

(19)



URZĄD
PATENTOWY
RZECZYPOSPOLITEJ
POLSKIEJ

(10)

PL 245006 B1

(12)

Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **441382**

(22) Data zgłoszenia: **2022.06.06**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2023.05.15 BUP 20/2023**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2024.04.15 WUP 16/2024**

(51) MKP:

F25B 39/02 (2006.01)

F25B 41/37 (2021.01)

F25B 47/00 (2006.01)

(73) Uprawniony z patentu:

**IGLOO SPÓŁKA Z OGRANICZONĄ
ODPOWIEDZIALNOŚCIĄ, Stary Wiśnicz, PL**

(72) Twórca(-y) wynalazku:

**MIŁOSZ KAMIL WŁODARCZYK, Bochnia, PL
MARCIN KOWACZ, Karniów, PL**

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Ludwik Hudy, Czernichów, PL

(54) Tytuł:

**Sposób formowania zestawu kapilar kolektora wymiennika ciepła, kolektor wymiennika
ciepła maszyn ciepłych z zestawem kapilar, zestaw kapilar kolektora wymiennika ciepła**

PL 245006 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest kolektor wymiennika ciepła maszyn ciepłych, takich jak pompy ciepła, osuszacze powietrza, agregaty skraplające i podobne maszyny, w szczególności takie, które charakteryzują się zmienną wydajnością pracy. Ponadto przedmiotem wynalazku jest zestaw kapilar wymiennika ciepła, za pomocą których medium chłodnicze jest rozprowadzane z kolektora do sekcji wymiennika ciepła maszyn ciepłych. Przedmiotem wynalazku jest również sposób formowania zestawu kapilar kolektora wymiennika ciepła.

W obecnym stanie techniki czynnik chłodniczy podawany przez sprężarkę trafia do kolektora wymiennika ciepła maszyny cieplnej, po którym za pomocą kapilar trafia do danej sekcji wymiennika. Dla zapewnienia równomiernej pracy urządzenia, kapilary dla każdej sekcji muszą być jednakowej długości, co powoduje, że producenci maszyn ciepłych oraz producenci wymienników stosują kapilary, które są ukształtowane w najprostszej geometrii pętli, a dystrybucja czynnika chłodniczego przebiega ze znaczną zmianą wysokości. Rozwiązanie to sprawdza się w urządzeniach o stałej wydajności. W maszynach pracujących w zmiennej wydajności czynnika chłodniczego rozwiązanie powszechnie stosowane generuje problem zalegania oleju będącego produktem ubocznym pracy sprężarki maszyny cieplnej. Podczas pracy maszyny w zakresie niskiego przepływu czynnika wewnątrz kapilar w niższych fragmentach zalegający olej uniemożliwia swobodny przepływ i równomierną dystrybucję czynnika chłodniczego na poszczególne sekcje wymiennika ciepła. Zjawisko to występuje, ponieważ stosowane dotychczas prowadzenie kapilar ma syfonowy kształt, w którym w najniższych punktach kapilar gromadzi się niepożądany olej. Podczas pracy na niskim obciążeniu maszyny cieplnej wewnątrz kapilar przepływ jest powolny, przez co kropelkom oleju łatwiej jest gromadzić się w najniższej zlokalizowanych obszarach kapilar. Olej ten osadza się szybciej na jednych kapilarach, a na drugich później, co z kolei przyczynia się do zdławienia przepływu oraz nierównomiernego wykorzystania efektywnej objętości wymiennika ciepła. Proces ten jest niekorzystny i niepożądany z punktu widzenia osiągnięć maszyny cieplnej. Korzyści z zastosowania wynalazku są szczególnie widoczne w maszynach ciepłych, typu pompa ciepła, pracujących w zmiennych warunkach pracy.

Celem wynalazku jest opracowanie geometrii kapilar pozwalającej zapobiec lub zredukować tworzenie się zjawiska osadzania oleju i poprawę osiągnięć maszyny cieplnej. Wynalazek znajduje zastosowanie szczególnie w przypadku gdy wymiennik ciepła posiada znaczną wysokość, dużą liczbę sekcji oraz małą liczbę rozdzielaczy, ponieważ urządzenie takie zwykle posiada długie zwisające w dół rurki kapilarne, które stają się syfonem o wysokiej różnicy poziomów wlotu i wylotu. Ciśnienie potrzebne do przetłoczenia zgromadzonego oleju musi wtedy posiadać znaczną wartość, a okolicznością pogarszającą sprawność wymiennika jest fakt, że zlokalizowane na różnych wysokościach wloty wymiennika wprowadzają różnice ciśnień hydrostatycznych na każdej z kapilar, w wyniku czego efektywność sekcji wymiennika jest nierównomierna.

Ideą wynalazku jest zestaw kapilar kolektora wymiennika ciepła przyłączonych do kolektora wymiennika ciepła maszyny cieplnej ukształtowanych z przewodu kapilarnego, z których każda jest połączalna jednym końcem z przynależnym do niej rozdzielaczem a drugim końcem z przynależnym do niej króćcem dopływowym sekcji wymiennika ciepła, której króciec wypływowy jest połączony z linią powrotną medium chłodniczego sekcji wymiennika ciepła, charakteryzujący się tym, że przewody kapilarne kapilar połączone z rozdzielaczem z króćcami dopływowymi sekcji wymiennika ciepła usytuowanymi bliżej rozdzielacza zestawu kapilar mają kształt bardziej odbiegający od linii prostej, przechodzący co najmniej fragmentarycznie w helisę, niż kształt przewodów kapilarnych kapilar przyłączonych do króćców dopływowych sekcji wymiennika ciepła usytuowanych dalej od rozdzielacza tego samego zestawu kapilar i przewody kapilarne kapilar połączone z rozdzielaczem z króćcami dopływowymi sekcji wymiennika ciepła usytuowanymi bliżej rozdzielacza zestawu kapilar mają długości, przy których opór przepływu medium chłodniczego przewodów kapilarnych danego zestawu nie różni się od oporu przepływu medium chłodniczego przewodów kapilarnych przyłączonych do króćców dopływowych sekcji wymiennika ciepła usytuowanych dalej od rozdzielacza tego samego zestawu kapilar o więcej niż 20%, niezależnie od ich kształtu.

Zestaw kapilar może zawierać odcinki w ilości równej liczbie kapilar, o długości nie mniejszej niż odległości każdego króćca dopływowego kapilary zestawu kapilar od rozdzielacza powiększone o długości zagięć przewodu kapilarnego kapilar, a każdy z odcinków uciętych z przewodu ciepła, a drugi koniec każdego z odcinków uciętych z przewodu kapilarnego sięga miejsca połączenia z przynależnym do

króćca dopływowego kapilary zestawu kapilar i kapilara położona najdalej od rozdzielacza jest uformowana z odcinka prostoliniowego i górnych zagięć dopływowych i dolnych zagięć odpływowych, a każda kapilara położona bliżej rozdzielacza jest uformowana w kształcie helisy mającej co najmniej jeden pełny zwój i górne zagięcia dopływowe i dolne zagięcia odpływowe, przy czym kapilara sąsiadująca z kapilarą z odcinkiem prostoliniowym ma co najmniej jeden pełny zwój, a każda następna kapilara, idąc w kierunku rozdzielacza, ma o co najmniej jeden zwój więcej niż poprzednia kapilara, a opór przepływu medium chłodniczego każdego z przewodów kapilarnych kapilar zestawu kapilar położonych bliżej rozdzielacza nie różni się o więcej niż 20%, niezależnie od ich kształtu, od oporu przepływu medium chłodniczego przewodu kapilarnego kapilary z odcinkiem prostoliniowym przyłączalnym do króćca dopływowego sekcji wymiennika ciepła usytuowanego najdalej od rozdzielacza tego samego zestawu kapilar.

Ponadto ideą wynalazku jest kolektor wymiennika ciepła maszyny cieplnej z zestawem kapilar rozprowadzającym medium chłodnicze do sekcji wymiennika ciepła, zawierający podłączoną do dopływu medium chłodniczego linię rozdzielczą z przepływowymi liniami rozprowadzającymi, zestawem n -rozdzielaczy przyłączonych do linii rozprowadzających, każdy z zestawem m -kapilar ukształtowanych z przewodu kapilarnego, z których każda jest połączona jednym końcem z przynależnym do niej rozdzielaczem a drugim końcem z przynależnym do niej króćcem dopływowym sekcji wymiennika ciepła, której króciec wypływowy jest połączony z linią powrotną medium chłodniczego sekcji wymiennika ciepła, charakteryzujący się tym, że przewody kapilarne kapilar łączące rozdzielacz z króćcami dopływowymi sekcji wymiennika ciepła usytuowanymi bliżej rozdzielacza zestawu kapilar mają kształt bardziej odbiegający od linii prostej niż kształt przewodów kapilarnych kapilar przyłączonych do króćców dopływowych sekcji wymiennika ciepła usytuowanych dalej od rozdzielacza tego samego zestawu kapilar, a przewody kapilarne kapilar łączące rozdzielacz z króćcami dopływowymi sekcji wymiennika ciepła usytuowanymi bliżej rozdzielacza zestawu kapilar mają długości, przy których opór przepływu medium chłodniczego przewodów kapilarnych danego zestawu nie różni się od oporu przepływu medium chłodniczego przewodów kapilarnych przyłączonych do króćców dopływowych sekcji wymiennika ciepła usytuowanych dalej od rozdzielacza tego samego zestawu kapilar o więcej niż 20%, niezależnie od ich kształtu.

Korzystnie, przewody kapilarne kapilar łączące rozdzielacz z króćcami dopływowymi sekcji wymiennika ciepła usytuowanymi bliżej rozdzielacza zestawu kapilar mają długości nie różniące się od długości przewodów kapilarnych kapilar przyłączonych do króćców dopływowych sekcji wymiennika ciepła usytuowanych dalej od rozdzielacza tego samego zestawu kapilar o więcej niż 30%, niezależnie od ich kształtu.

Przewód kapilarny kapilary łączący rozdzielacz z przynależnym do niej króćcem dopływowym sekcji wymiennika ciepła usytuowanym najdalej od rozdzielacza zestawu kapilar może mieć odcinek prostoliniowy z zagięciami po obu końcach dochodzącymi z jednego końca przewodu kapilarnego do rozdzielacza i z pozostałego końca przewodu kapilarnego do króćca dopływowego usytuowanego najdalej od rozdzielacza.

Ideą wynalazku jest również sposób formowania zestawu kapilar kolektora wymiennika ciepła maszyny cieplnej z zestawem kapilar i rozprowadzającego medium chłodnicze do sekcji wymiennika ciepła i zawierającego podłączoną do dopływu medium chłodniczego linię rozdzielczą z przepływowymi liniami rozprowadzającymi, zestawem n -rozdzielaczy przyłączonych do linii rozprowadzających, każdy z zestawem m -kapilar ukształtowanych z przewodu kapilarnego, z których każda jest połączona jednym końcem z przynależnym do niej rozdzielaczem a drugim końcem z przynależnym do niej króćcem dopływowym sekcji wymiennika ciepła, której króciec wypływowy jest połączony z linią powrotną medium chłodniczego sekcji wymiennika ciepła, w którym ustala się położenie każdego z n -rozdzielaczy względem króćca dopływowego kapilary przyporządkowanej do kapilary zestawu i określa się odległości każdego króćca dopływowego kapilary zestawu kapilar od rozdzielacza i z przewodu kapilarnego ucinają się odcinki w ilości równej liczbie kapilar, nie mniejsze niż odległości każdego króćca dopływowego kapilary zestawu kapilar od rozdzielacza powiększone o długości zagięć przewodu kapilarnego kapilar, a każdy z odcinków uciętych z przewodu kapilarnego jednym końcem łączy się z rozdzielaczem wybranej sekcji wymiennika ciepła, a drugi koniec każdego z odcinków uciętych z przewodu kapilarnego przycina się do miejsca połączenia z przynależnym do króćca dopływowego kapilary zestawu kapilar charakteryzujący się tym, że kapilarę położoną najdalej od rozdzielacza formuje się z odcinka prostoliniowego i górnych zagięć dopływowych i dolnych zagięć odpływowych, a następnie określa się opór przepływu medium chłodniczego przewodu kapilarnego kapilary z odcinkiem prostoliniowym, a każdą kapilarę położoną bliżej rozdzielacza formuje się w kształcie, co najmniej fragmentarycznie,

helisy mającej co najmniej jeden pełny zwój i górne zagięcia dopływowe i dolne zagięcia odpływowe, przy czym kapilara sąsiadująca z kapilarą z odcinkiem prostoliniowym ma co najmniej jeden zwój, a każda następna kapilara, idąc w kierunku rozdzielacza, ma o co najmniej jeden zwój więcej niż poprzednia kapilara, przy czym wielkość kapilary ze zwojami określonej średnicą przewodu kapilarnego, liczbą zwojów, średnicą zewnętrzną zwojów i skokiem linii śrubowej kapilary dobiera się doświadczalnie, aby opór przepływu medium chłodniczego każdego z przewodów kapilarnych kapilar zestawu kapilar położonych bliżej rozdzielacza nie różnił się o więcej niż 20%, niezależnie od ich kształtu, od oporu przepływu medium chłodniczego przewodu kapilarnego kapilary z odcinkiem prostoliniowym przyłączonym do króćca dopływowego sekcji wymiennika ciepła usytuowanego najdalej od rozdzielacza tego samego zestawu kapilar.

Efektom zastosowania kapilar krzywoliniowych wykonanych z przewodu kapilarnego i mających kształt helisy zapobiega zaleganiu oleju będącego produktem ubocznym pracy sprężarki maszyny cieplnej. Takie maszyny cieplne pracują wydajniej w porównaniu z obecnymi i wszystkie ich sekcje wymiennika pracują z podobną wydajnością co przyczynia się do zwiększenia okresu pracy maszyn cieplnych.

Przedmiot wynalazku uwidocznił w przykładach wykonania na rysunku, na którym Fig. 1 i 2 przedstawiają fragmenty wymiennika lamelowego ciepła z kolektorem wymiennika lamelowego ciepła maszyny, Fig. 3 i 4 przedstawiają w powiększeniu połączenie przewodu kapilarnego z różnymi typami rozdzielaczy, Fig. 5 przedstawia fragment wymiennika lamelowego ciepła z kolektorem wymiennika lamelowego z kaskadową linią rozdzielczą, Fig. 6–15 przedstawiają różne przykłady wykonania kapilar, Fig. 16 przedstawia przykład wykonania maszyny cieplnej z wymiennikiem lamelowym, Fig. 17 przedstawia przykład wykonania maszyny cieplnej z wymiennikiem rurkowym, i Fig. 18 przedstawia przykład wykonania maszyny cieplnej z wymiennikiem mikrokanalowym.

Fig. 1 przedstawia fragment wymiennika lamelowego 10 ciepła z kolektorem 20 wymiennika lamelowego 10 ciepła maszyny cieplnej z linią rozdzielczą 8, przykładowo z listwową linią rozdzielczą, z przepływowymi liniami rozprowadzającymi 27, dopływem 7 medium chłodniczego i zestawem 30 *n*-rozdzielaczy, przykładowo 31, 32, 33, przyłączonych do linii rozprowadzających 27, każdy z zestawem 40 *m*-kapilar wykonanych z przewodu kapilarnego 51, przykładowo 41, 42, 43, 44, 45, połączonych z *m*-króćcami dopływowymi, które są takie same jak króćce dopływowe 21, 22, 23, 24, 25 widoczne w powiększeniu na Fig. 3 i 4, sekcji wymiennika 10 ciepła oraz listwową linią powrotną 9 z odpływem 6 medium chłodniczego przyłączoną do *m*-króćców wypływowych, przykładowo 61, 62, 63, 64, 65, sekcji wymiennika 10 ciepła. Najdalej przyłączona kapilara danej sekcji jest ukształtowana w dużej części z prostoliniowego odcinka przewodu kapilarnego, a każda kolejna znajdująca się bliżej odpowiadającego jej rozdzielacza posiada zwoje, których liczba jest zależna od długości jednego zwoju helisy, zależnego od średnicy przewodu kapilarnego, średnicy i skoku linii śrubowej oraz maksymalnej długości przewodu kapilarnego poprowadzonego do najdalej położonej kapilary, pomniejszonej o odległość pomiędzy sekcjami. I tak przewody kapilarne kapilar 41, 42, 43, 44, 45, pokazanych na Fig. 1, łączące rozdzielacze 31, 32, 33 z króćcami dopływowymi 21, 22, 23, 24, 25, pokazanymi na Fig. 3, sekcji wymiennika ciepła usytuowanymi bliżej rozdzielacza 31, 32, 33 zestawu 40 kapilar 41, 42, 43, 44, mają kształt bardziej odbiegający od linii prostej, a mianowicie mają zwoje, niż kształt przewodów kapilarnych kapilar 45 przyłączonych do króćców dopływowych sekcji wymiennika ciepła, usytuowanych dalej od rozdzielacza 31 tego samego zestawu 40 kapilar 41, 42, 43, 44, 45, a przewody kapilarne kapilar 41, 42, 43, 44 łączące rozdzielacz 31, 32, 33 z króćcami dopływowymi 21, 22, 23, 24, pokazanymi na Fig. 3, sekcji wymiennika ciepła usytuowanymi bliżej rozdzielacza 31 zestawu 40 kapilar 41, 42, 43, 44, 45 mają takie długości, przy których opór przepływu medium chłodniczego przewodów kapilarnych danego zestawu 40 nie różni się od oporu przepływu medium chłodniczego przewodów kapilarnych przyłączonych do króćców dopływowych 25 sekcji wymiennika ciepła usytuowanych dalej od rozdzielacza 31 tego samego zestawu 40 kapilar 41, 42, 43, 44, 45 o więcej niż 20%, niezależnie od ich kształtu. W przykładzie wykonania pokazanym na Fig. 1 przewód kapilarny kapilar 45 posiada jeden odcinek prostoliniowy 71 przewodu kapilarnego 51 i zagięcia na obu końcach, dopasowane kształtem i wymiarami do króćca dopływowego, a przewody kapilarne kapilar 41, 42, 43, 44 łączące rozdzielacz 31, 32, 33 z króćcami dopływowymi 21, 22, 23, 24, pokazanymi na Fig. 3, sekcji wymiennika ciepła usytuowanymi bliżej rozdzielacza 31 zestawu 40 kapilar 41, 42, 43, 44, 45 mają zwoje wykonane z przewodu kapilarnego 51. Kapilara 42 usytuowana najbliżej rozdzielacza i króćca dopływowego 22 ma cztery zwoje, kapilary 41 i 43 usytuowane dalej od rozdzielacza mają trzy zwoje, a kapilara 44 usytuowana jeszcze dalej ma tylko jeden pełny zwój.

Przewody kapilarne wykonuje się z grubościenniej rurki wykonanej z miedzi lub jej stopu z małą domieszką żelaza, przykładowo CuFe2P, o średnicy w jednym przykładzie wykonania wynoszącej 3,0 mm, a w innym przykładzie wykonania wynoszącej 5,0 mm, co umożliwia gięcie w temperaturze otoczenia bez obawy spłaszczenia ścianek. Gięcia na promieniu zmiennym dokonuje się na giętarcie trójrolkowej CNC, zwłaszcza przy produkcji seryjnej, a przy produkcji jednostkowej jest możliwe kształtowanie przewodów przy użyciu narzędzi ręcznych, giętarek, specjalnych sprężyn do gięcia rur, lub nawijając przewód kapilarny na walec lub innych prętów o kwadratowym albo owalnym przekroju poprzecznym.

Fig. 2 przedstawia kolektor 120 wymiennika 110 ciepła maszyny cieplnej w kształcie zbiornika 125 z przepływowymi liniami rozprowadzającymi 127 zakończonymi rozdzielaczami 31, 131, 33 tworzącymi zestaw 130 rozdzielaczy 31, 131, 33 z zestawami 40, 140 kapilar 41, 42, 43, 44, 45 połączonych z króćcami dopływowymi, które są takie same jak króćce dopływowe 21, 22, 23, 24, 25 widoczne w powiększeniu na Fig. 3 i 4, sekcji wymiennika 110 ciepła oraz z listwową linią powrotną 109 przyłączoną do króćców wypływowych sekcji wymienników 110 ciepła. Kapilary 41, 42, 43, 44, 45 poszczególnych sekcji są połączone z rozdzielaczami o różnych przykładach wykonania, przykładowo rozdzielacz 31 ma kształt stożka ściętego, a rozdzielacz 131 ma kształt figury utworzonej z ostrosłupa ściętego przechodzącego w prostopadłościan, zasilanych przez przepływowe linie rozprowadzające 127 z kolektora w postaci zbiornika 125.

Fig. 3 i 4 przedstawiają w powiększeniu połączenie przewodu kapilarnego z różnymi typami rozdzielaczy. Fig. 3 przedstawia zastosowanie opracowanej geometrii w variancie z rozdzielaczem 31 pokazanym na Fig. 2 i 3 u góry w kształcie bryły obrotowej będącej stożkiem przechodzącym w walec, a Fig. 4 przedstawia wykonanie z czterema kapilarami 41, 42, 43, 45 tworzącymi zestaw 140, w którym rozdzielacz 131 ma kształt ostrosłupa ściętego, przechodzącego w prostopadłościan, a następnie w walec.

Przedstawiona na Fig. 3 kapilara 45, która jest położona najdalej od rozdzielacza 31, jest uformowana z odcinka prostoliniowego 71 i górnych zagięć dopływowych 72 i dolnych zagięć odpływowych 73, natomiast każda kapilara, która jest położona bliżej rozdzielacza 31, jest uformowana w kształcie helisy mającej co najmniej jeden pełny zwój 75 i górne zagięcia dopływowe i dolne zagięcia odpływowe 77.

Fig. 5 przedstawia kolektor 220 wymiennika ciepła maszyny cieplnej jako kolejny przykład zastosowania wynalazku prawie taki sam jak pokazany na Fig. 1, różniący się tym, że zasilanie rozdzielaczy w czynnik chłodniczy odbywa się przez kaskadową linię rozdzielczą 208 typu kaskadowego mającą główną linię rozdzielczą 201 i dodatkowe linie rozdzielcze 202, 202 połączone z liniami rozprowadzającymi 27 zakończonymi rozdzielaczami 31, 131.

Przykłady geometrii kapilary 41, 42, 43, 44, 45, 141, 142, 143, 144, 145, 241, 242, 243, 244, 245, jej parametrów, przykładowych wymiarów zostały przedstawione na Fig. 6–15, z tym, że w najczęściej spotykanych przykładach wykonania pokazanych na Fig. 6–11 kształt kapilary jest nadawany poprzez gięcie rurki kapilarnej o przekroju kołowym lub kwadratowym z zaokrąglonymi rogami i przyjmuje kształt helisy cylindrycznej pokazanej na Fig. 6, 7, 10, 11 albo prostopadłościennej pokazanej na Fig. 8, albo cylindrycznej spłaszczonej pokazanej na Fig. 9, która może być lewoskrętna jak na Fig. 6, 8, 9 i 10 lub prawoskrętna jak na Fig. 7 i 11, w przypadku których strona wlotowa 78 kapilary 41, 42, 43, 44, 45, 141, 142, 143, 144, 145, 241, 242, 243, 244, 245 wykonanej z przewodu kapilarnego 51 została doprowadzona do najwyższego punktu helisy, a strona wylotowa 79 kapilary 41, 42, 43, 44, 45, 141, 142, 143, 144, 145, 241, 242, 243, 244, 245 wykonanej z przewodu kapilarnego 51 została doprowadzona do najniższego punktu helisy. Kapilara 41, 42, 43, 44, 45 oprócz zwojów 75, 175 ma górne przegięcie 176 i dolne przegięcie 177. Lokalizacja wlotu i wylotu jest szczególnie istotna, ponieważ dzięki takiej geometrii ruch postępowy kropelek oleju jest wspomagany składową styczną do kierunku przepływu będącą wynikiem rozkładu siły ciężkości kropelek oleju na ściankach rurki zorientowanej pod kątem β do płaszczyzny poziomej. Wykorzystanie spadku ścianki rurki kapilarnej jest gwarancją, że przepływ czynnika chłodniczego razem z szczątkami oleju przebiega zawsze z góry na dół, co jest zgodne z kierunkiem przepływu czynnika chłodniczego i nie występuje zasyfonowanie rurki kapilarnej. Istotną kwestią kształtowania rurki jest również kąt odchylenia α pomiędzy osią pionową będącą linią równoległą do kierunku siły ciężkości a osią tworzącą helisy, gdyż spełnienie tego warunku jest konieczne do prawidłowej pracy kapilary. Wartość dopuszczalnej odchyłki kąta α bezpośrednio zależy od wartości kąta β mierzonej pomiędzy osią prostopadłą do lokalnego przekroju rurki kapilarnej a płaszczyzny poziomej prostopadłej do pionu. Zachowanie warunku obu kątów powoduje zapewnienie ciągłego spadku w przewodzie dystrybuującym czynnik chłodniczy i wykorzystanie go jako swojego rodzaju równi pochyłej.

Fig. 12–15 przedstawiają przykłady wykonania kapilary krzywoliniowej wykonanej z przewodu kapilarnego 51 i mającej kształt helisy stożkowej ze zwojami 13, 14 pokazanymi na Fig. 14. Sposób

działania i ukształtowania jest analogiczny do rozwiązania przedstawionego na Fig. 6–11 i dlatego wykonanie kapilar krzywoliniowych w geometrii helisy stożkowej może występować zamiennie w wykonaniu prawozwojnym kapilary 341, 342, 343, 344, 345 albo w wykonaniu lewozwojnym kapilary 441, 442, 443, 444, 445 oraz w wykonaniu, gdzie podstawa stożka znajduje się od strony wlotowej a wierzchołek wylotowej lub zamiennie, podstawa od strony wylotowej a wierzchołek wlotowej. Kąt rozwarcia stożka w który wpisana jest helisa może być dowolny z przedziału 90–180 stopni.

Geometria rurek kapilarnych może przyjmować również kształty przestrzenne wpisane we fragmenty powierzchni tworzącej innych przestrzennych brył geometrycznych, przykładowo elipsoidy lub beczki, gdzie odległość od osi tworzącej rośnie a potem maleje wraz ze zmianą odległości od strony wlotowej lub wylotowej. Warianty te z powodu analogicznej budowy do wcześniej przedstawionych nie zostały przedstawione na figurach.

Sposób formowania zestawu kapilar kolektora 20 wymiennika 10 ciepła maszyny cieplnej 5 z zestawem kapilar i rozprowadzającego medium chłodnicze do sekcji wymiennika 10 ciepła i zawierającego podłączoną do dopływu 7 medium chłodniczego linię rozdzielczą 8 z przepływowymi liniami rozprowadzającymi 27, zestawem 30 rozdzielaczy, przykładowo n , 31, 32, 33 przyłączonych do linii rozprowadzających 27, we wszystkich przykładach wykonania przedstawionych powyżej jest taki sam. Każdy rozdzielacz ma zestaw 40 m -kapilar 41, 42, 43, 44, 45 ukształtowanych z przewodu kapilarnego 51, z których każda jest połączona jednym końcem z przynależnym do niej rozdzielaczem 31, 32, 33, a drugim końcem jest połączona z przynależnym do niej króćcem dopływowym 21, 22, 23, 24, 25 sekcji wymiennika 10 ciepła, której króciec wypływowy 61, 62, 63, 64, 65 jest połączony z linią powrotną 6 medium chłodniczego sekcji wymiennika 10 ciepła. W każdym z przykładów wykonania przedstawionych powyżej najpierw ustala się położenie każdego z n -rozdzielaczy 31, 32, 33 względem króćca dopływowego 21, 22, 23, 24, 25 kapilary 41, 42, 43, 44, 45 zestawu 40 i określa się odległości każdego króćca dopływowego 21, 22, 23, 24, 25 kapilary 41, 42, 43, 44, 45 zestawu kapilar 40 od rozdzielacza 31, 32, 33. Następnie z przewodu kapilarnego 51 ucina się odcinki w ilości równej liczbie kapilar 41, 42, 43, 44, 45, nie mniejsze niż odległości każdego króćca dopływowego 21, 22, 23, 24, 25 kapilary 41, 42, 43, 44, 45 zestawu kapilar 40 mierzonych do rozdzielacza 31, 32, 33 powiększone o długości zagięć przewodu kapilarnego kapilar 41, 42, 43, 44, 45, po czym każdy z odcinków uciętych z przewodu kapilarnego jednym końcem łączy się z rozdzielaczem 31, 32, 33 wybranej sekcji wymiennika 10 ciepła, a drugi koniec każdego z odcinków uciętych z przewodu kapilarnego przycina się na długość do miejsca połączenia z przynależnym do króćca dopływowego 21, 22, 23, 24, 25 kapilary 41, 42, 43, 44, 45 zestawu kapilar 40. Kapilarę 45 położoną najdalej od rozdzielacza 31, 32, 33 formuje się z odcinka prostoliniowego 71, 76 i górnych zagięć dopływowych 72 i dolnych zagięć odpływowych 73, a następnie określa się opór przepływu medium chłodniczego przewodu kapilarnego kapilary 45 z odcinkiem prostoliniowym 71, a każdą kapilarę położoną bliżej rozdzielacza 31, 32, 33 formuje się w kształcie helisy mającej co najmniej jeden pełny zwój 75 i górne zagięcia dopływowe i dolne zagięcia odpływowe 77. Kapilara 44 sąsiadująca z kapilarą 45 z odcinkiem prostoliniowym 71 ma co najmniej jeden pełny zwój 75, a każda następna kapilara 43, 42 idąc w kierunku rozdzielacza 31, 32, 33 ma o co najmniej jeden zwój 175 więcej niż poprzednia kapilara, przy czym wielkość kapilary ze zwojami określonej średnicą przewodu kapilarnego d , liczbą zwojów, średnicą zewnętrzną D zwojów i skokiem H linii śrubowej kapilary dobiera się doświadczalnie, aby opór przepływu medium chłodniczego każdego z przewodów kapilarnych kapilar 41, 42, 43, 44, 45 zestawu 40 kapilar 41, 42, 43, 44, 45 położonych bliżej rozdzielacza 31, 32, 33 nie różnił się o więcej niż 20%, niezależnie od ich kształtu, od oporu przepływu medium chłodniczego przewodu kapilarnego kapilary 45 z odcinkiem prostoliniowym przyłączonym do króćca dopływowego sekcji wymiennika ciepła usytuowanego najdalej od rozdzielacza 31 tego samego zestawu 40 kapilar 41, 42, 43, 44, 45.

Wielkość średnicy przewodu kapilarnego d wybiera się z przedziału od 3,0 mm do 5,0 mm. Z kolei średnica zewnętrzna D zwojów w jednym przykładzie ma 28,0 mm, a w innym przykładzie wykonania ma 35,0 mm, a zazwyczaj ma od 28,0 mm do 30,0 mm, korzystnie 30 mm. Skok H linii śrubowej kapilary dobiera się, tak jak wspomniano wyżej, doświadczalnie. W jednym przykładzie ma on 4,1 mm, a w innym przykładzie wykonania ma 5,5 mm, a zazwyczaj ma od 4,1 mm do 5,5 mm.

Na Fig. 16 przedstawiono przykład wykonania, w którym wymiennik 10 maszyny cieplnej 5 jest lamelowym wymiennikiem wyposażonym w kolektor 20, do którego podłączono rozdzielacze 31, 32, 33 z zestawem 40 kapilar, przy czym na Fig. 16 pokazano tylko kapilary 41, 42. Za pomocą sprężarki 3 przez skraplacz 4 tłoczony jest czynnik chłodniczy do kolektora 20, z którego czynnik chłodniczy jest doprowadzany do rozdzielaczy 31, 32, 33, do których są przyłączone kapilary. Opracowana geometria

gięcia przewodu kapilarnego ma przestrzenny kształt krzywoliniowy, przykładowo helisy cylindrycznej, helisy stożkowej, której średnica, długość, skok i liczba zwojów zależy bezpośrednio od odległości odpowiedniej sekcji wymiennika od rozdzielacza. Kapilara posiadająca mniejszą odległość wejścia danej sekcji od rozdzielacza ma większą liczbę zwojów, a posiadająca większą odległość ma mniejszą liczbę zwojów. Z kapilar czynnik chłodniczy wraz z kropelkami oleju trafia na poszczególne sekcje wymiennika ciepła, dzięki czemu krąży w obiegu chłodniczym i nie gromadzi się w przewodach dystrybuujących czynnik chłodniczy.

Fig. 17 przedstawia przykład wykorzystania wynalazku w wymiennikach innego typu, przykładowo wymienników rurkowych 510 maszyn ciepłych 505 z kolektorem 520 z rozdzielaczem 531 z zestawem 540 kapilar 541, 542, 543, 544 wykonanych z przewodu kapilarnego. Za pomocą sprężarki 3 przez skraplacz 4 tłoczony jest czynnik chłodniczy do kolektora 520, z którego czynnik chłodniczy jest doprowadzany do rozdzielacza 531, do którego są przyłączone kapilary 541, 542, 543, 544.

Z kolei Fig. 18 przedstawia przykład wykorzystania wynalazku w wymiennikach innego typu, przykładowo wymiennikach mikrokanalowych 610 maszyn ciepłych 605 z kolektorem z rozdzielaczem 631 z zestawem 640 kapilar 641, 642, 643 wykonanych z przewodu kapilarnego. Za pomocą sprężarki 3 przez skraplacz 4 tłoczony jest czynnik chłodniczy do kolektora 620, z którego czynnik chłodniczy jest doprowadzany do rozdzielacza 631, do którego są przyłączone kapilary 641, 642, 643.

Budowa i zasada formowania, jak i montażu kapilar jest analogiczna jak w przypadku wymiennika lamelowego. Wprawdzie w większości przykładów wykonania opisano kapilary o przekroju kołowym, jednak opisy kapilar o innych przekrojach poprzecznych byłyby identyczne. Podobnie, elementy i podzespoły, które są takie same lub pełnią takie same funkcje, zostały oznaczone na wszystkich figurach takimi samymi oznaczeniami liczbowymi.

Wykaz oznaczeń

3	Sprężarka
4	Skraplacz
5, 105, 205, 605	Maszyna ciepła
6	Odływ medium chłodniczego/Linia powrotna medium chłodniczego
7	Dopływ medium chłodniczego
8, 208	Linia rozdzielcza
9, 109	Listwowa linia powrotna
10, 110	Wymiennik lamelowy ciepła
13, 14	Zwoje
20, 120, 220, 520, 620	Kolektor
21, 22, 23, 24, 25	Króćce dopływowe
27, 127	Przepływowe linie rozprowadzające
30, 130	Zestaw <i>n</i> -rozdzielaczy
31, 32, 33, 131	Rozdzielacze
40, 140, 540, 640	Zestaw <i>m</i> -kapilar
41, 42, 43, 44, 45	Kapilary
51	Przewód kapilarny
61, 62, 63, 64, 65	Króćce wypływowe
71, 76, 81	Środkowy odcinek prostoliniowy
72	Górne zagięcie dopływowe
73	Dolne zagięcie dopływowe
75, 175	Pełny zwój
77	Dolne zagięcie odpływowe
78	Strona wlotowa kapilary
79	Strona wylotowa kapilary
125	Zbiornik
141, 142, 143, 144, 145	Kapilary
176	Górne przegięcie
177	Dolne przegięcie
201	Główna linia rozdzielcza
202	Dodatkowa linia rozdzielcza
241, 242, 243, 244, 245	Kapilary

341, 342, 343, 344, 345	Kapilary
441, 442, 443, 444, 445	Kapilary
510	Wymiennik rurkowy
541, 542, 543, 544	Kapilary
610	Wymiennik mikrokanalowy
641, 642, 643	Kapilary

Zastrzeżenia patentowe

1. Zestaw (40, 140, 540, 640) kapilar (41, 42, 43, 44, 45) kolektora wymiennika ciepła przyłączonych do kolektora (20, 120, 220, 520, 620) wymiennika (10, 110, 510, 610) ciepła maszyny cieplnej (5, 505, 605) ukształtowanych z przewodu kapilarnego (51), z których każda jest połączalna jednym końcem z przynależnym do niej rozdzielaczem (31, 32, 33, 131) a drugim końcem z przynależnym do niej króćcem dopływowym (21, 22, 23, 24, 25) sekcji wymiennika (10, 110, 510, 610) ciepła, której króciec wypływowy (61, 62, 63, 64, 65) jest połączony z linią powrotną (6) medium chłodniczego sekcji wymiennika (10, 110, 510, 610) ciepła, **znamienny tym**, że przewody kapilarne kapilar (41, 42, 43, 44, 45) połączalne z rozdzielaczem (31, 32, 33) z króćcami dopływowymi (21, 22, 23, 24, 25) sekcji wymiennika ciepła usytuowanymi bliżej rozdzielacza (31, 32, 33) zestawu (40) kapilar (41, 42, 43, 44, 45) mają kształt bardziej odbiegający od linii prostej, przechodzący co najmniej fragmentarycznie w helisę, niż kształt przewodów kapilarnych kapilar (45) przyłączonych do króćców dopływowych sekcji wymiennika ciepła usytuowanych dalej od rozdzielacza (31) tego samego zestawu (40) kapilar (41, 42, 43, 44, 45) i przewody kapilarne kapilar (41, 42, 43, 44) połączalne z rozdzielaczem (31, 32, 33) z króćcami dopływowymi (21, 22, 23, 24) sekcji wymiennika ciepła usytuowanymi bliżej rozdzielacza (31) zestawu (40) kapilar (41, 42, 43, 44) mają długości, przy których opór przepływu medium chłodniczego przewodów kapilarnych danego zestawu (40) nie różni się od oporu przepływu medium chłodniczego przewodów kapilarnych przyłączonych do króćców dopływowych sekcji wymiennika ciepła usytuowanych dalej od rozdzielacza (31) tego samego zestawu (40) kapilar (41, 42) o więcej niż 20%, niezależnie od ich kształtu.
2. Zestaw kapilar (41, 42, 43, 44, 45) według zastrz. 1 **znamienny tym**, że zawiera odcinki w ilości równej liczbie kapilar (41, 42, 43, 44, 45), o długości nie mniejszej niż odległości każdego króćca dopływowego (21, 22, 23, 24, 25) kapilary (41, 42, 43, 44, 45) zestawu kapilar (40) od rozdzielacza (31, 32, 33) powiększone o długości zagięć przewodu kapilarnego kapilar (41, 42, 43, 44, 45), a każdy z odcinków uciętych z przewodu kapilarnego jednym końcem jest połączalny z rozdzielaczem (31, 32, 33) wybranej sekcji wymiennika (10) ciepła, a drugi koniec każdego z odcinków uciętych z przewodu kapilarnego sięga miejsca połączenia z przynależnym do króćca dopływowego (21, 22, 23, 24, 25) kapilary (41, 42, 43, 44, 45) zestawu kapilar (40) i kapilara (45) położona najdalej od rozdzielacza (31, 32, 33) jest uformowana z odcinka prostoliniowego (71) i górnych zagięć dopływowych (72) i dolnych zagięć odpływowych (73), a każda kapilara położona bliżej rozdzielacza (31, 32, 33) jest uformowana w kształcie helisy mającej co najmniej jeden pełny zwój (75) i górne zagięcia dopływowe i dolne zagięcia odpływowe (77), przy czym kapilara (44) sąsiadująca z kapilarą (45) z odcinkiem prostoliniowym (71) ma jeden pełny zwój (75), a każda następna kapilara (43, 42), idąc w kierunku rozdzielacza (31, 32, 33), ma o jeden zwój (175) więcej niż poprzednia kapilara, a opór przepływu medium chłodniczego każdego z przewodów kapilarnych kapilar (41, 42, 43, 44) zestawu (40) kapilar (41, 42, 43, 44, 45) położonych bliżej rozdzielacza (31, 32, 33) nie różni się o więcej niż 20%, niezależnie od ich kształtu, od oporu przepływu medium chłodniczego przewodu kapilarnego kapilary (45) z odcinkiem prostoliniowym przyłączalnym do króćca dopływowego sekcji wymiennika ciepła usytuowanego najdalej od rozdzielacza (31) tego samego zestawu (40) kapilar (41, 42, 43, 44, 45).
3. Kolektor (20, 120, 220, 520, 620) wymiennika (10, 110, 510, 610) ciepła maszyny cieplnej (5, 505, 605) z zestawem kapilar określonym w zastrzeżeniu 1 i rozprowadzającym medium chłodnicze do sekcji wymiennika (10, 110, 510, 610) ciepła i zawierający podłączoną do dopływu (7) medium chłodniczego linię rozdzielczą (8) z przepływowymi liniami rozprowadzającymi (27), **znamienny tym**, że przewody kapilarne kapilar (41, 42, 43, 44) łączące rozdzielacz (31, 32,

- 33) z króćcami dopływowymi (21, 22, 23, 24, 25) sekcji wymiennika ciepła usytuowanymi bliżej rozdzielacza (31, 32, 33) zestawu (40) kapilar (41, 42, 43, 44, 45) mają kształt bardziej odbiegający od linii prostej niż kształt przewodów kapilarnych kapilar (45) przyłączonych do króćców dopływowych sekcji wymiennika ciepła usytuowanych dalej od rozdzielacza (31) tego samego zestawu (40) kapilar (41, 42, 43, 44, 45), a przewody kapilarne kapilar (41, 42, 43, 44) łączące rozdzielacz (31, 32, 33) z króćcami dopływowymi (21, 22, 23, 24) sekcji wymiennika ciepła usytuowanymi bliżej rozdzielacza (31) kapilar (41, 42, 43, 44) mają długości, przy których opór przepływu medium chłodniczego przewodów kapilarnych danego zestawu (40) nie różni się od oporu przepływu medium chłodniczego przewodów kapilarnych przyłączonych do króćców dopływowych sekcji wymiennika ciepła usytuowanych dalej od rozdzielacza (31) tego samego zestawu (40) kapilar (41, 42, 43, 44, 45) o więcej niż 20%, niezależnie od ich kształtu.
4. Kolektor (20, 120, 220, 520, 620) wymiennika (10, 110, 510, 610) ciepła maszyny cieplnej (5, 505, 605) według zastrz. 3 **znamienny tym**, że przewody kapilarne kapilar (41, 42, 43, 44) łączące rozdzielacz (31, 32, 33) z króćcami dopływowymi sekcji wymiennika ciepła usytuowanymi bliżej rozdzielacza (31) zestawu (40) kapilar (41, 42, 43, 44, 45) mają długości nie różniące się od długości przewodów kapilarnych kapilar (45) przyłączonych do króćców dopływowych (25) sekcji wymiennika ciepła usytuowanych dalej od rozdzielacza (31, 32, 33) tego samego zestawu (40) kapilar (41, 42, 43, 44, 45) o więcej niż 30%, niezależnie od ich kształtu.
 5. Kolektor (20, 120, 220, 520, 620) wymiennika (10, 110, 510, 610) ciepła maszyny cieplnej (5, 505, 605) według zastrz. 3 albo 4 **znamienny tym**, że przewód kapilarny kapilary (45) łączący rozdzielacz (31, 32, 33) z przynależnym do niej króćcem dopływowym (25) sekcji wymiennika ciepła usytuowanym najdalej od rozdzielacza (31, 32, 33) zestawu (40) kapilar (41, 42, 43, 44, 45) ma odcinek prostoliniowy (71) z zagięciami po obu końcach dochodzącymi z jednego końca przewodu kapilarnego do rozdzielacza (31, 32, 33) i z pozostałego końca przewodu kapilarnego do króćca dopływowego (25) usytuowanego najdalej od rozdzielacza (31, 32, 33).
 6. Sposób formowania zestawu kapilar kolektora (20, 120, 220, 520, 620) wymiennika (10, 110, 510, 610) ciepła maszyny cieplnej (5, 505, 605) z zestawem kapilar i rozpraszającym medium chłodnicze do sekcji wymiennika (10, 110, 510, 610) ciepła i zawierającego podłączoną do dopływu (7) medium chłodniczego linię rozdzielczą (8) z przepływowymi liniami rozpraszającymi (27), zestawem (30) *n*-rozdzielaczy (31, 32, 33, 131) przyłączonych do linii rozpraszających (27), każdy z zestawem (40) *m*-kapilar (41, 42, 43, 44, 45) ukształtowanych z przewodu kapilarnego (51), z których każda jest połączona jednym końcem z przynależnym do niej rozdzielaczem (31, 32, 33) a drugim końcem z przynależnym do niej króćcem dopływowym (21, 22, 23, 24, 25) sekcji wymiennika (10, 110, 510, 610) ciepła, której króciec wypływowy (61, 62, 63, 64, 65) jest połączony z linią powrotną (6) medium chłodniczego sekcji wymiennika (10, 110, 510, 610) ciepła, według którego ustala się położenie każdego z *n*-rozdzielaczy (31, 32, 33) względem króćca dopływowego (21, 22, 23, 24, 25) kapilary (41, 42, 43, 44, 45) przyporządkowanej do kapilary (41, 42, 43, 44, 45) zestawu (40) i określa się odległości każdego króćca dopływowego (21, 22, 23, 24, 25) kapilary (41, 42, 43, 44, 45) zestawu kapilar (40) od rozdzielacza (31, 32, 33) i z przewodu kapilarnego (51) ucinają się odcinki w ilości równej liczbie kapilar (41, 42, 43, 44, 45), nie mniejsze niż odległości każdego króćca dopływowego (21, 22, 23, 24, 25) kapilary (41, 42, 43, 44, 45) zestawu kapilar (40) od rozdzielacza (31, 32, 33) powiększone o długości zagięć przewodu kapilarnego kapilar (41, 42, 43, 44, 45), a każdy z odcinków uciętych z przewodu kapilarnego jednym końcem łączy się z rozdzielaczem (31, 32, 33) wybranej sekcji wymiennika (10, 110, 510, 610) ciepła, a drugi koniec każdego z odcinków uciętych z przewodu kapilarnego przycina się do miejsca połączenia z przynależnym do króćca dopływowego (21, 22, 23, 24, 25) kapilary (41, 42, 43, 44, 45) zestawu kapilar (40) **znamienny tym**, że kapilarę (45) położoną najdalej od rozdzielacza (31, 32, 33) formuje się z odcinka prostoliniowego (71) i górnych zagięć dopływowych (72) i dolnych zagięć odpływowych (73), a następnie określa się opór przepływu medium chłodniczego przewodu kapilarnego kapilary (45) z odcinkiem prostoliniowym (71), a każdą kapilarę położoną bliżej rozdzielacza (31, 32, 33) formuje się w kształcie, co najmniej fragmentarycznie, helisy mającej co najmniej jeden pełny zwój (75) i górne zagięcia dopływowe i dolne zagięcia odpływowe (77), przy czym kapilara (44) sąsiadująca z kapilarą (45) z odcinkiem prostoliniowym (71) ma co najmniej jeden zwój (75), a każda następna kapilara (43, 42), idąc w kierunku rozdzielacza (31, 32, 33), ma o co najmniej jeden zwój (175) więcej niż poprzednia kapilara, przy czym

wielkość kapilary ze zwojami określonej średnicą przewodu kapilarnego (d), liczbą zwojów, średnicą (D) zewnętrzną zwojów i skokiem (H) linii śrubowej kapilary dobiera się doświadczalnie, aby opór przepływu medium chłodniczego każdego z przewodów kapilarnych kapilar (41, 42, 43, 44) zestawu (40) kapilar (41, 42, 43, 44, 45) położonych bliżej rozdzielacza (31, 32, 33) nie różnił się o więcej niż 20%, niezależnie od ich kształtu, od oporu przepływu medium chłodniczego przewodu kapilarnego kapilary (45) z odcinkiem prostoliniowym przyłączonym do króćca dopływowego sekcji wymiennika ciepła usytuowanego najdalej od rozdzielacza (31) tego samego zestawu (40) kapilar (41, 42, 43, 44, 45).

Rysunki

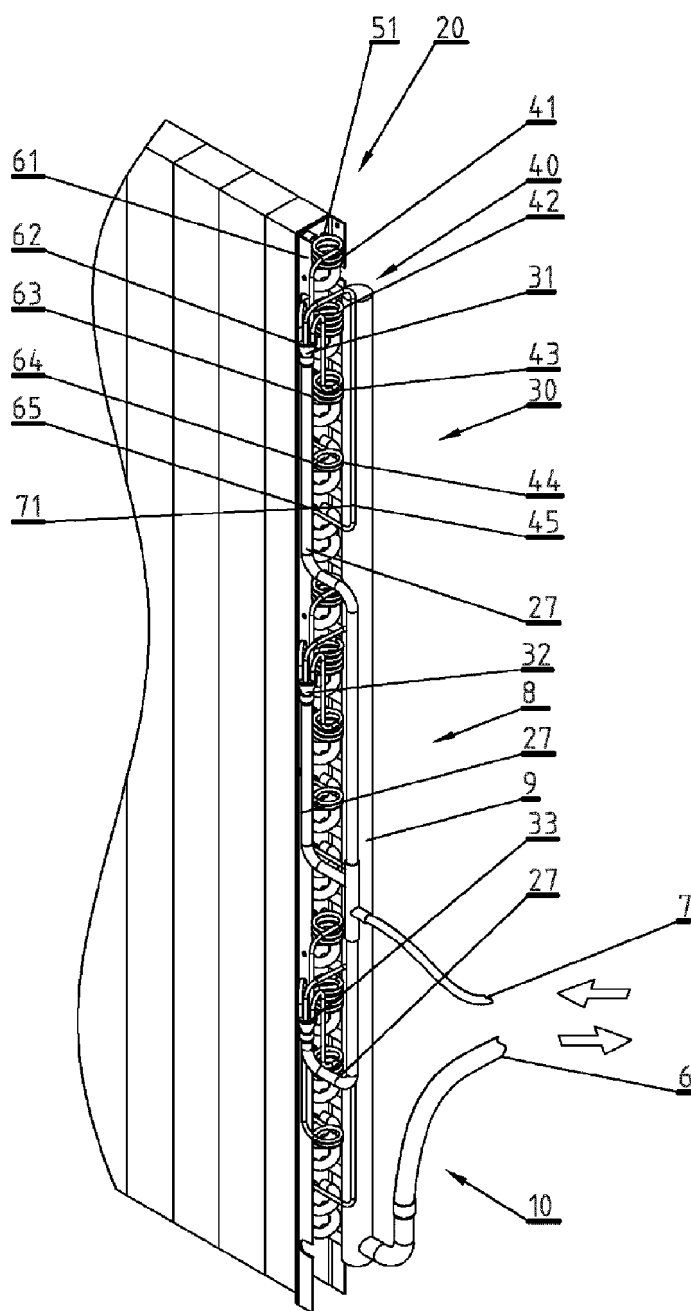


Fig. 1

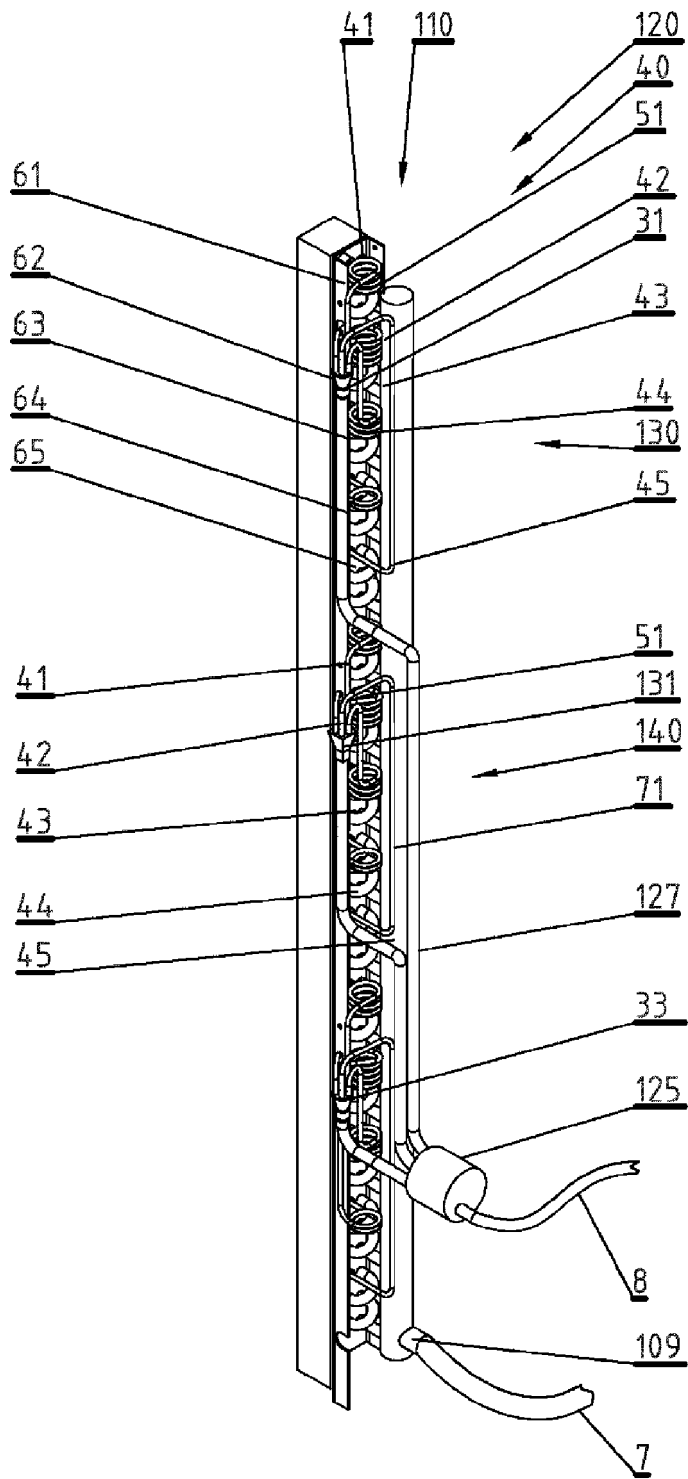


Fig.2

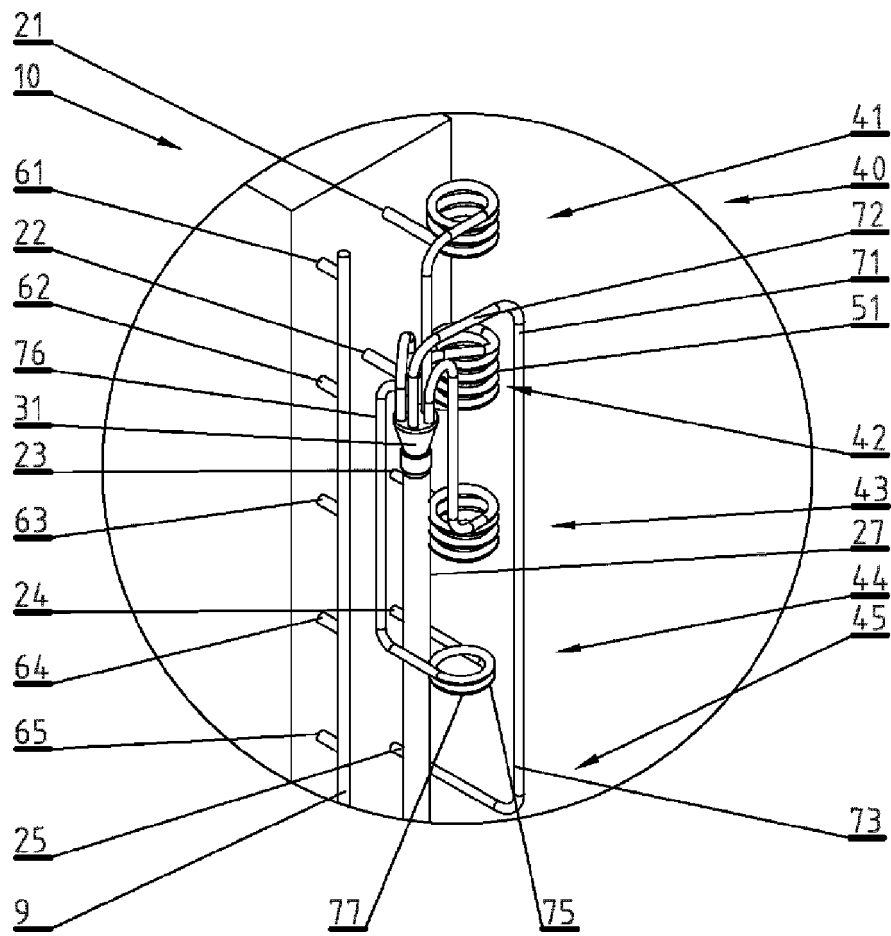


Fig.3

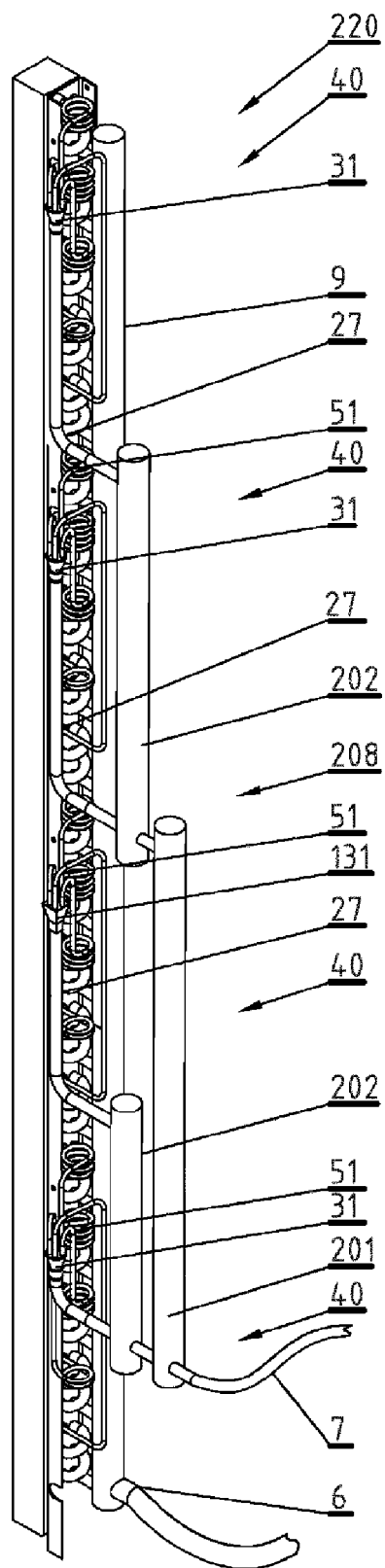
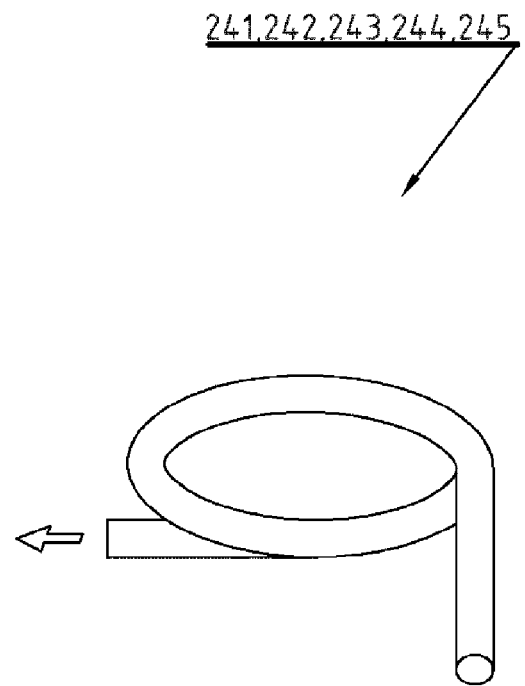
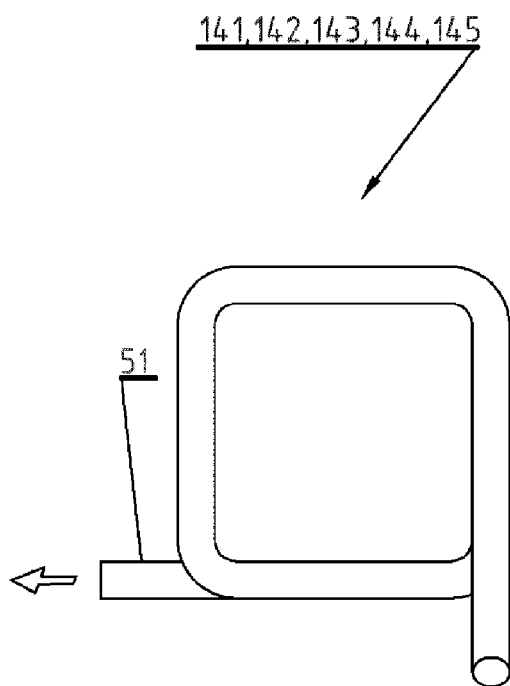
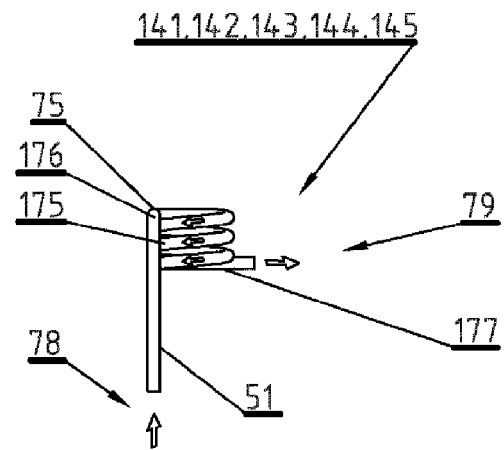
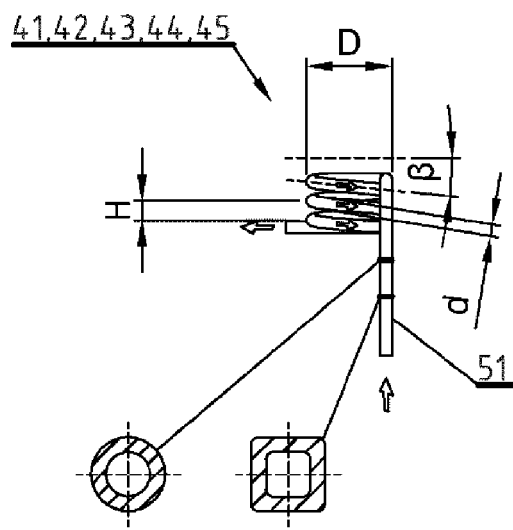


Fig.5



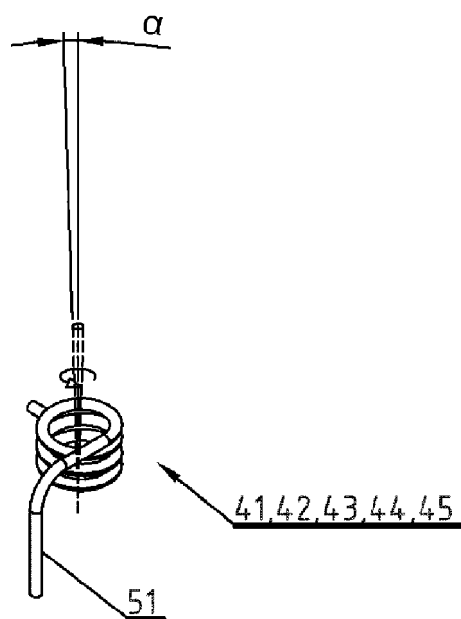


Fig. 10

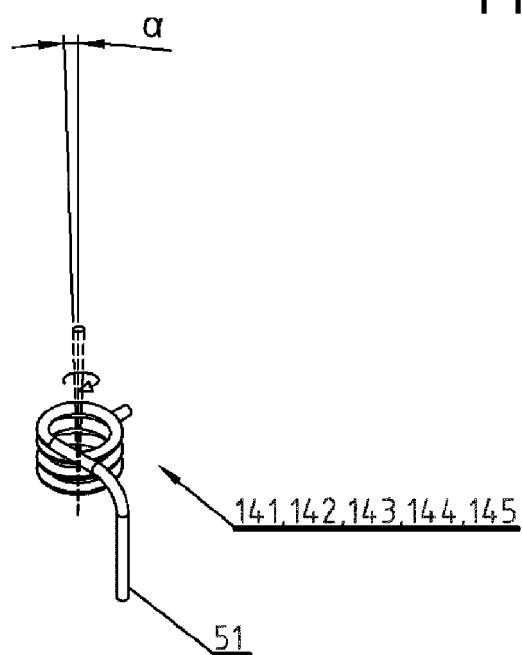


Fig. 11

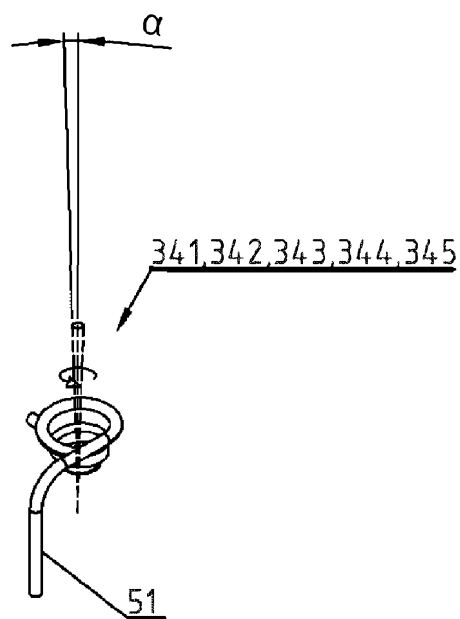


Fig. 12

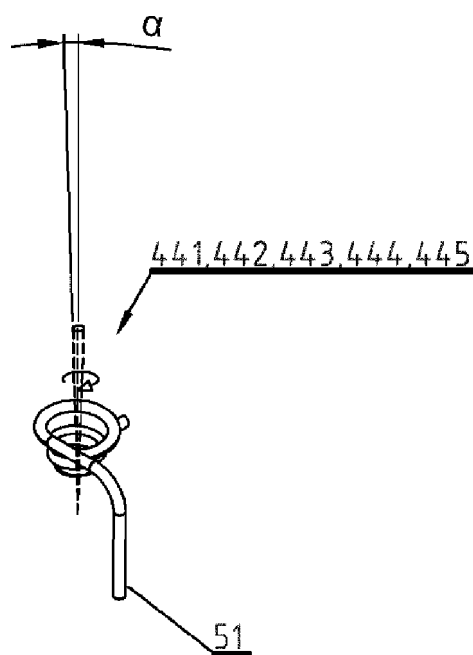


Fig. 13

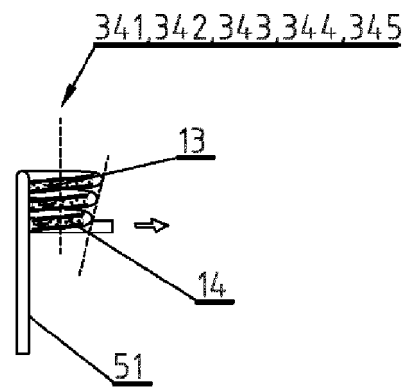


Fig. 14

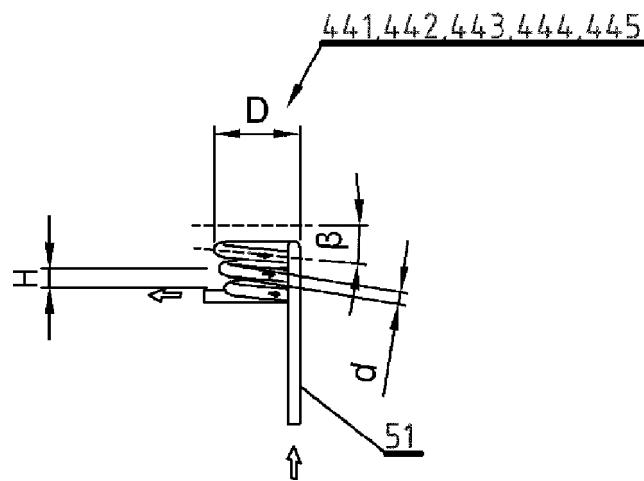


Fig. 15

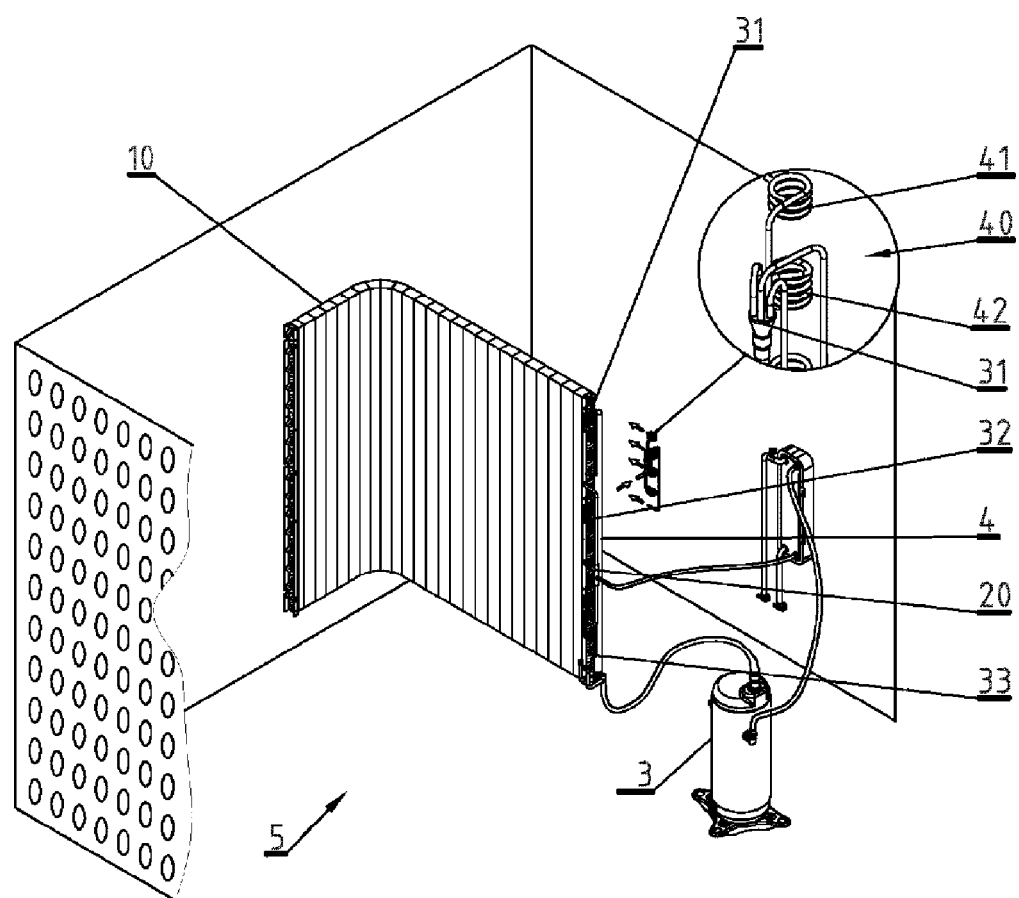


Fig. 16

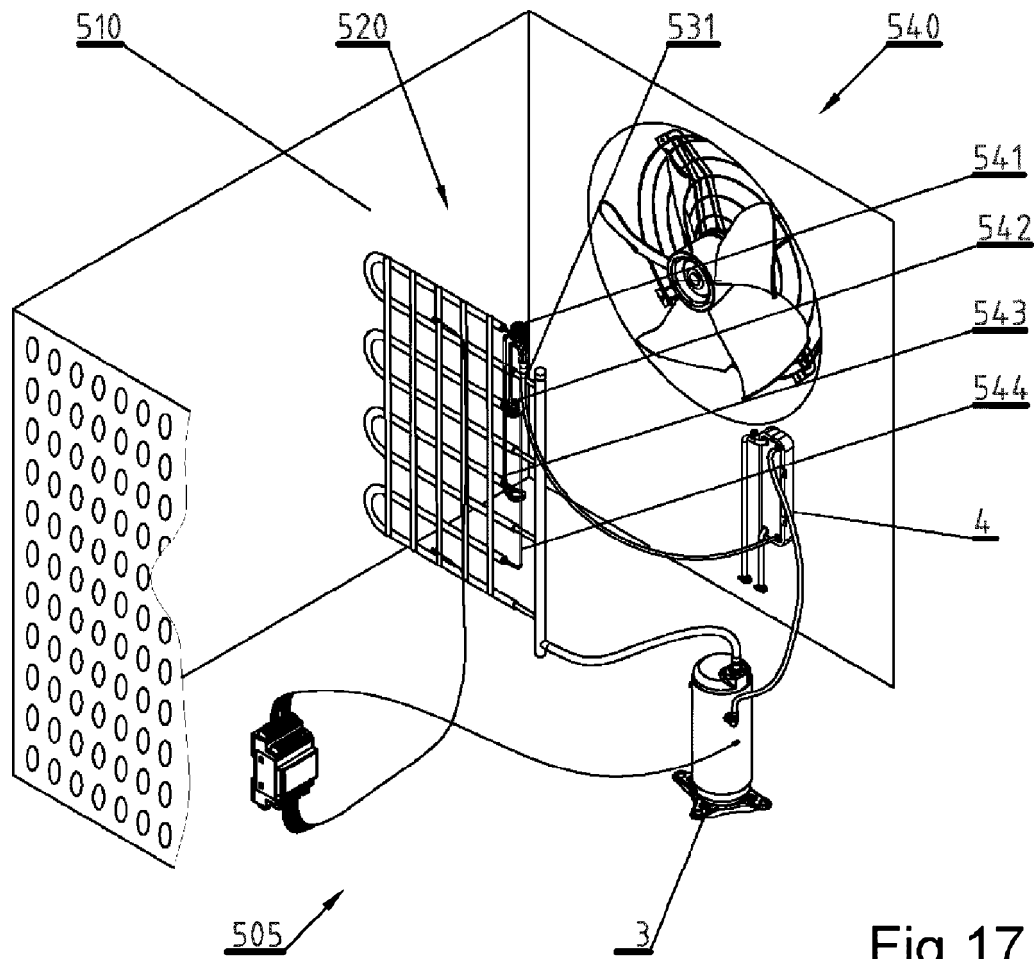


Fig.17

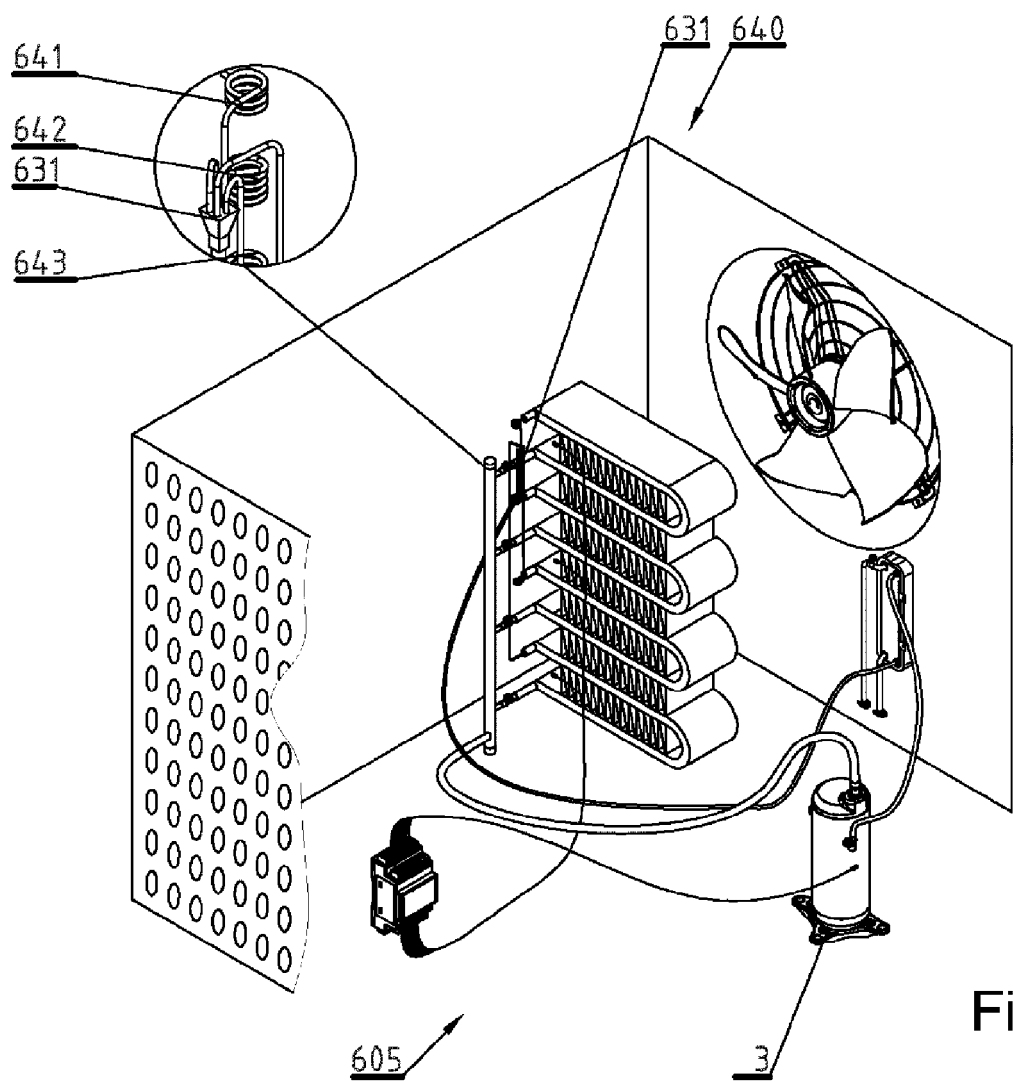


Fig.18