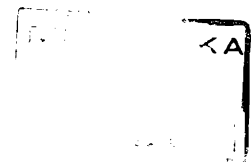


4 lipca 1925 r.

URZĄD PATENTOWY



F02g, 3/00

RZECZYPOSPOLITEJ POLSKIEJ

OPIS PATENTOWY

Nr 1610.

Sebastian Ziani de Ferranti
(Hollinwood, Wielka Brytania).

Kl. 46 d II.
46d, 3/00

Silnik cieplny.

Zgłoszono 23 czerwca 1920 r.

Udzielono 17 lutego 1925 r.

Pierwszeństwo: 7 marca 1918 r. (Wielka Brytania).

Niniejszy wynalazek dotyczy silnika cieplnego, który może należeć zarówno do typu tłokowego, jako też i turbinowego. Pod „silnikiem cieplnym” rozumie się tutaj silnik, służący do przetwarzania ciepła na pracę, łącznie z wszelkimi niezbędnymi do tego urządzeniami, jak np. sprężarki, regeneratory, kotły, paleniska i t. d., jak również z właściwie pracującymi częściami składowymi, jak cylindry, tłoki, wirniki, stałki i t. d. Środkiem napędym może być para, powietrze lub produkty spaliny.

Przedmiot niniejszego wynalazku stanowi wytworzenie poruszającej siły przy mniejszem, niż dotychczas, zużyciu paliwa, to znaczy uskutecznianie przetwarzania ciepła na pracę przy większym współczynniku sprawności, niż to było wykonywane dotychczas.

Otrzymuje się to zapomocą konstruowania znajdujących się w styczności z gorącym środkiem napędym części silnika cieplnego z ogniotrwałych metali lub stopów, odpornych na chemiczne działanie gorącego środka napędym i o mocy, dostatecznej do przeciwdziałania naprężeniom, aby one mogły być utrzymywane w stanie czerwonego żaru, i zapomocą przepuszczania w pewnych wypadkach wydmuchu przez regenerator, aby w ten sposób temperatura, przy której ciepło zostaje usunięte, była niższą, niż to bywało dotychczas.

W dalszem pod nazwami „temperatura czerwonego żaru” i „rozpalony do czerwoności” będą rozumiane temperatury od mniej więcej 600° C wzwyż do takich wyższych temperatur, jakie metale lub stopy mogą wytrzymać.

Niniejszy wynalazek może być zastosowany do silników o najrozmaitszych roboczych przebiegach, jak powszechnie znanych, tak i o nowych przebiegach.

Od czasu ogłoszenia zasady Carnota, że maksymalna sprawność cieplna, mogąca być teoretycznie otrzymana w silniku cieplnym, równa się ilorazowi różnicy między maksymalną i minimalną temperaturą roboczego przebiegu, dzielonej przez maksymalną jego temperaturę bezwzględną, dążeniem wielu wynalazców stało się wytworzenie silnika o powiększonym współczynniku sprawności cieplnej zapomocą użycia wysokiej wartości dla najwyższej temperatury.

W używanych obecnie silnikach spalinowych, szczególnie w tych, w których spalanie odbywa się nominalnie „przy stałej objętości”, otrzymuje się bardzo wysoką najwyższą temperaturę środka napędnego (zwykle przewyższającą temperaturę topienia materiału, z którego zrobione są cylindry). Dlatego też cylindry są ochładzane albo zewnętrznie zapomocą krążącej wody lub powietrza, albo wewnętrznie zapomocą wtryskiwania wody tak, że wewnętrzna ich powierzchnia może być utrzymywana na względnie niskiej temperaturze, a robocza temperatura głównej części cylindrów nie przekracza w przybliżeniu 300° C. Ciepło, stracone przez przewodnictwo i promieniowanie gorącego środka napędnego oraz pochłaniane przez ochładzający cylinder ośrodek, zwykle dochodzi do 25—40% całkowitego ciepła, dostarczonego przez paliwo, nie licząc ciepła, straconego przez wdmuch.

Od czasu do czasu były robione liczne propozycje konstruowania silników cieplnych z regeneracją, z wysoką wartością najwyższej temperatury ich roboczego przebiegu i bez użycia chłodzących środków dla cylindra, lub roboczego naczynia, w którym zostaje otrzymywana właściwa robocza część przebiegu.

Silnik powietrzny Stirlinga wykonywał „zamknięty” przebieg (to znaczy, że ten sam środek napędny nie zostaje wypuszczany, lecz naprzemian ogrzewany i chłodzony), przyczem ogrzewanie zastosowywano nazewnątrz, a chłodny środek wewnątrz roboczego cylindra. Kaloryczny silnik Ericsona wykonywał „otwarty” przebieg (to znaczy taki, w którym środek napędny zostaje wypuszczany przy końcu przebiegu, a dla następnego przebiegu zostaje użyty nowy środek napędny), przyczem ogrzewanie zastosowywano nazewnątrz, a gorący środek napędny był używany w roboczym cylindrze. Silnik spalinowy Siemens’a wykonywał „otwarty” przebieg, i gorący środek napędny był używany w roboczym cylindrze, wewnątrz którego był umieszczony regenerator. Silnik spalinowy Fleeming Jenkina wykonywał zamknięty przebieg i chłodnego środka napędnego używano w roboczym cylindrze. Powietrzny silnik Rydera wykonywał zamknięty przebieg i większa część dodatniej pracy była wykonywana w gorącym cylindrze. Z tych wszystkich typów silniki Stirlinga i Rydera o małej mocy do pewnego ograniczonego stopnia były praktycznie zastosowane, lecz nie wykazały wysokiego stopnia wydajności paliwa. Silnik Siemens’a, uważany za bardzo obiecujący przez najlepsze współczesne autorytety, nie wyszedł poza stadjum prób. Także silniki Ericsona i Fleeming Jenkina, o ile wynalazcy wiadomo, nigdy w handlu nie zjawiły się.

Niepowodzenie dotychczasowych prób otrzymania wysokiego stopnia wydajności paliwa przy wygodnych handlowo warunkach pracy można przypisać następującym przyczynom:

1. Zewnętrzne spalanie i ogrzewanie. Produktu spalania bywały wypuszczane przy temperaturze wyższej, niż maksymalna temperatura środka napędnego, pociągając za sobą w pewnych wypadkach stra-

tę 40% ciepła paliwa. Oddanie ciepła ściankom naczyń jest względnie powolne i robocza szybkość silnika jest dlatego bardzo małą. To dotyczy silników Stirlinga, Ericsona i Rydera.

Przy niniejszym wynalazku stosuje się wewnętrzne spalanie paliwa i zwrotny system regeneratorów, które zabierają ciepło środka pędnego przed jego wyjściem, gdy już wykonał dodatnią pracę i oddają to odebrane ciepło środkowi pędnemu, zanim otrzymał on ciepło paliwa. W wypadku użycia pary, jako środka napędnego, stosują się rurkowe, albo komórkowe ogrzewacze z dużą powierzchnią dla przewodnictwa ciepła, zawierające znacznie zmniejszoną objętość środka napędnego.

2. Wydalenie ciepła przy minimalnej temperaturze przebiegu. Przy zamkniętych przebiegach oddanie ciepła przez przewodnictwo odbywa się powolnie, ciepło nagromadza się w środku napędnym, dopóki minimalna temperatura nie przewyższy znacznie temperatury chłodzącego środka dla wywołania różnicy temperatury, niezbędnej do przewodnictwa ciepła. Następnie wysoka wartość minimalnej temperatury środka napędnego powiększa ujemną pracę i poważnie zmniejsza hamującą siłę silnika określonych rozmiarów. To dotyczy silników Stirlinga, Fleeming Jenkinsa i Rydera. Przy przebiegach otwartych brak istotnego chłodzenia powiększa ujemną pracę, lecz nie do tego stopnia, jak to ma miejsce przy przebiegach zamkniętych. To dotyczy silników Ericsona i Siemens. Przy urzeczywistnieniu niniejszego wynalazku uskutecznia się sprężenie stopniowo, przy użyciu kilku chłodziń o dużej powierzchni w stosunku do objętości zawartego środka pędnego. Można zastosować także wtryskiwanie wody podczas sprężenia z nagrzaniem jej, lub bez nagrzania. Gdy utrzymuje się wzrost ciśnienia bez pomocy mechanicznych środków tylko przez przenośny regenerator i ciepło paliwa, chłodna

przestrzeń jest podzielona i w pewnych wypadkach stosuje się wtryskiwanie wody.

3. Szkodliwa przestrzeń. Przy przebiegach zamkniętych gorący środek napędny zostaje sprężony w odstępie między tłokiem i regeneratorem przy wysokiej temperaturze, powiększając ujemną pracę i powodując wydalenie ciepła przy wysokiej temperaturze. Odstęp w samym regeneratorsie powiększa ujemną pracę, lecz część ciepła zostaje osiągnięta zpowrotem podczas rozprężenia. To ma miejsce w silnikach Stirlinga i Fleeming Jenkinsa. W niniejszym wynalazku powiększona szybkość silnika i o wiele większa częstość zmian kierunku w regeneratorsie, a więc i zmniejszona ich sześcienna objętość, zmniejszają te straty. Przy przebiegach otwartych odstępy w gorącym cylindrze, w regeneratorsie i za regeneratorem, między nim i kłapami są narażone na nagłe zmiany ciśnienia, co powiększa ilość ujemnej pracy. To są braki silników Ericsona i Siemens. W tym ostatnim szkodliwa przestrzeń wewnątrz gorącego cylindra była bardzo duża, poczęści dzięki wyłożeniu porowatą ogniotrwałą gliną. W niniejszym wynalazku tego rodzaju straty są doprowadzone do minimum przez to, że objętość wszystkich odstępów stanowi nieznaczny procent objętości cylindra, że stosuje się nie porowatą materjał, lecz ulepszony regenerator, opisany poniżej, a także dzięki powiększonej szybkości silnika i powiększonej częstości zmian kierunku regeneratorsa.

4. Regenerator. Stale ma miejsce strata ciepła wskutek promieniowania regeneratorsa i to we wszystkich regeneratywnych maszynach. W niniejszym wynalazku używa się regenerator o dużej pojemności cieplnej, lecz małej wewnętrznej pojemności dla zawartego w nim środka napędnego, a wskutek tego i o małej zewnętrznej powierzchni. W ten sposób ta strata zostaje zredukowana do minimum.

5. Pracujące na chłodno cylindry.

W nich środek napędny przechodzi przez regenerator, zanim osiągnie roboczego cylindra i jest przez to ochładzany i w rezultacie ciśnienie jego spada o wiele szybciej, niż to by miało miejsce przy rozprężeniu do tej samej objętości w gorącym cylindrze. Dlatego też takie silniki wydają tylko jedną trzecią do jednej czwartej wskazanej mocy, osiąganey przez silniki odpowiednich rozmiarów, w których środek napędny rozpręża się w gorącym cylindrze i jest przepuszczany przez regenerator po rozprężeniu. Otóż, jeżeli wskutek niedoskonałego przejścia ciepła z gorącego środka napędnego do płyt regeneratora i z tych ostatnich do chłodnego środka napędnego, należy dodać 5% ciepła paliwa dla wyrównania tej straty w silniku z pracującym na gorąco cylindrem (przedstawiających 5% zmniejszenie termicznej sprawności), trzeba będzie dodać 15% do 20% (przedstawiających zmniejszenie termicznej sprawności o 15% do 20%) w silniku z pracującym na chłodno cylindrem. To ma miejsce w silnikach Stirlinga i Fleeming Jenkinsa. Przy niniejszym wynalazku zostaje użyty pracujący w gorącym stanie cylinder, przez co unika się tak znacznych strat.

6. Materiały. Zwykłe materiały, jak żeliwo, stal, miedź lub stopy miedzi są nieodpowiednie dla części, wystawionych na działanie gorącego środka napędnego i ich trwałość przy wysokich temperaturach jest niedostateczną dla przeciwdziałania naprężeniom, powstałym wskutek ciśnienia środka napędnego albo siły odśrodkowej, albo też wskutek bezwładności ruchu i one są atakowane przez środek napędny przy wysokich temperaturach. To dotyczy silników Stirlinga, Ericsona i Rydera. W silnikach Siemens'a i Fleeming Jenkinsa dla przezwyciężenia tej trudności gorące części cylindra były wyłożone grubą warstwą ogniotrwałej gliny lub podobnego materiału. Lecz takie materiały zawierają dużo

porów, ogniotrwała glina (zależnie od jej gatunku) zawiera 20%—50% swej objętości w porach. To w znacznym stopniu powiększa szkodliwą przestrzeń i powoduje dużą stratę sprawności.

Przy niniejszym wynalazku używa się dla cylindrów, tłoków i t. d. nieporowatych ogniotrwałych stopów o znacznej trwałości i chemicznie neutralnych względem środka napędnego przy wysokich temperaturach. W regeneratorach z stosunkowo małą częstością zmian kierunku używa się zwykłych ogniotrwałych płyt, podczas gdy przestrzenie, nie podległe działaniu szybkich zmian ciśnienia, można wyłożyć ogniotrwałymi, nie metalicznymi, nawet porowatymi materiałami, np. komory spalania, powłoki stałki turbin i stosunkowo wolno-zmienne regeneratory.

Obecny stan rozwoju silników spalinowych z zastosowaniem regeneratorów jest taki, że, chociaż różni wynalazcy proponowali od czasu do czasu projekty silników spalinowych z użyciem regeneratorów, lecz dotychczas nie był zbudowany taki silnik o wysokim współczynniku wydajności paliwa i pracujący w sposób zadowalający przy zwykłych przemysłowych warunkach pracy.

Niniejszy wynalazek podaje sposób, jak uczynić zdolnym do pracy rozgrzany do czerwoności silnik i podaje środki, zapomocą których taki silnik może być skonstruowany tak, aby pracował w sposób zadowalający i z ekonomją paliwa, dotychczas w praktyce nie osiągniętą.

Przedmiot niniejszego wynalazku stanowi skonstruowanie znajdujących się w styczności z gorącym środkiem napędym części z ogniotrwałych metali lub stopów, odpornych na chemiczne działanie gorącego środka napędnego i o mocy, dostatecznej do przeciwdziałania naprężeniom, oraz utrzymywanie tych części zapomocą ciepła paliwa w stanie czerwonego żaru podczas ruchu silnika.

W wypadkach użycia regeneratora, nowość polega na tem, że konstruuje się regenerator o dużych powierzchniach, pochłaniających i promieniujących ciepło, lecz o małej pojemności wewnętrznej dla środka napędnego, przez który naprzemian zostają przepuszczane gorący środek napędny przy stosunkowo niskiem ciśnieniu, czyli ciśnieniu wydmuchu, oraz chłodny środek napędny przy wyższem ciśnieniu, czyli ciśnieniu wlotowem.

Silnik według niniejszego wynalazku może pracować według dowolnego termodynamicznego przebiegu, zbliżonego do teoretycznie doskonałego przebiegu, przy czem maksymalna temperatura dodatniej roboczej części przebiegu powinna być tak wysoka, jak tylko to jest praktycznie możliwe, w każdym razie około 600° C albo wyżej, a przynajmniej taka, aby zapewnić w silniku spalinowym zapalenie i spalenie paliwa przy jego wtrysnięciu do nagrzanego i sprężonego powietrza.

Szczególnie wysoki stopień sprawności zostaje osiągnięty, gdy wynalazek zostaje zastosowany do silników, wykonywujących przebieg o następujących charakterystycznych właściwościach: a) praktycznie izotermiczne sprężenie środka napędnego przy minimalnej temperaturze przebiegu od stanu maksymalnej objętości do minimalnej, b) regeneratywne nagrzanie środka napędnego po wspomnianem izotermicznym sprężeniu zapomocą ciepła, odebranego środkowi napędnemu podczas okresu, gdy osiągnął on ciśnienie najniższe lub prawie najniższe, czyli wydmuchowe, wreszcie c) praktycznie izotermiczne rozprężenie środka napędnego przy maksymalnej temperaturze przebiegu, przy czem dostarczane jest ciepło paliwa.

Następujące urządzenia mogą być z korzyścią zastosowane w silnikach podług niniejszego wynalazku:

1) Nawrotny regenerator wewnątrz cy-

lindra tak urządzony, że daje małą szkodliwą przestrzeń.

2) Niezależny system regeneratorów z gorącemi zaworami na jednym i zimnemi zaworami na drugim końcu.

3) Regenerator przeciwprądowy o jednym końcu rozżarzonym, a drugim względnie chłodnym.

4) Niezależne środki dla sprężania środka napędnego i dla dostarczenia mu ciepła paliwa.

5) Cylindry, włączone w szereg, odpowiednio do prądu środka napędnego, przy czem ciepło paliwa jest dostarczane środkowi napędnemu stopniowo w dwóch lub więcej cylindrach.

6) Przy turbinie: urządzenia do wtryskiwania paliwa po regeneracji i na pewnej liczbie stopni rozprężenia środka napędnego, przez co temperatura jego podczas tych stopni jest zachowana możliwie blisko do określonego maximum.

7) Wielostopniowa sprężarka z urządzeniem dla międzystopniowego ochładzania i regenerator do środka napędnego.

8) Przy turbinach: urządzenia do dostarczania ciepła paliwa środkowi napędnemu poprzez stałkę w pewnej ilości miejsc wzdłuż kierunku przepływu.

9) Tłokowy silnik wysokiego ciśnienia, szeregowo połączony z turbiną niskiego ciśnienia.

10) Zespół nawrotnych regeneratorów dla przenoszenia ciepła z wydmuchiwanego nisko-prężnego gorącego środka napędnego na wysokoprężny środek napędny, samoczynnie albo mechanicznie uruchamiane nawrotcze zawory przy rozżarzonym do czerwoności końcu regeneratorów i mechanicznie uruchomiane nawrotcze zawory przy chłodniejszym końcu regeneratorów.

11) Cylinder i tłok albo cylindry i tłoki, każdy z częścią, zrobioną z ogniotrwałego i chemicznie odpornego stopu, wystawioną na działanie żaru, pochodzącego od gorącego środka napędnego, podczas gdy

pozostałe ich części, pracujące przy zwykłych temperaturach, zrobione są z materiałów zwykle używanych do tych celów, z zastosowaniem lub bez zastosowania specjalnych chłodzących środków. Między wspomnianymi chłodniejszymi częściami cylindra i tłoka, ze względu na ciśnienie środka napędnego, umieszcza się szczeliwo, naprzemian stykające się to z jedną, to z drugą z tych części.

12) Cylinder i tłok, albo cylindry i tłoki z ogniotrwałego i chemicznie odpornego stopu, nie stykające się z końca, wystawionego na działanie czerwonego żaru, pochodzącego od gorącego środka napędnego, i dopasowane i stykające się ze szczeliwem z drugiego końca, posiadającego stosunkowo niską temperaturę wskutek małego przewodnictwa cieplnego wspomnianego stopu.

Części silnika, pracujące przy czerwonym żarze, mogą być zrobione: a) z metalu lub stopu, posiadającego niezbędną przy roboczej temperaturze trwałość i sztywność, lecz który nie może przeciwdziałać działaniu gorącego środka napędnego i musi być chroniony od tego działania zapomocą odpornej powłoki z metalu lub stopu, albo też b) z ogniotrwałego stopu, który posiada niezbędną przy tej temperaturze moc i powierzchnia którego jest odporna na takie działanie. Ten stop, lub ochronna powłoka, wspomniane wyżej, mogą być tego rodzaju, że, o ile zostaną nagryzione przez środek napędny, to nagryziona część powierzchni tworzy ochronną powłokę, która przeszkadza dalszemu nagryzaniu pod powierzchnią, tworząc w ten sposób stale odporną strukturę. Istotną właściwością materiału winno być to, żeby on nie mógł być nagryzany albo też przy nagryzaniu tworzył powierzchnię, któraby zapobiegała dalszym nagryzaniom środka napędnego przy wysokich temperaturach.

Metale lub stopy, odpowiednie do użycia przy zastosowaniu niniejszego wynala-

zku, można znaleźć pomiędzy: a) ogniotrwałymi metalami lub stopami, w których jest zawarty jeden lub kilka metali grupy chromowej; b) między ogniotrwałymi metalami lub stopami, w których jeden lub kilka metali grupy chromowej jest połączonych z metalem lub metalami grupy niklowej; c) ogniotrwałymi metalami lub stopami, w których jeden lub kilka metali grupy chromowej jest połączonych z borem, aluminium, krzemem lub inną jaką substancją, wydającą ten sam efekt; d) między metalami grupy chromowej wraz z jednym lub kilkoma metalami grupy rzadkich ziem.

Zostało ustalone, że z metali, nadających się do niniejszego wynalazku, najbardziej odpornym jest chrom, i że niklowy chrom lub kobaltowy chrom są także bardzo odporne; następnie, że wolfram, stopiony z metalami wspomnianych grup, daje dobre rezultaty, i dalej, że bor, krzem i aluminium w małych proporcjach stanowią cenny dodatek do stopów niklowego chromu. Dobry stop, który może być odlewany, i jest odpowiednim i pod innymi względami, składa się z 62% niklu, 20% chromu, 5% żelaza, $\frac{1}{2}$ % węgla, 4% krzemu i $8\frac{1}{2}$ % aluminium. Ustalono, że ten stop posiada odpowiednią trwałość i może się opierać działaniu gorącego środka napędnego przy temperaturze od 800 do 900° C w przeciągu kilku tygodni.

Stop ten prawie zupełnie nie daje się kuć i nie daje się maszynowo obrabiać, jak żelazo. Dlatego też niezbędne są specjalne środki dla utworzenia zdolnej do pracy konstrukcji. Ten stop może być odlany w wymiarach bardzo zbliżonych do pożądanых, a następnie wykończony zapomocą szlifowania. Stop ten może być także bardzo skutecznie spawany. Otwory muszą być wyrobione przy odlewaniu albo utworzone w korkach z dającego się obrabiać stopu, jak nikiel i stal. Materiał może być przecięty zapomocą szybkoobrotowej metalo-

wej tarczy albo cienkiego krążka szmerglowego.

Ustalono, że niektóre, jeżeli nie większość stopów o dobrych odpornych właściwościach, można uczynić praktycznie niewrażliwymi na chemiczne działanie, jeżeli powierzchnie ich będą oszlifowane i polerowane. Takie powierzchnie pozostały jasne i polerowane po wielu tygodniach biegu próbnego silnika.

Wolfram, nikiel, kobalt i ich proste stopy żelazne podlegają nagryzaniu przez środek napędny o temperaturze czerwonego żaru. Wolfram jest bardzo mocny, stopy zaś, zawierające dużo żelaza, są stosunkowo słabe przy czerwonym żarze. Niektóre z metali rzadkich ziem, jak cyrkon, także stanowią cenny dodatek do składu stopów. Ustalono, że niektóre z wspomnianych wyżej stopów przy małej procentowej zawartości boru, krzemu albo cyrkonu, przy pierwszym działaniu gorącego środka napędnego powlekają się cienką błonką, przeszkadzającą dalszemu działaniu na warstwy, znajdujące się pod powierzchnią stopu.

Rysunki przedstawiają kilka przykładów wykonania niniejszego wynalazku.

Fig. 1 daje schematycznie przykład w postaci turbiny, pracującej przy czerwonym żarze, z wielostopniową powietrzną sprężarką *A* z międzystopniowym chłodzeniem wodą osłony, z parą nawrotnych regeneratorów, wielostopniową sprężarką *F* dla gazowego paliwa i urządzeniem do wtryskiwania paliwa w kilku stopniach rozprężenia turbiny.

Fig. 2 przedstawia schematycznie drugi przykład w postaci pracującego przy czerwonym żarze tłokowego silnika z trzema włączonymi w szereg cylindrami z trójstopniową tłokową powietrzną sprężarką *A* z międzystopniowym chłodzeniem wodą osłony, parą oddzielnych nawrotnych regeneratorów *R*, trójstopniową sprężarką *F*

dla gazowego paliwa i z wtryskiwaniem paliwa do każdego cylindra.

Fig. 3 przedstawia z większą ilością szczegółów jednocylindrowy silnik tłokowy, pracujący przy czerwonym żarze z regeneratorem *R*, umieszczoną u wierzchołka cylindra, sprzężoną powietrzną sprężarką z międzystopniowym chłodzeniem płaszczą wodą, dwustopniową sprężarką dla gazowego paliwa i urządzeniem do wtryskiwania paliwa do cylindra.

Fig. 4 przedstawia przekrój cylindra fig. 3, przeprowadzony tuż pod regeneratorem.

Fig. 5 przedstawia schematycznie kształt cylindra i tłoka, nieco odmiennego od pokazanego na fig. 3.

Fig. 6 do 8 odnoszą się do gazowej sprężarki, przedstawionej na fig. 3, przy czym

fig. 6 jest podłużnym jej przekrojem,

fig. 7 — widokiem z boku z przekrojem komory korbowej i

fig. 8 jest rzutem poziomym przy usuniętej górnej pokrywie.

Fig. 9 jest bardziej szczegółowym widokiem regeneratora u wierzchołka cylindra, wskazanego na fig. 3.

Fig. 10 jest rzutem poziomym tegoż i

fig. 11 przedstawia jeden ze szczegółów.

Fig. 12 pokazuje odmienny sposób wykonania cylindrycznego regeneratora.

Fig. 13—15 odnoszą się do przeciwpądowego regeneratora.

Fig. 13 jest podłużnym przekrojem, fig. 14—poprzecznym przekrojem, fig. 15—widokiem z końca wewnętrznych elementów regeneratora i

fig. 16 odnosi się do jednego z jego szczegółów.

Jednakowe części są oznaczone na wszystkich rysunkach temi samymi literami lub cyframi.

Na fig. 1 *C* przedstawia osłonę osiowej turbiny z wieńcami nieruchomych łopatek 2, *D* jest wirnik z wieńcami łopatek 3. Go-

racę sprężone powietrze zostaje wpuszczane przy 4, a gazy wydmuchowe uchodzą z turbiny przy 5 do rurowego przewodu 14. Paliwo zostaje wtryskiwane do turbiny przez poszczególne otwory 6 i spala się, mieszając się z ogrzanym powietrzem. Wspomniane części pracują przy czerwonym żarze i są zrobione z jednego z ogniotrwałych stopów, opisanych wyżej. *F* przedstawia wielostopniową sprężarkę dla gazowego paliwa, przyczem szkic ten pokazuje sześć cylindrów i sześć rur, doprowadzających do turbiny paliwo $f^1, f^2, f^3, f^4, f^5, f^6$; f^1 doprowadza gaz przy najwyższym ciśnieniu, f^6 — przy najniższym. *A* jest powietrzną sprężarką; szkic pokazuje sześciostopniową wirową sprężarkę powietrzną z obchłodkiem i pięcioma międzystopniowymi chłodnicami *A*¹. Powietrze o atmosferycznym ciśnieniu i temperaturze zostaje wsysane przy 8, a sprężone powietrze przetłaczane przy *g* do przewodu 10, prowadzącego do regeneratorów. Na szkicu są wskazane dwa cylindry regeneratora, zaopatrzone w zawory, w ten sposób sterowane, że podczas gdy sprężone powietrze przepływa przez jeden z regeneratorów i otrzymuje ciepło od niego, gorący wydmuch z turbiny przepływa przez drugi regenerator i oddaje temu swoje ciepło. Urządzenie zaworów regeneratora i sterującego mechanizmu jest schematycznie pokazane na fig. 2. Gorące sprężone powietrze przepływa z regeneratorów do turbiny przez przewód 12 (fig. 8). Gorący wydmuch turbiny jest doprowadzany do regeneratorów przez przewód 14, a ochłodzony wydmuch uchodzi z regeneratora przez rurę 15. Turbina i wirowa sprężarka powietrzna są pokazane jako współosiowe i bezpośrednio sprzęgnięte. Sprężarka *F* dla gazowego paliwa może być uruchamiana od wału turbinowego za pośrednictwem przekładni.

Jako przykład tylko, a nie jako ograniczenie można przyjąć, że powietrze może być sprężone (izotermicznie albo blisko te-

go, jak tylko praktycznie jest to możliwe) do ciśnienia np. 7 kg na cm², a temperatura sprężonego powietrza przy przejściu przez regenerator może być podniesiona np. do 650° C. Przy spalaniu pierwszej porcji paliwa u wlotowego końca 4 turbiny temperatura gazowej mieszaniny może być podniesiona np. do 700° C. Mieszanina przy rozszerzaniu się ochładza się, np., do 650° C, a spalanie nowej porcji paliwa znowu podnosi jej temperaturę np. do 700° C i t. d.; temperatura gazowej mieszaniny podczas przepływu przez turbinę zostaje więc utrzymana we wspomnianych granicach. Przez takie wtryskiwanie paliwa i ustosunkowanie jego ilości w zależności od objętości powietrza, najwyższa temperatura może być ustalona na jej najwyższej wartości, zgodnie z trwałością i odpornymi właściwościami metalicznego stopu, z którego są zrobione części, stykające się z palącą się mieszaniną gazową. Zapalanie paliwa w turbinie odbywa się po puszczeniu jej w ruch, zapomocą ciepła powietrza, do którego ono zostaje wtrysknięte. Dodatnia praca zostaje całkowicie wykonana przy maksymalnej temperaturze albo blisko niej, która jest wyższą, niż to było dotychczas możliwe. Odrowadzanie ciepła odbywa się przy najniższej temperaturze przebiegu. Regenerator zabiera ciepło wydmuchowi, gdy już cała praktycznie osiągalna energia ciśnienia środka napędnego została zamieniona na mechaniczną pracę napędzania wirnika, zmniejszając w ten sposób do bardzo niskich rozmiarów ilość ciepła, straconego w wydmuchu.

Płynne paliwo może być użyte w silnikach lub turbinach, opisanych tutaj, przyczem urządzenia do doprowadzania paliwa do poszczególnych cylindrów lub stałek jest dostosowane do właściwości paliwa.

System regeneratorów, używanych w połączeniu z turbiną (gdzie okres nawracania może trwać około 10 sekund), składa

się przeważnie z pary cylindrów. Cylindry, zawierające regeneratywny materiał, są skonstruowane tak, aby wytrzymały całkowite ciśnienie środka napędnego. Cylindry te są zaopatrzone na każdym końcu w zawory 18 i 19, które są uruchamiane parami tak, że gazy wydmuchowe przechodzą przez jeden cylinder, podczas gdy przez drugi cylinder przechodzi sprężone powietrze w przeciwnym kierunku. Gdy są użyte dwie pary cylindrów, mogą one być przełączane każdorazowo jedna para przez pół okresu tak, aby warunki pracy turbiny były możliwie stałe. Jasnym jest, że trzy albo cztery pary cylindrów mogą być użyte i kolejno przełączane, wskutek czego zostaje osiągnięta praktycznie równa temperatura i ciśnienie. Chłodne końce cylindrów regeneratora są zaopatrzone w zwykłe zawory 18, sterowane odpowiednim mechanizmem. Gorące końce regeneratora są zrobione z ogniotrwałego stopu, opisanego wyżej, jak również i zawory 19; zawory te mogą być samoczynne, to znaczy uruchamiane prądem, regulowanym mechanicznie uruchamianiami zaworami na chłodnym końcu. Cylindry regeneratorów są osłonięte celem zatrzymania ciepła, a tylko pokrywy, łożyska i podpory są ochładzane.

Przy zastosowaniu niniejszego wynalazku do silników tłokowych spręża się chłodne powietrze przeważnie w wielostopniowej sprężarce tłokowej z możliwie doskonałym ochładzaniem. Przeważnie zastosowywane są ciśnienia od 7 do 14 kg na cm^2 .

W jednocylinrowym silniku, przedstawionym na fig. 3, chłodne sprężone powietrze zostaje przepuszczane do roboczego cylindra C silnika przez regenerator R, umieszczony w końcu cylindra, gdzie ono zostaje ogrzane np. do 700°C . Paliwo w postaci strumienia rozpylonego oleju albo sprężonego gazu zostaje nagle wtrysnięte przez rurę F^1 i spala się w gorącym powietrzu między regeneratorem i tłokiem,

podnosząc temperaturę do 1200°C — 1500°C . Ciśnienie przez to wzrasta do maximum. Spaliny rozszerzają się, wykonując pracę; ciśnienie ich spada do odpowiedniego ciśnienia ponadatmosferycznego, a temperatura ich do 800°C mniej więcej. Następnie spaliny zostają przetłoczone przez regenerator, któremu oddają całe uzyskane ciepło i uchodzą prawie chłodne przy temperaturze około 150°C przez zawór wydmuchowy. Należy zauważyć, że obydwie zawory w ściankach cylindra stykają się z chłodnym gazem roboczym.

W odmiennym wykonaniu regeneratore jest oddzielony od cylindrów i są przewidziane oddzielne zawory i mechanizmy zaworowe do regulowania przepływu środka pędnego do regeneratora i z regeneratora, jak pokazane na fig. 2. W tym wypadku połowa zaworów regeneratora i zawory silnika są urządzone, jako gorące zawory.

Przedstawione na fig. 2 urządzenie przy trójcylindrowym silniku tłokowym jest podobne do pokazanego na fig. 1. Między cylindrami są umieszczone przelotnie V, jak zwykle przy tego rodzaju silnikach. Dwie tarcze ksiukowe 21, sterujące zawory chłodniejszego końca regeneratora, mogą być zmontowane na wale, który zostaje poruszany z przerywaniem przez wał silnika w ten sposób, aby nawracać zawory 18 albo jednocześnie albo kolejno, zależnie od potrzeby i odpowiednio do tego, czy regeneratore składa się z jednej, czy kilku par cylindrów.

Na fig. 3 cylinder składa się z dwóch części, z których jedna C wskutek wystawienia jej na działanie gorącego środka napędnego jest zrobiona z odpornego stopu, powyżej opisanego, druga zaś część C^1 , która nie znajduje się pod bezpośrednim działaniem gorącego środka napędnego, jest zrobiona ze zwykłego materiału i stanowi jedną całość z osłoną C^2 . Odlana osłona C^2 otacza rozżarzoną do czerwoności część C, tworząc powietrzny płaszcz 23

i zawiera wodny chłodzący płaszcz 24, za pomocą którego powierzchnia cylindra, którą przebiega część D^1 tłoka, i pierścienie uszczelniające 25 są chłodzone i mogą być skutecznie smarowane. Tłok składa się także z dwóch części. Część czerwono-żarowa D jest zrobiona z odpornego stopu, chłodniejsza zaś część D^1 ze zwykłego metalu. Obydwie części są trwale połączone za pomocą odpowiednich środków. Czerwono-żarowa część D ma lekki luz w kierunku średnicy tak, że nie dotyka ona ścianek gorącego cylindra C .

Należy tutaj zauważyć, że, podczas gdy w małych silnikach i turbinach cylindry i stałki mogą być osłonięte dla zabezpieczenia straty ciepła przez promieniowanie, większe silniki i turbiny mogą pozostać nie osłoniętymi, a w jeszcze większych silnikach i turbinach zewnętrzne powierzchnie części, stykające się z gorącym środkiem napędnym mogą być z korzyścią ochładzane, np. prądem powietrza. Tego rodzaju ochładzanie umożliwia zastosowanie jeszcze wyższych temperatur dla gorącego środka napędnego, dając jednocześnie pewność, że najwyższe temperatury wspomnianych części znajdują się w granicach wytrzymałości ogniotrwałego stopu.

Fig. 5 podaje szkic odmiennego wykonania cylindra i tłoka, przyczem każde z nich stanowi jeden odlew z ogniotrwałego stopu. Wskutek wielkiego oporu, jaki stawia przewodnictwu ciepła ogniotrwały stop, górne części, stykające się ze środkiem napędnym, mogą być rozżarzone do czerwoności, podczas gdy dolne części są względnie chłodne i mogą być skutecznie smarowane.

Pokrywa 27 cylindra (fig. 3) zawiera siodło dla wydrążonego cylindrycznego wlotowego zaworu 28, z rurkowatym trzonem 29. Zawór wydmuchowy 32 jest osadzony na tym zaworze wlotowym. Zawory te są uruchamiane tarczami ksiukowymi 33 i 34, poruszanymi przez wał 36, przyczem

dwie tarcze 33 służą dla wlotu. Sprężyny 37 i 38 zamykają wlotowe, względnie wydmuchowe zawory. Wał 36 jest poruszany przez główny wał korbowy 40 silnika za pomocą bocznego pionowego wału 41 i dwóch par kół śrubowych 42 i 43. Iglicowy zawór 45 do wtryskiwania paliwa jest uruchomiany przez boczny wał 41 w sposób pokazany na fig. 4, za pomocą tarczy ksiukowej 48 jęczyczka 49 i zespołu dźwigni (fig. 4). Zamknięcie zaworu skutecznia sprężyna 50. Do zapalania mieszaniny przy puszczeniu w ruch służy świeca zapalna 51. Przy 52 jest urządzony otwór dla umieszczenia indykatora.

Dwustopniowa powietrzna sprężarka A jest napędzana bezpośrednio głównym wałem korbowym 40. Międzystopniowa chłodnica A^1 , obchłodki A^2 i inne części są pokazane na fig. 3 dosyć szczegółowo i nie wymagają specjalnego opisu. Podobnie gazowa sprężarka (fig. 6—8) nie wymaga specjalnego opisu.

Regeneratory, używane przy powyższego rodzaju silnikach, czy to u wierzchołka cylindra, jak przy silnikach tłokowych, czy przy turbinach, mają tę właściwość, że pracują z jednego końca przy wysokiej temperaturze czerwonego żaru, podczas gdy drugi ich koniec znajduje się we względnie niskiej temperaturze. Regeneratory, umieszczane u wierzchołka cylindra, są wykonane całkowicie z opisanego powyżej wybranego metalu lub stopu. Regeneratory, zastosowane do tłokowego silnika, posiadają małą wewnętrzną pojemność tak, że całkowita objętość szkodliwej przestrzeni cylindra stanowi mniej, niż 10% objętości suwu tłoka. Częste przełączanie regeneratorów zapewnia to, że można otrzymać maksymalną wymianę ciepła z danej wagi cienkiego, ogniotrwałego materiału.

Regeneratory, używane przy niniejszym wynalazku, są bardzo często przełączane w porównaniu ze znanymi w praktyce i pod tym względem są zupełnie nowymi urzą-

dzeniami. Najszybszy przełączny regeneratore jest potrzebny w wierzchołku cylindra małego tłokowego silnika, podług fig. 3, w którym ilość przełączeń dochodzi do 3000 na minutę. Najlepiej zrobić go z pasma albo drutu z ogniotrwałego stopu z małymi przejściami między nimi dla środka napędnego. Najrzadziej przełączanym regeneratorem jest turbinowy regenerator, albo oddzielny regenerator dla tłokowego silnika (fig. 2). Te dwa regeneratory są zupełnie do siebie podobne i mogą być przełączane trzy razy na minutę. Materiał pracujący tych regeneratorów może być zrobiony z grubszych metalowych płyt albo z ogniotrwałego niemetalicznego materiału, odlanego w płyty i nawet z łomu ogniotrwałego materiału. W wypadkach najczęstszego przełączania regeneratywny materiał nie może być porowatym, przy mniej częstych przełączeniach pewien mały stopień porowatości jest dopuszczalny i nie wywołuje niepotrzebnych strat. We wszystkich wypadkach przestrzeń, przeznaczoną do przejścia materji przez regeneratory, należy zredukować do minimum w stosunku do odsłoniętej powierzchni. Powierzchnie i częstokroć przełączania muszą być we wszystkich wypadkach dostatecznie duże, ażeby obniżyć temperaturę wydmuchowych gazów do temperatury, różniącej się o kilka stopni od temperatury wchodzących gazów i dobrze w ten sposób wyzyskać regeneratore, co ważnem jest dla otrzymania wysokiej sprawności silnika, ponieważ duży procent całkowitego ciepła zostaje odzyskany zapomocą regeneratora.

Chociaż osłona regeneratora jest skonstruowana z mocnego, ogniotrwałego materiału, powyżej wskazanego, jednak czynne, gromadzące ciepło części regeneratora wewnątrz osłony nie potrzebują być bardzo mocnymi, chociaż są one odporne na nagryzania i muszą także posiadać dużą pojemność cieplną. Część regeneratora,

gromadząca ciepło, może być zrobiona z cienkich pasm ogniotrwałego metalu. Pasma te powinny być tak rozmieszczone, aby zabezpieczyć w regeneratorze możliwie najmniejszą pojemność dla materji.

Regeneratore, umieszczany wewnątrz czerwono-żarowego cylindra silnika, w jednym sposobie wykonania posiada pewną liczbę prostych pasm 61, dwie boczne płytki 62 i obręcz 63, spojeną z bocznymi płytkami tak, że części 62 i 63 trzymają się razem i tworzą tarczę (fig. 10). Zamiast zapomocą obręczy i spawania, części te można złączyć zapomocą nitów, przechodzących przez obie boczne płytki 62 i przez wszystkie pasma 61. Wszystkie te części wyrabia się z jednego z wybranych ogniotrwałych stopów. Odstępy między pasmami 61 otrzymuje się zapomocą wytłoczenia w pasmach pewnej liczby odpowiednio rozmieszczonych wypukleń jednakowego kształtu i następnie zebrania wszystkich pasm razem tak, że wypuklenia jednego pasma wchodzą we wklęsnięcia, powstałe od wypukleń w przyległym pasmie. Krzywizna tych wypukleń jest taka, aby otrzymać pożądaný odstępy, jak pokazano w znacznie powiększonej skali na fig. 11, gdzie przedstawiono trzy równoległe pasma. W jednym z wykonanych regeneratorów, tworzącym tarczę o średnicy około 90 mm, grubość pasm była 0,125 mm, a szerokość przestrzeni między dwoma przyległymi pasmami była 0,075 mm. Przy szerokości pasma, to znaczy grubości tarczy 16,5 mm, powierzchnia regeneratora wynosi w przybliżeniu 9375 cm².

Na fig. 12 regeneratore składa się z trzech takich tarcz, z których każda jest wykonana z pasma wyższego, niż pasmo, użyte w regeneratorze, pokazanym na fig. 9.

W wypadku użycia oddzielnego regeneratora, może on być ukształtowany, jako przeciwprądowy regeneratore i zrobiony z bardzo cienkich płytek ogniotrwałego materiału, podtrzymywanych w bardzo bli-

skich od siebie odstępach, aby płytki te mogły wytrzymać robocze ciśnienia, przy ich minimalnej grubości i zużyciu na nie najmniejszej ilości materiału. W przeciwnym prądowym regeneratorskim ośrodek oddający ciepło i ośrodek przyjmujący ciepło płyną w przeciwnych kierunkach przez przenoszące ciepło elementy, których ścianki oddzielają te dwa ośrodki. Przenoszenie ciepła odbywa się przez przewodnictwo z jednej powierzchni elementów, przenoszących ciepło, do drugiej. Bieg tych dwóch prądów może się odbywać stale bez przerw i bez przełączania.

W jednym sposobie wykonania przeciwnego regeneratorskiego, pokazanym na fig. 13—16, została zastosowana komórkowa konstrukcja dla wymieniających ciepło elementów. Cienki arkusz odpowiedniej długości i szerokości zostaje tak zgięty, że tworzy pewną liczbę równoległych fałd, które mogą być zamknięte w osłonie o kształcie w przybliżeniu równoległoboku. Fałdy zgiętej płyty są ścięte tak, że ścięte końce leżą w czterech skośnych powierzchniach 66. Krawędzie płyty w tych miejscach są w ten sposób ukształtowane w szeregu długich, wąskich U. Krawędzie każdego U są spawane albo jakoś inaczej złączone razem. Płyta 67, zaopatrzona w kołnierz, jest spojona z komórkowym zespołem, utworzonym przez zgiętą płytę 65 wzdłuż jego obwodu. Kołnierz 67 jest zacisnięty między kołnierzami zewnętrznego pokrowca, który się składa z dwóch części 68 i 69, tworzących zewnętrzną osłonę. Dla każdej części 68 i 69 może być przewidziana odejmowalna pokrywa 70. Wlot gorącego wydmuchu znajduje się przy 71, a wylot chłodnego wydmuchu — przy 72 w części 68 osłony, podczas gdy wlot chłodnego sprężonego powietrza jest przy 73, a wylot gorącego sprężonego powietrza przy 74 w części 69 osłony. Przestrzeń wewnętrzna osłony 68, 69, 70 jest podzielona

komórkowym zespołem 65, 67 na dwie części, przez które dwa prądy mogą płynąć w przeciwnych kierunkach. Wszystkie te części są zrobione z wybranego ogniotrwałego i odpornego stopu.

Dla arkusza 65 odpowiednią grubością będzie 0,125 do 0,25 mm, a odpowiednim odstępem między ściankami każdej komórki będzie 0,75 do 1,25 mm. Biorąc mniejsze z podanych wartości, przeciwny regeneratorski o wewnętrznych rozmiarach $200 \times 75 \times 38$ mm posiada powierzchnię o w przybliżeniu 9375 cm² dla przewodnictwa ciepła przez ścianki komórek od jednego ośrodka do drugiego.

Różnica ciśnień obu tych ośrodków może być wielką i pozostaje tylko opisać, w jaki sposób jest zrobiona taka cienka i płaska płytka, aby mogła przeciwdziałać tak wielkim ciśnieniom ośrodka. Może to być uskutecznione w najrozmaitszy sposób. Między każdą parą fałd płyty 65, które pod ciśnieniem ośrodka starają się zbliżyć ku sobie, można umieścić pręty rozporowe, utrzymywane w odpowiednich odległościach zapomocą cienkich pręcików lub drutów, lub wytłacza się w pasmie 65 przed zgięciem go pewną ilość okrągłych wypukleń. Można też wytłoczyć w płycie 65 dwa rzędy równoległych żeber w takim kierunku, że, gdy płytka jest zgięta, żebra jednego rzędu krzyżują się z żebrami drugiego rzędu, przez co powstają punkty styku w odpowiednich odstępach. Wreszcie zamiast tego można przypoić pewną liczbę drutów odpowiedniego przekroju do płyty, co daje takie same rezultaty. Punkty styku są wskazane na fig. 16.

Odporne stopy, z których są zrobione pracujące w stanie czerwonego żaru części, są o wiele więcej odporne na przewodzenie ciepła, niż zwykłe materiały, używane dla cylindrów, tłoków, turbinowych osłon, wirników i łopatek. Pod względem oporu na przewodzeniu ciepła odporne metale lub

stopu można prędzej porównać z ogniotrwałą cegłą lub tej podobnym materiałem, niż ze zwykłymi metalami i stopami.

Gdy jako środek napędny zostaje użyta para, straty ciepła w termodynamicznym przebiegu, powstające wskutek przewodnictwa cieplnego materiału, zmniejszają się do bardzo małych rozmiarów. Zastosowanie skraplacza poleca się w wypadkach, gdy można rozporządzać chłodzącą wodą, a to w tym celu, aby minimalna temperatura przebiegu była możliwie niską. Para odlotowa niskiego ciśnienia, mająca wciąż temperaturę blisko czerwonego żaru, zostaje przepuszczana z silnika lub turbiny przez przeciwprądowy regeneratory, gdzie ona oddaje większą część swego jawnego ciepła i następnie płynie do skraplacza, gdzie zostaje zabrane jej ukryte ciepło. Skroplinę przetłacza się zapomocą zasila-
jącej pompy przez przeciwprądowy regeneratory, gdzie temperatura jej zostaje podniesiona i gdzie ona może być zamieniona na parę nasyconą, a nawet lekko przegrzaną przy określonym ciśnieniu. Następnie para ta przepływa przez ogrzewany paliwem przeciwprądowy regeneratory, przez który w przeciwnym kierunku przepływają gorące gazy, powstałe przy spalaniu paliwa. Można zastosować kilka ogrzewanych paliwem przeciwprądowych regeneratorów w różnych stopniach rozszerzania się pary, np. przy przelotniach V kilkocylindrowego silnika tłokowego (fig. 2) albo przy f^2 , f^3 , f^4 , f^5 , f^6 w turbinie (fig. 3). W ten sposób przeciwprądowy regeneratory, przez który przepływa para odlotowa niskiego ciśnienia, działa jako kocioł parowy, a ogrzewane paliwem przeciwprądowe regeneratory, jako przegrzewacze.

Wysokie stopnie ciśnienia rozprężenia pary przy temperaturze czerwonego żaru mogą być skutecznie w tłokowym silniku o jednym albo kilku szeregowo włączo-

nych cylindrach, a niskie stopnie ciśnienia rozprężenia — w turbinie.

We wszystkich wypadkach regeneratory, turbinowe osłony, łopatki i wirniki, albo cylindry i tłoki są wyrobione z metalu lub stopu, zdolnego do przeciwdziałania naprężeniom, powstającym przy wysokich temperaturach, przy których one muszą pracować. Części te muszą także być odporne na chemiczne działanie gorącego środka napędnego, t. j. gazów spalinowych przy tych temperaturach albo dzięki własnym właściwościom albo dzięki powłokom, które są niewrażliwe na takie działania.

Należy zauważyć, że gdy paliwo lub ciepło paliwa jest doprowadzone środkowi napędnemu w kilku stopniach jego rozprężenia, to takie rozprężenie może być w przybliżeniu izotermiczne. W turbinach spalinowych to zbliżenie do izotermicznego rozprężenia może być bardzo dużem. Ostatni stopień rozprężenia, aż do ciśnienia wydmuchu, może się odbywać bez dalszego dostarczania paliwa lub ciepła paliwa. Dzięki wysokiemu oporowi przewodzeniu ciepła ze strony roboczych części, takie rozprężenie będzie bardziej zbliżone do adyabatycznego rozprężenia, niż to było osiągnięte dotychczas. Sprężanie środka napędnego przy niskiej temperaturze (sprężenie powietrza w wielostopniowej sprężarce z obchłodkiem i międzystopniowymi chłodnicami albo doprowadzanie zapomocą pompy wody do zespołu kotłów i rur wysokiego ciśnienia) jest bardzo zbliżone do sprężenia izotermicznego.

Zastrzeżenia patentowe.

1. Silnik cieplny, tem znamienny, że stykające się z gorącym (o temperaturze najmniej około 600°C) środkiem napędnym części są utrzymywane w temperaturze czerwonego żaru i wykonane z ogniotrwałych metali lub stopów, odpornych na dzia-

łanie gorącego środka napędnego i o mocy, dostatecznej do przeciwdziałania naprężeniom.

2. Silnik cieplny podług zastrzeżenia 1, tem znamienny, że urządzenia, narażone na działanie środka napędnego oraz na naprężenia robocze przy temperaturze czernego żaru, są wykonane z ogniotrwałych metali lub stopów, które opierają się działaniu środka napędnego i wytrzymują naprężenia przy wysokich temperaturach, przy których one pracują.

3. Silnik cieplny podług zastrzeżeń 1 i 2, tem znamienny, że stykające się z gorącym środkiem napędnym części są wykonane z ogniotrwałych stopów, zawierających metal lub metale grupy chromowej.

4. Silnik cieplny podług zastrzeżeń 1, 2 i 3, tem znamienny, że części są wykonane z ogniotrwałych stopów, zawierających metal lub metale grupy chromowej oraz metal lub metale grupy niklowej.

5. Silnik cieplny podług zastrzeżeń 1, 2 i 3, tem znamienny, że stykające się z gorącym środkiem napędnym części są wykonane z ogniotrwałych stopów, zawierających metal lub metale grupy chromowej, skombinowanej z borem, aluminium lub krzemem.

6. Silnik cieplny podług zastrzeżeń 1, 2 i 3, tem znamienny, że ogniotrwały stop obok metalu lub metali grupy chromowej zawiera jeszcze metal lub metale grupy rzadkich ziem.

7. Silnik cieplny podług zastrzeżenia 1, tem znamienny, że ciepło paliwa zostaje dodawane środkowi napędnemu po otrzymaniu ciepła z regeneratora.

8. Silnik cieplny podług zastrzeżenia 1, tem znamienny, że posiada zbudowany z ogniotrwałego materiału regeneratore, składający się z cienkich pasm.

9. Silnik cieplny podług zastrzeżeń 1—3, tem znamienny, że pracuje według termodynamicznego przebiegu, składającego się

z a) praktycznie izotermicznego sprężenia środka napędnego przy minimalnej temperaturze przebiegu od stanu największej do stanu najmniejszej objętości, b) regeneratywnego nagrzania środka napędnego po izotermicznym sprężeniu zapomocą ciepła, czerpanego ze środka napędnego z poprzedniego okresu przebiegu, gdy środek ten ma najmniejsze albo prawie najmniejsze, czyli wydmuchowe ciśnienie i c) praktycznie izotermicznego rozprężenia środka napędnego przy najwyższej temperaturze przebiegu, przy jednoczesnem zasilaniu ciepłem paliwa.

10. Silnik cieplny podług zastrzeżeń 1—3, tem znamienny, że pracuje według następującego termodynamicznego przebiegu:

a) izotermiczne, albo zbliżone do izotermicznego, sprężenie środka napędnego przy najniższej temperaturze od jej największej do najmniejszej objętości;

b) regeneratywne nagrzanie środka napędnego po wykonaniu wspomnianego izotermicznego sprężenia, przez co objętość jego zostaje powiększona wskutek ciepła, czerpanego z środka napędnego z poprzedniego okresu, gdy środek ten posiada najmniejsze, czyli wydmuchowe ciśnienie;

c) nagrzanie środka napędnego zapomocą dopływu ciepła paliwa;

d) rozprężenie środka napędnego z dalszym dopływem ciepła paliwa lub też bez tego dopływu aż do takiej wydmuchowej temperatury, jaką tylko regeneratore będzie w stanie wytrzymać;

e) regeneratywne przenoszenie ciepła od gorącego środka napędnego o niskim ciśnieniu do środka napędnego znajdującego się pod ciśnieniem sprężania, jak podano w punkcie b;

f) wydzielanie ciepła ze środka napędnego niskiego ciśnienia przez dalsze ochładzanie go.

11. Silnik cieplny podług zastrzeżeń

1—3, tem znamieny, że posiada regenera-
tor albo szereg regeneratorów, które od-
bierają ciepło środkowi napędnemu po je-
go rozprężeniu w naczyniu lub naczyniach,
znajdujących się w temperaturze czerwone-
go żaru i zwraca to ciepło środkowi na-
pędnemu po jego sprężeniu w naczyniu lub
naczyniach o niskiej temperaturze, zanim
środek ten otrzyma odpowiednią ilość cie-
pła od paliwa.

12. Silnik cieplny podług zastrzeżeń
1—3, tem znamieny, że posiada regenera-
tor dla gazów posiadających temperaturę
czerwonego żaru i o wysokich ciśnieniach,
zbudowany z ogniotrwałego metalowego
stopu, którego ścianki są bardzo cienkie i
który jest zastosowany do przewodzenia
ciepła przez ścianki.

13. Silnik cieplny podług zastrzeżeń
1—3 z jednym lub z kilkoma tłokami o ru-
chu zwrotnym, tem znamieny, że wewnątrz
cylindra, względnie cylindrów, jest urzą-
dzony przełączalny regenera-
tor, a całkowita przestrzeń szkodliwa cylindra, względ-
nie każdego cylindra, wynosi najwyżej
około 10%.

14. Silnik cieplny podług zastrzeżenia
1 z tłokiem o ruchu zwrotnym, tem zna-
mieny, że cylinder, tłok i zawory cylindra
pracują przy temperaturze czerwonego ża-
ru i że silnik ten posiada niezależny zespół
regenera-
torów z gorącymi zaworami na
jednym końcu i chłodnymi zaworami na
drugim końcu.

15. Silnik cieplny podług zastrzeżeń
1, 2 i 3 z tłokiem o ruchu zwrotnym, tem
znamieny, że posiada niezależne urządze-
nie dla sprężania środka napędnego i dla
dostarczania mu ciepła paliwa.

16. Silnik cieplny podług zastrzeżeń 1,
2 i 3 o dwóch przynajmniej cylindrach z tł-
kami o ruchu zwrotnym, tem znamieny,
że cylindry, odpowiednio do przepływu
środka napędnego, są włączone w szereg
i że środkowi napędnemu jest doprowadza-

ne ciepło paliwa stopniami przy dwóch lub
więcej cylindrach.

17. Silnik cieplny podług zastrzeżeń
1—3, tem znamieny, że posiada zespół
regenera-
torów, umieszczonych poza prze-
strzenią roboczą silnika.

18. Silnik cieplny podług zastrzeżeń
1—3, w którym rozprężenie odbywa się w
jednym lub kilku następujących po so-
bie stopniach, tem znamieny, że posiada
komory spalinowe, urządzenie do wtryski-
wania paliwa do tych komór spaliniowych,
urządzenie do dostarczania paliwa przy
pożądanych ciśnieniach i regeneratory,
przyczem komory spalinowe, gdy jest ich
więcej, niż jedna, otrzymują środek na-
pędny po jego rozprężeniu w poprzednim
stopniu.

19. Silnik cieplny podług zastrzeżenia
1—3, tem znamieny, że posiada urządze-
nie do wtryskiwania paliwa w kilku stop-
niach rozprężania się środka napędnego,
wskutek czego temperatura jego w tych
stopniach jest utrzymana możliwie najbli-
żej określonego maximum.

20. Silnik cieplny podług zastrzeżeń
1—3, wykonywany jako turbina, pracująca
przy temperaturze czerwonego żaru, tem
znamieny, że posiada wielostopniowe u-
rządzenie sprężające z międzystopniowym
chłodzeniem i regeneratory dla środka na-
pędnego.

21. Silnik cieplny podług zastrzeżeń
1—3, wykonywany jako turbina, pracująca
przy temperaturze czerwonego żaru, tem
znamieny, że posiada urządzenie dla do-
starczania ciepła paliwa poprzez stałkę w
kilku miejscach wzdłuż kierunku przepły-
wu środka napędnego.

22. Silnik cieplny podług zastrzeżeń
1—3, wykonany jako promieniowa turbina,
pracująca przy temperaturze czerwonego
żaru z szeregiem nieruchomych i rucho-
mych łopatek, znamieny cechami, wymie-
nionymi w zastrzeżeniach 19—21.

23. Silnik cieplny podług zastrzeżeń 1—3, wykonany jako turbina skombinowana z typu osiowego i promieniowego i pracująca przy temperaturze czerwonego żaru, znamienna cechami, wymienionymi w zastrzeżeniach 19—21.

24. Silnik cieplny podług zastrzeżeń 1—3, wykonany jako promieniowa turbina, pracująca przy temperaturze czerwonego żaru, w której wieńce łopatkowe wirują w przeciwnych kierunkach, znamienna cechami, wymienionymi w zastrzeżeniach 19—21.

25. Silnik cieplny podług zastrzeżenia 1, tem znamienny, że wysokoprężna część z tłokiem o ruchu zwrotnym jest włączona w szereg z niskoprężną częścią, wykonaną jako turbina.

26. Silnik cieplny podług zastrzeżeń 1—3, tem znamienny, że posiada zespół przełączalnych regeneratorów dla przenoszenia ciepła z gorącego wydmuchowego środka napędnego o niskim ciśnieniu na środek napędny o wysokim ciśnieniu z samoczynnymi lub mechanicznie uruchamianymi nawrotczymi zaworami na gorącym końcu regeneratorów i mechanicznie uruchamianymi nawrotczymi zaworami na chłodniejszym końcu regeneratorów.

27. Silnik cieplny podług zastrzeżeń 1—3, wykonany jako silnik tłokowy, tem znamienny, że jedne części cylindra i tłoka są wykonane z ogniotrwałego i odpornego stopu i są wystawione na działanie czerwonego żaru środka napędnego, drugie zaś części pracują przy zwykłych temperaturach i są ochładzane lub nie, przyczem między temi chłodniejszymi częściami cylindra i tłoka umieszczone są uszczelnienia.

28. Silnik cieplny podług zastrzeżeń 1—3, wykonany jako silnik tłokowy, tem znamienny, że cylinder i tłok, wyrobione z ogniotrwałego odpornego stopu, niestykają się na końcu, który jest poddany działaniu czerwonego żaru środka napędnego, na drugim zaś końcu, który pracuje przy względnie niskiej temperaturze, dzięki temu, że wspomniany stop odznacza się bardzo słabym przewodnictwem ciepła, są ściśle dopasowane i w tem miejscu uszczelnione na ciśnienie środka napędnego.

29. Silnik cieplny podług zastrzeżeń 1—3, wykonany jako turbina, tem znamienny, że spalanie paliwa odbywa się podczas przepływu środka napędnego przez łopatki wirnika i stałki.

30. Silnik cieplny podług zastrzeżenia 1, wykonany jako silnik tłokowy, pracujący parą przegrzaną i przy temperaturze czerwonego żaru, tem znamienny, że urządzenia do przenoszenia ciepła i urządzenia do przetwarzania ciepła na pracę są wykonane podług zastrzeżeń 2 i 3.

31. Silnik cieplny podług zastrzeżenia 1, wykonany jako turbina, pracująca przegrzaną parą, tem znamienny, że urządzenia do przenoszenia ciepła przy wysokiej temperaturze i urządzenia do przetwarzania ciepła na pracę są wykonane podług zastrzeżeń 2 i 3.

32. Silnik cieplny podług zastrzeżeń 1—3, tem znamienny, że pracujące przy temperaturze czerwonego żaru części są izolowane dla uniknięcia straty ciepła.

Sebastian Ziani de Ferranti,
Zastępca: M. Brokman,
rzecznik patentowy.

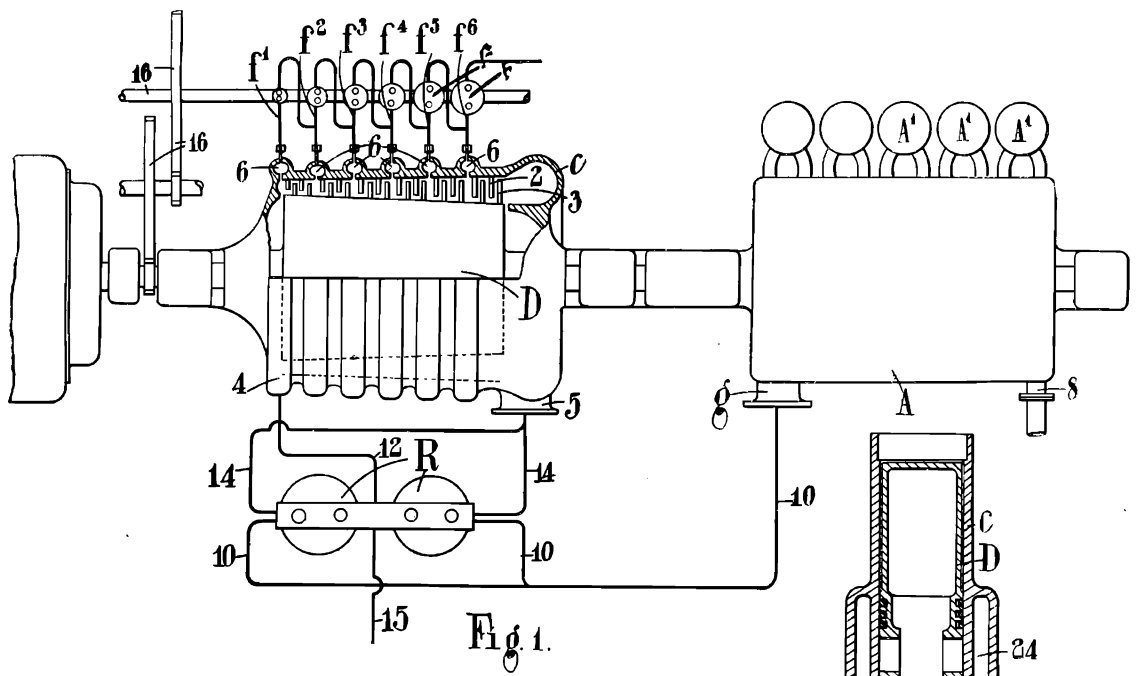
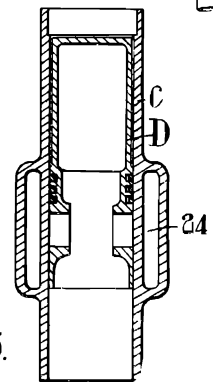
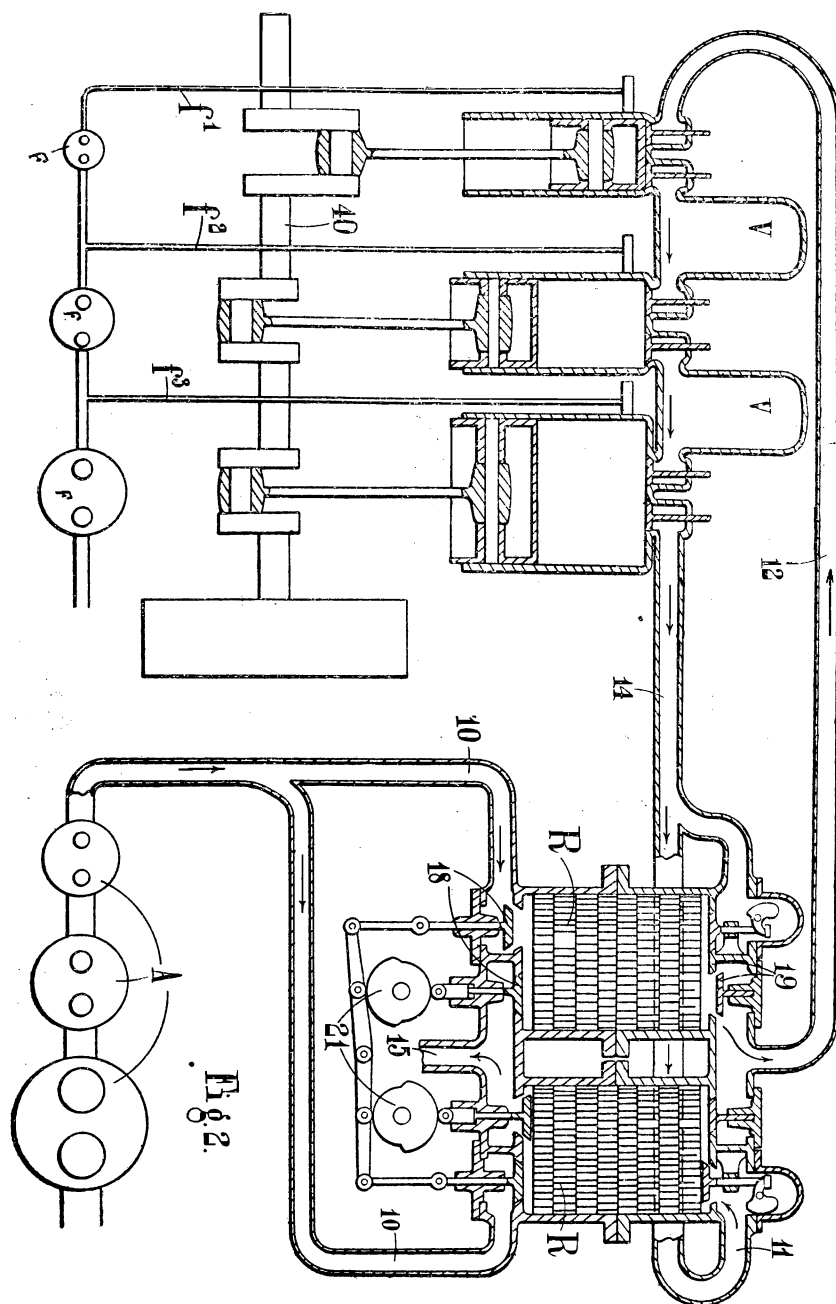


Fig. 5.





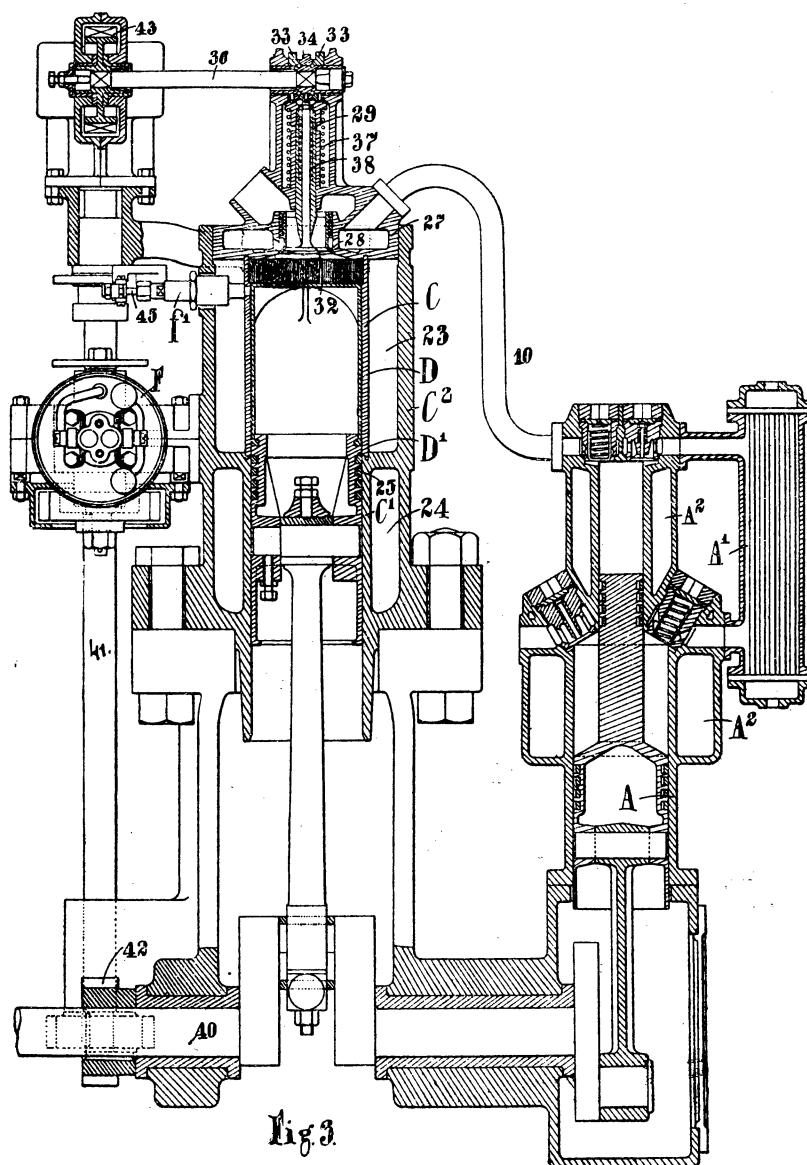
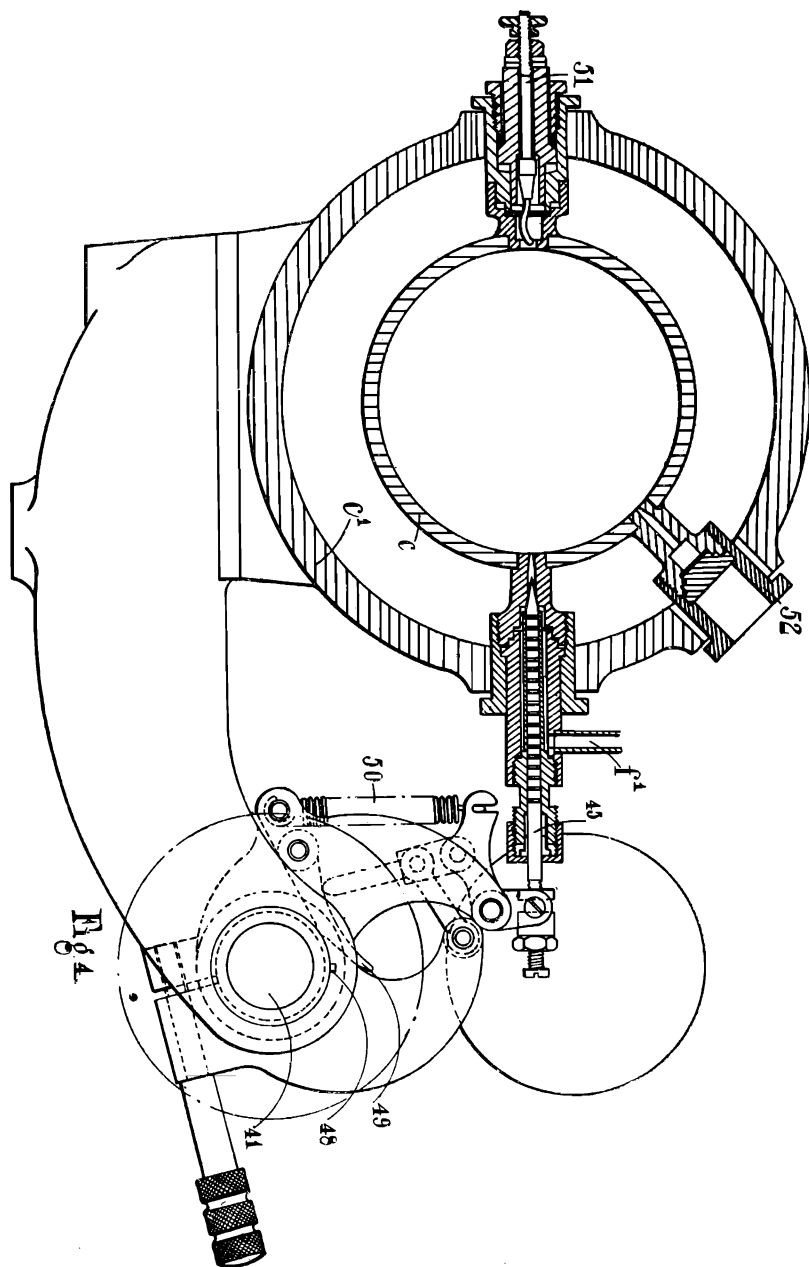
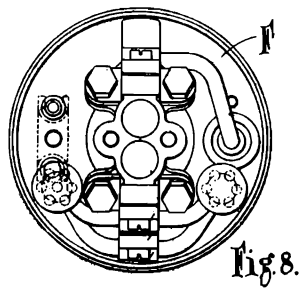
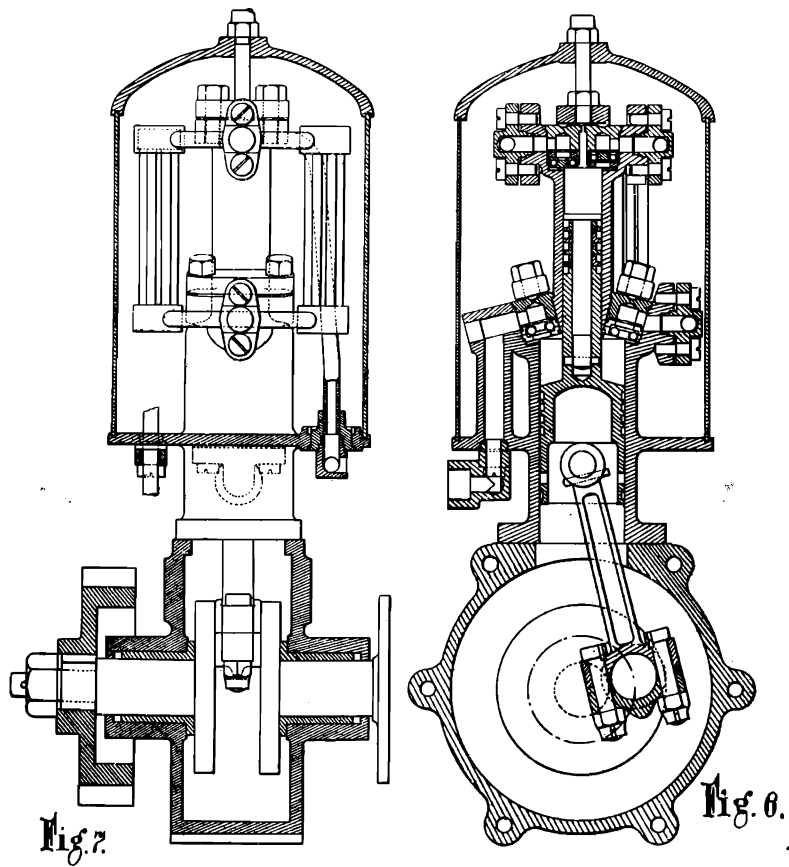


Fig. 3.





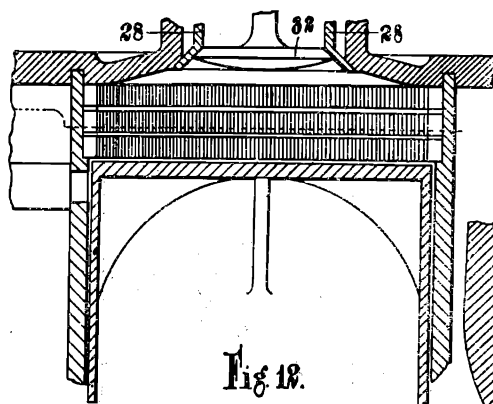


Fig. 18.

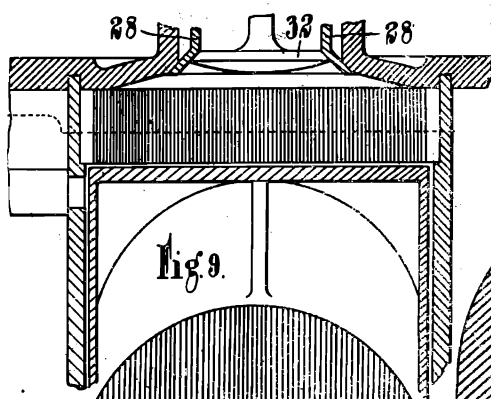


Fig. 9.

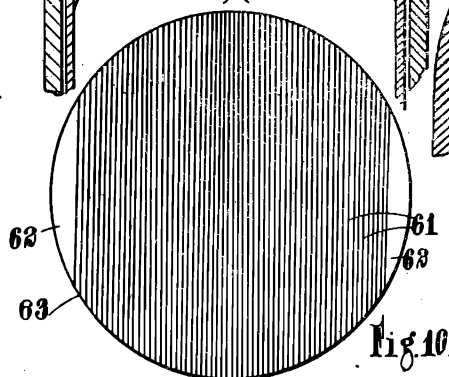


Fig. 10.

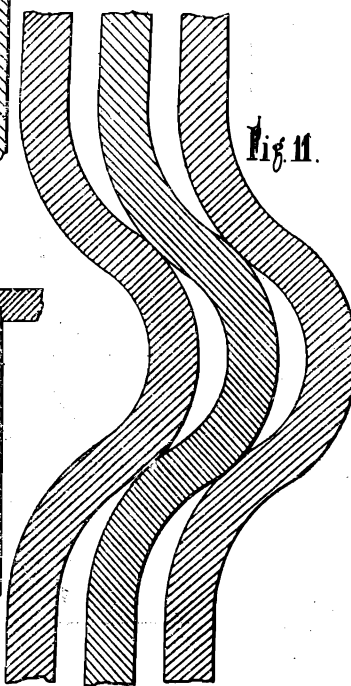


Fig. 11.

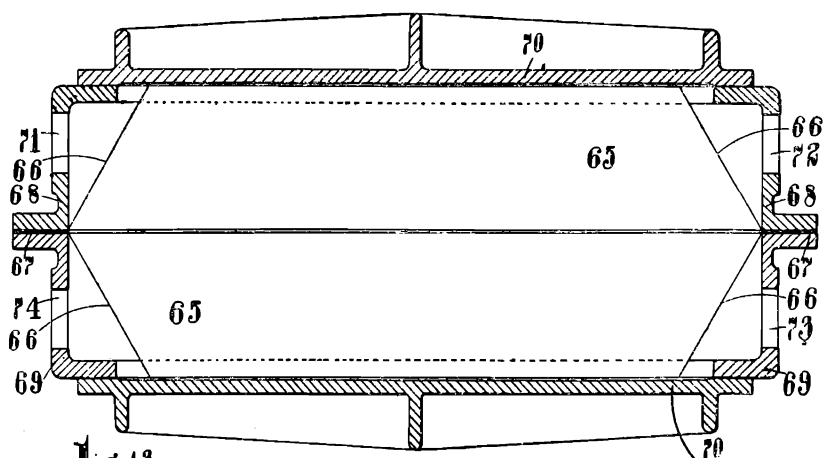


Fig 13

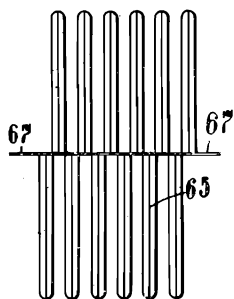


Fig 15.

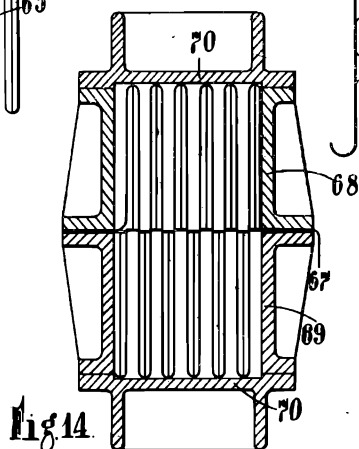


Fig 14.

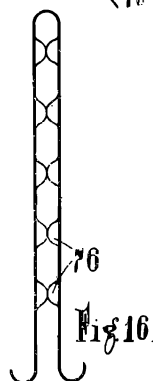


Fig 16.