

Галузь техніки

Даний винахід стосується систем охолодження гарячих деталей двигунів літальних апаратів.

Він стосується, зокрема, системи охолодження із множиною теплообмінників для охолодження гарячих деталей двигуна літального апарата, таких як лопатки турбіни високого тиску двигуна літального апарата.

Винахід стосується також двигуна літального апарата, обладнаного такою системою охолодження.

Рівень техніки

Відома практика розміщення теплообмінників у двигуні літального апарата для охолодження гарячих деталей цього двигуна.

У матеріалах FR 2 400 618 описаний двигун літального апарата турбокомпресорного типу, в якому застосовується система охолодження "повітря - повітря" і відповідний їй спосіб охолодження. Гарячі деталі, такі як нерухомі і рухомі лопатки турбіни високого тиску, охолоджуються охолодним повітрям, яке містить частково первинне повітря, відібране на виході компресора або між його ступенями. Це повітря для охолодження гарячих деталей заздалегідь охолоджується до надходження на охолоджувані деталі, проходячи трубами теплообмінника, встановленого в потоці більш холодного повітря. Цей потік більш холодного повітря частково містить повітря, що надходить від повітрорудки, або вторинне повітря. Воно відбирається в каналі повітрорудки, зокрема, в кільцевому проточному просторі, обмеженому з одного боку газогенератором і з іншого боку кожухом, що охоплює частково газогенератор вздовж його довжини. Ця частина розріджувального повітря, відібрана кожухом, надходить у дифузорне відділення, в якому значною мірою відновлюється його динамічний тиск, потім прямує теплообмінником, в якому воно поглинає тепло охолодного повітря, відібраного на ділянці компресора. Після того як він охолодить повітря для охолодження гарячих деталей, ця частина розріджувального повітря поступає зворотно в канал повітрорудки, при цьому його статичний тиск вирівнюється зі статичним тиском всередині каналу повітрорудки.

У матеріалах US 5 269 135 розкрита система охолодження типу "повітря - пальне", що включає в себе щонайменше один теплообмінник, в якому циркулює паливо. Цей теплообмінник розташований на тракті, яким циркулює більш холодне повітря, відібране у верхній зоні каналу повітрорудки і повертане в нижню зону каналу. Тракт частково обмежений внутрішньою стінкою каналу повітрорудки.

Описані системи охолодження мають ряд недоліків.

Перший недолік стосується догляду за двигуном, зокрема, за газогенератором. За відсутності системи охолодження догляд проводиться відкриванням капота картера для безпосереднього доступу до двигуна, зокрема, до паливних форсунок. За наявності системи охолодження, відомої з рівня техніки, зокрема, за наявності кожуха, що охоплює газогенератор, або тракту, жорстко з'єднаного з картером, ускладнюється доступ до деяких деталей двигуна для догляду за ними.

Другий недолік відомих із рівня техніки систем охолодження полягає в тому, що більш холодне повітря, використовуваний для охолодження рідини, що циркулює в теплообміннику, повертається в нижню зону каналу повітрорудки. Отже, його тиск вирівнюється з тиском всередині каналу повітрорудки на цій ділянці. Однак є ризик виникнення ситуації, за якої повітря може почати циркулювати в зворотному напрямі або взагалі не циркулювати, що зробить неефективною роботу теплообмінника.

Метою винаходу є усунення недоліків, властивих відомим із рівня техніки системам охолодження.

За першим аспектом винаходу система охолодження гарячих деталей двигуна літального апарата застосовується в двигуні літального апарата, встановленому в капоті, при цьому потік первинного повітря поступає в двигун, а потік вторинного повітря омиває двигун всередині капота. Система охолодження включає в себе щонайменше один тракт, за допомогою якого відбирається холодне повітря в потоці вторинного повітря, і щонайменше один розташований на тракті теплообмінник із циркулюючим всередині нього гарячим повітрям, відібраним від потоку первинного повітря для охолодження перед його подаванням на охолодження гарячих деталей. Вказаний щонайменше один тракт включає в себе три таких ділянки:

- систему підвідних каналів, розташовану у верхній зоні згаданого теплообмінника, при цьому система підвідних каналів жорстко з'єднана з картером;
- систему відвідних каналів, розташовану в нижній зоні теплообмінника, причому ця система відвідних каналів жорстко з'єднана з картером;
- проміжний кожух, розташований між системами підвідних і відвідних каналів, в якому встановлений єдиний теплообмінник, причому проміжний кожух жорстко з'єднаний з двигуном.

В оптимальному варіанті подовжній переріз проміжного кожуха має приблизно прямокутний профіль.

Перевага віддається варіанту, коли подовжній переріз проміжного кожуха має приблизно вигляд трапеції, більша основа якої розташована навпроти двигуна, а менша — навпроти картера.

Перевага віддається також варіанту, коли система охолодження має додатково герметичне з'єднання у верхній зоні між системою підвідних каналів і проміжним кожухом, а також герметичне з'єднання в нижній зоні між проміжним кожухом і нижньою системою каналів.

Згідно з винаходом кожний теплообмінник сполучений:

із щонайменше одним підвідним патрубком, що відбирає повітря від потоку гарячого первинного повітря і подає його в теплообмінник для охолодження, і

із щонайменше одним відвідним патрубком, що приймає охоложене в теплообміннику повітря і подає його до гарячих деталей двигуна для охолодження.

Перевага віддається варіанту, коли кожний підвідний патрубок має на одному зі своїх кінців кріпильний фланець для свого кріплення на двигуні. Аналогічно кожний відвідний патрубок має на одному зі своїх кінців кріпильний фланець для свого кріплення на двигуні. Всі ці кріпильні фланці забезпечують механічне кріплення кожуха на двигуні.

За одним варіантом здійснення щонайменше один із підвідних патрубків обладнаний клапаном.

За іншим варіантом здійснення щонайменше один із відвідних патрубків обладнаний клапаном.

За окремим варіантом здійснення, кожний теплообмінник сполучений з чотирма підвідними і чотирма відвідними патрубками.

Згідно з винаходом, вихід системи відвідних каналів трубопроводу кожного тракту розташований на рівні виходу випускного патрубка картера або вище за ним. Таким чином, повітря, що виходить із системи відвідних

каналів, має атмосферний тиск. В результаті попереджається виникнення рециркуляції повітря в теплообміннику, а втрати напору в ньому зростають.

За варіантом здійснення, якому віддається перевага, система підвідних каналів кожного тракту має вихідний переріз, що перевищує вхідний переріз.

За ще одним варіантом здійснення, якому віддається перевага, система відвідних каналів кожного тракту має вихідний переріз, який менше вхідного перерізу.

Перевага віддається варіанту здійснення, коли система охолодження включає в себе щонайменше два теплообмінники, розташовані вздовж обводу навколо двигуна, причому кожний теплообмінник розташований на окремому тракті. Перевага віддається варіанту, коли теплообмінників чотири.

За ще одним варіантом здійснення, система охолодження включає в себе тільки один теплообмінник, розташований вздовж всього обводу двигуна на відповідному єдиному кільцевому тракті.

За іншим аспектом, винахід стосується двигуна літального апарата, обладнаного системою охолодження за першим аспектом винаходу.

Короткий опис креслень

Детальніше винахід пояснюється нижче за допомогою своїх варіантів здійснення, приведених єдино з метою інформації, які є суто ілюстративними і не є обмежувальними, з посиланнями на прикладні креслення, на яких:

на фіг. 1 схематично зображено двигун літального апарата із системою охолодження згідно з винаходом, подовжній переріз;

на фіг. 2 зображено загальний вид ззаду задньої ділянки двигуна літального апарата із системою охолодження, згідно з винаходом;

на фіг. 3 зображено інший загальний вид ззаду двигуна, при цьому видалена задня частина на ділянці системи охолодження, і показано розташування теплообмінників в розрізі.

Докладний опис варіантів здійснення, яким віддається перевага

На фіг. 1 схематично зображений двигун 10 літального апарата з віссю 12 обертання.

До певної міри відомо, що двигун 10 літального апарата включає в себе ступені 14 компресора низького тиску, ступені 16 компресора середнього тиску, ступені 18 компресора високого тиску, камеру 20 згоряння і турбіни 22. Двигун 10 літального апарата розміщений в картері 24, який закінчується випускним патрубком 26.

До певної міри відомо, що потік первинного повітря, позначений стрілками 100, циркулює всередині двигуна 10. Він нагрівається при проходженні через ступені 14, 16, 18 компресора перед надходженням у турбіни 22.

До певної міри відомо, що потік вторинного повітря, позначений стрілками 200, циркулює всередині картера 24 навколо двигуна 10. Вторинне повітря 200, яке знаходиться зовні двигуна 10, холодніше від первинного повітря 100, яке знаходиться всередині двигуна 10.

За винаходом, двигун 10 включає в себе систему 30 охолодження для охолодження гарячих деталей двигуна 10, таких як, наприклад, лопатки турбін 22. Принцип дії цієї системи охолодження полягає в охолодженні повітря, яке поступає потім на або в гарячі охолоджувані деталі.

Система 30 охолодження включає в себе щонайменше один тракт 32, яким циркулює повітря (позначене стрілками 300, 400), відібране від потоку вторинного повітря в картері 24, а також щонайменше один теплообмінник 34, розташований на цьому тракті 32. Теплообмінником 34 може бути, наприклад, трубчатий або пластинчатий теплообмінник.

Кожний тракт 32 складається з трьох послідовно розташованих ділянок:

- системи 322 підвідних каналів, жорстко з'єднаної з картером 24 і розташованої у верхній зоні по відношенню до напрямку потоку повітря (стрілки 100, 200, 300, 400);

- системи 326 відвідних каналів, жорстко з'єднаної з картером 24 і розташованої в нижній зоні по відношенню до напрямку потоку повітря (стрілки 100, 200, 300, 400);

- проміжного кожуха 324, жорстко з'єданого з двигуном 10 і розташованого між системою 322 підвідних каналів і системою 326 відвідних каналів.

З'єднання 342 між системою 322 підвідних каналів і проміжним кожухом 324 утворене продовженням вихідного перерізу 323 системи 322 підвідних каналів і вхідного перерізу 328 проміжного кожуха 324, розміри яких для цієї мети задані приблизно однаковими. З'єднання 342 доповнене верхнім герметичним з'єднанням (не показано), узгодженим із згаданими перерізами.

Аналогічним чином з'єднання 346 між проміжним кожухом 324 і системою 326 відвідних каналів утворено продовженням вихідного перерізу 329 проміжного кожуха 324 і вхідного перерізу 325 системи 326 відвідних каналів, які для цієї мети виконані приблизно однаковими. З'єднання 346 доповнене нижнім герметичним з'єднанням (не показано), яке узгоджене з вказаними перерізами.

Перевага віддається варіанту, коли кінцеві перерізи проміжного кожуха 324 на ділянці відповідних з'єднань 342, 346 виконані - в подовжньому розрізі - у вигляді профілю, що має вигляд переважно трапеції, більша основа якої знаходиться навпроти двигуна 10, а менша - навпроти картера 24.

Вхід 321 тракту 32, розташований на рівні входу системи 322 підвідних каналів, може бути входом для статичного або динамічного повітря.

Вихід 327 тракту 32, що є виходом системи 326 відвідних каналів, розташований так, що він по суті збігається з вільним кінцем випускного патрубка картера 24. Таким чином, повітря, що відводиться системою 326 відвідних каналів, має атмосферний тиск.

Теплообмінник 34 встановлений в проміжному кожусі 324 тракту 32.

Проміжний кожух 324 розташований навпроти двигуна 10, на певній відстані від нього. Він з'єднаний з двигуном 10 за допомогою щонайменше одного підвідного патрубка 42, призначеного для подачі (стрілка 420) повітря, відібраного на виході з компресора 14, 16, 18, до теплообмінника 34 на охолодження, і щонайменше одного відвідного патрубка 44, призначеного для відведення охолодженого повітря до турбін 22 (стрілка 440).

На фіг. 2 і фіг. 3 детальніше показаний приклад системи 30 охолодження за винаходом, яка включає чотири тракти 32, розподілені вздовж периферії картера 24. Для спрощення фігур двигун 10 на них не показаний. Стрілками 200 показаний напрям витікання вторинного повітря і, отже, показані верхня і нижня зони трактів 32.

На фіг. 2 показаний приклад системи охолодження за винаходом, зокрема, тракти 32, а також їхні системи підвідних і відвідних каналів, відповідно 322 і 326.

Згідно з зображеним варіантом, якому віддається перевага, здійснення системи охолодження системи 322 підвідних каналів мають вхідний переріз 321, який менше від їхнього вихідного перерізу 323. Таким чином, повітря (стрілки 300), що поступає з картера 24, сповільнюється в системах 322 підвідних каналів перед надходженням на ділянку теплообмінників 34, на якій воно нагрівається від контакту з ними. Аналогічним чином системи 326 відвідних каналів мають вхідний переріз 325, який дорівнює їхньому вихідному перерізу 327. Таким чином, повітря (стрілки 400), яке було нагріте від контакту з теплообмінниками 34, не прискорюється в системах відвідних каналів перед своїм виходом назовні, що обмежує втрати напору.

На фіг. 3 зображені тільки системи 322 підвідних каналів і проміжні кожухи 324 трактив 32.

На цій фігурі детальніше показані проміжні кожухи 324, в яких розташовані теплообмінники 34, підвідні патрубки 42 і відвідні патрубки 44. У зображеному прикладі підвідні патрубки 42 передбачені в кількості чотирьох штук для одного проміжного кожуха 324 і розташовані в напрямі вгору до проміжних кожухів 324. Аналогічним чином відвідні патрубки передбачені в кількості чотирьох штук для одного проміжного кожуха 324 і розташовані в напрямі вниз до проміжних кожухів 324. Підвідні патрубки 42 і відвідні патрубки 44 закінчуються з боку двигуна 10 кріпильними фланцями 43 для жорсткого кріплення проміжних кожухів 324 з двигуном 10. Таким чином, підвідні патрубки 42 і відвідні патрубки 44 є одночасно засобами кріплення проміжних кожухів 324 і, отже, теплообмінників 34, з'єднаних з двигуном 10.

Підвідні патрубки 42 закріплені на кожному проміжному кожусі 324 на ділянці розподільного пристрою 46, який забезпечує живлення всіх труб або пластин теплообмінника або теплообмінників 34, розташованих у проміжному кожусі 324. Повітря, охолоджене від контакту з теплообмінником або теплообмінниками 34, збирається в колекторі 48, на якому закріплені відвідні патрубки 44.

У прикладі, показаному на фігурах, підвідні патрубки 42 є в основному прямолінійними і відбирають повітря безпосередньо на виході з компресора 14, 16, 18 для подачі його в теплообмінники 34. Відвідні патрубки 44 виконані зігненими таким чином, щоб можна було подавати повітря, що поступило в теплообмінники 34, в більший мір в нижню зону на вхід турбін 22.

Описана система охолодження має ряд переваг.

Перша з них полягає в можливості забезпечення догляду за деякими деталями двигуна 10, такими як, наприклад, паливні форсунки (не показані) Згідно з винаходом, система 322 підвідних каналів і система 326 відвідних каналів кожного тракту 32 жорстко з'єднані з картером 24, а проміжний кожух 324 жорстко з'єднаний з двигуном 10. Внаслідок цього перевага віддається варіанту, за яким система 322 підвідних каналів і система 326 відвідних каналів розташовані таким чином, щоб вони були закріплені на капоті отвору (не показаний) картера 24. Таким чином, при відкритті капота обидві вказані системи 322, 326 каналів підіймаються одночасно з капотом, в той час як проміжний кожух 324 з одним або декількома теплообмінниками 34 залишається жорстко з'єднаним із двигуном 10. Таким чином, спрощується доступ оператора до двигуна навіть за наявності тракту 32 завдяки тому, що останній складається з трьох окремих деталей 322, 324, 326.

Оскільки проміжний кожух 324 розташований на деякій відстані від двигуна 10 в зв'язку з наявністю підвідних патрубків 42 і відвідних патрубків 44, то для оператора полегшується доступ до деталей двигуна, навіть в зону під проміжним кожухом 324, через проміжок між підвідними патрубками 42 і відвідними патрубками 44. Отже, виявляється достатнім встановити проміжний кожух 324 навпроти камери згоряння 20 для того, щоб забезпечити легкий доступ до паливних форсунок для догляду за ними.

Інша перевага пов'язана з трапецеїдальною формою профілю проміжного кожуха 324. Завдяки такій формі досягається стан, при якому під час закриття капота картера 24 вихідний переріз 323 системи 322 підвідних каналів кожного тракту 32 перекриває вхідний переріз 328 проміжного кожуха 324. Аналогічним чином вхідний переріз 325 системи 326 відвідних каналів перекриває вихідний переріз 329 проміжного кожуха 324. Така схема дозволяє забезпечити точний збіг системи 322 підвідних каналів і системи 326 відвідних каналів із проміжним кожухом 324 при закритті капота і, отже, забезпечити надійну герметичність тракту 32 на ділянці з'єднань 342 і 346. Така герметичність може бути підвищена шляхом застосування герметичних з'єднань вздовж периферії з'єднань 342, 346.

Описана система охолодження є пасивною системою охолодження, тобто кількість повітря, відібраного на ділянці компресора 18 високого тиску (стрілка 420), пропорційна кількості повітря для охолодження турбіни 22 високого тиску (стрілки 440). Можна передбачити, не виходячи за рамки даного винаходу, активну систему охолодження, яка буде включати в себе щонайменше один клапан (не показаний), розташований на підвідних патрубках 42 або відвідних патрубках 44. Таким чином, стане можливим за рахунок керування відкриттям і/або закриттям таких клапанів підвищити льотні характеристики двигуна за рахунок збільшення його маси і в залежності від різних польотних режимів.

У описаній системі охолодження кожний теплообмінник з'єднаний з чотирма підвідними і чотирма відвідними патрубками на виході. Можна передбачити, не виходячи за рамки винаходу, щоб кількість підвідних і відвідних патрубків на виході не дорівнювала чотирьом і/або щоб ці кількості відрізнялися між собою.

У описаній системі охолодження вихід тракту співпадає з вільним кінцем випускного патрубка картера. Можна передбачити, щоб тракт продовжувався далі вільного кінця випускного патрубка в нижньому напрямі.

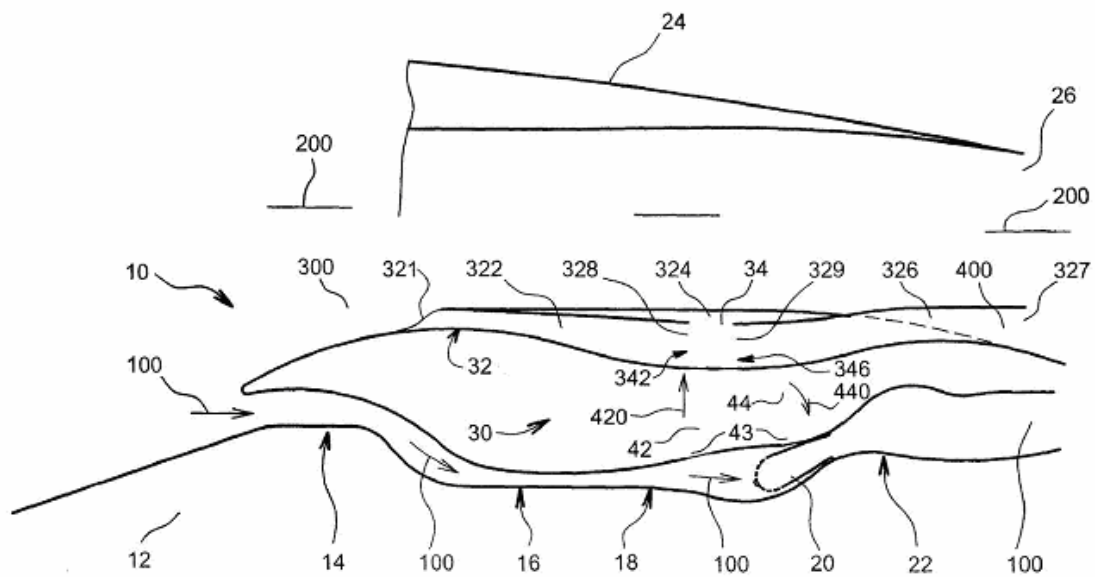


Fig. 1

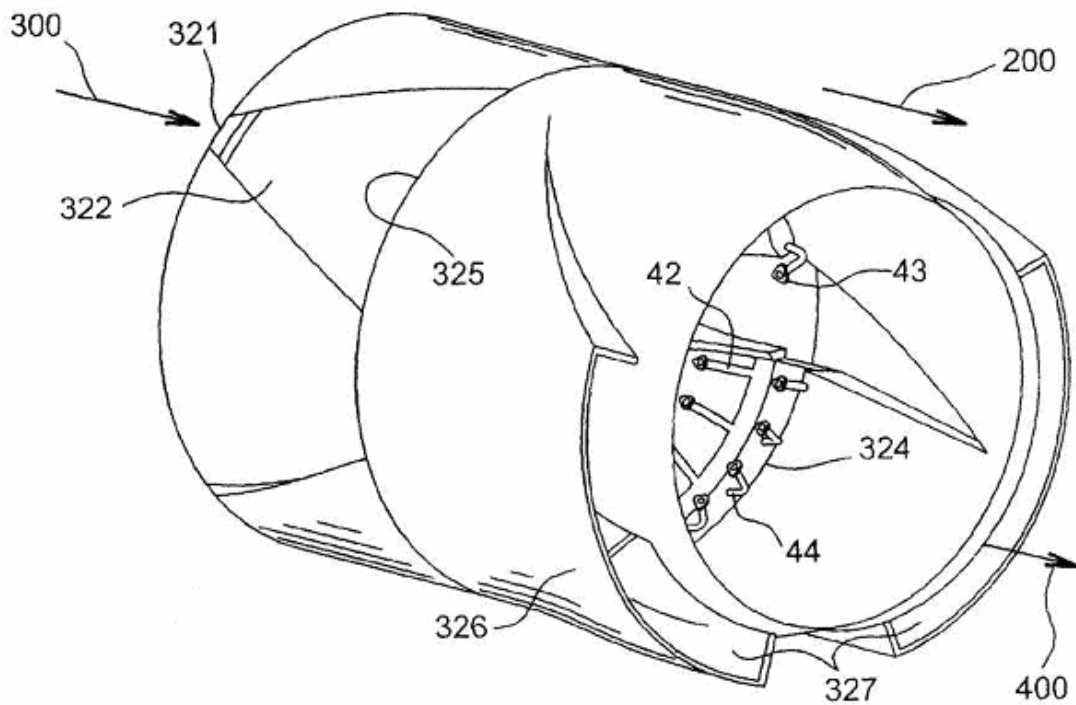


Fig. 2

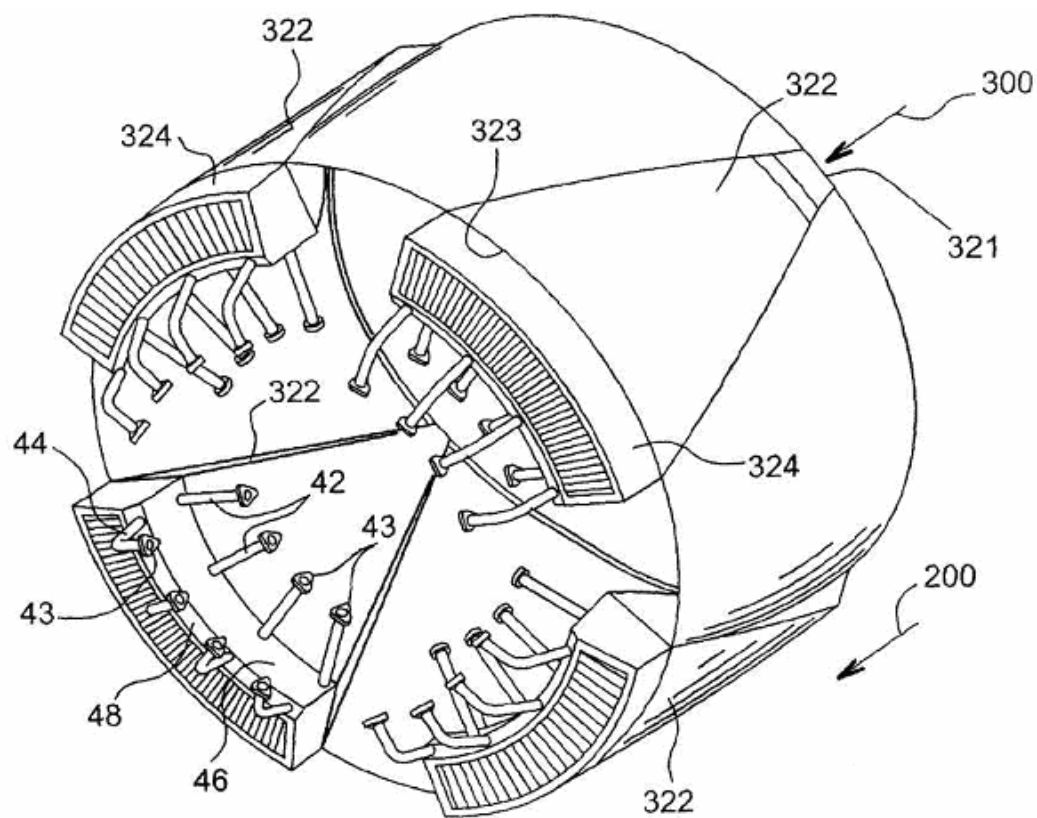


Fig. 3