



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년12월20일
 (11) 등록번호 10-1684700
 (24) 등록일자 2016년12월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01B 7/14 (2006.01) **G01B 11/14** (2006.01)
 (21) 출원번호 10-2009-0103728
 (22) 출원일자 2009년10월29일
 심사청구일자 2014년10월06일
 (65) 공개번호 10-2010-0048920
 (43) 공개일자 2010년05월11일
 (30) 우선권주장
 12/262,815 2008년10월31일 미국(US)
 (56) 선행기술조사문헌
 JP2000503769 A*
 US04596460 A*
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
제너럴 일렉트릭 캄파니
 미합중국 뉴욕 (우편번호 12345) 웨넥테디 원 리버 로우드
 (72) 발명자
콘 랜달 스티븐
 미국 사우스 캐롤라이나주 29690 트래블러스 레스트 허쉬 홀 로드 100
프레이 조지 프레드릭
 미국 텍사스주 77019 휴스턴 아파트먼트 9212 던래비 스트리트 777
 (뒷면에 계속)
 (74) 대리인
제일특허법인, 장성구

전체 청구항 수 : 총 10 항

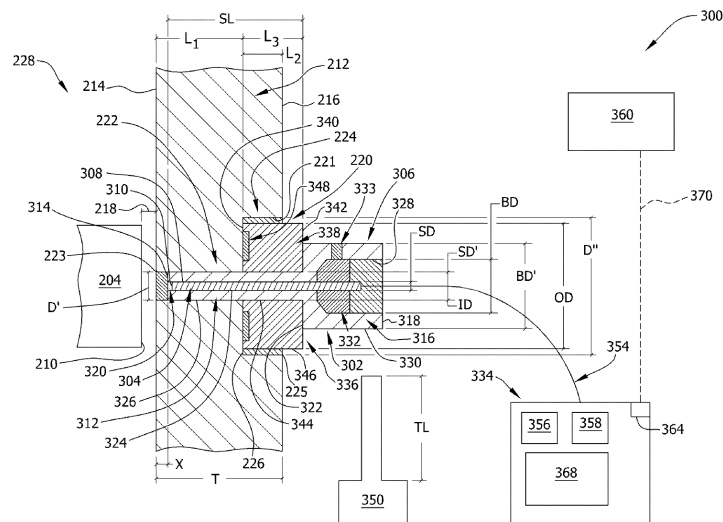
심사관 : 김려원

(54) 발명의 명칭 **블레이드 팁 간극 검사 시스템 및 장치**

(57) 요약

본 발명은 복수의 회전가능한 블레이드(204)와 상기 복수의 회전가능한 블레이드로부터 반경방향 외측으로 이격된 케이스(202) 사이의 블레이드 팁 간극을 검사하기 위한 시스템(300)을 제공한다. 상기 시스템은 케이스 내에 형성된 개구(220) 내로 삽입하도록 크기설정된 프로브(304)를 구비하는 검사 장치를 포함한다. 프로브는 복수의 블레이드 중 적어도 하나의 블레이드에 있어서의 적어도 하나의 블레이드 팁 부분으로부터 반사되는 전자기 에너지를 검출하도록 구성된다. 제어 유닛(334)은 프로브와 통신하도록 커플링되며, 프로브로부터 검출된 전자기 에너지를 나타내는 적어도 하나의 신호를 수신하도록 구성된다.

대표도



(72) 발명자

하이노우스 앤드류 토마스

미국 아이오와주 52730 캐먼치 380번 애비뉴 2866

발렌트 그레고리 엠

미국 사우스 캐롤라이나주 29609 그린빌 알타몬트
로드 833

명세서

청구범위

청구항 1

복수의 회전가능한 블레이드(204)와, 상기 복수의 회전가능한 블레이드로부터 반경방향 외측으로 이격된 케이스(212) 사이의 블레이드 팁 간극을 검사하기 위한 시스템(300)에 있어서,

상기 케이스 내에 규정된 개구(220) 내로 삽입하도록 크기설정된 프로브(304)를 구비하는 검사 장치로서, 상기 프로브는 상기 복수의 블레이드 중 적어도 하나의 블레이드에 있어서의 적어도 하나의 블레이드 팁 부분으로부터 반사된 전자기 에너지를 검출하도록 구성된, 상기 검사 장치와,

상기 프로브(304)와 상기 케이스(212) 사이에서 원주방향으로 연장하도록, 상기 개구(220) 내에 제거가능하게 결합되는 스페이서(spacer)(336)로서, 상기 스페이서(336)를 통해 상기 프로브(304)의 적어도 일부를 수용하도록 크기설정되는, 상기 스페이서(336)와,

상기 프로브와 통신하도록 커플링되며, 상기 프로브로부터 검출된 전자기 에너지를 나타내는 적어도 하나의 신호를 수신하도록 구성된 제어 유닛(334)을 포함하는

블레이드 팁 간극 검사 시스템.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 프로브(304)는 광학 프로브이고, 상기 검사 장치는 프로브 홀더(306)를 더 포함하며,

상기 광학 프로브는 상기 광학 프로브와 상기 프로브 홀더의 적어도 일부가 상기 케이스 개구(220) 내로 삽입 가능하도록 상기 프로브 홀더에 커플링되는

블레이드 팁 간극 검사 시스템.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 스페이서(336)는 내부에 규정된 통로(344)를 더 포함하며,

상기 스페이서는 상기 프로브 홀더(306)와 상기 케이스(212) 사이의 상기 개구(220) 내로 삽입하도록 크기설정되며, 상기 통로는 상기 광학 프로브와 상기 프로브 홀더의 상기 적어도 일부를 내부에 수용하도록 크기설정되는

블레이드 팁 간극 검사 시스템.

청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 프로브 홀더(306)는, 상기 프로브 홀더가 상기 스페이서 통로를 통해 삽입되는 경우 상기 스페이서(336)와 접촉하는 정합 표면을 포함하는

블레이드 팁 간극 검사 시스템.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 검사 시스템은 상기 복수의 블레이드(204)를 회전시키도록 구성된 전기 회전 장치를 더 포함하는

블레이드 팁 간극 검사 시스템.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 검사 시스템은, 상기 스페이서 통로를 통해 삽입되도록 크기설정되어 상기 광학 프로브가 상기 복수의 블레이드(204)와 접촉하는 것을 방지하는 것을 용이하게 하는 테스트 프로브(350)를 더 포함하는

블레이드 팁 간극 검사 시스템.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 검사 시스템은 상기 제어 유닛과 통신하도록 커플링되는 컴퓨터 시스템(360)을 더 포함하며,

상기 컴퓨터 시스템(360)은, 상기 제어 유닛(334)으로부터 적어도 하나의 레코드(record)를 수신하고, 상기 적어도 하나의 레코드에 기초하여 블레이드 팁 간극 데이터를 결정하도록 구성되는

블레이드 팁 간극 검사 시스템.

청구항 8

블레이드 팁 간극 검사 장치에 있어서,

전자기 에너지를 검출하도록 구성된 프로브(304)와,

베이스(316)와 일체로 형성된 프로브 시스(sheath)(312)를 포함하는 프로브 홀더(306)와,

내부에 규정된 통로(344)를 포함하는 스페이서(336)로서, 케이스의 개구 내에 제거가능하게 결합되도록 크기설정되고, 상기 케이스는 상기 블레이드 팁을 포함하는 블레이드를 외접하여 둘러싸며, 상기 통로는 상기 프로브 홀더와 상기 프로브의 적어도 일부를 수용하도록 크기설정되어, 상기 스페이서(336)가 상기 프로브홀더 및 상기 프로브의 상기 적어도 일부와 상기 케이스 사이에서 원주방향으로 연장하는, 상기 스페이서(336)를 포함하며,

상기 프로브 시스는 제 1 외경을 갖고, 상기 베이스는 제 2 외경을 가지며, 상기 프로브 시스와 상기 베이스 사이에 정합 표면이 연장되며, 상기 프로브 시스와 상기 베이스를 통해 캐비티(320)가 연장되며, 상기 프로브는 상기 캐비티 내에 위치되는

블레이드 팁 간극 검사 장치.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 정합 표면은 실질적으로 평면인

블레이드 팁 간극 검사 장치.

청구항 10

제 8 항에 있어서,

상기 프로브 시스(312)는 제 1 내경을 가지고, 상기 베이스(316)는 제 2 내경을 가지며,

상기 제 1 내경은 상기 제 2 내경보다 작아서, 상기 제 1 내경이 상기 프로브(304)와 결합하여 상기 프로브 시스 내에 상기 프로브를 안정시키는 것을 용이하게 하는

블레이드 팁 간극 검사 장치.

발명의 설명

발명의 상세한 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 통상적으로 로터 블레이드 팁의 검사에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 터빈 엔진 내의 블레이드 팁 간극을 검사하는데 사용하는 방법 및 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 적어도 몇몇의 공지된 터빈 엔진은 복수 열(row)의 로터 블레이드를 구비하는 로터 조립체를 포함한다. 각각의 로터 블레이드는 블레이드 플랫폼으로부터 팁까지 반경방향 외측으로 연장되며, 유동 경로 케이싱은 로터 조립체 주위로 실질적인 원주방향으로 연장되어서, 팁 간극이 각각의 로터 블레이드 팁과 케이싱 사이에 형성된다. 팁 간극은 최소로 설계되는 한편, 적용가능한 엔진 작동 조건 범위를 통해 마찰이 없는 엔진 작동을 용이하게 하기에 충분하도록 크게 크기설정된다. 작동시, 엔진 성능은 로터 블레이드 팁과 케이싱 사이의 팁 간극에 의해 영향받을 수 있다. 특히, 간극이 증가하면, 로터 블레이드 팁을 가로지르는 누출이 엔진의 성능을 불리하게 제한할 수 있다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

[0003] 따라서, 엔진의 성능 특성을 평가하기 위해 터빈 엔진 내의 로터 블레이드 팁과 케이싱 사이의 간극을 검사하는 것이 종종 바람직하다. 적어도 몇몇의 공지된 간극 검사 시스템에 있어서, 각각의 로터 블레이드의 팁 간극은 수동으로 측정된다. 이러한 검사 기술은 시간 소모적이며, 상이한 측정 장치 및/또는 상이한 간극 검사 기술로 인한 작업자마다의 측정의 가변성 때문에 신뢰할 수 없다.

[0004] 또한, 엔진을 수동으로 검사하는데 필요한 시간이 증가되고, 다른 작업자에 의해 수행되는 간극 측정에서 가변성이 커지는 것이 가능해지기 때문에, 적어도 몇몇의 공지된 엔진 성능 데이터의 품질은 엔진 성능 및 에너지 출력을 최적화시키는데 필요한 기초적인 공학적 결정을 하는데 불충분할 수 있다. 이와 관련하여, 최적의 성능 이하로 엔진을 작동시키는 것은 영업 수익에 악영향을 미칠 수 있으며, 유지 비용을 증가시킬 수 있다.

과제 해결수단

[0005] 일 실시예에서, 적어도 하나의 로터 블레이드와 상기 로터 블레이드로부터 반경방향 외측으로 이격된 케이스 사이의 블레이드 팁 간극을 검사하기 위한 방법이 제공된다. 상기 방법은 케이스 내에 형성된 개구 내로 프로브를 삽입하는 단계와, 프로브를 사용하여 케이스 내로 전자기 에너지를 방출하는 단계를 포함한다. 또한, 상기 방법은 로터 블레이드의 블레이드 팁 부분으로부터 반사되는 전자기 에너지를 검출하는 단계와, 검출된 전자기 에너지에 기초하여 블레이드 팁과 케이스 사이에 형성된 블레이드 팁 간극을 결정하는 단계를 포함한다.

[0006] 다른 실시예에서, 복수의 회전가능한 블레이드와 상기 복수의 회전가능한 블레이드로부터 반경방향 외측으로 이격된 케이스 사이의 블레이드 팁 간극을 검사하기 위한 시스템이 제공된다. 상기 시스템은 케이스 내에 형성된 개구 내로 삽입하도록 크기설정된 프로브를 구비하는 검사 장치를 포함하며, 상기 프로브는 복수의 블레이드 중 적어도 하나의 블레이드에 있어서의 적어도 하나의 블레이드 팁 부분으로부터 반사되는 전자기 에너지를 검출하도록 구성된다. 또한, 상기 시스템은 프로브와 통신하도록 커플링된 제어 유닛을 포함하며, 상기 제어 유닛은 프로브로부터 검출된 전자기 에너지를 나타내는 적어도 하나의 신호를 수신하도록 구성된다.

[0007] 다른 실시예에서, 블레이드 팁 간극 검사 장치가 제공된다. 상기 장치는 전자기 에너지를 검출하도록 구성된 프로브를 포함한다. 또한, 상기 장치는 베이스와 일체로 형성된 프로브 시스(sheath)를 구비하는 프로브 홀더를 포함한다. 프로브 시스는 제 1 외경을 가지고, 베이스는 제 2 외경을 가지며, 프로브 시스와 베이스 사이에 정합 표면이 연장되고, 프로브 시스와 베이스를 통해 캐비티가 연장되며, 프로브는 캐비티(cavity) 내에 위치된다.

효과

[0008] 본 발명에 따르면, 가스 터빈 엔진 압축기 로터 블레이드 팁 간극을 검사하는 것을 용이하게 하며, 보다 상세하게는, 자동적 및 반복가능한 검사 기술을 제공함으로써 블레이드 팁 간극 측정에서의 가변성을 최소화하는 것을

용이하게 하여, 엔진 성능 데이터의 품질을 증가시켜 기초적인 공학적 결정이 엔진 성능 및 에너지 출력을 최적화하는 것에 관련될 수 있게 한다. 또한, 엔진 검사 사이클 시간을 감소시킬 수 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

- [0009] 하기에 기술되는 설명은 예시의 방식으로 및 한정되지 않는 방식으로 블레이드 팁 간극을 검사하기 위한 예시적인 방법 및 시스템을 개시한다. 이러한 설명은 당업자가 상기 개시를 제조하여 사용할 수 있도록 명확하게 되어 있으며, 상기 설명은 몇몇의 실시예와, 적용과, 변형과, 변형 및 현재 상기 개시를 수행하는 최선의 방법으로 믿어지는 것을 포함하는 상기 개시의 용도를 기술한다. 상기 개시는 본원에서 바람직한 실시예, 즉 가스 터빈 엔진 내의 압축기 블레이드 팁 간극을 검사하기 위한 방법 및 시스템에 적용되는 것으로 기술되어 있다. 그러나, 이러한 개시는 넓은 범위의 시스템 및/또는 다수의 다른 상업적, 공업적 및/또는 소비자 적용에서 통상적으로 적용되는 것으로 생각된다.
- [0010] 도 1은 팬 조립체(102), 고압 압축기(104) 및 연소기(106)를 포함하는 예시적인 가스 터빈 엔진(100)의 개략도이다. 또한, 엔진(100)은 고압 터빈(108)과 저압 터빈(110)을 포함한다. 작동시, 공기는 팬 조립체(102)를 통해 유동하며, 압축된 공기는 팬 조립체(102)로부터 고압 압축기(104)로 공급된다. 고도로 압축된 공기는 연소기(106)로 이동된다. 연소기(106)로부터의 공기 유동은 회전 터빈(108, 110)을 구동시키며, 배기 시스템(118)을 통해 가스 터빈 엔진(100)을 빠져나간다.
- [0011] 도 2는 엔진(100) 내에서 사용될 수 있는 고압 압축기(104)와 같은 압축기이지만, 이에 한정되지 않는 압축기의 일부의 단면도이다. 예시적인 실시예에서, 압축기(104)는 이 압축기(104)를 통해 연장되는 중심선 축(201)을 따라 축방향 정렬로 배향된 복수의 압축기 스테이지(202)를 통해 연장된 유동 경로(200)를 포함한다. 각각의 스테이지(202)는 임의의 적절한 부착 구성부[예컨대, "도브테일(dovetail)" 구성부]를 사용하는 로터 디스크(206)에 커플링되고 로터 디스크(206) 주위에 원주방향으로 이격된 복수의 로터 블레이드(204)를 포함한다. 각각의 압축기 로터 블레이드(204)는 팁(210)을 갖는다.
- [0012] 케이싱(212)은 스테이지(202)를 외접하여 둘러싸며, 유동 경로(200)의 외주연부를 형성한다. 케이싱(212)은 내측 표면(214)과 외측 표면(216)을 포함한다. 예시적인 실시예에서, 케이싱(212)은 서로 커플링되는 복수의 케이싱 세그먼트(도시되지 않음)로 제조된다. 일 실시예에서, 케이싱(212)은 대향 단부 상에 조인트(도시되지 않음)를 형성하는 2개의 케이싱 세그먼트를 함께 커플링함으로써 조립된다. 다른 실시예에서, 케이싱(212)은 임의의 수의 케이싱 세그먼트로부터 조립된다. 변형적으로, 케이싱(212)은 단일 부재(one-piece) 유닛으로서 단일로 형성될 수 있다. 예시적인 실시예에서, 케이싱(212)은 로터 블레이드(204)를 외접하여 둘러싸고, 로터 블레이드(204)에 매우 근접하여 위치되어서, 블레이드 팁 간극(218)(도 3에 도시)이 케이싱 내측 표면(214)과 각각의 블레이드 팁(210) 사이에 형성된다.
- [0013] 예시적인 실시예에서, 케이싱(212)은 이 케이싱(212) 내에 형성되고 이러한 케이싱(212)을 통해 연장되는 적어도 하나의 개구(220)를 포함한다. 각각의 개구(220)는 내측 표면(221)과, 케이싱 내측 표면(214)에 형성되는 제 1 단부(223)를 갖는 제 1 부분(222)(예컨대, 보어)과, 케이싱 외측 표면(216)에 형성되는 제 2 단부(225)를 갖는 제 2 부분(224)(예컨대, 카운터보어)을 포함한다. 제 1 부분(222)은 제 1 길이(L₁)와 제 1 직경(D['])을 구비하여 형성되며, 제 2 부분(224)은 제 2 길이(L₂)와, 제 1 직경(D['])보다 큰 제 2 직경(D["])을 구비하여 형성된다. 일 실시예에서, 제 1 직경(D['])은 약 0.4 인치보다 작다. 변형적으로, 제 1 직경(D['])은 개구(220)가 본원에 기술된 바와 같은 기능을 할 수 있도록 하는 임의의 길이를 가질 수 있다. 예시적인 실시예에서, 제 1 부분(222)은 제 1 정합 표면(226)에서 제 2 부분(224)과 교차한다. 일 실시예에서, 케이싱(212)은 중심선 축(201)을 따라 변하는 두께(T)를 갖는다. 제 2 길이(L₂)는 두께(T)와 함께 중심선 축(201)을 따라 변해서, 사전 설정된 거리(A)가 제 1 정합 표면(226)과 중심선 축(201) 사이에 유지된다. 예시적인 실시예에서, 제 1 정합 표면(226)은 대체로 평면이다. 변형적으로, 제 1 정합 표면(226)은 케이싱(212)이 본원에 기술된 바와 같은 기능을 할 수 있도록 하는 임의의 적절한 윤곽을 가질 수 있다.
- [0014] 각각의 개구(220)는 케이싱(212) 내에 형성된 내측 캐비티(228)로의 접속을 제공하며, 따라서 블레이드 팁 간극(218)의 검사를 용이하게 한다. 예시적인 실시예에서, 개구(220)는 케이싱(212)을 중심으로 원주방향으로 이격되어 있으며, 적어도 몇몇의 개구(220)는 각각의 복수의 소정의 검사 스테이지(232)와 실질적으로 정렬되어, 각각의 소정의 검사 스테이지(232)에 형성된 블레이드 팁 간극(218)이 검사될 수 있도록 한다. 예컨대, 일 실시

예에서, 복수의 개구(220)는 4개의 소정의 검사 스테이지(232)[즉, 4개의 개구(220) 세트] 각각과 정렬된다. 변형적으로, 임의의 수의 개구(220) 세트는 임의의 수의 소정의 검사 스테이지(232)와 정렬될 수 있다. 예시적인 실시예에서, 개구(220)의 각각의 세트는 케이싱(212)을 중심으로 원주방향으로 이격된 4개의 개구(220)를 포함한다. 변형적으로, 개구(220)의 각각의 세트는 임의의 수의 원주방향으로 이격된 개구(220)를 포함할 수 있다.

[0015] 도 3은 고압 압축기(104)(도 2에 도시)와 같은 로터 조립체 내에 형성된 블레이드 틱 간극(218)을 검사하는데 사용될 수 있는 예시적인 시스템(300)의 단면도이다. 예시적인 실시예에서, 시스템(300)은 프로브(304)와 프로브 홀더(306)를 포함하는 검사 장치(302)를 포함한다. 프로브(304)는 전자기 에너지를 방출하기 위한 소스와 반사된 전자기 에너지를 검출하기 위한 검출기(예컨대, 센서)를 갖는 틱(310)을 포함하는 길다란 본체(308)를 포함한다. 변형적으로, 본체(308)는 임의의 형상을 가질 수 있으며, 소스 및/또는 검출기는 검사 장치(302)에 대해 임의의 위치에 위치되어서, 검사 장치(302)가 본원에 기술된 바와 같은 기능을 할 수 있도록 한다. 일 실시예에서, 프로브(304)는 광(예컨대, 백색광)을 방출 및/또는 검출하는 광학 프로브이다. 다른 실시예에서, 프로브(304)는 임의의 파장의 전자기 에너지를 방출 및/또는 검출할 수 있다. 일 실시예에서, 프로브(304)는 초당 약 2,000까지의 전자기 에너지 측정값(즉, 방출값 및/또는 검출값)을 발생시킨다.

[0016] 예시적인 실시예에서, 프로브 홀더(306)는 단부(314)를 갖는 대체로 원통형인 프로브 시스(312)와, 단부(318)를 갖는 대체로 원통형인 베이스(316)와, 시스 단부(314)로부터 베이스 단부(318)로 연장되는 캐비티(320)를 포함한다. 변형적으로, 베이스(316) 및/또는 시스(312)는 임의의 형상을 가질 수 있으며, 원통형 형상에 한정되지 않는다. 예시적인 실시예에서, 시스(312)와 베이스(316)는 함께 일체로 형성되어 대체로 평면인 제 2 정합 표면(322)을 형성한다. 변형적으로, 제 2 정합 표면(322)은 시스템(300)이 본원에 기술된 바와 같은 기능을 할 수 있도록 하는 임의의 윤곽을 구비하여 형성될 수 있다. 시스(312)는 제 2 정합 표면(322)으로부터 시스 단부(314)로 연장되는 길이(SL)를 갖는다. 또한, 시스(312)는 내경(SD)을 구비하여 형성되는 내측 표면(324)과, 외경(SD')을 구비하여 형성되는 외측 표면(326)을 포함한다. 베이스(316)는 내경(BD)을 구비하여 형성되는 내측 표면(328)과, 외경(BD')을 구비하여 형성되는 외측 표면(330)을 포함한다. 예시적인 실시예에서, 시스 내경(SD)은 베이스 내경(BD)보다 작으며, 시스 외경(SD')은 베이스 외경(BD')보다 작다. 변형적으로, 다른 실시예에서, 시스 내경(SD)은 베이스 내경(BD)보다 크거나 대략 동일한 크기일 수 있으며, 및/또는 시스 외경(SD')은 베이스 외경(BD')보다 크거나 대략 동일한 크기일 수 있다. 본원에 사용되는 바와 같이, 용어 "직경"은 임의의 단면 형상(예컨대, 직사각형, 삼각형 등)을 가로지르는 거리로서 정의되며, 원형 또는 타원형 단면 형상을 가로지르는 거리를 기술하는 것으로만 한정되지 않는다.

[0017] 예시적인 실시예에서, 프로브(304)는 시스(312) 내에 수용[즉, 프로브(304)는 캐비티(320) 내에 위치]되어서, 프로브 틱(310)이 시스 단부(314)에 인접하고, 캐비티(320) 내에 프로브(304)를 안정시키는 것을 용이하게 하기 위해 시스 내측 표면(324)이 프로브(304)와 접촉한다. 일 실시예에서, 프로브 홀더(306)는, 프로브(304)에 전력을 제공하고, 프로브(304)를 제어 유닛(334)에 전기적으로 커플링시키며, 그리고/또는 사용자가 프로브(304)의 위치를 프로브 홀더(306) 내에 조정할 수 있도록 하는 프로브 소켓(332)을 포함한다. 일 실시예에서, 프로브 홀더(306)는, 사용자가 프로브 소켓(332) 및/또는 프로브 홀더(306) 내로부터 프로브(304)를 확고하게 커플링시키고 그리고/또는 선택적으로 해제시킬 수 있도록 하는 로킹 메카니즘(333)을 포함한다.

[0018] 검사 장치(302)를 사용하여 블레이드 틱 간극(218)을 검사하기 위해, 프로브(304)와 프로브 홀더(306)의 적어도 일부가 개구(220) 내로 삽입된다. 예시적인 실시예에서, 제 1 개구부(222)는 시스(312)와 결합하여 그 내부에 시스(312)를 안정시키는 것을 용이하게 한다. 보다 상세하게는, 예시적인 실시예에서, 시스(312)는 제 1 개구부(222) 내로 삽입되어, 시스 단부(314)가 제 1 개구 단부(223)를 통해 연장되지 않음으로써, 검사 장치(302)가 로터 블레이드(204)를 손상시키는 것을 방지하는 것을 용이하게 한다. 또한, 다른 실시예에서, 시스(312)가 제 1 개구부(222) 내로 삽입되어, 사전결정된 거리(X)가 시스 단부(314) 및 제 1 개구 단부(223) 사이에 유지된다. 예시적인 실시예에서, 거리(X)는 대략 0.1인치이다. 변형적으로, 거리(X)는 검사 장치(302)가 본원에 기술된 바와 같은 기능을 할 수 있도록 하는 임의의 길이를 가질 수 있다.

[0019] 예시적인 실시예에서, 시스템(300)은 제 1 정합 표면(226)과 제 2 정합 표면(322) 사이에 위치한 스페이서(spacer)(336)를 포함하여, 거리(X)를 유지하는 것을 용이하게 한다. 스페이서(336)는 제 1 단부(340)와 제 2 단부(342)에 의해 형성된 본체(338)를 갖는다. 통로(344)는 제 1 단부(340)로부터 제 2 단부(342)로 본체(338)를 통해 연장된다. 본체(338)는 길이(L₃)와, 시스(312)가 통로(344)를 통해 삽입될 수 있도록 하는 시스 외경(SD')보다 긴 내경(ID)과, 스페이서(336)가 제 2 개구 단부(224) 내로 삽입될 수 있도록 하는 제 2 개구

직경(D^{*})보다 짧은 외경(OD)을 갖는다. 일 실시예에서, 스페이서 외경(OD)은 제 2 개구 직경(D^{*})과 실질적으로 동일한 길이여서, 스페이서(336)가 개구(220) 내에 삽입되는 경우 스페이서(336)의 외측 표면(346)이 제 2 개구부(224)의 내측 표면(221)과 미끄럼 가능하게 접촉한다. 예시적인 실시예에서, 제 1 스페이서 단부(340)와 제 2 스페이서 단부(342)는 대체로 평면이어서, 스페이서(336)가 케이싱(212)과 검사 장치(302) 사이의 개구(220) 내에 삽입되는 경우, 제 1 스페이서 단부(340)가 제 1 정합 표면(226)에 대해 대체로 평평하게 위치되고 제 2 스페이서 단부(342)가 제 2 정합 표면(322)에 대해 대체로 평평하게 위치된다. 스페이서(336)가 제 1 스페이서 단부(340) 및/또는 제 2 스페이서 단부(342)에 인접한 적어도 하나의 자석(348)을 포함할 수 있어서, 스페이서(336)가 제 1 정합 표면(226) 및/또는 제 2 정합 표면(322)에 제거가능하게 커플링될 수 있게 한다. 예시적인 실시예에서, 스페이서 본체 길이(L₃)는 제 2 개구부(224)의 제 2 길이(L₂)보다 길어서, 거리(X)를 유지하는 것을 용이하게 한다.

[0020] 변형적으로, 시스템(300)은 복수의 상이한 스페이서(336)를 포함하며, 적어도 하나의 스페이서(336)는 각각의 소정의 검사 스테이지(232)(도 2에 도시)에 대해 위치되어서, 각각의 소정의 검사 스테이지(232)에서 케이싱 두께(T)의 변화에도 불구하고 거리(X)를 유지하는 것이 용이하게 된다. 예컨대, 예시적인 실시예에서, 시스템(300)은 특정한 소정의 검사 스테이지(232)에서의 사용을 용이하게 하는 상이한 길이(L₃)로 각각 제조되는 3개의 상이한 스페이서(336)를 포함한다. 다른 변형적인 실시예에서, 시스템(300)은 임의의 스페이서(336)를 포함하지 않으며, 프로브 홀더(306)는 개구(220) 내로 삽입되어 제 1 정합 표면(226)과 제 2 정합 표면(322)이 서로에 대해 대체로 평평하게 위치된다.

[0021] 예시적인 실시예에서, 검사 장치(302)가 로터 블레이드(204)(도 2에 도시)를 손상시킬 가능성을 감소시키는 것을 용이하게 하기 위해, 시스템(300)은 검사 장치(302)가 개구(220) 내로 삽입되기 전에 개구(220) 내로 삽입되는 테스트 프로브(350)를 포함한다. 테스트 프로브(350)는 시스 길이(SL)와 대략 동일한 길이(TL)로 제조된다. 예시적인 실시예에서, 로터 블레이드(204)에 대한 손상을 방지하는 것을 용이하게 하기 위해, 테스트 프로브(350)는 약 3,380 제곱인치당 파운드(psi)의 전단 강도를 갖는 재료(예컨대, 고밀도 폴리에틸렌 또는 나일론 재료)로 제조된다. 이러한 전단 강도는 테스트 프로브(350)가 로터 블레이드(204)와 충돌시 전단되는 것을 보장한다. 예시적인 실시예에서, 테스트 프로브(350)는 약 4,000psi 미만의 전단 강도를 갖는 재료로 제조된다.

[0022] 또한, 시스템(300)은 프로브(304)와 [예컨대, 전기 와이어(354), 무선 시스템, 및 임의의 다른 적절한 통신 매체를 통해] 통신하도록 커플링되는 프로브 제어 유닛(334)을 포함한다. 제어 유닛(334)은 제어 유닛 메모리(356)와, 프로브(304)와 통신하고, 컴퓨터 시스템(360)과 통신하며, 그리고/또는 데이터가 제어 유닛 메모리(356) 내에 저장되도록 하는 제어 유닛 제어기(358)를 포함한다. 본원에 사용되는 바와 같이, 용어 "제어기"는 마이크로 제어기를 포함하는 임의의 프로세서 기반 또는 마이크로프로세서 기반 시스템과, 축소 명령 세트 회로(reduced instruction set circuit : RISC)와, 주문형 집적 회로(application-specific integrated circuit : ASICs)와, 논리 회로와, 본원에 기술된 기능을 수행할 수 있는 임의의 다른 회로 또는 프로세서를 포함할 수 있다. 상술된 예시는 단지 예시적일 뿐이며, 용어 "제어기"의 정의 및/또는 의미를 어떠한 방식으로 한정하는 것으로 의도되지 않는다. 제어 유닛(334)은 컴퓨터 시스템(360)과 통신하기 위한 적어도 하나의 통신 장치[예컨대, 범용 직렬 버스(universal serial bus : USB) 포트(364), 무선 수신/전송 장치 등]를 포함한다.

[0023] 일 실시예에서, 제어 유닛(334)은 소형 유닛이다. 변형적으로, 제어 유닛(334)은 제어 유닛(334)이 하나의 검사 위치로부터 다른 검사 위치로 사용자에게 의해 이송될 수 있도록 하는 임의의 적절한 크기, 형상 및/또는 기계적 구성(예컨대, 휠)을 가질 수 있다. 본원에 사용되는 바와 같이, 용어 "검사 위치"는 각각의 소정의 검사 스테이지(232)에서의 각각의 개구(220)의 위치를 지칭한다. 제어 유닛(334)은 예컨대, 배터리 전력 또는 하드와이어링(hardwiring)과 같은 임의의 적절한 매체를 가로질러, 임의의 적절한 전력원을 사용하여 전력공급된다. 예시적인 실시예에서, 제어 유닛(334)은 사용자 인터페이스를 표시하는 적어도 하나의 디스플레이(368)를 포함한다. 디스플레이(368)는, 액정 표시 장치(LCD), 플라즈마, 음극선관(cathode ray tube : CRT) 또는 아날로그 방식 디스플레이 기술을 포함하지만 이에 한정되지 않는 다양한 디스플레이 기술을 사용할 수 있다. 디스플레이(368)는 정보, 및/또는 블레이드 팁 간극(218) 검사 작업과 연관된 적어도 하나의 데이터 입력 필드(예컨대, 스테이지 수 데이터 입력 필드, 케이싱 두께 데이터 입력 필드 및/또는 개구 수 데이터 입력 필드)를 표시한다. 예시적인 실시예에서, 제어 유닛(334)은 소스 및/또는 방출 및/또는 검출된 전자기 에너지를 나타내는 검출기로부터 신호를 전송 및/또는 수신하도록 프로그래밍된다. 예시적인 실시예에서, 제어 유닛 제어기(358)는 프로브(304)로부터 수신된 신호를 처리하고, 적어도 하나의 블레이드 팁 간극 값을 발생시키며, 그리고/또는 제어 유닛 메모리(356) 내에서 소정의 작동 주기 동안 발생하는 각각의 값에 대한 적어도 하나의 레코드(record)를 저

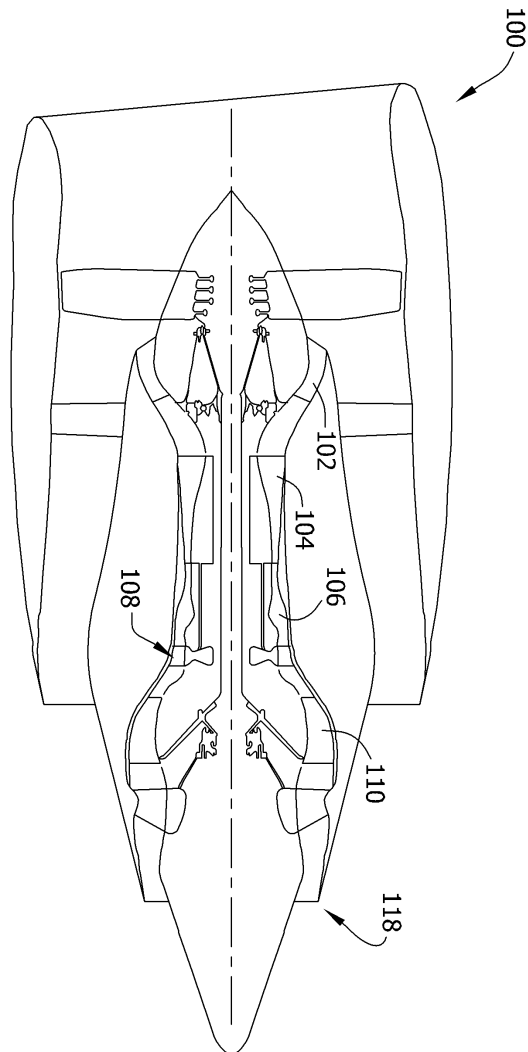
장하도록 프로그래밍된다.

- [0024] 예시적인 실시예에서, 컴퓨터 시스템(360) 또는 그 임의의 구성요소는 제어 유닛으로부터 떨어져서 위치된다. 시스템(360)은, 예컨대 인터넷에 접속하기 위한 컴퓨터, 입력 장치, 디스플레이 유닛 및 인터페이스를 포함할 수 있다. 또한, 컴퓨터 시스템(360)은 통신 버스에 커플링될 수 있는 프로세서를 포함할 수 있다. 컴퓨터는 메모리를 포함할 수 있고, 상기 메모리는 임의의 추출 메모리(Random Access Memory : RAM) 및 판독 전용 메모리(Read Only Memory : ROM) 뿐만 아니라 저장 장치를 포함할 수 있으며, 상기 저장 장치는 하드디스크 드라이브, 또는 플로피 디스크 드라이브, 광 디스크 드라이브 등과 같은 제거가능한 저장 장치일 수 있다. 저장 장치는 컴퓨터 프로그램 및/또는 다른 지시를 컴퓨터 시스템 내로 로딩하도록 구성된다. 본원에 사용되는 바와 같이, 용어 "프로세서"는 기술분야에서 프로세서로서 지칭되는 집적 회로에 한정되지 않지만, 광범위하게 컴퓨터, 마이크로제어기, 마이크로컴퓨터, 마이크로프로세서, 프로그램형 논리 제어기, 주문형 집적 회로 및 임의의 다른 프로그램형 회로를 지칭한다.
- [0025] 컴퓨터 시스템(360)은 하나 이상의 저장 요소 내에 저장된 지시를 수행하여, 입력 데이터를 처리한다. 또한, 저장 요소는 요청 또는 요구되는 경우 데이터 또는 다른 정보를 유지하고 있을 수 있으며, 프로세싱 기계 내에서 정보 소스 또는 물리적 메모리 요소의 형태일 수 있다. 지시의 세트는 프로세스 방법과 같은 컴퓨터 시스템이 특정한 작업을 수행하도록 지시하는 다양한 명령을 포함할 수 있다. 지시의 세트는 소프트웨어 프로그램의 형태일 수 있다. 소프트웨어는 시스템 소프트웨어 또는 어플리케이션 소프트웨어와 같은 다양한 형태일 수 있다. 또한, 소프트웨어는 별개의 프로그램의 집합, 보다 큰 프로그램 내의 프로그램 모듈, 또는 프로그램 모듈의 일부의 형태일 수 있다. 또한, 소프트웨어는 객체 지향 프로그래밍(object-oriented programming)의 형태인 모듈 프로그래밍을 포함할 수 있다. 프로세싱 기계에 의한 입력 데이터의 처리는 사용자 명령, 이전의 처리의 결과, 다른 프로세싱 기계에 의해 생성된 요청에 응답할 수 있다.
- [0026] 본원에 사용되는 바와 같이, 용어 "소프트웨어"는 RAM 메모리, ROM 메모리, EPROM 메모리, EEPROM 메모리 및 비휘발성 RAM(NVRAM) 메모리를 포함하는 메모리 내에 저장된, 컴퓨터에 의해 수행되는 임의의 컴퓨터 프로그램을 포함한다. 상술된 메모리 방식은 단지 예시적이며, 컴퓨터 프로그램을 저장하는데 사용되는 메모리 방식을 한정하지 않는다.
- [0027] 예시적인 실시예에서, 제어 유닛(334)은 컴퓨터 시스템(360)과 [즉, 예컨대 구리 케이블, 광섬유 케이블, 라디오 주파수 또는 다른 무선 통신 방법, 및/또는 이들의 임의의 조합과 같은 임의의 적절한 통신 장치 및/또는 통신 매체(370)를 통해] 통신한다. 예시적인 실시예에서, 컴퓨터 시스템(360)은 제어 유닛(334)으로부터 적어도 하나의 레코드를 수신하고, 컴퓨터 시스템 메모리 내에 상기 레코드를 저장하며, 상기 레코드를 처리하고, 그리고/또는 상기 레코드를 사용하여 블레이드 팁 간극 데이터(즉, 스프레드시트를 통한 통계 데이터)를 사용자에게 출력하도록 프로그래밍된다. 다른 실시예에서, 컴퓨터 시스템(360)은 적어도, ① 검사 위치 스테이지 수, ② 검사 위치 개구 수, ③ 검사 위치 케이싱 두께, ④ 프로브 전자기 방출/검출 주파수, ⑤ 각각의 검사 위치에서의 각각의 로터 블레이드에 대해 수집된 전자기 레코드(즉, 방출/검출)의 수, ⑥ 각각의 검사 위치에서의 각각의 로터 블레이드에 대한 평균 블레이드 팁 간극, 및/또는 ⑦ 각각의 소정의 검사 스테이지에서의 모든 로터 블레이드에 대한 평균 블레이드 팁 간극의 데이터를 출력한다.
- [0028] 예시적인 실시예에서, 시스템(300)은 검사 작업시 로터 블레이드(204)를 회전시키기 위한 전기 회전 장치(도시되지 않음)(예컨대, 전기 회전 기어)를 포함한다. 일 실시예에서, 회전 장치는 검사 작업시 대략 7 분당 회전(rpm)으로 로터 블레이드(204)를 회전시킨다. 다른 실시예에서, 회전 장치는 임의의 회전 속력으로 로터 블레이드(204)를 회전시킬 수 있다. 로터 블레이드(204)의 회전시, 사용자는 각각의 검사 위치의 케이싱(212) 내로 검사 장치(302)를 삽입한다. 소정의 개구(220) 내의 검사 장치(302)의 삽입 이전에, 사용자는 검사 위치 데이터(예컨대, 검사 위치 스테이지 수, 검사 위치 개구 수, 검사 위치 케이싱 두께 등)를 제어 유닛 사용자 인터페이스(368) 내로 입력한다. 검사 위치 데이터에 진입한 후에, 사용자는 제 2 개구부(224) 내로 스페이서(336)를 삽입하고, 테스트 프로브(350)를 스페이서(336)를 통해 제 1 개구부(222) 내로 삽입하여, 적합한 스페이서(336)가 선택되었는지를 결정한다. 테스트 프로브(350)가 로터 블레이드(204)와 접촉하면, 사용자는 상이한 길이(L3)를 갖는 상이한 스페이서(336)를 제 2 개구부(224) 내로 삽입하고, 테스트 프로브(350)를 스페이서(336)를 통해 제 1 개구부(222) 내로 재삽입하여, 테스트 프로브(350)가 로터 블레이드(204)와 접촉하는지 여부를 결정한다. 테스트 프로브(350)가 로터 블레이드(204)와 접촉하는 것을 방지하는 적합한 스페이서(336)를 사용자가 일단 확인하면, 사용자는 스페이서(336)로부터 테스트 프로브(350)를 제거하고, 스페이서(336)를 통해 검사 장치(302)를 제 1 개구부(222) 내로 삽입한다.

- | | | |
|--------|---------------|-----------------|
| [0044] | 212 : 케이싱 | 218 : 블레이드 팁 간극 |
| [0045] | 220 : 개구 | 228 : 내측 캐비티 |
| [0046] | 232 : 검사 스테이지 | 300 : 시스템 |
| [0047] | 302 : 검사 장치 | 304 : 프로브 |
| [0048] | 306 : 프로브 홀더 | 312 : 프로브 시스 |
| [0049] | 316 : 베이스 | 320 : 캐비티 |
| [0050] | 334 : 제어 유닛 | 336 : 스페이서 |
| [0051] | 360 : 컴퓨터 시스템 | |

도면

도면1



도면2

