(19)대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) 。Int. Cl.
F01D 5/18 (2006.01)

(45) 공고일자 2006년08월01일
(11) 등록번호 10-0553296
(24) 등록일자 2006년02월10일

(21) 출원번호 10-1998-0048472
(22) 출원일자 1998년11월12일

(65) 공개번호 10-1999-0045246
(43) 공개일자 1999년06월25일

(30) 우선권주장 08/969,670 1997년11월13일 미국(US)

(73) 특허권자 유나이티드 테크놀로지스 코포레이션
미국 코넥티컷주 06101 하트포드 원 피낸셜 플라자

(72) 발명자 프르지렘벨 한스 알
미국 플로리다주 33458 쥬피터 올드 포트 쥬피터 로드 5416

쇼치팅 프레드리치 오
미국 플로리다주 33469 테퀘스태 리버사이드 드라이브 19483

(74) 대리인 주성민
안국찬

심사관 : 정경훈

(54) 가스터빈용중공형에어포일

요약

중공형 에어포일은 압력 측벽과, 흡입 측벽과, 압력 측벽과 흡입 측벽 사이에 형성된 공동과, 압력 측벽 내에 배치된 복수개의 냉각 포트와, 공동과 냉각 포트 중 하나 사이에서 각각 연장하는 복수개의 통로를 구비한다. 각각의 통로는 흡입 측벽에 인접한 제1 벽, 압력 측벽을 향해 실질적으로 연장하는 한 쌍의 통로 측벽, 및 압력 측벽에 인접한 제2 벽을 구비한다. 제1 실시예에 있어서, 각각의 통로는 통로 측벽과 제2 벽 사이에서 연장하는 한 쌍의 필렛을 더 포함한다. 제2 실시에에 있어서, 각각의 통로는 각각의 냉각 포트에 인접하여 꺽인 부분을 포함한다.

대표도

도 5

명세서

도면의 간단한 설명

도1a, 도1b 및 도1c는 종래 기술에 따른 에어포일의 후단 에지에 인접한 냉각 포트를 갖는 가스 터빈 에어포일의 개략적 부분 단면도,

도2는 본 발명에 따른 후단 에지에 인접한 지름방향(spanwise)으로 분포된 냉각 포트를 갖는 가스 터빈 에어포일의 예시를 나타낸 도면,

도3은 본 발명에 따른 압력 측벽과 흡입 측벽 사이에 배치된 복수개의 내측 공동을 구비한 가스 터빈 에어포일의 개략적 단면도,

도4a는 본 발명에 따른 에어포일의 후단 에지에 인접한 냉각 포트를 갖는 가스 터빈 에어포일의 개략도,

도4b 내지 도4e 및 도5는 각각 도4a에 도시된 선들(4B-4B, 4C-4C, 4D-4D, 4E-4E 및 5-5)을 따른 단면도,

도6은 본 발명에 따른 다른 통로 단면을 도시한 것으로, 도4b의 단면에서 취한, 도4a에 도시된 가스 터빈 에어포일의 단면도.

<도면의 주요부분에 대한 부호의 설명>

10 : 에어포일

12, 14 : 에어포일 벽

16 : 내부 공동

18 : 냉각 포트

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 중공형 에어포일에 관한 것으로, 특히 중공형 에어포일 내의 후단 에지 냉각 구멍의 기하학적 형상에 관한 것이다.

최근의 축류 가스 터빈 엔진에 있어서, 터빈 로터 블레이드 및 스테이터 베인은 과도한 냉각을 요구한다. 통상의 로터 블레이드 또는 스테이터 베인 에어포일은 압축기와 같은 냉각 공기 공급원에 연결된 사형(serpentine) 통로 배열을 포함한다. 압축기 스테이지에서 나오는 공기는 터빈을 통해 이동하는 코어 가스보다 높은 압력과 낮은 온도를 갖기 때문에 바람직한 냉각 매체를 제공하는데, 높은 압력은 구성요소 내의 통로를 통해 압축기 공기를 가압하며, 낮은 온도는 구성 요소로부터 열이 방열되도록 한다. 냉각 공기는 결국 에어포일 벽 내의 냉각 구멍 또는 후단 에지를 따라 분포되는 냉각 포트를 경유해 에어포일을 빠져나간다. 냉각은 특히 에어포일이 상당히 좁아지는 후단 에지를 따라 임계상태가 된다. 대부분의 에어포일 구조는 에어포일의 전체적은 스팬(span)을 따라 분포되는 압력 측벽의 외부 표면 내에 밀접하게 집합된(closely packed) 냉각 포트의 라인을 포함한다. 각각의 밀접하게 집합된 포트를 가로지르는 비교적 작은 압력 강하는 공기역학적(aerodynamically)으로 바람직한 좁은 후단 에지를 냉각하고 보호하는 것을 돕는, 포트 후미의 냉각 공기(필름 냉각)의 경계층의 형성을 조장한다.

냉각 이외에, 터빈 로터 블레이드와 스테이터 베인 에어포일은 또한 진동 부하(vibratory loadings)에 의해 초래되는 높은 사이클 피로(HCF: high cycle fatigue)를 수용해야 한다. 이것은 특히 각각의 밀접하게 집합된 냉각 포트가 상당한 응력 집중을 나타내는 좁은 후단 에지를 따라 나타난다. HCF는 억제되지 않은 상태로 두면 결과적으로 에어포일의 기계적 완전 상태를 손상시킬 수 있는 응력 파손을 야기한다. 도1은 압력 측벽내의 냉각 포트를 갖는 종래의 후단 에지의 단면도이다. 압력 측벽의 폭은 냉각 포트에 상당히 인접하게 좁아지며, 압력 측벽의 이러한 부분은 특히 HCF에 영향을 받기 쉽다. 벽 두께를 증가시키기 위해 전방으로 포트를 이동하는 것은 HCF에 대한 영향이 감소되나, 포트 후미의 필름 냉각에 악영향을 미친다(일반적으로 필름 냉각 효과는 거리에 따라 저하된다).

그러므로, HCF를 방지하며 하류 필름 냉각을 향상시키며 용이하게 제조될 수 있는 후단 에지 냉각 장치를 갖는 에어포일이 요구된다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

따라서, 본 발명의 목적은 HCF를 방지하는 후단 에지 냉각 장치를 갖는 에어포일을 제공하는 것이다.

본 발명의 다른 목적은 하류 필름 냉각을 향상시키는 후단 에지 냉각 장치를 갖는 에어포일을 제공하는 것이다.

본 발명의 다른 목적은 용이하게 제조될 수 있는 후단 에지 냉각 장치를 갖는 에어포일을 제공하는 것이다.

본 발명에 따르면, 중공형 에어포일은 압력 측벽, 흡입 측벽, 압력 측벽과 흡입 측벽 사이에 형성된 공동, 압력 측벽 내에 배치되는 복수개의 냉각 포트, 및 공동과 냉각 포트중 하나 사이에서 각각 연장하는 복수개의 통로를 구비한다. 각각의 통로는 흡입 측벽에 인접한 제1 벽, 한 쌍의 통로 측벽, 및 압력 측벽에 인접한 제2 벽을 포함하는 단면을 갖는다. 일 실시예에 있어서, 통로 측벽 과 제2 벽 사이에서 한 쌍의 필렛이 연장한다. 제2 실시예에 있어서, 각각의 통로는 각각의 냉각 포트에 인접한 꺾인 부분(jog)을 포함한다.

본 발명의 이점은 HCF가 최소화된다는 것이다. 종래의 에어포일에 있어서, 서로를 향하는 압력 측벽과 흡입 측벽의 테이퍼는 압력 측벽이 바람직하지 않게 얇게 됨으로써, 냉각 포트의 전방 및 측면 에지에 특히 인접한 HCF에 영향 받기 쉽다. 이와 반대로, 본 발명의 모든 실시예의 통로는 냉각 포트 주위의 벽 재료가 그 영역내의 HCF를 실질적으로 최소화시킬 수 있게 제공된다.

본 발명의 다른 이점은 통로와 냉각 포트의 기하학적 형상이 에어포일 내에서 주물성형(cast)될 수 있어, 본 발명의 에어포일이 용이하게 제조가능하다는 것이다.

본 발명의 상기 및 기타 목적, 특징 및 이점은 첨부 도면에 도시된 바와 같은, 본 발명의 바람직한 실시예에 대한 상세한 설명으로부터 명료하게 될 것이다.

발명의 구성 및 작용

도2 및 도3을 참조하면, 가스 터빈 엔진용 중공형 에어포일(10)은 압력 측벽(12), 흡입 측벽(14), 압력 측벽(12)과 흡입 측벽(14) 사이에 배치된 복수개의 내부 공동(16), 및 복수의 냉각 포트(18)를 포함한다. 내부 공동(16)은 냉각 공기(19)의 공급원에 연결된다. 압력 측벽(12)과 흡입 측벽(14)은 선단 에지(22)와 후단 에지(24) 사이에서 횡방향(widthwise)(20)으로 연장하며, 내측 반경방향의 플랫폼(28)과 외측 반경방향의 표면(30) 사이에서 지름방향(spanwise)(26)으로 연장한다. 에어포일(10)의 두께(32)는 압력 측벽 외부 표면(34)과 흡입 측벽 외부 표면(36) 사이의 거리로 규정된다. 에어포일 벽(12, 14)의 두께는 벽의 내부 및 외부 표면 사이에서 유사한 방향으로 측정될 수도 있다. 도2에 도시된 예시의 에어포일(10)은 냉각 공기 입구(40)를 갖는 루프(38)를 구비한 로터 블레이드이다. 또한 스테이터 베인으로 작용하는 에어포일(10)이 본 발명을 구현할 수도 있다. 도3은 본 발명을 구현하는 에어포일(스테이터 베인 또는 로터 블레이드)의 단면을 도시한 것인데, 사형 방식으로 서로 연결된 복수개의 내부 공동(16)을 구비한다. "N"개의 통로(42)는 최후미 공동(16)을 "N"개의 냉각 포트(18)에 연결하는데, "N"은 정수이다.

도2, 도3 및 도4a를 참조하면, 냉각 포트(18)는 압력 측벽(12)내에 배치되며, 후단 에지(24)에 인접하여 지름방향으로 분포된다. 각각의 냉각 포트(18)는 후미 에지(44), 전방 에지(46), 한 쌍의 측면 에지(48), 및 한 쌍의 필렛(50)(도4a에 도시됨)을 포함한다. 측면 에지(48)는 후미 에지(44)와 교차하며, 대체로 전방 에지(46)를 향해 연장한다. 각각의 필렛(50)은 측면 에지(48) 중 하나와 전방 에지(46) 사이에서 연장한다. 각각의 필렛(50)의 길이(52)는 측면 에지(48)와의 교차점과 전방 에지(46)와의 교차점 사이의 횡방향 거리로서 규정된다.

도4b 내지 도4e, 도5 및 도6을 참조하면, 냉각 포트(18)와 최후미 공동(16)(도5에 도시됨)을 연결하는 각각의 통로(42)는 제1 벽(54), 제2 벽(56) 및 한 쌍의 측벽(58)(도4b 내지 도4e 및 도6에 도시됨)을 포함하는 단면의 기하학적 형상을 갖는다. 제1 벽(54)은 흡입 측벽(14)에 인접하며, 제2 벽(56)은 압력 측벽(12)에 인접한다. 측벽(58)은 제1 벽(54)으로부터 외부로, 실질적으로는 압력 측벽(12)을 향해 연장한다. 본 발명의 제1 실시예에 있어서, 통로(42)의 단면 기하학적 형상은 측벽(58) 중 하나와 제2 벽(56) 사이에서 연장하는 제1 필렛(60)과, 측벽(58) 중 다른 하나와 제2 벽(56) 사이에서 연장하는 제2 필렛(62)을 포함한다. 제1 및 제 2 필렛(60, 62) 및/또는 제2 벽(56)의 기하학적 형상은 적용에 적합하게 변경될 수 있다. 예를 들면, 도6은 아치형으로 형성되는 제1 및 제2 필렛(60, 62) 및 제2 벽(58)을 도시한 것이다. 한편, 도4b는 필렛

(60, 62)이 제 2 벽(56)의 중앙에서 거의 서로 만나는 통로(42) 단면을 도시한 것이다. 도4b는 또한 "x"와 동일한 두께를 갖는 냉각 포트(18)의 전방 에지(46)에서의 압력 측벽(12)을 도시한 것이다. 본 발명의 제1 실시예에 있어서, 제1 및 제2 필렛(60, 62)의 두께는 "x"와 동일하거나 그보다 크다[도4c 및 도4d는 두께 "x"와 동일한 필렛(60, 62)을 도시한 것임].

본 발명의 제2 실시예인 도5를 참조하면, 냉각 포트 선단 에지(46)의 하류에서, 각각의 통로(42)가 [각도(Φ)로 도시된] 양만큼 꺾이고, 그 뒤 적어도 냉각 포트 필렛(50)의 길이(52)에 대해 압력 측벽 외부 표면(34)에 대체로 평행하게 연장한다. 그 결과, 압력 측벽(12)의 두께(63)는 냉각 포트 필렛(50)의 길이(52)에 대해 대체로 일정하게 유지된다. 바람직하게는 냉각 포트 필렛(50)의 후미에서, 통로는 다시 꺾이고, 이번에는 흡입 측벽(14)의 외부 표면(36)에 대체로 평행하게 연장한다. 도5의 점선은 종래의 후단 에지 냉각 포트 및 통로의 기하학적 형상을 나타낸 것이다.

본 발명을 보다 잘 이해하기 위해, 도1에 도시된 종래의 후단 에지 냉각 장치와 도5에 도시된 본 발명의 후단 에지 냉각 실시예를 비교한다. 종래의 후단 에지 단면(도1)에 있어서, 통로(64)는 각각의 냉각 포트(66)와 내부 공동(68)을 연결하며, 각각의 냉각 포트(66)는 한 쌍의 필렛(70)을 포함한다. 압력 측벽(78)의 폭은 필렛(70)에서 상당히 좁아지며, 압력 측벽(78)의 이러한 부분은 HCF에 영향 받기 쉽다.

이와 반대로, 본 발명은 (1) 필렛(60, 62) 통로의 기하학적 형상을 제공함 (도4b 내지 도4e 및 도6에 도시됨)과, 및/또는 (2) 통로(42)가 압력 측벽(12)의 외부 표면(34)에 대체로 평행하게 연장하도록 냉각 포트의 전방 에지(46)의 통로 후미(42)를 휘게 함(도5에 도시됨)으로써 종래 설계의 좁은 벽 특성을 방지한다.

본 발명은 양호한 실시예에 따라 도시되고 설명되었지만, 당업자는 본 발명의 사상 및 범주로부터 벗어나지 않고 양호한 실시예의 형상 및 세부사항이 다양하게 변형될 수 있음을 이해할 것이다. 예를 들면, 본 발명은 제1 및 제2 실시예의 견지에서 기재되었지만, 이들 실시예는 특정 적용에 적합하게 조합될 수도 있다.

발명의 효과

본 발명의 구성에 의해, 에어포일의 하류 필름 냉각을 향상시키고, 높은 사이클 피로(HCF)를 방지하며, 용이하게 제조될 수 있는 후단 에지 냉각 장치를 갖는 에어포일을 제공한다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

중공형 에어포일이며,

제1 외부 표면을 갖는 압력 측벽과,

제2 외부 표면을 갖는 흡입 측벽과,

상기 압력 측벽과 상기 흡입 측벽 사이에 형성되고 냉각 공기의 공급원에 연결되는 공동과,

복수개의 냉각 포트와,

복수개의 통로를 포함하며,

상기 압력 측벽과 상기 흡입 측벽은 선단 에지와 후단 에지 사이에서 횡방향으로, 그리고 내측 반경 방향의 표면과 외측 반경 방향의 표면 사이에서 지름 방향으로 연장하며,

상기 복수개의 냉각 포트는 상기 압력 측벽 내에 배치되고, 상기 후단 에지에 인접하게 지름 방향으로 분포되며,

상기 복수개의 통로의 각각은 상기 공동과 상기 냉각 포트 중 하나 사이에서 연장하며, 상기 흡입 측벽에 인접한 제1 벽, 상기 압력 측벽을 향해 대체로 연장하는 한 쌍의 통로 측벽, 상기 압력 측벽에 인접한 제2 벽, 상기 통로 측벽 중 하나와 상기 제2 벽 사이에서 연장하는 제1 필렛, 및 상기 통로 측벽 중 다른 하나와 상기 제2 벽 사이에서 연장하는 제2 필렛을 구비하는 것을 특징으로 하는 중공형 에어포일.

청구항 2.

제1항에 있어서, 각각의 상기 통로는 상기 연결된 냉각 포트에 인접하여 꺾이며, 상기 통로는 상기 제1 외부 표면에 대체로 평행하게 연장하는 것을 특징으로 하는 중공형 에어포일.

청구항 3.

제1항에 있어서, 각각의 상기 냉각 포트는 후미 에지와, 상기 후미 에지와 교차하는 한 쌍의 측면 에지와, 전방 에지와, 상기 측면 에지 중 하나와 상기 전방 에지 사이에서 연장하는 제3 필렛과, 상기 측면 에지 중 다른 하나와 상기 전방 에지 사이에서 연장하는 제4 필렛을 포함하며, 상기 제3 및 제4 필렛의 각각은 길이를 갖는 것을 특징으로 하는 중공형 에어포일.

청구항 4.

제3항에 있어서, 상기 압력 측벽은 각각의 상기 냉각 포트의 상기 전방 에지에 인접한 제1 두께를 가지며, 상기 제1 및 제2 필렛은 상기 제1 두께와 적어도 동일한 제2 두께를 가지는 것을 특징으로 하는 중공형 에어포일.

청구항 5.

제4항에 있어서, 상기 전방 에지의 하류에서, 각각의 상기 통로는 상기 제1 외부 표면에 대체로 평행하게 연장하는 것을 특징으로 하는 중공형 에어포일.

청구항 6.

제5항에 있어서, 상기 통로 측벽과 상기 제2 벽은 아치형인 것을 특징으로 하는 중공형 에어포일.

청구항 7.

제5항에 있어서, 상기 후미 에지의 하류에서, 각각의 상기 통로는 상기 제2 외부 표면에 대체로 평행하게 연장하는 것을 특징으로 하는 중공형 에어포일.

청구항 8.

중공형 에어포일이며,

제1 외부 표면을 갖는 압력 측벽과,

제2 외부 표면을 갖는 흡입 측벽과,

상기 압력 측벽과 상기 흡입 측벽 사이에 형성되고 냉각 공기의 공급원에 연결되는 공동과,

복수개의 냉각 포트와,

복수개의 통로를 포함하며,

상기 압력 측벽과 상기 흡입 측벽은 선단 에지와 후단 에지 사이에서 횡방향으로, 그리고 내측 반경 방향의 표면과 외측 반경 방향의 표면 사이에서 지름 방향으로 연장하며,

상기 복수개의 냉각 포트는 상기 압력 측벽 내에 배치되고, 상기 후단 에지에 인접하게 지름 방향으로 분포되며,

상기 복수개의 통로의 각각은 상기 공동과 상기 냉각 포트 중 하나 사이에서 연장하며, 상기 흡입 측벽에 인접한 제1 벽과, 상기 압력 측벽을 향해 대체로 연장하는 한 쌍의 통로 측벽과, 상기 압력 측벽에 인접한 제2 벽을 포함하며,

상기 각각의 통로는 상기 연결된 냉각 포트에 인접하여 꺾이고, 상기 제1 외부 표면에 대체로 평행하게 연장되는 것을 특징으로 하는 중공형 에어포일.

청구항 9.

제8항에 있어서, 각각의 상기 냉각 포트는 후미 에지와, 상기 후미 에지와 교차하는 한 쌍의 측면 에지와, 전방 에지와, 상기 측면 에지 중 하나와 상기 전방 에지 사이에서 연장하는 제1 필렛과, 상기 측면 에지 중 다른 하나와 상기 전방 에지 사이에서 연장하는 제2 필렛을 포함하며, 상기 제1 및 제2 필렛의 각각은 길이를 갖는 것을 특징으로 하는 중공형 에어포일.

청구항 10.

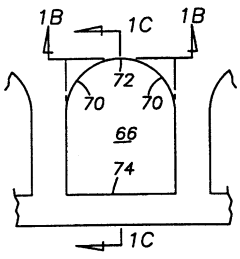
제9항에 있어서, 상기 전방 에지의 하류에서, 각각의 상기 통로는 꺾이며, 상기 제1 외부 표면에 대체로 평행하게 연장하는 것을 특징으로 하는 중공형 에어포일.

청구항 11.

제10항에 있어서, 상기 후미 에지의 하류에서, 각각의 상기 통로는 꺾이며, 상기 제2 외부 표면에 대체로 평행하게 연장하는 것을 특징으로 하는 중공형 에어포일.

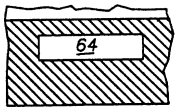
도면

도면1a



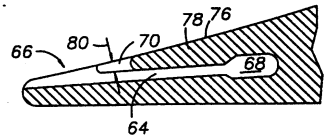
(종래기술)

도면1b



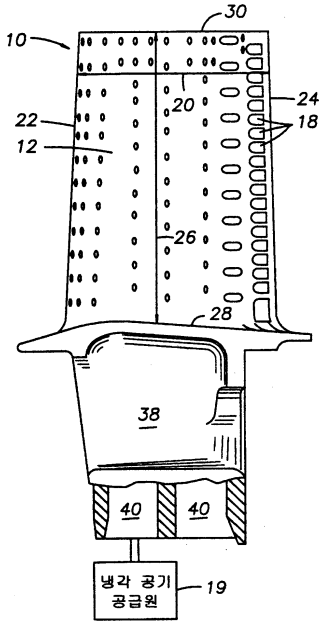
(종래기술)

도면1c

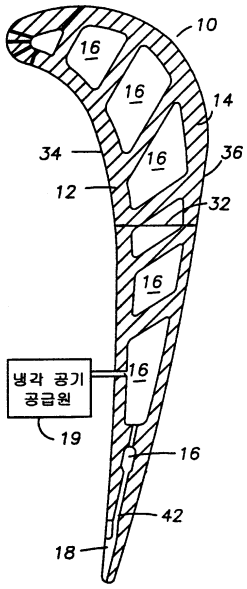


(종래기술)

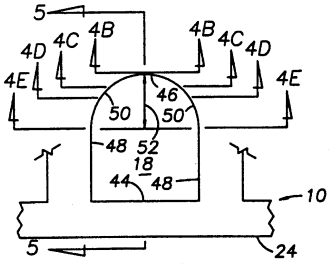
도면2



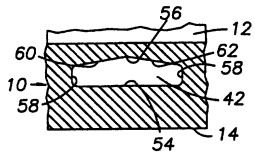
도면3



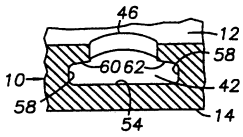
도면4a



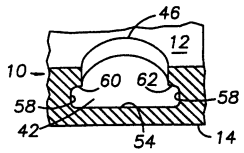
도면4b



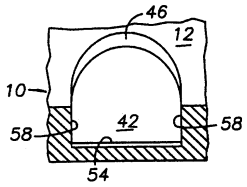
도면4c



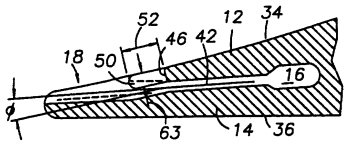
도면4d



도면4e



도면5



도면6

