przedmuchowego, doprowadzanego za pomocą odpowiedniej pompy, i zostaje doprowadzane przewodem 26 do osłony 33 silnika, służącej jako zasobnik powietrza przedmuchowego. Jako pompa przedmuchowa służy w tym przypadku np. skierowana ku środkowi maszyny, zamknięta przestrzeń 30 cylindra pierwszego stopnia sprężania, zawarta między tylną stroną tłoka 8 i ścianką 29 i zaopatrzona w zawory ssawcze 27 i tłoczne 28. Ta pompa zasysa powietrze podczas suwu roboczego i wytłacza je podczas suwu powrotnego do zasobnika 33. Odnośnej części pracy, przypadającej na tę pompę, można przeciwstawić, w celu odciążenia przekładni, pracę wykonywaną przez tłok 10 drugiego stopnia ciśnienia sprężarki podczas suwu powrotnego. W tym celu zamyka się np. przestrzeń 32, skierowaną ku środkowi maszyny, za pomocą ścianki 31 i tworzy z niej w ten sposób przestrzeń zderzakową, w której odbywa się sprężanie gazu podczas suwu powrotnego ku środkowi maszyny. Częściowe wyrównywanie następuje także wtedy, gdy ta przestrzeń 32 jest połączona

z atmosferą, ponieważ wtedy podczas suwu powrotnego musi być przewyciężone przeciwcisnienie atmosfery. Stosunki ciśnień i pojemności w trzech stopniach ciśnienia sprężarki 9, 11, 22 i w przestrzeniach pompowych 30, 32 są więc tak dobrane, że tak podczas suwu roboczego, jak również podczas suwu powrotnego wartości pracy obydwóch stron zespołu maszyny są w przybliżeniu sobie równe, a przekładnia, synchronizująca przeciwbieżne ruchy tłoków, zostaje wskutek tego skutecznie odciążona.

Zastrzeżenia patentowe.

1. Tłokowy silnik spalinowy z wielostopniową sprężarką i względem siebie przeciwbieżnymi masami tłoków, sprzęgniętych ze sobą za pomocą przekładni w celu osiągnięcia synchronizacji ich ruchów, znamienny tym, że przestrzenie sprężania (11 względnie 9, 22) są rozmieszczone niesymetrycznie po obu stronach maszyny, a ich stosunki ciśnień (stosunek ciśnienia zasilania do ciśnienia ssania) lub stosunki pojemności (stosunek pojemności przestrzeni martwej do pojemności suwu i przestrzeni martwej), albo oba te stosunki są dobrane w taki sposób, aby sumy pracy, przypadających na poszczególne przestrzenie sprężania po obu stronach maszyny, stały się możliwie równe sobie tak podczas suwu roboczego, jak również podczas suwu powrotnego, dzięki czemu osiąga się odciążenie przekładni sprzęgającej 12, 12', 13).

2. Tłokowy silnik spalinowy według zastrz. 1, znamienny tym, że liczby stopni ciśnienia po obu stronach maszyny są różne, przy czym w stopniach ciśnienia po stronie maszyny z mniejszą liczbą stopni stosunki ciśnień lub stosunki pojemności, albo jedno i drugie, są większe niż w stopniach ciśnienia po drugiej stronie maszyny.

3. Tłokowy silnik spalinowy według zastrz. 1 i 2, znamienny tym, że cylinder (11) jednego lub kilku stopni ciśnienia posiada sterowane zawory wylotowe (24), przez które na początku suwu na zewnątrz część zassanego czynnika zostaje wytłoczona z powrotem do przestrzeni, znajdującej się przed wspomnianymi zaworami odnośnych stopni ciśnienia.

4. Tłokowy silnik spalinowy według zastrz. 3, znamienny tym, że przestrzeń (26) za sterowanymi zaworami wylotowymi (25) stopnia niskiego ciśnienia (9) jest połączona z przestrzenią osłony (33) do powietrza przedmuchowego, dzięki czemu ilość powietrza wytłoczona z powrotem stanowi dodatek do powietrza przedmuchowego, doprowadzanego do cylindra silnika za pomocą pompy przedmuchowej, utworzonej np. przez przestrzeń (30), sąsiadującą z tylną stroną tłoka (8) pierwszego stopnia ciśnienia.

5. Tłokowy silnik spalinowy według zastrz. 1 — 4, znamienny tym, że tłok (8) pompy powietrznej (8, 30) do doprowadzania powietrza, przedmuchującego sil-

nik, jest połączony z jednym z tłoków przeciwbieżnych i służy do wyrównywania pracy po obu stronach maszyny.

6. Tłokowy silnik spalinowy według zastrz. 1 — 4, znamienny tym, że posiada zasobnik (32) o zmiennej pojemności gromadzący energię podczas jednego suwu i oddający ją w całości z powrotem tłokom przeciwbieżnym podczas następnego suwu powrotnego w celu wyrównywania pracy po obu stronach maszyny.

7. Tłokowy silnik spalinowy według zastrz. 1 i 4, znamienny tym, że posiada zwykły zasobnik, zasilany gazem z jednego stopnia ciśnienia sprężarki, który służy do wyrównywania sum pracy po obu stronach maszyny o tak dobranej pojemności, aby wytłaczanie tego gazu odbywało się przy odpowiednio większym ciśnieniu sprężania (p''_2), zgodnie z wznoszącą się linią wytłaczania (C — K) według wykresu na fig. 1.

Therese Junkers,
ur. Bennhold.
Zastępca: Inż. F. Winnicki,
rzecznik patentowy.

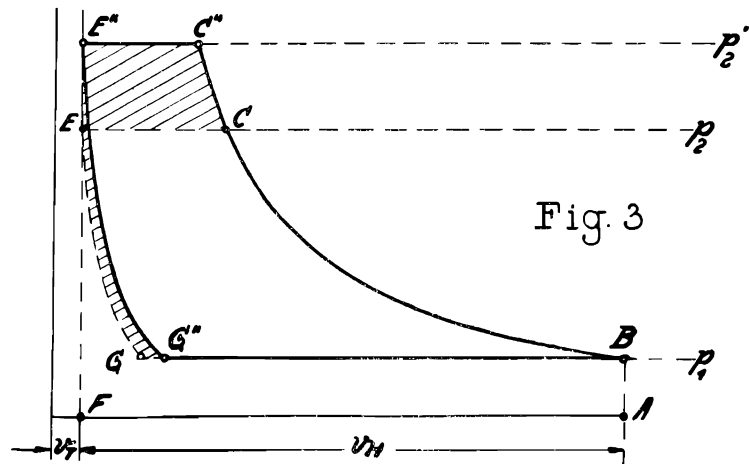
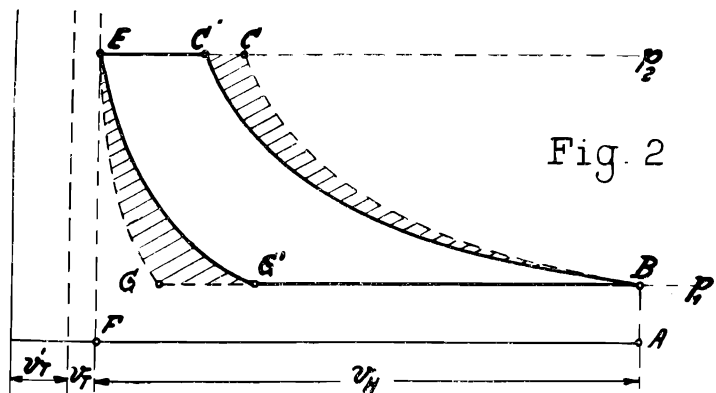
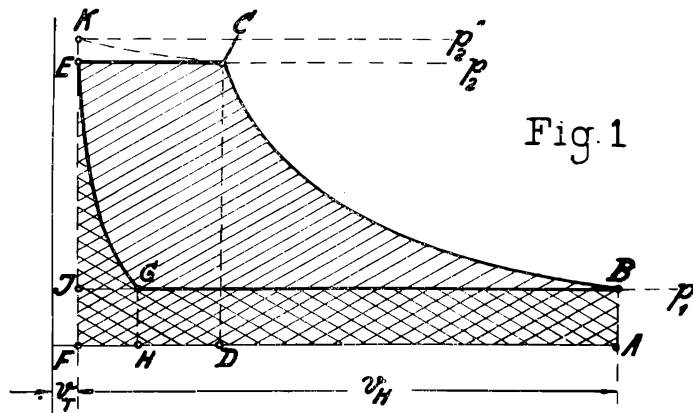


Fig. 4

