



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0097271
(43) 공개일자 2022년07월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
FO1D 5/18 (2006.01) FO1D 25/12 (2006.01)
FO1D 5/14 (2006.01)
(52) CPC특허분류
FO1D 5/187 (2013.01)
FO1D 25/12 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2021-0186771
(22) 출원일자 2021년12월24일
심사청구일자 없음
(30) 우선권주장
17/137,536 2020년12월30일 미국(US)

(71) 출원인
제너럴 일렉트릭 캄파니
미국 뉴욕주 (우편번호 12345) 쉐넥테디 원 리버
로우드
(72) 발명자
브라이언 스테판 그레이
미국 29615 사우스캐롤라이나 그린빌 갈링턴 로드
300 제너럴 일렉트릭 컴퍼니 내
마이클 안토니 윈드라섹
미국 29615 사우스캐롤라이나 그린빌 갈링턴 로드
300 제너럴 일렉트릭 컴퍼니 내
잔 에머릭 아구도
미국 29615 사우스캐롤라이나 그린빌 갈링턴 로드
300 제너럴 일렉트릭 컴퍼니 내
(74) 대리인
제일특허법인(유)

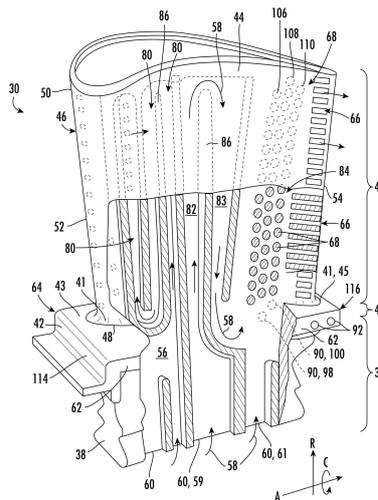
전체 청구항 수 : 총 15 항

(54) 발명의 명칭 터보기계 구성요소를 위한 바이패스 도관을 갖는 냉각 회로

(57) 요약

터보기계 구성요소는 플랫폼(42), 샹크(shank)(36), 및 에어포일(airfoil)(40)을 포함한다. 플랫폼(42)은 정압측 슬래시 면(pressure side slash face)(62) 및 부압측 슬래시 면(suction side slash face)을 포함한다. 샹크(36)는 플랫폼(42)으로부터 반경방향 내측으로 연장된다. 에어포일(40)은 플랫폼(42)으로부터 반경방향 외측으로 연장된다. 에어포일(40)은 전연 에지(leading edge)(52) 및 후연 에지(trailing edge)(54)를 포함한다. 냉각 회로(56)는 샹크(36) 및 에어포일(40) 내에 한정된다. 냉각 회로(56)는 에어포일(40)의 후연 에지(54)를 따라 배치된 복수의 출구 채널들(66)을 더 포함한다. 냉각 회로(56)는 냉각 회로(56)에 배치된 유입구(100)로부터 정압측 슬래시 면(62)에 위치한 유출구(102)로 연장되는 적어도 하나의 바이패스 도관(88)을 더 포함한다. 복수의 출구 채널들(66)의 반경방향 내측에 위치되는 적어도 하나의 바이패스 도관(88).

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

F01D 5/141 (2013.01)

F01D 5/183 (2013.01)

F05D 2220/32 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

로터 블레이드(26)로서,

플랫폼(42) - 상기 플랫폼(42)은 정압측 슬래시 면(pressure side slash face)(62) 및 부압측 슬래시 면(suction side slash face)을 갖음 -;

상기 플랫폼(42)으로부터 반경방향 내측으로 연장되는 샹크(shank)(36);

상기 플랫폼(42)으로부터 반경방향 외측으로 연장되는 에어포일(airfoil)(40) - 상기 에어포일(40)은 전연 에지(leading edge)(52) 및 후연 에지(trailing edge)(54)를 포함함 -; 및

상기 로터 블레이드(26) 내에 한정되는 냉각 회로(56)를 포함하며, 상기 냉각 회로(56)는:

상기 에어포일(40)의 상기 후연 에지(54)를 따라 배치되는 복수의 출구 채널들(66); 및

상기 냉각 회로(56)에 배치되는 유입구(100)로부터 상기 정압측 슬래시 면(62) 상에 위치되는 유출구(102)로 연장되는 적어도 하나의 바이패스 도관(88)을 포함하며, 상기 적어도 하나의 바이패스 도관(88)은 상기 복수의 출구 채널들(66)의 반경방향 내측에 위치되는, 로터 블레이드(26).

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 냉각 회로(56)를 가로질러 상기 에어포일(40)의 부압측 벽(46)으로부터 상기 에어포일(40)의 정압측 벽(44)으로 연장되는 복수의 핀(pin)들(66)을 더 포함하는, 로터 블레이드(26).

청구항 3

제2항에 있어서, 상기 복수의 핀들(66)은 상기 에어포일(40) 내에서 반경방향으로 연장되는 행(row)들로 배열되는, 로터 블레이드(26).

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 적어도 하나의 바이패스 도관(88)은 상기 에어포일(40)의 캠버 축(camber axis)(70)의 적어도 일부분에 대체로 평행하게 연장되는, 로터 블레이드(26).

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 적어도 하나의 바이패스 도관(88)은 제1 바이패스 도관(94) 및 제2 바이패스 도관(96)을 포함하며, 상기 제1 바이패스 도관(94) 및 상기 제2 바이패스 도관(96)은 상기 냉각 회로(56)에 배치된 각각의 유입구(100) 및 상기 정압측 슬래시 면(62) 상에 배치된 각각의 유출구(102)를 각각 갖는, 로터 블레이드(26).

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 냉각 회로(56)는 전연 에지(52) 통로, 중간-몸체(mid-body) 통로(82), 및 후연 에지 통로(84)를 포함하며, 상기 적어도 하나의 바이패스 도관(88)의 상기 유입구(100)는 상기 후연 에지 통로(84) 내에 배치되는, 로터 블레이드(26).

청구항 7

제1항에 있어서, 상기 에어포일(40)은 루트(root)(48)와 팁(tip)(50) 사이에서 반경방향으로 연장되며, 상기 에어포일(40)은 상기 루트(48)에 필렛(fillet)(41)을 포함하고, 상기 적어도 하나의 바이패스 도관(88)은 상기 유입구(100)로부터 상기 유출구(102)로, 상기 후연 에지(54)를 향해 그리고 적어도 부분적으로 상기 에어포일(40)의 상기 필렛(41) 내에서 연장되는, 로터 블레이드(26).

청구항 8

제7항에 있어서, 상기 적어도 하나의 바이패스 도관(88)은 상기 필렛(41) 및 상기 플랫폼(42) 내에 한정되는, 로터 블레이드(26).

청구항 9

제1항에 있어서, 상기 적어도 하나의 바이패스 도관(88)은 약 0.01 인치 내지 약 0.2 인치의 직경을 갖는, 로터 블레이드(26).

청구항 10

제1항에 있어서, 상기 적어도 하나의 바이패스 도관(88)은 상기 출구 채널들(66)의 직경보다 작은 직경을 갖는, 로터 블레이드(26).

청구항 11

터보기계로서,

압축기 섹션(14);

상기 압축기 섹션(14)으로부터 압축 공기를 수용하는 연소기 섹션(16);

상기 연소기 섹션(16)으로부터 연소 가스(34)를 수용하는 터빈 섹션(18); 및

상기 터빈 섹션(18)에 제공되는 복수의 로터 블레이드들(26)을 포함하며, 상기 복수의 로터 블레이드들(26) 각 각은:

플랫폼(42) - 상기 플랫폼(42)은 정압측 슬래시 면(62) 및 부압측 슬래시 면을 갖음 -;

상기 플랫폼(42)으로부터 반경방향 내측으로 연장되는 생크(36);

상기 플랫폼(42)으로부터 반경방향 외측으로 연장되는 에어포일(40) - 상기 에어포일(40)은 전연 에지(52) 및 후연 에지(54)를 포함함 -; 및

상기 로터 블레이드(26) 내에 한정되는 냉각 회로(56)를 포함하며, 상기 냉각 회로(56)는:

상기 에어포일(40)의 상기 후연 에지(54)를 따라 배치되는 복수의 출구 채널들(66); 및

상기 냉각 회로(56)에 배치되는 유입구(100)로부터 상기 정압측 슬래시 면(62) 상에 위치되는 유출구(102)로 연장되는 적어도 하나의 바이패스 도관(88)을 포함하며, 상기 적어도 하나의 바이패스 도관(88)은 상기 복수의 출구 채널들(66)의 반경방향 내측에 위치되는, 터보기계.

청구항 12

제11항에 있어서, 상기 냉각 회로(56)를 가로질러 상기 에어포일(40)의 부압측 벽(46)으로부터 상기 에어포일(40)의 정압측 벽(44)으로 연장되는 복수의 핀들(66)을 더 포함하는, 터보기계.

청구항 13

제12항에 있어서, 상기 복수의 핀들(66)은 상기 에어포일(40) 내에서 반경방향으로 연장되는 행들로 배열되는, 터보기계.

청구항 14

제11항에 있어서, 상기 적어도 하나의 바이패스 도관(88)은 상기 에어포일(40)의 캠버 측(70)의 적어도 일부분에 대체로 평행하게 연장되는, 터보기계.

청구항 15

제11항에 있어서, 상기 적어도 하나의 바이패스 도관(88)은 제1 바이패스 도관(94) 및 제2 바이패스 도관(96)을 포함하며, 상기 제1 바이패스 도관(94) 및 상기 제2 바이패스 도관(96)은 상기 냉각 회로(56)에 배치된 각각의 유입구(100) 및 상기 정압측 슬래시 면(62) 상에 배치된 각각의 유출구(102)를 각각 갖는, 터보기계.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 대체적으로 터보기계 구성요소를 위한 냉각 회로에 관한 것이다. 특히, 본 발명은 터보기계 로터 블레이드 냉각 회로에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 터보기계는 발전(power generation)과 같은 분야에서 널리 이용된다. 예를 들어, 통상의 가스 터빈 시스템은 압축기 섹션, 연소기 섹션, 및 적어도 하나의 터빈 섹션을 포함한다. 압축기 섹션은 공기가 압축기 섹션을 통해 유동함에 따라 공기를 압축하도록 구성된다. 이어서, 공기는 압축기 섹션으로부터 연소기 섹션으로 지향되며, 여기에서 공기는 연료와 혼합되고 연소되어, 고온 가스 유동을 생성한다. 고온 가스 유동은 터빈 섹션에 제공되고, 터빈 섹션은 고온 가스 유동으로부터 에너지를 추출하여 압축기, 발전기, 및/또는 다른 다양한 부하들에 전력을 공급한다.

[0003] 터빈 섹션은 전형적으로 다수의 스테이지들을 포함하며, 이들은 고온 가스 경로를 따라 배치되어 고온 가스가 제1 스테이지 노즐들 및 로터 블레이드들을 통해 유동하고 후속 터빈 스테이지들의 노즐들 및 로터 블레이드들을 통해 유동한다. 터빈 로터 블레이드들은 터빈 로터를 포함하는 복수의 로터 디스크들에 고정될 수 있으며, 각각의 로터 디스크는 함께 회전하기 위해 로터 샤프트에 장착된다.

[0004] 터빈 로터 블레이드는 대체적으로 실질적으로 평면형 플랫폼에 결합된 루트(root)로부터 반경방향 외측으로 연장되는 에어포일(airfoil) 및 로터 블레이드를 로터 디스크들 중 하나에 고정하기 위해 플랫폼으로부터 반경방향 내측으로 연장되는 샹크(shank) 부분을 포함한다. 냉각 회로는 로터 블레이드에 외접하여 압축기 섹션으로부터의 냉각 공기가 통과하여 고온 가스 유동의 고온에 노출되는 에어포일의 다양한 부분들을 냉각하기 위한 경로를 제공한다. 많은 로터 블레이드들에서, 핀 뱅크(pin bank)가 냉각 회로 내에 배치될 수 있다. 핀 뱅크는 압축기 공기에 노출된 전체 표면적을 증가시킴으로써 로터 블레이드 내의 대류 냉각의 양을 증가시키는 기능을 한다.

[0005] 그러나, 냉각 회로 내의 급격한 회전은 효율을 감소시키는 유동 사각지대를 생성할 수 있다. 예를 들어, 압축기 공기는 냉각 회로 내에서 선회하고/하거나 정체하여 원치 않는 핫 스팟(hot spot)을 유발하고 전체 가스 터빈 성능을 감소시킬 수 있다. 추가적으로, 특히 후연 에지에서 에어포일의 루트는 대체적으로 작동 중에 더 높은 열 응력을 경험하며, 이력적으로 로터 블레이드에서 냉각하기 어려운 부분이었다. 따라서, 후연 에지 루트에 충분한 냉각을 제공하면서 감소된 유동 사각지대를 허용하는 로터 블레이드 냉각 회로가 당업계에 요구된다.

발명의 내용

[0006] 본 발명에 따른 터보기계 구성요소 및 터보기계의 태양 및 이점이 하기의 설명에 부분적으로 기재될 것이거나, 그 설명으로부터 명백할 수 있거나, 또는 본 기술의 실시를 통해 학습될 수 있다.

[0007] 일 실시예에 따르면, 터보기계 구성요소가 제공된다. 터보기계 구성요소는 플랫폼, 샹크 및 에어포일을 포함한다. 플랫폼은 정압측 슬래시 면(pressure side slash face) 및 부압측 슬래시 면(suction side slash face)을 포함한다. 샹크는 플랫폼으로부터 반경방향 내측으로 연장된다. 에어포일은 플랫폼으로부터 반경방향 외측으로 연장된다. 에어포일은 전연 에지(leading edge) 및 후연 에지(trailing edge)를 포함한다. 냉각 회로는 샹크 및 에어포일 내에 한정된다. 냉각 회로는 냉각 회로를 가로질러 연장되는 복수의 핀들을 포함한다. 냉각 회로는 에어포일의 후연 에지를 따라 배치된 복수의 출구 채널들을 더 포함한다. 냉각 회로는 냉각 회로에 배치된 유입구로부터 정압측 슬래시 면 상에 위치한 유출구로 연장되는 적어도 하나의 바이패스 도관을 더 포함한다. 복수의 출구 채널들의 반경방향 내측에 위치되는 적어도 하나의 바이패스 도관.

[0008] 다른 실시예에 따르면, 터보기계가 제공된다. 터보기계는 압축기 섹션, 연소기 섹션, 및 터빈 섹션을 포함한다. 복수의 로터 블레이드들이 터빈 섹션에 제공된다. 복수의 로터 블레이드들의 각각은 플랫폼, 샹크 및 에어포일을 포함한다. 플랫폼은 정압측 슬래시 면 및 부압측 슬래시 면을 포함한다. 샹크는 플랫폼으로부터 반경방향 내측으로 연장된다. 에어포일은 플랫폼으로부터 반경방향 외측으로 연장된다. 에어포일은 전연 에지 및 후연 에지를 포함한다. 냉각 회로는 샹크 및 에어포일 내에 한정된다. 냉각 회로는 에어포일의 후연 에지를 따라 배치된 복수의 출구 채널들을 더 포함한다. 냉각 회로는 냉각 회로에 배치된 유입구로부터 정압측 슬래시 면 상에 위치한 유출구로 연장되는 적어도 하나의 바이패스 도관을 더 포함한다. 복수의 출구 채널들의

반경방향 내측에 위치되는 적어도 하나의 바이패스 도관.

[0009] 본 터보기계 구성요소 및 터보기계의 이들 및 다른 특징, 태양 및 이점은 하기의 설명 및 첨부된 청구범위를 참조하여 더 잘 이해될 것이다. 본 명세서에 포함되고 그의 일부를 구성하는 첨부 도면은 본 기술의 실시예를 예시하며, 상세한 설명과 함께 본 기술의 원리를 설명하는 역할을 한다.

도면의 간단한 설명

[0010] 본 기술 분야의 통상의 기술 중 하나에 관한, 본 시스템 및 방법을 제조 및 사용하는 최상의 방식을 포함한, 본 터보기계 구성요소 및 터보기계의 완전하고 가능하게 하는 발명이 첨부 도면을 참조하는 본 명세서에 기재되어 있다.

- 도 1은 본 발명의 실시예들에 따른, 터보기계의 개략도이다.
- 도 2는 본 발명의 실시예들에 따른, 로터 블레이드의 단면 사시도를 예시한다.
- 도 3은 본 발명의 실시예들에 따른, 로터 블레이드의 단면 평면도를 예시한다.
- 도 4는 본 발명의 실시예들에 따른, 로터 블레이드의 확대 측면도를 예시한다.
- 도 5는 본 발명의 실시예들에 따른, 로터 블레이드의 단면도를 예시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0011] 이제, 본 터보기계 구성요소 및 터보기계의 실시예들을 상세히 참조할 것이며, 실시예들의 하나 이상의 예들이 도면에 예시되어 있다. 각각의 예는 기술의 제한보다는 설명으로서 제공된다. 실제로, 변형예 및 변경예가 본 기술에서 청구된 기술의 범주 또는 사상으로부터 벗어나지 않고 이루어질 수 있다는 것이 당업자에게는 명백할 것이다. 예를 들어, 일 실시예의 일부로서 예시되거나 설명된 특징부는 다른 실시예와 함께 사용되어 또 다른 실시예를 산출할 수 있다. 따라서, 본 발명은 첨부된 청구범위 및 그의 등가물의 범주 내에 있는 것과 같은 그러한 변형예 및 변경예를 포괄하는 것으로 의도된다.

[0012] 상세한 설명은 도면 내의 특징부를 지칭하기 위해 숫자 및 문자 표시를 사용한다. 도면 및 설명 내의 동일하거나 유사한 표시가 본 발명의 동일한 또는 유사한 부분을 지칭하는 데 사용되었다. 본 명세서에 사용되는 바와 같이, 용어 "제1", "제2", 및 "제3"은 하나의 구성요소를 다른 구성요소와 구별하기 위해 상호교환가능하게 사용될 수 있으며, 개별 구성요소들의 위치 또는 중요성을 나타내려는 의도는 아니다.

[0013] 본 명세서에 사용되는 바와 같이, 용어 "상류"(또는 "전방") 및 "하류"(또는 "후방")는 유체 경로 내의 유체 유동에 대한 상대적인 방향을 지칭한다. 예를 들어, "상류"는 유체가 그로부터 유동하는 방향을 지칭하고, "하류"는 유체가 그로 유동하는 방향을 지칭한다. 용어 "반경방향으로"는 특정 구성요소의 축방향 중심선에 실질적으로 수직인 상대적인 방향을 지칭하고, 용어 "축방향으로"는 특정 구성요소의 축방향 중심선에 실질적으로 평행한 그리고/또는 동축으로 정렬된 상대적인 방향을 지칭하고, 용어 "원주방향으로"는 특정 구성요소의 축방향 중심선 둘레에서 연장되는 상대적인 방향을 지칭한다. "대체로" 또는 "약"과 같은 근사의 용어들은 명시된 값보다 10% 크거나 작은 값들을 포함한다. 각도 또는 방향의 맥락에서 사용될 때, 그러한 용어는 언급된 각도 또는 방향보다 10도 내로 더 크거나 더 작은 것을 포함한다. 예를 들어, "대체로 수직"은 임의의 방향, 예컨대 시계 방향 또는 반시계 방향으로 수직의 10도 내의 방향을 포함한다.

[0014] 이제 도면을 참조하면, 도 1은 예시된 실시예에서 가스 터빈(10)인 터보기계의 일 실시예의 개략도를 예시한다. 산업용 또는 지상용 가스 터빈이 본 명세서에 도시되고 설명되지만, 본 발명은 청구범위에 달리 명시되지 않는 한 산업용 및/또는 지상용 가스 터빈으로 제한되지 않는다. 예를 들어, 본 명세서에서 설명되는 바와 같은 터보머신 구성요소는 증기 터빈, 항공기용 가스 터빈, 또는 선박용 가스 터빈을 포함하지만 이에 제한되지 않는 임의의 유형의 터보기계에 사용될 수 있다.

[0015] 도시된 바와 같이, 가스 터빈(10)은 대체적으로 유입구 섹션(12), 유입구 섹션(12)의 하류에 배치되는 압축기 섹션(14), 압축기 섹션(14)의 하류에 배치되는 연소기 섹션(16) 내의 하나 이상의 연소기(도시되지 않음), 연소기 섹션(16)의 하류에 배치되는 터빈 섹션(18), 및 터빈 섹션(18)의 하류에 배치되는 배기 섹션(20)을 포함한다. 추가적으로, 가스 터빈(10)은 압축기 섹션(14)과 터빈 섹션(18) 사이에 결합되는 하나 이상의 샤프트(22)를 포함할 수 있다.

[0016] 압축기 섹션(14)은 대체적으로 복수의 로터 디스크들(24)(이들 중 하나가 도시됨) 및 각각의 로터 디스크(24)로

부터 반경방향 외측으로 연장되고 그에 연결되는 복수의 로터 블레이드들(26)을 포함할 수 있다. 각각의 로터 디스크(24)는 이어서 압축기 섹션(14)을 통해 연장되는 샤프트(22)의 일부분에 결합되거나 그를 형성할 수 있다.

[0017] 터빈 섹션(18)은 대체적으로 복수의 로터 디스크들(28)(이들 중 하나가 도시됨) 및 각각의 로터 디스크(28)로부터 반경방향 외측으로 연장되고 그에 상호연결되는 복수의 로터 블레이드들(30)을 포함할 수 있다. 각각의 로터 디스크(28)는 이어서 터빈 섹션(18)을 통해 연장되는 샤프트(22)의 일부분에 결합되거나 그를 형성할 수 있다. 터빈 섹션(18)은, 샤프트(22)의 일부분 및 로터 블레이드들(30)을 원주방향으로 둘러싸 터빈 섹션(18)을 통해 고온 가스 경로(32)를 적어도 부분적으로 한정하는 외부 케이싱(31)을 더 포함한다.

[0018] 작동 동안, 공기와 같은 작업 유체가 유입구 섹션(12)을 통해 그리고 공기가 점진적으로 압축되는 압축기 섹션(14) 내로 유동하며, 그에 따라서 가압 공기를 연소기 섹션(16)의 연소기들에 제공한다. 가압 공기는 연료와 혼합되고 각각의 연소기 내에서 연소되어 연소 가스(34)를 생성한다. 연소 가스(34)는 고온 가스 경로(32)를 통해 연소기 섹션(16)으로부터 터빈 섹션(18)으로 유동하며, 여기에서 에너지(운동 및/또는 열)가 연소 가스(34)로부터 로터 블레이드들(30)로 전달되어, 그에 따라서 샤프트(22)가 회전하게 한다. 이어서, 기계적 회전 에너지는 압축기 섹션(14)에 전력을 공급하고/하거나 전기를 발생시키는 데 사용될 수 있다. 터빈 섹션(18)을 빠져나가는 연소 가스(34)는 이어서 배기 섹션(20)을 통해 가스 터빈(10)으로부터 배기될 수 있다.

[0019] 도 2 및 도 6에서 가장 잘 볼 수 있는 바와 같이, 가스 터빈(10)은 축 방향(A) 및 축 방향(A) 주위로 연장되는 원주 방향(C)을 한정할 수 있다. 가스 터빈(10)은 또한 축 방향(A)에 수직인 반경 방향(R)을 한정할 수 있다. 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, 터보기계 구성요소는 일부 실시예들에서 로터 블레이드(26 및/또는 30)일 수 있다. 다른 실시예들에서, 터보기계 구성요소는 고정자 베인(vane)(도시되지 않음)일 수 있다. 고정자 베인의 기능 및 구조는 이해되고 따라서 본 명세서에서 기술되지 않는다.

[0020] 도 2는 본 발명의 하나 이상의 실시예들을 통합할 수 있는 예시적인 로터 블레이드(30)의 사시도이다. 도 2에 도시된 바와 같이, 로터 블레이드(30)는 대체적으로 도브테일(dovetail) 또는 장착 몸체(38)를 갖는 장착 또는 생크 부분(36) 및 플랫폼(42)으로부터 실질적으로 반경방향 외측으로 연장되는 에어포일(40)을 포함한다. 도 2 내지 도 5에 도시된 바와 같이, 플랫폼(42)은 생크 부분(36)과 에어포일(40) 사이에 반경방향으로 위치될 수 있다. 많은 실시예들에서, 플랫폼(42)은 터빈 섹션(18)(도 1)의 고온 가스 경로(32)를 통해 유동하는 연소 가스(34)에 대한 반경방향 내측 경계의 역할을 할 수 있는 플랫폼 표면(43)을 더 포함할 수 있다.

[0021] 일부 실시예들에서, 플랫폼 표면(43)은 플랫폼(42)의 반경방향 최외부 표면일 수 있고, 에어포일(40)과 직접 교차점을 형성할 수 있다. 플랫폼(42)은 대체로 에어포일(40)을 둘러쌀 수 있고, 에어포일(40)과 생크 부분(36) 사이의 교차점 또는 전이점에 위치될 수 있다. 유사하게, 플랫폼 표면(43)은 플랫폼(42)과 에어포일(40)의 교차점에 위치될 수 있다. 많은 실시예들에서, 플랫폼(42)은 생크 부분(36)을 넘어 축방향으로 연장될 수 있다.

[0022] 플랫폼(42)은 또한 연소 가스(34)에 대항하는 전연 플랫폼 면(114) 및 전연 플랫폼 면(114)으로부터 축방향으로 분리된 후연 플랫폼 면(116)을 포함할 수 있다. 후연 플랫폼 면(116)은 전연 플랫폼 면(114)으로부터 하류에 있을 수 있다. 도 2에 도시된 바와 같이, 플랫폼(42)은 각각의 전연 플랫폼 면(114) 및 후연 플랫폼 면(116)에서 축(A) 방향으로 종단될 수 있다. 생크 부분(36)의 장착 몸체(38)는 플랫폼(42)으로부터 반경방향 내측으로 연장될 수 있고, 로터 블레이드(30)를 로터 디스크(28)(도 1에 도시되는 바와 같음)에 상호연결하거나 고정시키도록 구성되는 도브테일과 같은 루트 구조물을 포함할 수 있다.

[0023] 에어포일(40)은 대체로 공기역학적 윤곽을 가질 수 있고, 정압측 벽(44) 및 대항하는 부압측 벽(46)을 포함할 수 있다. 캠버(camber) 축(70)(도 3에 도시된 바와 같음)은 정압측 벽(44)과 부압측 벽(46) 사이에 한정될 수 있고, 캠버 축(70)은 대체로 만곡되거나 아치형일 수 있다. 다양한 실시예들에서, 정압측 벽(44)과 부압측 벽(46)은, 에어포일(40)의 루트(48)로부터 에어포일(40)의 팁(tip)(50)의 범위에 걸쳐, 플랫폼(42)으로부터 실질적으로 반경방향 외측으로 연장될 수 있다. 에어포일(40)의 루트(48)는 에어포일(40)과 플랫폼 표면(43) 사이의 교차점에 한정될 수 있다. 정압측 벽(44)은 대체적으로 에어포일(40)의 공기역학적, 오목한 외부 표면을 포함한다. 유사하게, 부압측 벽(46)은 대체적으로 에어포일(40)의 공기역학적, 볼록한 외부 표면을 한정할 수 있다.

[0024] 에어포일(40)은 서로 이격되고 축 방향(A)으로 에어포일(40)의 말단 단부들을 한정하는 전연 에지(52) 및 후연 에지(54)를 포함할 수 있다. 에어포일(40)의 전연 에지(52)는 고온 가스 경로(32)를 따라 연소 가스(34)와 맞물리는, 즉 그에 노출되는 에어포일(40)의 첫부분일 수 있다. 연소 가스(34)는 후연 에지(54)에서 배기되기 전

에, 에어포일(40)의 공기역학적 윤곽을 따라, 즉 부압측 벽(46) 및 정압측 벽(44)을 따라 안내될 수 있다.

- [0025] 틱(50)은 루트(48)의 반경방향 반대편에 배치된다. 이와 같이, 틱(50)은 대체적으로 로터 블레이드(30)의 반경 방향 최외부 부분을 한정할 수 있으며, 그에 따라서 가스 터빈(10)의 고정 슈라우드(shroud) 또는 시일(도시되지 않음)에 인접하게 위치되도록 구성될 수 있다.
- [0026] 플랫폼(42)은 정압측 슬래시 면(62) 및 부압측 슬래시 면(64)을 포함할 수 있다. 정압측 슬래시 면(62)은 부압측 슬래시 면(64)으로부터 원주방향으로 이격될 수 있다. 일부 실시예들에서, 정압측 슬래시 면(62) 및/또는 부압측 슬래시 면(64)은 (통상적으로 평평하거나 비스듬할 수 있는) 대체로 평평한 면들일 수 있다. 다른 실시예들에서, 정압측 슬래시 면(62) 및/또는 부압측 슬래시 면(64) 또는 이의 적어도 일부는 곡면형(curviplanar)일 수 있다. 예를 들어, 도 2에 도시된 실시예에서, 정압측 슬래시 면(62) 또는 부압측 슬래시 면(64)은 축 방향, 반경 방향, 및/또는 접선 방향에 대해 만곡될 수 있다. 많은 실시예들에서, 플랫폼(42)의 정압측 슬래시 면(62)과 부압측 슬래시 면(64)은 각각 플랫폼(42)의 전연 에지 플랫폼 면(114)과 후연 에지 플랫폼 면(116)에 대체로 수직일 수 있다. 이러한 방식으로, 플랫폼(42)은 대체로 직사각형 형상을 한정할 수 있다.
- [0027] 생크 부분(36)은 후연 에지 면(78)으로부터 축방향으로 이격되는 전연 에지 면(76)을 더 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 전연 에지 면(76)은 연소 가스(34)의 유동 내로 위치될 수 있고, 후연 에지 면(78)은 전연 에지 면(76)으로부터 하류에 위치될 수 있다. 많은 실시예들에서, 도시된 바와 같이, 전연 에지 면(76)과 후연 에지 면(78)은 각각 전연 플랫폼 면(114)과 후연 플랫폼 면(116)의 반경방향 내측에 위치될 수 있다.
- [0028] 특정 구성들에서, 에어포일(40)은 루트(48)에 근접하게 플랫폼(42)과 에어포일(40) 사이에 형성된 필렛(fillet)(41)을 포함할 수 있다. 보다 구체적으로, 필렛(41)은 루트(48)에서 플랫폼 표면(43)과 에어포일(40) 사이에 형성될 수 있다. 필렛(41)은 통상의 MIG 용접, TIG 용접, 브레이징 등을 통해 형성될 수 있는 용접 또는 납땜 필렛을 포함할 수 있고, 필렛(41)의 존재의 결과로서 유체 동적 손실을 감소시킬 수 있는 윤곽형성된 프로파일들을 포함할 수 있다. 특정 실시예들에서, 플랫폼(42), 생크(36), 에어포일(40) 및 필렛(41)은 예컨대 주조 및/또는 기계가공 및/또는 3D 프린팅 및/또는 현재 공지되거나 차후에 개발되고/되거나 발견될 임의의 다른 적합한 기술에 의해 단일 구성요소로서 형성될 수 있다. 예시적인 실시예들에서, 필렛(41)은 에어포일(40)의 후연 에지(54) 주위로 연장되는 후연 에지 부분(45)을 포함할 수 있다.
- [0029] 도 2에 도시된 바와 같이, 로터 블레이드(30)는 적어도 부분적으로 증공형일 수 있는데, 예컨대 냉각 회로(56)(도 2에서 부분적으로 파선으로 표시됨)가 정압측 벽(44)과 부압측 벽(46) 사이에서 에어포일(40)을 통해 냉각제(58)(예컨대, 압축 공기 또는 기타 적절한 냉각제)를 경로설정하기 위해 에어포일(40)에 외접할 수 있으며, 그에 따라서 에어포일에 대류 냉각을 제공할 수 있다. 냉각 회로(56)는 생크 부분(36), 플랫폼(42) 및 에어포일(40) 내에 한정될 수 있고, 로터 블레이드(30)의 다양한 섹션들을 통해 냉각제(58)를 지향시키기 위한 하나 이상의 냉각 통로들(80, 82, 83, 84)을 포함할 수 있다. 예를 들어, 냉각 회로는 하나 이상의 전연 에지 통로들(80), 하나 이상의 중간-몸체(mid-body) 통로들(82, 83), 및 하나 이상의 후연 에지 통로들(84)을 포함할 수 있다. 냉각제(58)는 압축기 섹션(14)(도 1)으로부터의 압축 공기의 일부분 및/또는 증기 또는 에어포일(40)을 냉각시키기 위한 임의의 다른 적합한 유체 또는 가스를 포함할 수 있다. 하나 이상의 냉각 통로 유입구들(60)이 로터 블레이드(30)를 따라 배치된다. 일부 실시예들에서, 하나 이상의 냉각 통로 유입구들(60)은 장착 몸체(38) 내에, 그를 따라 또는 그에 의해 형성된다. 냉각 통로 유입구들(60)은 적어도 하나의 대응하는 냉각 통로(80, 82, 83, 84)와 유체 연통한다.
- [0030] 다양한 구현예들에서, 후연 에지 통로(84)는 하나 이상의 냉각 통로 유입구들(60)과 직접 또는 간접적으로 유체 연통할 수 있다. 예를 들어, 일부 실시예들에서, 냉각 회로(56)는, 냉각제(58)가 리브들(86) 중 임의의 리브 주위를 이동하지 않고 후연 에지 통로(84) 내로 직접 진입할 수 있도록 후연 에지 통로(84)와 직접 유체 연통하는 후연 에지 유입구(61)를 포함할 수 있다. 다른 실시예들에서, 냉각 회로(56)는, 냉각제(58)가 후연 에지 통로(84)로 진입하기 전에 중간-몸체 통로(들)(82, 83)를 통과하고 하나 이상의 리브들(86) 주위를 이동할 수 있도록 후연 에지 통로(84)와 간접적으로 유체 연통하는 중간-몸체 유입구(59)를 포함할 수 있다. 특정 실시예들(도시되지 않음)에서, 후연 에지 통로(84)는, 냉각 회로(56)가 후연 에지 유입구(61)를 포함하지 않도록 단지 중간-몸체 유입구(59)로부터 간접적으로 냉각제(58)를 수용할 수 있다. 다른 실시예들(도시되지 않음)에서, 후연 에지 통로(84)는, 중간-몸체 유입구(59)가 후연 에지 통로(84)와 유체 연통하지 않도록 단지 중간-몸체 유입구(59)로부터 직접 냉각제(58)를 수용할 수 있다.
- [0031] 도 3은 본 발명의 실시예들에 따른, 로터 블레이드(30)의 단면 평면도를 예시한다. 도시된 바와 같이, 냉각 회

로(56)는 리브들(86)에 의해 분리된 다수의 냉각 통로들(80, 82, 83, 84)을 포함할 수 있다. 예를 들어, 로터 블레이드(30)는 하나 이상의 전연 에지 통로들(80), 전연 에지 통로들(80)로부터 하류의 하나 이상의 중간-몸체 통로들(82, 83), 및 연소 가스 유동(34) 방향에 대해 중간-몸체 통로들(82, 83)로부터 하류의 하나 이상의 후연 에지 통로들(84)을 포함할 수 있다. 도 3에 파선으로 도시된 바와 같이, 또한 도 2에 도시된 바와 같이, 냉각 통로들(80, 82, 83, 84)은 각각 로터 블레이드(30)의 플랫폼(42) 및 생크 부분(36) 내로 반경방향으로 연장될 수 있다.

[0032] 도시된 바와 같이, 전연 에지 통로들(80)은 에어포일(40) 위로 유동하는 연소 가스(34)의 방향에 대해 에어포일(40)의 전연 에지(52)로부터 직접 하류로 로터 블레이드(30) 내에 한정될 수 있다. 마찬가지로, 후연 에지 통로(84)는 에어포일 위로 유동하는 연소 가스(34)의 방향에 대해 에어포일(40)의 후연 에지(54)로부터 직접 상류로 로터 블레이드(30) 내에 한정될 수 있다. 중간-몸체 통로들(82, 83)은 캠버 축(70)에 대해 전연 에지 통로들(80)과 후연 에지 통로들(84) 사이에서 축방향으로 로터 블레이드(30) 내에 한정될 수 있다.

[0033] 도 2에 가장 잘 도시된 바와 같이, 냉각제(58)는 로터 블레이드(30)의 다양한 틈새들, 공동들 및 부분들을 유리하게 냉각시키기 위해 냉각 회로(56) 및 냉각 통로들(80, 82, 83, 84)을 통해 내측 및 외측 모두에서 대체로 반경방향으로 이동할 수 있다. 예를 들어, 도 2에 도시된 실시예에서, 냉각제(58)는 장착 몸체(38) 내에 한정된 냉각 통로 유입구들(60)을 통해 로터 블레이드(30)에 진입할 수 있고, 에어포일(40)의 팁(50)에 도달할 때까지 중간-몸체 통로(82)를 통해 대체로 반경방향 외측으로 이동할 수 있다. 이 시점에서, 냉각제(58)는 하나 이상의 리브들(86) 주위로 만곡할 수 있고, 방향을 반전하여 다른 중간-몸체 공기 통로(83)를 통해 대체로 반경방향 내측으로 계속해서 이동할 수 있다. 냉각제(58)는 후연 에지 통로(84)에 진입할 때 다시 한 번 방향을 반전할 수 있고, 복수의 핀들(68) 위로 대체로 반경방향 외측으로, 그리고 복수의 출구 채널들(66)을 향해 이동할 수 있다.

[0034] 도 2에 도시된 실시예와 같은 많은 실시예들에서, 에어포일(40)은, 후연 에지(54)를 따라, 냉각 회로(56)에 유체 결합되는 복수의 출구 채널들(66)을 한정할 수 있다. 일부 실시예들에서, 출구 채널들(66)은 에어포일(40)의 후연 에지(54)를 따라 한정될 수 있고, 후연 에지 통로(84)와 직접 유체 결합될 수 있다. 출구 채널들은 반경 방향(R)을 따라 서로 이격될 수 있고, 유리하게는 냉각 회로(56)를 통해 이동하는 냉각제(58)를 위한 유출구를 제공할 수 있다. 복수의 출구 채널들(66)은, 서로 이격되고 에어포일(40)의 정압측 벽(44)과 부압측 벽(46) 사이에 한정된 실질적으로 중공인 실린더들로서 형상화될 수 있다. 또한, 도 3에 도시된 바와 같이, 복수의 출구 채널들(66)은 캠버 축(70)을 따라 배향될 수 있다. 출구 채널들(66)은 에어포일(40)을 통해 이동하는 냉각제(58)가 냉각 회로(56)를 빠져나가기 위한 유출구를 제공할 수 있다. 많은 실시예들에서, 냉각제(58)가 출구 채널들(66)로부터 배기되어 터빈 섹션(18)을 통해 이동하는 연소 가스(34)와 혼합될 수 있다. 많은 실시예들에서, 복수의 출구 채널들(66)은, 냉각제(58)가 후연 에지(54)를 따라 균일하게 분포되도록 대체로 서로 평행할 수 있다(이는 냉각 유효성을 증가시킴).

[0035] 도 2 및 도 3에 도시된 바와 같이, 복수의 핀들 또는 핀들(68)은 냉각 회로(56) 내에서 유동하는 냉각제(58)의 방향에 대해 복수의 출구 채널들(66)로부터 직접 상류로 냉각 회로(56) 내에 배치될 수 있다. 일부 실시예들에서, 핀들(68)은 후연 에지 통로(84)를 가로질러 연장될 수 있다. 복수의 핀들(68)은 냉각 회로(56)를 가로질러 연장될 수 있고, 냉각 회로(56) 내에 어레이 또는 패턴으로 배열될 수 있다. 많은 실시예들에서, 복수의 핀들(68)은 냉각제(58)가 핀들(68) 사이와 주위를 통과할 수 있게 하도록 위치될 수 있다. 일부 실시예들에서, 복수의 핀들(68)은 냉각 회로(56)를 통과하는 냉각제(58)의 대류 냉각에 노출되는 표면적을 증가시키도록 기능할 수 있다. 복수의 핀들(68)의 각각의 핀(68)은 실질적으로 원형인 단면을 가질 수 있다. 그러나, 다른 실시예들(도시되지 않음)에서, 각각의 핀(68)은 타원형, 정사각형, 직사각형, 또는 임의의 다른 다각형 단면 형상을 가질 수 있다.

[0036] 도 2 내지 도 5에 도시된 실시예들과 같은 일부 실시예들에서, 복수의 핀들(68)은 로터 블레이드(30)의 생크 부분(36)과 팁(50) 사이에서 각각 연장되는 3개의 핀 행(row)들(106, 108, 110)을 포함할 수 있다. 일부 실시예들(도시되지 않음)에서, 복수의 핀들(68)은 3개보다 더 많거나 더 적은 핀 행들(예컨대, 1개, 2개, 4개, 5개 또는 그 이상)을 포함할 수 있다. 도 2 내지 도 5에 도시된 바와 같이, 제1 핀 행(106), 제2 핀 행(108), 및 제3 핀 행(110)은 로터 블레이드(30) 내에서 서로 인접하게 배열될 수 있다. 도 2 내지 도 5에 도시된 바와 같이, 제1 핀 행(106)은 3개의 핀 행들(106, 108, 110)의 축방향 최내부일 수 있다. 또한, 제2 핀(108) 행은 제1 핀 행(106)으로부터 축방향 외측일 수 있고, 제3 핀 행(110)은 제2 핀 행(108)의 축방향 외측일 수 있다. 도시된 바와 같이, 제3 핀 행(110)의 적어도 일부는 냉각 회로(56) 내에서 출구 채널들(66)에 직접 인접할 수 있다.

- [0037] 복수의 핀들(68)은 복수의 출구 채널들(66)로부터 상류로 냉각 회로(56) 내에 배치될 수 있다. 복수의 핀들(68)은, 복수의 핀들이 플랫폼 표면(43)의 반경방향 내측으로 연장되지 않도록 플랫폼 표면(43)으로부터 반경방향 외측으로 배치될 수 있고 에어포일(40) 내에 한정될 수 있다. 복수의 핀들(68)은 에어포일(40)을 가로질러 연장될 수 있으며, 예를 들어, 복수의 핀들은 에어포일(40)의 정압측 벽(44)과 부압측 벽(46) 사이에서 연장될 수 있다.
- [0038] 도 2 및 도 3에 도시된 실시예들과 같은 많은 실시예들에서, 복수의 핀들(68)은 후연 에지 통로(84) 내에 배치될 수 있고, 정압측 벽(44)으로부터 부압측 벽(46)으로 캠버 축(70)에 대체로 수직으로 연장될 수 있다. 도 3에 도시된 바와 같이, 복수의 출구 채널들(66)은 캠버 축(70)에 대체로 평행하게 유동하는 연소 가스(34)의 방향에 대해 복수의 핀들(68)로부터 직접 하류에 위치될 수 있다.
- [0039] 도 2 내지 도 5에 집합적으로 도시된 바와 같이, 로터 블레이드(30)는 냉각 회로(56) 내에 배치된 유입구(90)로부터 정압측 슬래시 면(62) 상에 위치한 유출구(92)로 연장되는 하나 이상의 바이패스 도관들(88)을 더 포함할 수 있다. 하나 이상의 바이패스 도관들(88)은 각각 냉각 회로(56)의 후연 에지 통로(84)와 (고온 가스 경로(32)에 근접한) 정압측 슬래시 면(62) 사이에 (예컨대, 냉각제(58)에 대한) 통로를 제공하는 중공 실린더들로서 형성화될 수 있다.
- [0040] 바이패스 도관들(88)은 도시된 바와 같이 원형 단면 형상을 가질 수 있거나, 또는 다른 실시예들(도시되지 않음)에서, 바이패스 도관들(88)은 타원형, 정사각형, 직사각형, 또는 임의의 다른 다각형 단면 형상을 가질 수 있다.
- [0041] 하나 이상의 바이패스 도관들(88)은 복수의 출구 채널들(66)의 반경방향 내측에 배치될 수 있다. 일부 실시예들에서, 하나 이상의 바이패스 도관들(88)은 플랫폼 표면(43)의 적어도 부분적으로 반경방향 외측에 그리고 복수의 출구 채널들(66) 및 복수의 핀들(68)의 반경방향 내측에 위치될 수 있다. 예시적인 실시예들에서, 하나 이상의 바이패스 도관들(88)은 에어포일(40)과 플랫폼(42) 둘 모두 내에 한정될 수 있다. 예를 들어, 하나 이상의 바이패스 도관들(88)은 에어포일(40)의 필렛(41) 내에서 적어도 부분적으로 연장되어 가스 터빈(10)의 작동 동안 필렛(41)에 냉각을 제공할 수 있다. 다른 실시예들에서, 바이패스 도관들(88)은 전체적으로 플랫폼(42) 내에 한정될 수 있고, 플랫폼 표면(43)의 반경방향 내측에 배치될 수 있다.
- [0042] 예시적인 실시예들에서, 하나 이상의 바이패스 도관들(88)은 유입구들(90)로부터 후연 에지(54)를 향해 그리고 필렛(41)의 후연 에지 부분(45) 내에서 유출구들(92)로 연장될 수 있다. 이러한 방식으로, 하나 이상의 바이패스 도관들(88)은 바이패스 도관들(88)의 길이를 따라 필렛(41)의 에지 부분(45)으로 냉각을 제공할 수 있으며, 이는 로터 블레이드(30)의 수명 및 작동 효율을 증가시킨다.
- [0043] 많은 실시예들에서, 하나 이상의 바이패스 도관들(88)은, 바이패스 도관들이 출구 채널들(66)에 평행하지도 수직하지도 않고 오히려 비스듬히 연장되도록 대체로 출구 채널들(66)에 대해 경사질 수 있다. 이러한 방식으로, 바이패스 도관들(88)은 대체로 출구 채널들(66)에 대해 기울어지거나(slanted) 또는 경사질(sloped) 수 있다. 예시적인 실시예들에서, 바이패스 채널들(88)은 출구 채널들(66)의 직경보다 작은 직경을 가질 수 있으며, 이는 유리하게는 더 적은 양의 냉각제(58)가 바이패스 채널들(88)을 통과할 수 있게 한다. 다른 실시예들에서, 바이패스 채널들(88)은 출구 채널들(66)의 직경보다 더 큰 직경을 가질 수 있다.
- [0044] 도 3 내지 도 5에 도시된 바와 같이, 적어도 하나의 바이패스 도관(88)은 유입구들(90)로부터 정압측 슬래시 면(62)에 배치된 유출구들(92)로, 후연 에지 플랫폼 면(116)을 향해 연장될 수 있다. 많은 실시예들에서, 도 3에 도시된 바와 같이, 적어도 하나의 바이패스 도관(88)은 대체로 에어포일(40)의 부압측 벽(46) 및/또는 정압측 벽(44)의 적어도 일부분에 평행하게 연장될 수 있다.
- [0045] 도 2에 도시된 바와 같이, 하나 이상의 바이패스 도관들(88) 각각의 유입구(90)는 대체적으로 냉각 회로(56) 내의 냉각제(58)의 유동에 대해 복수의 핀들(66)로부터 상류에 있을 수 있다. 예를 들어, 일부 실시예들에서, 바이패스 도관들(88)의 유입구들(90)은 복수의 핀들(66)로부터 반경방향 내측에 있을 수 있고, 유출구들(92)은 유입구들(90)로부터 반경방향 내측에 위치될 수 있다. 이러한 방식으로, 바이패스 도관들(88)은 각각의 유입구들(90)로부터 각각의 유출구들(92)로 연장됨에 따라 반경방향 내측으로 연장될 수 있다.
- [0046] 하나 이상의 바이패스 도관들(88)의 각각의 바이패스 도관(88)은 유입구(90)로부터 유출구(92)까지 일정한 직경을 포함할 수 있다. 예를 들어, 일부 실시예들에서, 하나 이상의 바이패스 도관들(88)의 각각의 바이패스 도관(88)은 약 0.01 인치 내지 약 0.2 인치의 직경을 가질 수 있다. 많은 실시예들에서, 하나 이상의 바이패스 도관들(88)의 각각의 바이패스 도관(88)은 약 0.025 인치 내지 약 0.175 인치의 직경을 가질 수 있다. 다른 실시

예들에서, 하나 이상의 바이패스 도관들(88)의 각각의 바이패스 도관(88)은 약 0.05 인치 내지 약 0.15 인치의 직경을 가질 수 있다. 다양한 실시예들에서, 하나 이상의 바이패스 도관들(88)의 각각의 바이패스 도관(88)은 약 0.075 인치 내지 약 0.125 인치의 직경을 가질 수 있다. 일부 실시예들에서, 하나 이상의 바이패스 도관들(88)의 각각의 바이패스 도관(88)은 최대 약 0.1 인치의 직경을 가질 수 있다.

[0047] 많은 실시예들에서, 바이패스 도관들(88)은 에어포일(40) 및 플랫폼(42) 내에 한정될 수 있고, 후연 에지 통로(84) 내에 위치한 유입구(90)로부터 정압측 슬래시 면(62) 상에 배치된 유출구(92)로, 후연 플랫폼 면(116)을 향해 연장될 수 있다. 이러한 방식으로, 바이패스 도관들(88)은 각각의 유입구들(90)로부터 각각의 유출구들(92)로 연장됨에 따라 후연 에지 플랫폼 면(116)을 향해 기울어지거나 경사질 수 있다.

[0048] 특정 실시예들에서, 도 5에 도시된 바와 같이, 하나 이상의 바이패스 도관들(88)은 제1 바이패스 도관(94) 및 제2 바이패스 도관(96)을 포함할 수 있으며, 각각은 냉각 회로(56) 내의 각각의 유입구(98, 100) 및 정압측 슬래시 면(62) 상에 배치된 각각의 유출구(102, 104)를 갖는다. 이러한 실시예들에서, 바이패스 도관들(88)은 각각의 유입구(98, 100)와 각각의 유출구(102, 104) 사이에서 서로 대체로 평행하게 연장될 수 있다. 일부 실시예들에서, 바이패스 도관들(88)은 에어포일(50)의 대향 측면들 상에 배치될 수 있다(도 3). 예를 들어, 도 3에 도시된 바와 같이, 제1 바이패스 도관(94)은 정압측 벽(44)에 인접하게 (그리고 그에 대체로 평행하게) 배치될 수 있고, 제2 바이패스 도관(96)은 부압측 벽(46)에 인접하게 (그리고 그에 대체로 평행하게) 배치될 수 있다.

[0049] 도 5는 본 발명의 실시예들에 따른 로터 블레이드(30)의 단순화된 단면도를 예시한다. 도시된 바와 같이, 바이패스 도관들(88)은, 복수의 핀들(68) 및 복수의 출구 채널들(66)로부터 반경방향 내측의 후연 에지 통로(84) 내의 각각의 유입구들(90)로부터, 각각의 유입구들(90)로부터 반경방향 내측의 정압측 슬래시 면(62) 상에 배치된 각각의 유출구들(92)로 연장될 수 있다. 또한, 바이패스 도관들(88)은 샹크(36)의 전체적으로 반경방향 외측으로, 즉 에어포일(44) 및 플랫폼(42) 내에 한정될 수 있다. 바이패스 도관들(88)은 각각의 유입구들(90) 및 각각의 유출구들(92)로부터 대체로 반경방향 내측으로 연장될 수 있다. 예시적인 실시예들에서, 바이패스 도관들은 유리하게는 필렛(41)의 후연 에지 부분(45)을 통해 적어도 부분적으로 연장되어 가스 터빈(10)의 작동 중에 이에 냉각을 제공할 수 있다. 또한, 바이패스 도관들(88)은, 균일한 냉각 유동 분포를 위해 냉각제(58)의 적어도 일부분을 그것을 향해 끌어당기는 압력 강하를 후연 에지 통로(84) 내에 제공하도록 유리하게 기능할 수 있다.

[0050] 다양한 실시예들에서, 적어도 하나의 바이패스 도관들(88)은 캠버 라인(70)의 적어도 일부분에 대체로 평행하게 연장될 수 있다. 예시적인 실시예들에서, 적어도 하나의 바이패스 도관(88)은 에어포일(40)의 부압측 벽(46) 및 정압측 벽(44) 중 적어도 하나 또는 둘 모두의 적어도 일부분에 대체로 평행할 수 있다. 예를 들어, 도 3에 도시된 바와 같이, 적어도 하나의 바이패스 도관(88)은 에어포일(40)의 제1 핀 행(106)과 후연 에지(54) 사이에서 정압측 벽(44) 및 부압측 벽(46)에 대체로 평행할 수 있다. 이러한 방식으로, 바이패스 도관(88)은 유리하게는 후연 에지 통로(84) 내에서 냉각 유동 와류를 감소시키면서, 또한 (그렇지 않으면 강한 열의 영역일 것인) 정압측 슬래시 면(62) 및 필렛(41)의 후연 에지 부분(45)에 냉각을 제공할 수 있다.

[0051] 바이패스 도관들(88)의 배향은 이전 설계들에 비해 많은 이점들을 제공할 수 있다. 예를 들어, 플랫폼(42) 및 샹크(36) 내의 냉각제의 유동 와류를 감소시키는 압력 강하를 후연 에지 통로(84) 내에 제공하는 것에 추가적으로, 바이패스 도관들(88)의 배향은 에어포일(40)의 후연 에지(54)에 증가된 냉각을 제공한다. 특히, 바이패스 도관들(88)은, (에어포일의 벽들(44, 46)에 대체로 평행한 한편) 에어포일 내로부터 정압측 슬래시 면(62)으로 필렛(41)의 후연 에지 부분(45)의 일부분을 통해 연장된다. 이러한 방식으로, 바이패스 도관들(88)은 유리하게는, 후연 에지 통로(84) 내의 유동 와류를 감소시키는, 출구 채널들(66)로부터 반경방향 내측의 압력 강하를 제공하면서, 필렛(41)의 후연 에지 부분(45)에 대류 냉각을 제공할 수 있다. 많은 실시예들에서, 바이패스 도관들(88)은 필렛(41) 내에서 부분적으로 연장되는 유일한 냉각 통로들이어서, 냉각제(58)가 그들을 통해 유동하여 가스 터빈(10)의 작동 동안 필렛(41)을 냉각시키게 할 수 있다.

[0052] 가스 터빈(10)(도 1)의 작동 동안, 냉각 유체는 전술된 통로들, 공동들 및 개구들을 통해 유동하여 로터 블레이드(30)를 냉각시킨다. 보다 구체적으로, 냉각제(58)(예컨대, 압축기 섹션(14)으로부터의 블리드 공기(bleed air))는 냉각 통로 유입구들(60)(도 2)을 통해 로터 블레이드(30)로 진입한다. 이 냉각제(58)는 냉각 회로(56) 및 다양한 냉각 통로들(80, 82, 83, 84)을 통해 유동하여 로터 블레이드(30)의 샹크 부분(36) 및 에어포일(40)들 모두를 대류적으로 냉각한다. 냉각 유체(58)는 핀들(68) 주위로 그리고 그들 사이에서 유동하고, 이어서 출구 채널들(66) 및/또는 하나 이상의 바이패스 도관들(88)을 통해 냉각 회로(56)를 빠져나가고 연소 가스(34)(도 1) 내로 유동할 수 있다. 복수의 출구 채널들(66)은 플랫폼(42)으로부터 반경방향 외측에 위치될 수 있고, 냉

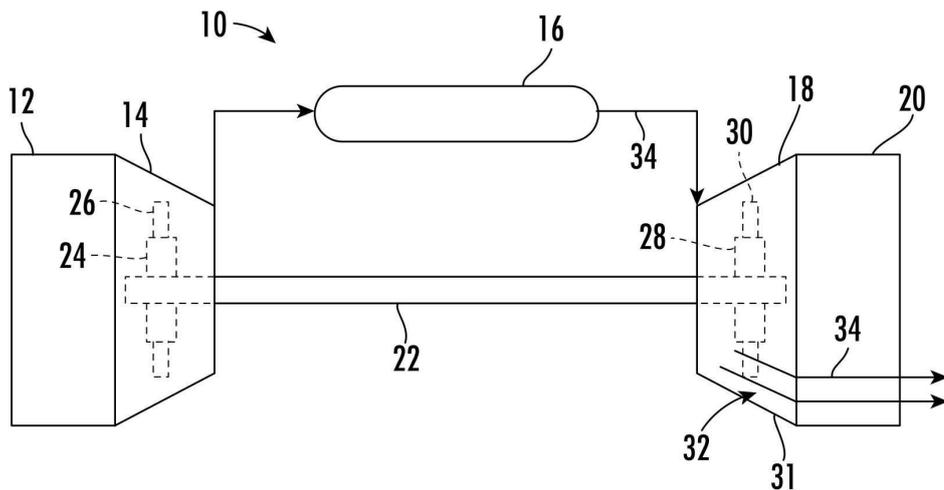
각 회로(56)에 유체 결합될 수 있다. 냉각 회로(56) 내의 출구 채널들(66)에 의해 생성된 압력 강하로 인해, 냉각 회로(56)를 통해 유동하는 냉각제(58)는 실질적으로 반경방향 외측으로 그리고 출구 채널들(66)을 향해 이동할 수 있다. 하나 이상의 바이패스 도관들(88)은 복수의 핀들(68) 및 출구 채널들(66)의 반경방향 내측에 한정되는 냉각 회로(56)의 일부분 내의 압력 강하를 생성하도록 기능한다. 하나 이상의 바이패스 도관들(88)에 의해 생성된 압력 강하는 유리하게는 핀들(68) 및 출구 채널들(66)로부터 반경방향 내측으로 냉각제(58)의 적어도 일부를 끌어당겨, 후연 예지 통로(84) 내의 균일한 냉각제(58) 유동 분포 및 필렛(41)의 후연 예지 부분(45)으로의 대류 냉각을 허용한다.

[0053]

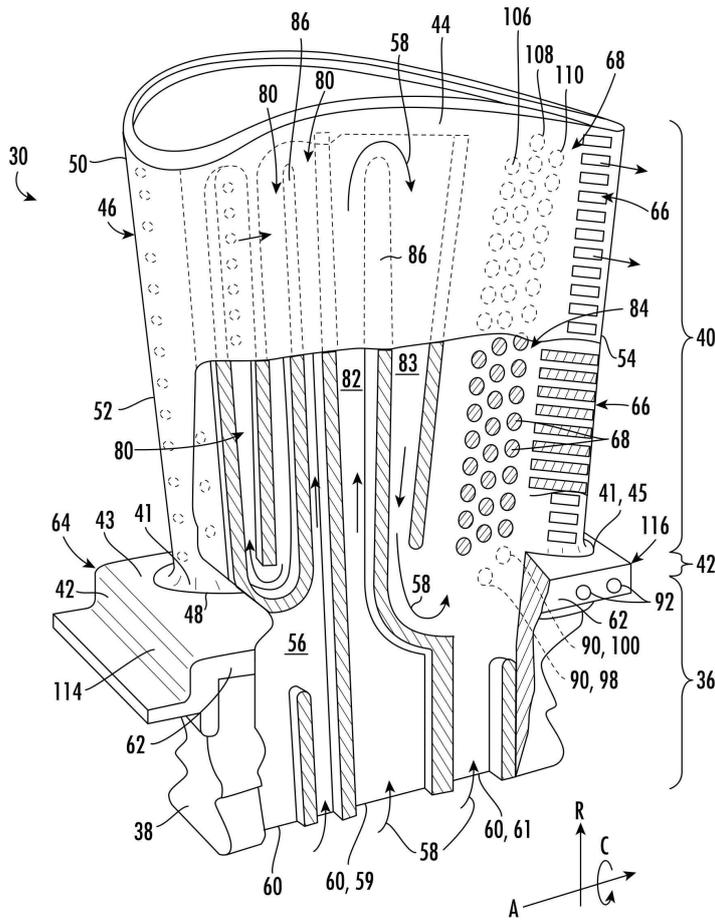
이러한 설명은, 최상의 모드를 포함한 본 발명을 개시하기 위하여, 그리고 또한 임의의 디바이스 또는 시스템을 제조 및 이용하는 것 및 임의의 포함된 방법을 수행하는 것을 포함한 본 발명을 어떠한 당업자도 실시하는 것을 가능하게 하기 위하여 예들을 사용한다. 본 발명의 특허가능 범주는 청구범위에 의해서 한정되고, 당업자에게 떠오르는 다른 예들을 포함할 수 있을 것이다. 그러한 다른 예들이 청구범위의 문헌적 표현과 상이하지 않은 구조적 요소를 포함한다면, 또는 그들이 청구범위의 문헌적 표현과 사소한 차이를 갖는 등가의 구조적 요소를 포함한다면, 그러한 다른 예들은 청구범위의 범주 내에 있는 것으로 의도된다.

도면

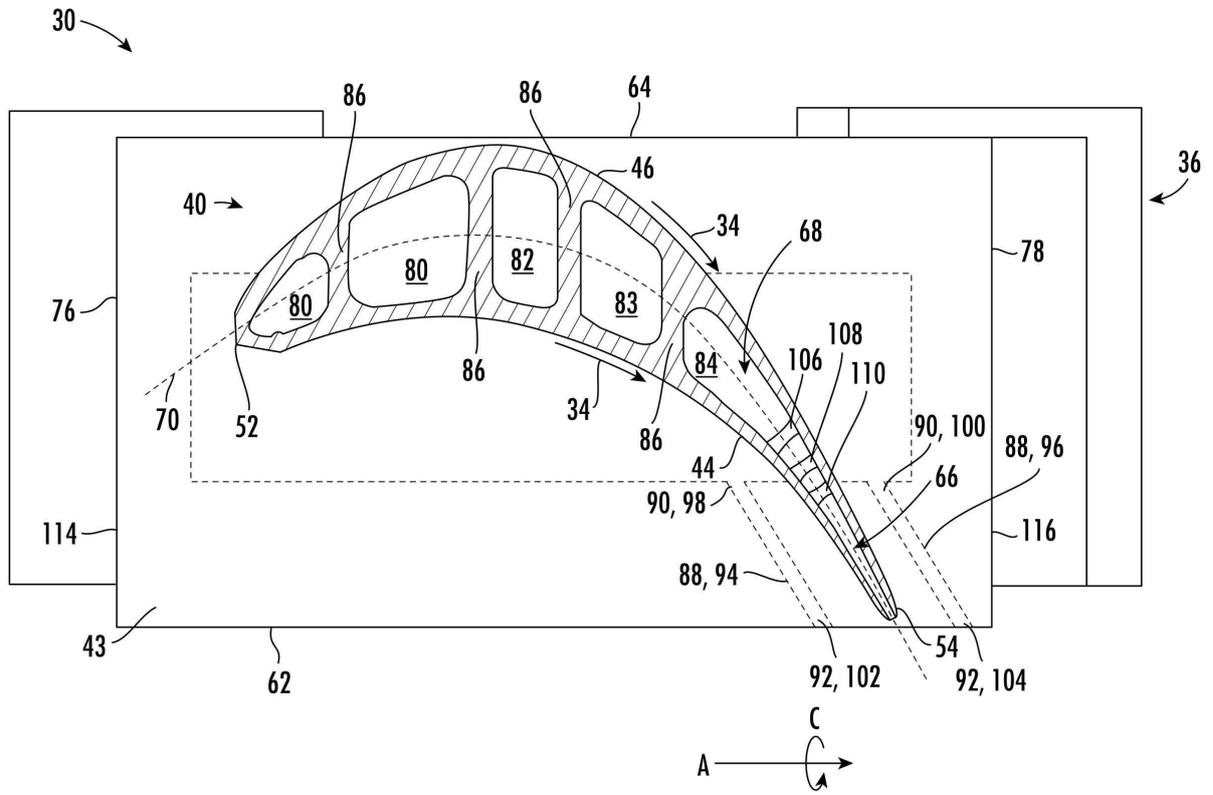
도면1



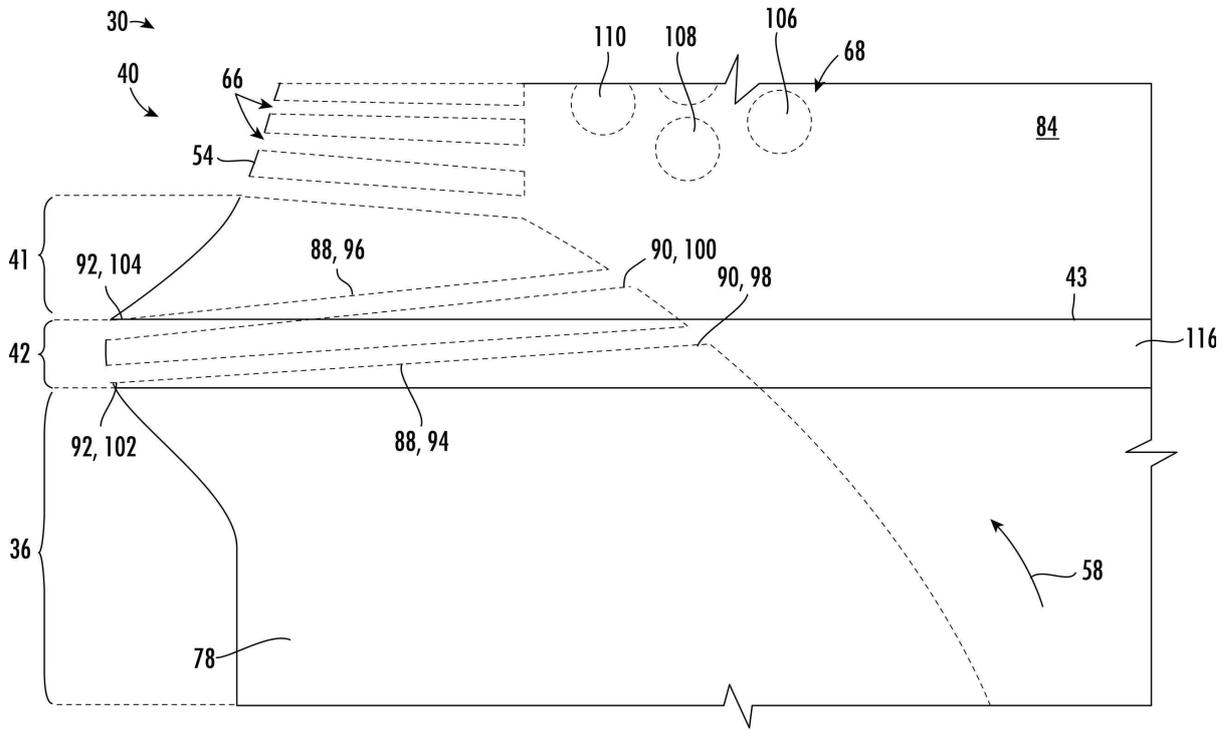
도면2



도면3



도면4



도면5

