

Представлений винахід відноситься до охолодження лопаток у газотурбінному двигуні та, зокрема, лопаток спрямовуючого соплового апарату турбіни.

Гази з високою температурою, які виходять з камери згорання, протікають у газотурбінних двигунах крізь лопатки спрямовуючого соплового апарату турбіни. Лопатки оснащені засобами для охолодження їх стінок потоком повітря, що, наприклад, відбирається від компресора, з тим, щоб вони могли протистояти жорстким умовам роботи, яким вони піддаються. Головним чином це засоби примусової конвекції або засоби охолодження ударом.

Винахід відноситься до закріплених порожнистих лопаток спрямовуючого соплового апарату турбіни, виготовлених шляхом відливання суперсплаву. Відповідно до цього методу метал відливається у форму для лиття навколо сердечника, який після виймання утворює порожнину. Вставка або втулка вводиться у цю порожнину для створення потоку охолоджувальної текучої субстанції.

Лопатка спрямовуючого соплового апарату турбіни, яка на сьогоднішній день використовується у деяких авіаційних двигунах, наприклад типу CFM 56, зображена на Фігурі 1. Тут це лопатка 1 спрямовуючого соплового апарату турбіни низького тиску з двома платформами - одна з яких зовнішня 1E, а інша - внутрішня 1I - які визначають кільцевий канал, у якому протікає газ. Цей канал послідовно поділений по кільцю лопатками 1. Кожна лопатка 1 оснащена у своїй центральній порожнині 1C багатоотвірною внутрішньою втулкою 3. У варіанті виконання з Фігури 1 всередині цієї втулки та поверхні охолодження між втулкою та стінками лопатки виконано центральний канал.

До втулки з трубки 5E, розміщеної на зовнішній платформі, і яка сполучається з джерелом холодного повітря, що наприклад відводиться з компресора, подається охолоджувальне повітря. Частина введеного повітря проходить крізь отвори втулки 3 і спрямовується на внутрішню стінку лопаток завдяки різниці переважаючого тиску між каналом, утвореним втулкою та його периферійною поверхнею, обмеженою втулкою та внутрішньою стінкою лопатки. Це повітря потім перетворюється у газовий струмінь крізь калібровані отвори, виконані на задній кромці лопатки. Решта невикористаного повітря у лопатці спрямовується з'єднуючою трубою 1L, яка розміщена під внутрішньою платформою 1I, до інших ділянок охолоджуваного механізму, як наприклад диску турбіни або підшипників.

Втулка вставлена у лопатку крізь отвір, виконаний на зовнішній платформі. Вона міцно прикріплена до лопатки, головним чином шляхом паяння твердим припоєм вздовж стінки цього першого отвору центральної порожнини на зовнішній платформі. Протилежна ділянка 3I втулки спрямована до другого отвору лопатки, який утворює спускний жолоб 1G на внутрішній платформі 1I для надання можливості відносного переміщення між втулкою та лопаткою. Насправді, лопатка є відлитим деталлю, а втулка головним чином отримується шляхом формування металевих листів. Завдяки відмінності матеріалів, з яких вони виготовлені, та способів виробництва для обох деталей, а також різниці між робочими температурами, наслідком є зміна видовження між лопаткою та втулкою. Таким чином спускний жолоб утворює опору всьому.

Беручи до уваги відмінність між способами конструювання сопла та втулки, люфт біля спускного жолоба є відносно значним. Цей люфт, зокрема, впливає з допуску лиття, величина якого є значною, та з допуску виробництва шляхом формування втулки. Цей люфт створює протікання повітря на виході втулки в разі, коли тиск на поверхні, що піддається охолодженню ударом, відмінний від тиску у центральному каналі на виході втулки.

Якщо тиск на поверхні, що піддається охолодженню ударом, менший за тиск у центральному каналі на виході втулки, то протікання повітря, показане стрілочкою F, має перший недолік, який призводить до надмірного тиску у периферійній зоні. Цей надмірний тиск є шкідливим для якості внутрішнього охолодження лопатки і, більш точно, в області задньої кромки, яка є найбільш гарячою. Більше того, це повітря не використовується при охолодженні лопатки, оскільки відводиться безпосередньо до випускних проходів, розташованих на задній кромці.

Заявник поставив собі за мету знизити протікання повітря у спускному жолобі охолоджуваної лопатки, зокрема лопатки спрямовуючого соплового апарату, і, більше точно, лопатки соплового апарату турбіни низького тиску.

Представлений винахід досягає цієї мети за допомогою лопатки турбіни двигуна з газовим охолодженням, яка має відлиту частину та поздовжню втулку, отриману шляхом формування металевих листів, при цьому відлита частина має поздовжнє тіло, у якому виконано порожнину з першим та другим отворами на краях, втулку, встановлену у порожнині та закріплену припаюванням м'яким або твердим припоєм до стінки першого отвору, і кінцева частина якого є вільною для ковзання у другий отвір, що утворює спускний жолоб. Лопатка відрізняється тим, що кінцева частина та спускний жолоб знаходяться у ковзному контакті між собою за допомогою поверхонь, утворених механічною обробкою.

Винахід має перевагу, у випадку такого ковзного контакту між втулкою, отриманою формуванням металевих листів, та відливою частиною, що полягає у незначних допусках виробництва при формуванні деталей механічною обробкою.

Винахід застосовується до закріплених лопаток спрямовуючого соплового апарату турбіни і, зокрема, до лопаток спрямовуючого соплового апарату з платформою на кожному їх краї.

Переваги, отримані у випадку лопатки спрямовуючого сопла газотурбінного двигуна, як того, що зображено на Фігурі 1, є значними. Менше протікання означає зниження надмірного тиску на поверхні охолодження ударом. Охолодження лопаток, таким чином, підвищується, а рівень температури лопаток в області задньої кромки знижується. Тому ризик ушкодження лопаток шляхом утворення тріщин під дією теплових навантажень знижується. Це призводить до підвищення строку служби сопла, зокрема, сопла низького тиску або для однакових строків служби - зниження необхідної витрати вентиляційного потоку, тому підвищення продуктивності або ККД. Зокрема, значно зменшується кількість операцій по підтриманню в робочому стані та ремонту.

Відповідно до іншої ознаки до згаданої кінцевої частини втулки міцно прикріплена герметизуюча вставка.

Вставлення вставки між втулкою та стінкою отвору має перевагу в уникненні операцій механічної обробки на кінцевій частині втулки. Також з більшою точністю може регулюватися люфт.

Відповідно до конкретного виконання винаходу герметизуюча вставка містить компонент, який утворює з'єднання із з'єднуючою трубою.

Винахід також спрямований на спосіб виготовлення лопатки, у якому: виготовляють тіло лопатки шляхом лиття з першим отвором на одному кінці та другим отвором - на іншому кінці, при цьому другий отвір має стінку з

надмірною товщиною, яка видаляється повторною механічною обробкою; формують втулку з кінцевою частиною; механічно оброблюють ділянки з надмірною товщиною стінки другого отвору тіла лопатки так, що кінцева частина ковзає у спускний жолоб з визначеним люфтом, беручи до уваги допуски механічної обробки другого отвору; вставляють втулку у тіло лопатки та припаюють її твердим або м'яким припоєм до стінки першого отвору.

Відповідно до однієї ознаки винаходу герметизуюча вставка розміщена між кінцевою частиною втулки та другим отвором тіла лопатки. Зокрема, втулка вставляється на місце у тіло лопатки, а потім між кінцевою частиною та другим отвором розміщується герметизуюча вставка. Стінка герметизуючої вставки, яка входить в контакт зі стінкою отвору сама по собі утворена механічною обробкою.

Відповідно до іншої ознаки герметизуюча вставка припаюється м'яким або твердим припоєм до кінцевої частини втулки.

Інші ознаки та переваги представленого винаходу стануть очевидними з наведеного нижче опису, який посиляється на додані креслення, які зображають два необмежувальні варіанти виконання винаходу.

Фіг. 1 зображає вид перспективи лопатки спрямовуючого соплового апарату турбіни з попереднього рівня техніки.

Фіг. 2 зображає вид перерізу відповідної до винаходу лопатки спрямовуючого соплового апарату.

Фіг. 3 зображає переріз вздовж напрямку III-III з Фіг. 2.

Фіг. 4 та 5 зображають схематичні види лопатки під час її виготовлення.

Фіг. 6 зображає інший варіант виконання винаходу.

Як видно з Фіг. 1, конструкція з попереднього рівня техніки містить поздовжнє тіло 1 лопатки, зовнішню 1E та внутрішню 1I платформи, та утворює єдину відлиту деталь. Очевидно, що з'єднувальна трубка 1L, у яку відкривається порожнина лопатки, становить одне ціле з відливою деталлю і, зокрема, з внутрішньою платформою 1I. Тому спускний жолоб 1G, відповідно до цього розміщення компонентів лопатки, є недоступним крізь внутрішню платформу. Вона може виготовлятися тільки способом лиття. Втулка 2 сама по собі отримується з відповідним чином сформованого листа металу. Допуски виробництва призводять до появи незначного люфту між кінцевою частиною 3I втулки 3 та спускним жолобом 1G, утвореним другим кінцем внутрішньої порожнини лопатки. Для знаходження засобів від цього відповідно до винаходу передбачено, що спускний жолоб повинен виготовлятися механічною обробкою.

Ділянка закріпленої лопатки спрямовуючого соплового апарату, розміщена поблизу її внутрішньої платформи, зображена на Фіг. 2. Вона містить між кінцевою частиною втулки та відповідним до винаходу спускним жолобом з'єднувальні засоби. Втулка 30 вставлена всередину центральної порожнини 10C лопатки 10. Кінцева частина 30I втулки розміщена в отвір 10G, який утворює спускний жолоб лопатки, виконаний на внутрішній платформі 10I. Відповідно до цього переважного варіанта виконання герметизуюча вставка 30S розміщена між кінцевою частиною 30I втулки 30 та спускним жолобом 10G. Як видно з Фіг. 3, герметизуюча вставка має по суті форму трапеції. Вона підігнана так, щоб входити у спускний жолоб 10G з визначеним люфтом на його периферії. Цей люфт бере до уваги розширення частин під час різних робочих фаз. У вставці виконано отвір для приймання кінцевої частини, до якої вона припаюється твердим або м'яким припоєм. Охолоджувальне повітря потрапляє до втулки з першого отвору. Частина цього повітря проходить крізь стінку втулки через калібровані проходи для охолодження ударом внутрішньої стінки лопатки. Решта цього повітряного потоку випускається кінцевою частиною втулки в напрямку інших поверхонь, охолоджуваних апаратом. Засоби для спрямування цього повітря не зображені.

Встановлення втулки здійснюється наступним чином. Втулку вводять крізь перший отвір лопатки, виконаний на зовнішній платформі, не зображений на Фіг. 2. Втулку проштовхують у порожнину лопатки до тих пір доки частина 30I втулки не буде знаходитися на одному рівні з внутрішнім отвором, який утворює спускний жолоб 10G. Видно, що лицьова поверхня платформи 10I, протилежна до газового струменя, є вільною для доступу. Вставку вводять крізь цей бік, її примушують ковзати навколо кінцевої частини 30I та утримують у положенні, зображеному на Фіг. 2. Робота завершується припаюванням м'яким або твердим припоєм вставки до втулки. Переважно одночасно здійснюють припаювання твердим припоєм втулки у її іншому кінці до стінок першого отвору на зовнішній платформі.

Для надання можливості встановлення втулки з цією герметизуючою вставкою у спускний жолоб, деталі виготовляються наступним чином.

Під час операції лиття, у якій метал відливають у форму для лиття, яка має заглиблення, що має форму деталі, використовують сердечник, розміри якого підігнані під порожнину тіла лопатки. Цей сердечник 100 схематично зображений на Фіг. 4. Він має виступну частину 100G відносно тіла 100C, розміри якої підігнані під порожнину лопатки. Розплавлений метал відливають навколо сердечника та між іншими стінками форми для лиття, які не зображені. Виступній частині 100G були надані такі розміри, щоб деталь після виймання з форми для лиття мала так звану ділянку з надмірною товщиною, що є результатом механічних операцій, яка потім механічно виймається. Та ж ділянка лопатки, яка залишає форму для лиття, зображена на Фіг. 5. Сердечник вийнято. Тому отвір 10G при вийманні з форми для лиття має розмір Lu. На наступній стадії механічною обробкою вилучають певну кількість матеріалу на периферії отвору за допомогою відповідного інструмента до отримання необхідного розміру L. Товща матеріалу, видалена механічною обробкою, називається повторною механічною обробкою. З використанням сьогоденніх механічних засобів обробки допуск виробництва може становити близько  $\pm 0,025\text{мм}$ . Він може бути меншим за розкид розмірів під час виймання з форми для лиття або під час формування.

Більше того, втулка виготовлялась шляхом формування металевого листа у пресі, а вставка виготовлялась з гніздом для приймання кінця втулки.

Цим способом виробництва деталей можна було б встановити, що значно зменшуються протікання охолоджувального повітря.

Таким чином, за допомогою механічної обробки отвору, що утворює спускний жолоб, можна отримувати розкид розмірів, знижений до  $\pm 0,025\text{мм}$  замість  $\pm 0,075\text{мм}$  під час виймання з форми для лиття. Що стосується вставки то, оскільки гніздо втулки заповнено твердим або м'яким припоєм, на цьому рівні протікання не відбувається. Оскільки її бічна поверхня піддається механічній обробці, то допуск виробництва також має порядок  $\pm 0,025\text{мм}$ . Цей допуск менший за допуск для кінця втулки, виконаної формуванням. Розкид розмірів в останньому випадку зазвичай становить  $\pm 0,1\text{мм}$ .

Попередній опис обох варіантів виконання не обмежує винахід розміщенням герметизуючої вставки між кінцевою частиною та отвором, що утворює спускний жолоб. Винахід також охоплює варіант виконання, у якому кінцева частина придатна до механічної обробки та входження в ковзний контакт з механічно обробленою стінкою спускного жолоба.

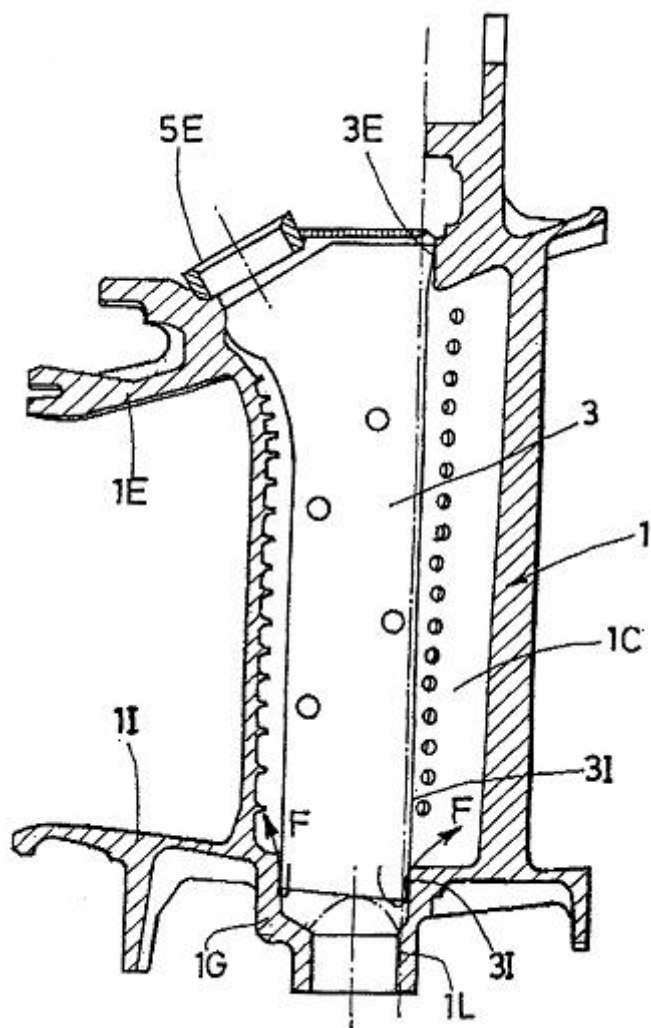


Fig. 1

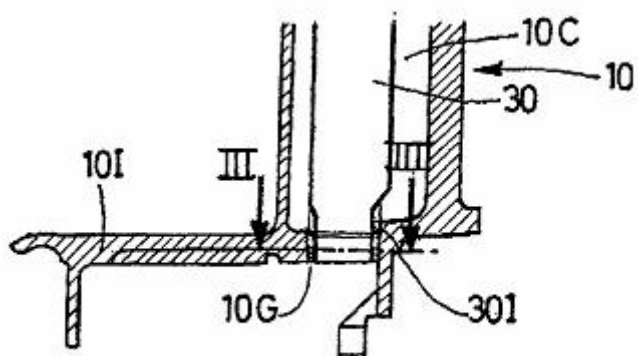


Fig. 2

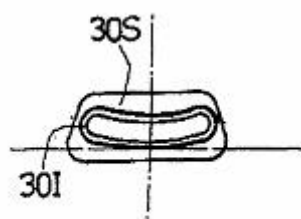


Fig. 3

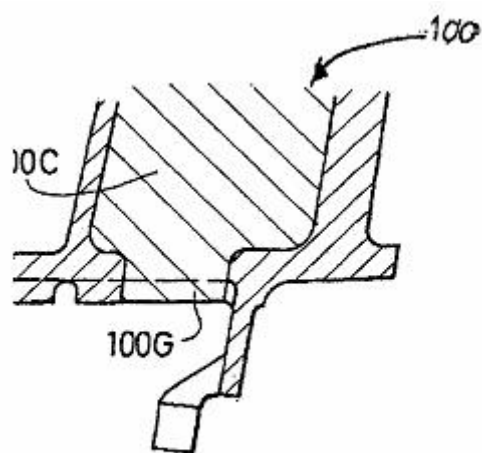


Fig. 4

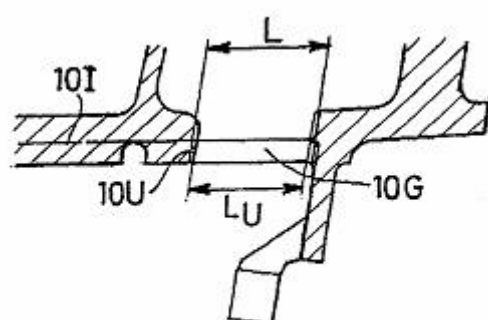


Fig. 5

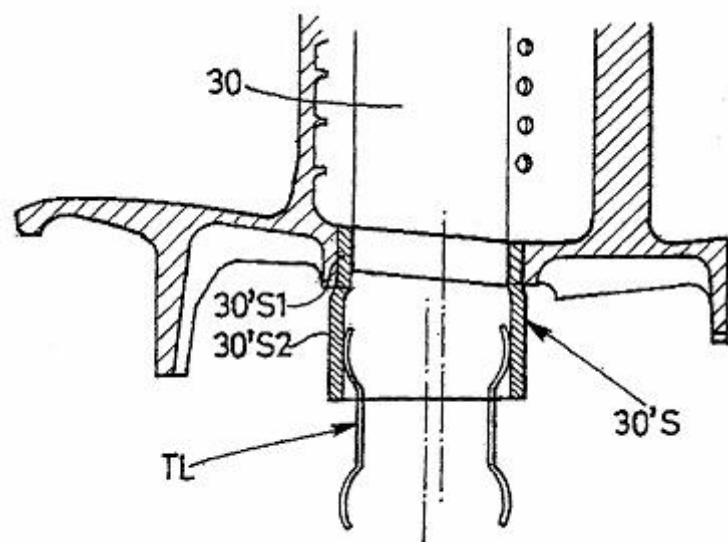


Fig. 6