

Область техніки, до якої відноситься винахід.

Даний винахід відноситься до охолодження лопаток газових турбін турбомашин. більш конкретно, винахід спрямований на вдосконалення системи охолодження лопатки, яка оснащена порожниною охолодження витягнутої форми.

Рівень техніки

За відомою технологією робочі (рухомі) лопатки газових турбін турбомашин, наприклад, турбін високого і низького тиску, оснащують внутрішніми контурами охолодження, що дозволяють уникнути їх пошкодження при вкрай високих температурах, дії яких ці лопатки піддаються в процесі роботи турбомашини. Наприклад, у разі турбін високого тиску температура газів, що надходять з камери згоряння, значно перевищує рівень, який робочі лопатки турбіни можуть витримувати без пошкодження, і це призводить до скорочення терміну їх служби.

Внутрішні контури охолодження дозволяють повітрю, що звичайно вводиться в лопатку через її хвостовик, текти всередині лопатки по траєкторії, визначеній передбаченими в лопатці порожнинами, і виходити з неї; через отвори, які передбачені на поверхні лопатки.

Проте такі контури охолодження не пристосовані для так званих «тонких і довгих» лопаток, тобто лопаток, у яких товщина (максимальна відстань між коритом і спинкою, тобто між внутрішньою (увігнутою) і зовнішньою (опуклою) поверхнями) значно менше їх радіальної висоти (відстані від хвостовика до торця лопатки).

Одне з обмежень, пов'язаних з такими лопатками, полягає в малому потоці повітря, що використовується для їх охолодження. Це призводить до необхідності створення «тонкої (тобто такої, що має високе значення відношення довжини до ширини) порожнини» охолодження для збільшення швидкості внутрішнього перебігу повітря, що призводить до збільшення коефіцієнта теплообміну. Така модифікація виявляється недостатньою для забезпечення охолодження лопатки: необхідно також забезпечити збурення внутрішнього повітряного потоку, наприклад, за допомогою дефлекторів у вигляді виступів або скоб.

Проте, використання дефлекторів класичного типу неможливе внаслідок тонкості порожнин охолодження, які передбачені в таких лопатках. Зокрема, наявність в порожнині охолодження виступів дуже сильно ускладнює перебіг повітря, циркулюючого в ній, і призводить до зниження механічної міцності, що призводить до виникнення тріщин. У свою чергу, виготовлення дефлекторів у вигляді скоб призводить до ускладнення при відливанні лопаток.

Розкриття винаходу

Таким чином, основна задача, на вирішення якої спрямований даний винахід, полягає в усуненні вказаних недоліків і в запропонованні контура охолодження для лопатки газової турбіни (зокрема, лопатки «тонкого і довгого» типу), що забезпечує ефективне охолодження лопатки і що не викликає труднощів у виготовленні.

Для вирішення поставленої задачі пропонується лопатка газової турбіни турбомашини, що має контур охолодження, який містить щонайменше одну порожнину охолодження витягнутої форми, що розташована в радіальному напрямку між хвостовиком лопатки і її торцем, і щонайменше один отвір впускання, що розташований в нижньому радіальному кінці порожнини і призначений для подачі в неї охолоджуючого повітря. Згідно з винаходом щонайменше одна зі стінок порожнини охолодження оснащена поглибленнями, що забезпечують збурення потоку охолоджуючого повітря у вказаній порожнині і збільшення теплообміну.

Форма порожнини охолодження вважається витягнутою, якщо в поперечному перерізі лопатки одне з вимірювань (довжина) порожнини щонайменше в три рази перевищує інше (ширину).

На відміну від відомих дефлекторів у формі виступів або скоб, поглиблення є елементами, що виготовлені вилученням матеріалу. Такі поглиблення дозволяють забезпечити збурення повітряного потоку, не ускладнюючи його течії. Контур охолодження лопатки за винаходом дозволяє також досягти ефективного охолодження лопатки з мінімальними втратами натиску і з малими концентраціями напруг, що сприяє її механічній міцності. Крім того, виготовлення такої лопатки спрощується, оскільки її контур охолодження легко може бути виготовлений методом лиття.

Вигідна відмінність винаходу полягає в тому, що стінки порожнини охолодження можуть не містити збурюючих елементів у формі виступів або скоб. Дійсно, наявність поглиблень на щонайменше одній зі стінок порожнини охолодження достатньо для створення збурень повітряного потоку, що протікає вздовж цієї порожнини.

В окремому випадку контур охолодження може не здійснювати випуск повітря на поверхні лопатки. В цьому випадку випуск повітря, що протікає всередині порожнини охолодження, здійснюється поблизу торця лопатки.

Даний винахід відноситься до лопатки, відношення ширини до радіальної висоти якої переважно складає від 0,01 до 0,25.

Відношення глибини поглиблень до ширини порожнини охолодження лопатки може складати від 0,15 до 0,65.

Для того, щоб забезпечити рівномірне охолодження, поглиблення можуть бути передбачені в стінках порожнини охолодження, що розташовані з внутрішньої і зовнішньої сторін пера лопатки, тобто з боку корита і спинки. Вони можуть розташовуватися одне над іншим уздовж ліній, що паралельні радіальній осі лопатки, або ж бути розташовані в шаховому порядку відносно цієї осі. Крім того, вони можуть бути передбачені тільки в одній частині пера лопатки, наприклад, в його нижній частині.

Поглиблення в порожнині охолодження можуть мати переріз, по суті, сферичної або конічної форми.

Короткий опис креслень

Інші особливості і переваги даного винаходу стануть зрозумілі з нижченаведеного докладного опису, що наводиться з посиланнями на додані креслення, на яких представлений один з можливих варіантів виконання винаходу, що не накладає будь-яких обмежень. На кресленнях:

- фіг. 1 зображає турбінну лопатку за винаходом в повздовньому розрізі;
- фіг. 2 зображає лопатку за фіг. 1 в поперечному розрізі;
- фіг. 3 і 4 зображають різні варіанти розташування поглиблень контуру охолодження за винаходом;

- фіг. 5 і 6 ілюструють різні форми поглиблень контуру охолодження за винаходом, представлених в розрізі. Виконання винаходу

Лопатка 10 з радіальною віссю XX', що зображена на фіг. 1 і 2, є робочою (рухомою) лопаткою турбіни високого тиску турбомашини. Зрозуміло, що даний винахід також може бути застосований до інших лопаток турбомашини, наприклад, до лопаток її турбіни низького тиску.

Лопатка 10 містить аероди-амічну поверхню (перо), що розташована s радіальному напрямку від хвостовика 12 лопатки до торця 14 лопатки. Хвостовик 12 лопатки призначений для її кріплення на диску 16 ротора турбіни високого тиску. Як показано на фіг. 1, торець 14 лопатки може містити прокладки ущільнювачів 17, що розташовані навпроти покриття 19, що стирається, є на корпус; (не представлений) турбіни високого тиску,

Перо має чотири роздільні зони: передню кромку 18, що розташована з боку течії гарячих газів, що надходять з камери згоряння турбомашини, задню кромку 20, що розташована зі сторони, яка протилежна передній кромці, корито 22 і спинку 24 Корито 22 і спинка 24 сполучають передню кромку 18 із задньою кромкою 20 пера-

Лопатка 10 оснащена контуром охолодження, що містить щонайменше одну порожнину 26 охолодження витягнутої форми, яка розташована а радіальному напрямку між хвостовиком 12 лопатки і її торцем 14, 1 щонайменше один отвір впускання 28 для повітря, що розташоване в нижньому радіальному кінці порожнини 26 (тобто поблизу хвостовика 12) для подачі в порожнину охолоджуючого повітря.

Під порожниною витягнутої форми мається на увазі порожнина, у якій в поперечному перерізі лопатки один з розмірів (довжина L1) щонайменше в три рази, а краще в п'ять разів перевищує інший (ширину l1). Ця характеристика порожнини 26 проілюстрована, зокрема, на фіг. 2.

Як показано на фіг. 2, порожнина 26 охолодження обмежена внутрішньою стінкою 26a, що розташована з боку корита 22 пера лопатки, і зовнішньою стінкою 26b, що розташована зі сторони спинки 24 пера лопатки. Ці стінки 26a, 26b з'єднуються на обох радіальних кінцях порожнини 26, а відстань, що їх розділяє, складає ширину 11 порожнини.

Контур охолодження лопатки 10 за фіг. 1 і 2 містить одну порожнину 26, що розташована за напрямком осі порожнини між передньою кромкою 18 і задньою кромкою 20 лопатки 10. Проте може бути передбачений варіант, за яким лопатка містить декілька порожнин охолодження витягнутої форми.

Згідно з винаходом щонайменше одна зі стінок 26a, 26b порожнини 26 охолодження лопатки 10 оснащена поглибленнями 30, що призначені для збурення повітряного потоку у вказаній порожнині і збільшення тим самим теплообміну. Поглиблення (або виїмки) 30 є елементами, що вносять збурення в потік повітря і утворені за рахунок вилучення матеріалу. Таким чином, їх виготовлення не вимагає додавання якого-небудь матеріалу.

В прикладі, що представлений на фіг. 2, поглибленнями 30 забезпечені обидві стінки 26a, 26b порожнини 26. Проте може бути передбачений варіант, за яким поглибленнями може бути оснащений тільки одна з цих стінок.

Одна з вигідних відмінностей винаходу полягає в тому, що стінки 26a, 26b порожнини 26 охолодження не містять збурюючих елементів (дефлекторів), виготовлених з додаванням матеріалу. Наприклад, стінки 26a, 26b порожнини 26 не містять дефлекторів у вигляді виступів або скоб. Наявність одних лише поглиблень 30 виявляється достатньою для забезпечення ефективного охолодження лопатки 10.

Інша корисна відмінність винаходу полягає в тому, що контур охолодження лопатки не проводить випуску повітря на поверхні пера лопатки (тобто на корито 22 і спинку 24, а також на передню кромку 18 і задню кромку 20).

В даній конфігурації охолоджуюче повітря, що пройшло через порожнину 26 контуру охолодження, повністю виводиться через торець 14 лопатки, наприклад, поблизу розташування ущільнювальних прокладок 17. Крім того, якщо контур охолодження містить декілька порожнин витягнутої форми, вони переважно незалежні один від одного: повітря в кожному з них вводиться індивідуально через хвостовик 12 лопатки, проходить всередині даної порожнини і повністю виводиться через торець 14 лопатки.

Даний винахід переважно відноситься до лопатки 10 так званого «тонкого і довгого» типу, що показана на фіг. 1. Іншими словами, відношення ширини 12 такої лопатки (максимальної відстані між коритом 22 і спинкою 24 пера лопатки за фіг. 1, що також називається максимальним перерізом) до її радіальної висоти h (фіг. 1) від хвостовика 12 до торця 14 лопатки складає від 0,01 до 0,25.

Згідно з ще однією корисною відмінністю винаходу відношення глибини P поглиблень 30 лопатки 10 (фіг. 5 і 6) і ширини I порожнини 26 охолодження (фіг. 2) складає: від 0,15 до 0,65.

Поглиблення 30 в порожнині 26 охолодження лопатки 10 можуть бути розташовані в шаховому порядку відносно радіальної осі XX' лопатки (фіг. 1 і 3) В альтернативному варіанті поглиблення 30 порожнини 26 охолодження можуть бути, по суті, вирівняні вщотно ліній, що паралельні радіальній осі XX' лопатки (фіг. 4).

Крім того, як показано на фіг. 1, поглиблення 30 порожнини 26 охолодження можуть бути передбачені тільки в нижній (в радіальному напрямку) частині пера лопатки 10, наприклад, до радіальної висоти, що становить приблизно 30% повної радіальної висоти p пера лопатки від її хвостовика 12 до торця 14. Зрозуміло, що поглиблення також можуть бути передбачені по всій радіальній висоті лопатки або якої-небудь іншої її частини.

Переріз поглиблень 30 порожнини 26 охолодження може бути, по суті, сферичним (фіг. 5) або, по суті, конічним (фіг. 6). Може бути передбачена і будь-яка інша форма їх перерізу; прямокутна, циліндрична, краплеподібна і т.д.

Розмір, глибина P і відстань між сусідніми поглибленнями 30 також можуть змінюватися залежно від необхідного рівня збурення повітряного потоку.

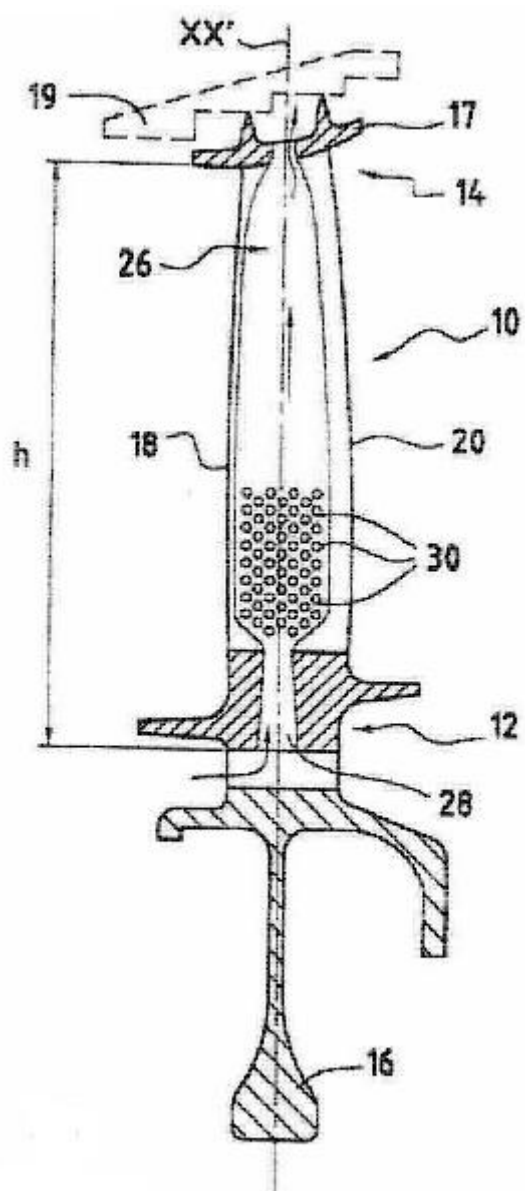


Fig. 1

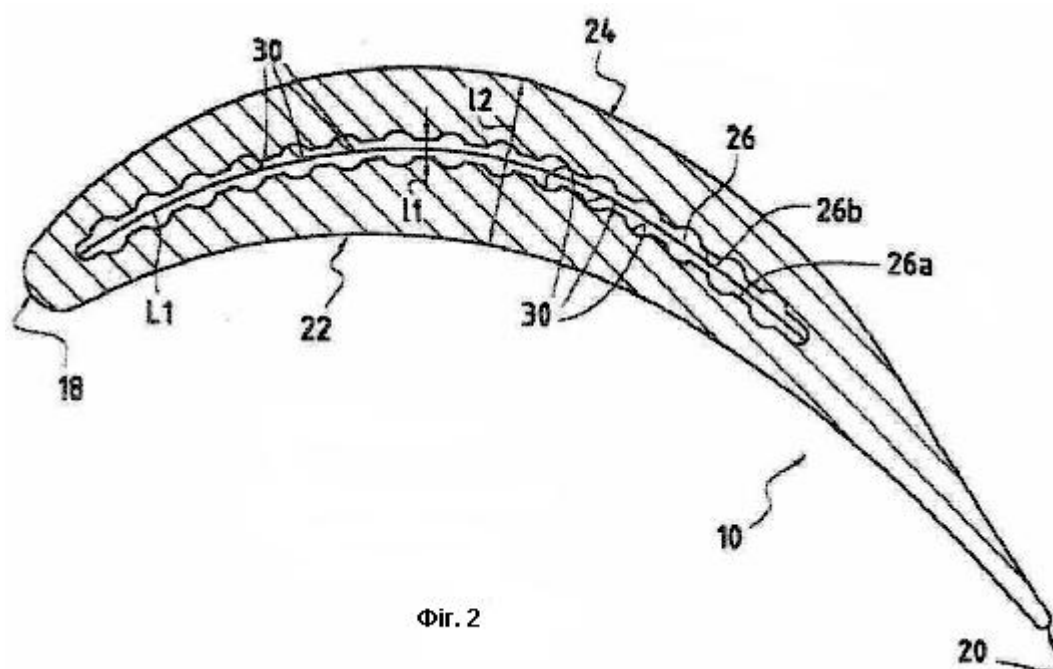


Fig. 2

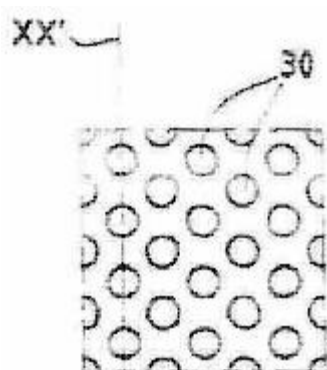


Fig. 3

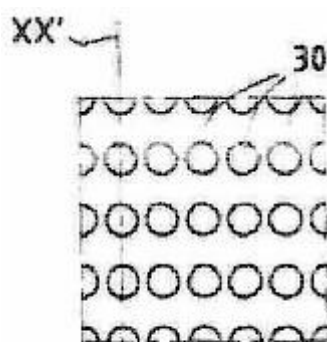


Fig. 4

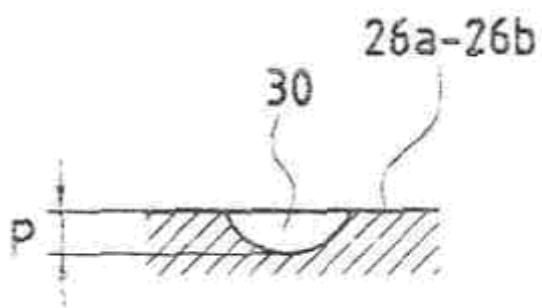


Fig. 5

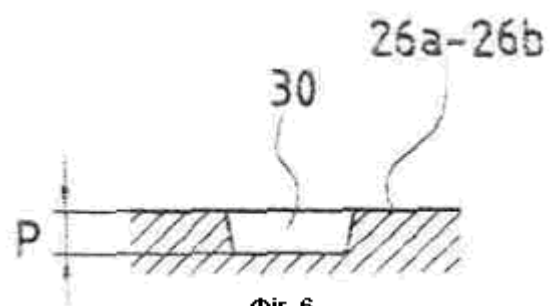


Fig. 6