

(19)대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) Int. Cl.⁶
F02C 7/00
F23R 3/04

(45) 공고일자 2005년03월16일
(11) 등록번호 10-0467732
(24) 등록일자 2005년01월13일

(21) 출원번호 10-1997-0027193
(22) 출원일자 1997년06월25일

(65) 공개번호 10-1998-0002709
(43) 공개일자 1998년03월30일

(30) 우선권주장 08/670,302 1996년06월27일 미국(US)

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

(72) 발명자 와트슨 토마스 제이
미국 플로리다주 33418 팜 비치 가든즈 할리우드 스트리트 6138

나돈 빈센트 씨
미국 코넥티컷주 06074 사우쓰 윈저 노턴 레인 187

비소스키스 존 에이
미국 코넥티컷주 06066 버논 아파트먼트 264 사우쓰 스트리트 125

앤더슨 스투어트 에이
미국 코넥티컷주 06074-3227 사우쓰 윈저 파인 트리레인 210

(74) 대리인 주성민
안국찬

심사관 : 원유철

(54) 가스터빈용에어포일및그의제조방법

요약

본 발명은 가스 터빈 안내 날개에 관한 것으로, 보다 상세하게는 제1 벽과, 상기 제1 벽의 맞은편에 배치된 제2 벽과, 선단 에지와, 상기 선단 에지의 맞은편에 배치된 후단 에지와, 그리고 제1 공동을 포함하는 단면 형태를 갖는 에어포일에 관한 것이다. 상기 제1 공동은 제1 벽과 제2 벽 사이 및 선단 에지와 후단 에지 사이에 배치된다. 상기 단면 형태는 제 1 말단과 제 2 말단 사이에서 연장되며, 상기 에어포일은 불연속 보강 알루미늄으로 형성된다.

대표도

도 2

명세서

도면의 간단한 설명

도1은 가스 터빈 엔진을 개략적으로 나타낸 단면도,

도2는 팬 출구 안내 날개의 전개도,

도3은 도2에 도시된 것과 유사한, 2개의 공동을 갖는 안내 날개의 단면도,

도4는 도2에 도시된 것과 유사한, 3개의 공동을 갖는 안내 날개의 단면도.

도면의 주요부분에 대한 부호의 설명

- 10 : 가스 터빈 12 : 팬 섹션
- 14 : 저압 압축기 16 : 고압 압축기
- 20 : 저압 터빈 22 : 고압 터빈
- 23 : 유입 통로 24 : 팬 출구 안내 날개(FEGV)
- 26 : 내부 케이스 28 : 외부 케이스
- 30 : 에어포일 32 : 에어포일 보호 수단
- 34, 36 : 제 1 및 제 2 브라켓 40, 42 : 제 1 및 제 2 말단
- 44, 46 : 제 1 및 제2 벽 48 : 선단 예지
- 50 : 후단 예지 52, 54 : 공동
- 56 : 리브

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 가스 터빈 엔진에 관한 것으로, 특히 가스 터빈 엔진에 사용되는 안내 날개(guide vane)에 관한 것이다.

가스 터빈 엔진 내부의 회전자 섹션(rotor section)의 후미에 배치된 에어포일(airfoil)은 회전자 섹션에 의해 변위되는 가스를 이 회전자 섹션에 의해 수행되는 일을 최적화하도록 선택된 방향으로 지향시키는 것을 돕는다. 이 에어포일은, 일반적으로 "안내 날개"로 불리며, 허브와 외측 케이싱 사이에 방사상으로 배치되며, 회전자 섹션의 원주 둘레에 일정한 간격으로 형성된다. 역사적으로, 안내 날개는 중실형 에어포일로서 보통의 알루미늄으로 제조되었다. 중실형 에어포일의 단면은 안내 날개에 충돌 가스에 의한 하중을 수용하도록 요구되는 강성과 외부 물체로부터의 충격에 견딜 수 있는 내충격성을 제공하였다.

가스 통로 하중(gas path loading)"은 안내 날개상에 충돌하는 가스 유동에 의해서 상기 에어포일에 작용하는 힘을 나타내는 기술 용어이다. 상기 하중력의 크기와 주파수는 엔진에 의해 제공되는 작용력 및 추진력에 따라서 변화한다. 하중력의 주파수가 안내 날개의 하나 또는 그 이상의 자연 주파수(즉, 변형의 굽힘 모드의 주파수 및/또는 변형의 비틀림 모드의 주파수)와 일치한다면, 하중력은 안내 날개를 바람직하지 않은 진동 반응으로 자극할 것이다.

중실형 알루미늄으로 제조된 종래의 안내 날개의 중요한 결점은 안내 날개의 하중이 누적된다는 것이다. 엔진의 하중이 증가하면 엔진의 추진력 대 중량의 비에 악영향을 주기 때문에, 가스 터빈의 설계에 있어서 엔진 구성 요소의 하중을 최소화 하는 것이 이롭다. 종래의 알루미늄으로 제조된 중공형 안내 날개는 중실형 안내 날개의 하중 문제는 해결하지만, 고 추진력 적용에 필요한 강성과 피로 강도가 부족하다. 이러한 한계는, 특히 추가의 추진력을 제공하기 위해 엔진의 팬(fan) 직경을 증대시키려는 추세에 있는 근래의 가스 터빈 엔진에 있어서 문제점으로 부각된다. 일반적으로 엔진의 추진력을 증가시키면 안내 날개상의 하중, 특히 팬 직경이 증가된 경우의 팬 섹션내에 있는 안내 날개상의 하중이 증가한다. 종래의 알루미늄으로 제조된 중공형 안내 날개에 따른 또 다른 문제는 보다 바람직한 통상적인 알루미늄 합금 중 일부는 안내 날개의 요구되는 단면 형태로 압축될 수 없다는 것이다.

보다 최근에는, 안내 날개가 중합체 매트릭스 복합 재료(polymer matrix composit material)로 제조되었다. 중합체 매트릭스 복합 재료는 종래의 알루미늄보다 상당히 가볍고, 필요한 강성을 가지며, 다양한 복잡한 형태로 형성할 수 있는 이점이 있다. 중합체 매트릭스 복합 재료 안내 날개의 단점은 안내 날개의 제조 비용인데, 그 제조 비용은 종래의 알루미늄으로 제조된 안내 날개보다 훨씬 비싸다. 하중과 마찬가지로 비용은 가장 중요하다. 중합체 매트릭스 복합 재료 안내 날개의 또 다른 단점은 안내 날개의 내구력이다. 종래의 알루미늄 안내 날개는 평균 수명 기간이 중합체 매트릭스 복합 재료 안내 날개보다 긴 상당한 이익이 있다. 수명이 짧을수록 유지보수가 많이 요구될 뿐만 아니라, 두 재료간의 비용 차이가 심화된다.

요약하면, 고 추진력 엔진에 존재하는 하중을 수용하기에 충분한 강성과 피로 강도를 지닌 안내 날개와, 외부 물체의 충격을 수용할 수 있는 충분한 강성과 피로 강도를 지닌 안내 날개와, 경량이며, 제조 비용이 저렴하고, 그리고 용이하게 제작할 수 있는 안내 날개가 요구된다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

따라서, 본 발명의 목적은 고 추진력 엔진에 존재하는 하중을 수용할 수 있는 충분한 강성과 피로 강도를 지닌 경량의 에어포일을 제공하는 것이다.

본 발명의 다른 목적은 제조 비용이 비교적 저렴한 에어포일을 제공하는 것이다.

본 발명의 또 다른 목적은 용이하게 제조할 수 있는 에어포일을 제공하는 것이다.

본 발명에 따르면, 제1 벽과, 상기 제1 벽의 맞은편에 배치된 제2 벽과, 선단 에지와, 상기 선단 에지의 맞은편에 배치된 후단 에지와, 그리고 적어도 하나의 공동(들)을 포함하는 단면 형태를 가진 에어포일이 제공된다. 이 공동(들)은 제1 벽과 제2 벽 사이 및 선단 에지와 말단 사이에 배치된다. 상기 단면 형태는 제 1 단말과 제 2 단말 사이에 연장되고, 그리고 상기 에어포일은 불연속 보강 알루미늄(Discontinuously Reinforced Aluminum: DRA)로 형성된다.

본 발명은 기존의 에어포일보다 상당한 이점을 제공한다. 하나의 이점은 본 발명에 따라서 강성이 증대되는 것이다. 일반적으로, 몸체의 강성은 몸체의 재료와 몸체의 단면 형태의 함수이다. 다음의 수학적 식 1은 상기 관계를 수학적으로 기술하기 위하여 사용할 수 있을 것이다.

$$\text{수학적 식 1} \\ S = EIf(x, L)$$

여기서, 균일한 단면 몸체에 대해, "S"는 강성(1b/in)이고, "E"는 재료의 탄성율(1b/in²)이고, "I"는 면적 관성모멘트(in⁴)이며, 그리고 "x"는 몸체내의 위치 함수이고, "L"은 몸체의 길이이다. 가장 통상적인 알루미늄 합금은 9.9 내지 10.3 (×10⁶) 1b/in² 범위의 "E" 값을 가진다. 한편, 불연속 보강 알루미늄은 14.0 내지 17.0 (×10⁶) 1b/in² 범위의 "E" 값을 가진다. 그러므로, 불연속 보강 알루미늄으로 형성된 에어포일은 같은 단면을 가진 종래의 알루미늄 합금으로 제조된 에어포일보다 큰 강성을 가진다.

에어포일을 형성하는데 사용된 중합체 매트릭스 복합 재료는 종래의 알루미늄 합금의 것보다 큰 "E" 값을 가지지만, 방향에 따라 변하는 기계적 성질을 가진다. 한 방향에 있어서, 예를 들면 중합체 매트릭스 복합 재료의 시편은 종래의 알루미늄의 것보다 상당히 큰 14.0 내지 15.0 (×10⁶) 1b/in²의 "E" 값을 가질 수도 있다. 그러나, 이 방향과 교차하는 방향에 있어서 시편의 "E" 값은 4 또는 5 (×10⁶) 1b/in² 정도로 작아질 수 있어서 중합체 매트릭스 복합 재료의 적용 범위를 제한한다. 불연속 보강 알루미늄의 균등한 기계적 성질은 이러한 문제를 해결한다.

본 발명의 다른 이점은 용이하게 제작될 수 있는 고 강성의 에어포일을 제공하는 것이다. 금속재 에어포일을 형성하기 위한 바람직한 방법의 하나는 압출이다. 중공형 에어포일의 경우, 상기 재료는 다이를 통과하는 동안 분리되며 다이의 후측에서 다시 함께 용접된다. 모든 종래의 알루미늄 합금이 이런 방식으로 형성되는 것은 아니며, 이러한 방식으로 형성되는 것이라 하더라도 고 추진력의 가스 터빈 엔진에서 요구되는 강성 또는 피로 강도를 항상 갖는 것은 아니다. 불연속 보강 알루미늄은 압출 다이의 후측에서 다시 재접합되나, 종래의 알루미늄보다 압출하기에 더 많은 어려움이 있다. 본 발명은 불연속 보강 알루미늄으로 복잡한 기하학적 구조를 압출하기 위한 수단을 제공함으로써, 에어포일이 불연속 보강 알루미늄으로 제작될 수 있게 한다.

본 발명의 또 다른 이점은 비용이 저렴하다는 것이다. 중공형 불연속 보강 알루미늄 에어포일과 거의 같은 강성과 거의 같은 중량을 갖는 중합체 매트릭스 복합 재료 에어포일은 중공형 불연속 보강 알루미늄 에어포일보다 상당히 더 싸다. 더구나, 중합체 매트릭스 복합 재료 에어포일의 평균 수명은 중공형 불연속 보강 알루미늄 에어포일보다 현저히 짧으므로, 비용 차이를 심화시키는 보다 빈번한 교체가 필요하게 된다.

이와 같은 본 발명의 목적들과 특징 및 이점은 첨부 도면에서 도시한 바와 같은, 본 발명의 바람직한 실시예에 대한 상세한 설명을 통하여 명백하게 나타날 것이다.

발명의 구성 및 작용

도1을 참조하면, 가스 터빈 엔진(10)은 팬 섹션(12), 저압 압축기(14), 고압 압축기(16), 연소실(18), 저압 터빈(20), 및 고압 터빈(22)을 포함한다. 팬 섹션(12)과 저압 압축기(14)는 서로 결합되어 있으며, 저압 터빈(2)에 의해 구동된다. 고압 압축기(16)는 고압 터빈(22)에 의해 구동된다. 팬 섹션(12)에 의해 작동되는 공기는 "중심 가스 유동"으로서 저압 압축기(14)에 유입되거나 "우회 공기"로서 엔진 중앙 바깥쪽의 유입 통로(23)에 유입될 것이다. 팬 섹션(12)에서 유출되는 우회 공기는 엔진(10)의 원주방향으로 배치된 복수개의 팬 출구 안내 날개(24)를 향해서 이동하여 그것에 충돌하게 된다. 상기 팬 출구 안내 날개(24)는 우회 공기를 엔진(10) 외측에 배치된 덕트(도시하지 않음)안으로 안내한다.

이제 도1 및 도2를 참조하면, 팬 출구 안내 날개(24)는 팬 내부 케이스(26)와 외부 케이스(28) 사이에서 연장된다. 내부 케이스(26)는 저압 압축기(14)와 팬 출구 안내 날개(24) 사이에서 방사상으로 연장되며, 외부 케이스(26)는 팬 출구 안내 날개(24)의 반경방향 외측에 배치된다. 각각의 팬 출구 안내 날개(24)는 에어포일과, 이 에어포일을 내부 케이스(26)와 외부 케이스(28) 사이에 고정시키기 위한 수단(32)을 포함한다. 도2에 도시된 실시예에서, 이 고정 수단(32)은 제 1 브라켓(34) 및 제 2 브라켓(36)을 포함한다. 변형예로서, 상기 고정 수단(32)의 다른 실시 형태를 사용할 수도 있다.

도2 내지 도4를 참조하면, 에어포일(30)은 제 1 말단(40)부터 제 2 말단(42)까지 연장된 일체형 단면 형태를 포함한다(도2). 상기 단면 형태는 제 1 벽(44), 제2 벽(46), 선단 에지(48), 후단 에지(50), 및 공동(들)(52)을 포함한다. 제2

벽(46)은 제1 벽(44)의 맞은편에 배치되고, 후단 에지(50)는 선단 에지(48)의 맞은 편에 배치된다. 상기 공동(들)(52)은 제1 벽(44)과 제2 벽(46) 사이, 및 선단 에지(48)와 후단 에지(50) 사이에 배치된다. 도2는 하나의 공동(52)을 나타낸 것이다. 도3은 제1 벽(44)과 제2 벽(46) 사이에서 연장되는 리브(56)에 의해 분리된 제1 공동(52)과 제2 공동(54)을 나타낸 것이다. 도4는 제1 벽(44)과 제2 벽 사이에서 연장되는 리브(들)(56)에 의해 각각 분리된 제1 공동(52), 제2 공동(54) 및 제3 공동(58)을 나타낸 것이다. 모든 공동들(52, 54, 58)은 내경(60)을 포함한다.

상기 에어포일(30)은 불연속 보강 알루미늄(DRA)으로 압출된다. 바람직하게는, 상기 불연속 보강 알루미늄은 알루미늄 협회에 의해 규정된 것으로서, 베이스 2000, 6000, 또는 7000 시리즈 알루미늄 합금 매트릭스를 포함한다. 가장 바람직한 실시예에 따르면, 상기 불연속 보강 알루미늄은 6000 시리즈 알루미늄 합금 매트릭스를 포함한다. 상기 불연속 보강 알루미늄의 보강재는 SiC, Al₂O₃, B₄C, BeO, TiB₂, Si₃N₄, AlN, MgO, ZrO₂의 요소중 어느 하나가 될 수도 있다. 상기 보강요소들의 바람직한 그룹은 특수 형태의 SiC, Al₂O₃, B₄C를 포함한다. 가장 바람직한 보강 요소는 5~10 마이크론(micron) 크기의 미립자 형태로 된 SiC이다. 상기 불연속 보강 알루미늄 내의 보강재의 체적 퍼센트(volume percent)는 상기 시리즈 알루미늄 합금 매트릭스와 보강 요소의 사용에 좌우될 것이다. 보강재로서의 SiC의 경우, 체적 퍼센트의 바람직한 범위는 6000 시리즈 알루미늄 합금 매트릭스 불연속 보강 알루미늄에서 10 내지 30 체적 퍼센트 SiC 미립자이다. 이같은 바람직한 범위 내에서, 개선된 압출 결과는 6000 시리즈 알루미늄 합금 매트릭스 불연속 보강 알루미늄내의 SiC의 체적 퍼센트 범위를 15 내지 20으로 유지함으로써 얻을 수 있었다. 최선의 압출 결과는 6000 시리즈 알루미늄 합금 매트릭스 DRA내에 17.5 체적 퍼센트의 SiC를 사용하여 얻을 수 있었다.

바람직한 실시예의 압출 공정이 진행되는 동안, 보강 요소로서 17.5 체적 퍼센트의 SiC를 가진 6000 시리즈 알루미늄 합금 매트릭스 불연속 보강 알루미늄은 부가체에 의해 지지되는 한 쌍의 맨드릴(mandrel)을 구비한 통공 다이(porthole die)를 사용하여 두 개의 공동(52, 54)의 에어포일 단면(도3)으로 압출된다. 이 다이는 티타늄 카바이드(titanium carbide) 보강 강, 예를 들면 미국 뉴욕주 웨스트나크 소재의 엘로이 테크놀로지 인터내셔널 인코포레이티드(Alloy Technology International Incorporated)에 의해 생산되는 "SK 급 페로틱(Ferrotic)"으로 제조된다. 상기 맨드릴은 상기 다이의 중앙부에 배치되고, 불연속 보강 알루미늄은 맨드릴의 주변으로 강제 유동하며, 상기 부가체에서 분리된다. 맨드릴의 후미에서 부가체에 의해 분리된 압출된 금속은 다시 금속간 결합으로 서로 결합된다. 때때로 이 공정은 "용접"으로써 바람직하게 실시될 수 있다. 맨드릴에 의해 형성된 공간부(void)가 유지되어 에어포일의 공동이 된다. 티타늄 카바이드 보강 다이는 압출된 에어포일에 대한 만족스러운 마무리를 제공해준다. 불연속 보강 알루미늄의 상기 압출된 스트립(strip)은 계속해서 소정 길이로 절단되고 즉시 사용에 필요한 바에 따라 마무리된다.

본 발명의 주요 이점은 필요한 강성을 가지는 에어포일(30)이 최소 직경의 외경(62)과 내경(60)을 갖도록 저렴하게 형성될 수 있는 것이다. 선단 에지(48)와 후단 에지(50)를 따라 형성된 최소의 외경(62)은 공기 역학적 목적에 장점이 있다. 내경이 보다 작게 되면 대부분의 에어포일(30)의 중공도(degree of hollowness)가 커지고 따라서 에어포일이 보다 가볍게 되기 때문에 최소 내경(60)이 바람직하다.

본 발명은 상기 상세한 실시예에 대해서 도시하고 기술하였지만, 당업자라면 본 발명의 정신과 범위 내에서 본 발명의 형태와 그 세부가 다양하게 변형될 수 있다는 것을 이해할 것이다. 예를 들면, 지금까지 설명한 본 발명을 수행하기 위한 최선의 실시예는, 팬 출구 안내 날개의 예를 들어 본 발명의 에어포일을 논의한 것이다. 본 발명의 에어포일은 변형예로서 다른 응용에 사용될 수도 있다.

발명의 효과

본 발명의 경량 에어포일은 고 추진력 엔진의 하중을 수용하기에 충분한 강성과 피로 강도를 가지며, 제조가 용이하고, 또 제조 비용이 저렴하다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

제1 벽(44)과, 상기 제1 벽에 대향하여 배치되는 제2 벽(46)과, 선단 에지(48)와, 상기 선단 에지에 대향하여 배치되는 후단 에지(50)와, 상기 제1 벽과 상기 제2 벽 사이 및 상기 선단 에지와 상기 후단 에지 사이에 배치되는 공동(52)과, 제1 말단(40)과, 제2 말단(42)을 포함하는 단일편 단면 구조체를 갖는 압출된 섹션을 포함하는 팬 출구 안내 날개이며,

상기 단일편 단면 구조체는 상기 제1 말단과 제2 말단 사이에서 뺨으며,

에어포일(30)이 보강 요소로서 15 내지 20 체적 퍼센트의 실리콘 카바이드를 함유하는 강편 불연속 보강 알루미늄으로부터 압출되는 팬 출구 안내 날개.

청구항 2.

제1항에 있어서, 상기 실리콘 카바이드는 입자 형태인 팬 출구 안내 날개.

청구항 3.

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 불연속 보강 알루미늄은 6000 시리즈 알루미늄 합금 매트릭스를 포함하는 팬 출구 안내 날개.

청구항 4.

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 실리콘 카바이드는 17.5 체적 퍼센트의 양이 존재하는 팬 출구 안내 날개.

청구항 5.

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 단일편 단면 구조체는 추가의 공동(54, 58)과, 상기 제1 벽(44)과 제2 벽(46) 사이에서 뺀고 상기 공동(52, 54, 58)을 분리하는 리브(56)를 더 포함하는 팬 출구 안내 날개.

청구항 6.

제1항 또는 제2항에 따른 복수개의 안내 날개와,

상기 안내 날개(30)의 제1 말단(40)을 수용하기 위한 수단(32)을 갖는 외부 케이스(28)와,

상기 외부 케이스의 내측에 방사상으로 배치되고 상기 외부 케이스와 대체로 동심을 이루고 상기 안내 날개의 제2 말단(42)을 수용하기 위한 수단(36)을 갖는 내부 케이스(26)를 포함하며,

상기 안내 날개는 상기 내부 케이스와 외부 케이스 사이에 뺀고 상기 내부 케이스와 외부 케이스 사이에 원주 방향으로 분배되는 팬 출구 안내 날개 조립체.

청구항 7.

제1항 또는 제2항에 따른 팬 출구 안내 날개를 제조하는 방법이며,

보강 요소로서 15 내지 20 체적 퍼센트의 실리콘 카바이드를 포함하는 불연속 보강 알루미늄의 강편을 제공하는 단계와,

상기 다이를 빠져나가는 길이방향으로 뺀는 팬 출구 안내 날개 형상의 구조체를 갖는 압출된 섹션을 생성하도록 상기 강편을 다이로부터 압출하는 단계를 포함하며,

상기 압출된 섹션은 상기 제1 벽(44), 제1 벽에 대향하여 배치되는 제2 벽(46), 선단 에지(48), 상기 선단 에지에 대향하여 배치되는 후단 에지(50), 상기 제1 벽과 상기 제2 벽 사이 및 상기 선단 에지와 상기 후단 에지 사이에 배치되는 공동(52)을 포함하는 단일편 단면 구조체를 가지며,

그 후, 압출된 섹션은 제1 말단(40) 및 제2 말단(42)을 제공하는 길이로 절단되며, 단일편 단면 구조체는 제1 말단과 제2 말단 사이에 뺀는 방법.

청구항 8.

제7항에 있어서, 상기 강편은 6000 시리즈 알루미늄 합금인 방법.

청구항 9.

제7항에 있어서, 상기 실리콘 카바이드는 17.5 체적 퍼센트의 양의 입자 형태로 존재하는 방법.

청구항 10.

제7항에 있어서, 상기 압출된 섹션은 티타늄 카바이드로 보강된 강 통공 다이를 통하여 압출되는 방법.

청구항 11.

제10항에 있어서, 상기 다이는 2개의 맨드릴을 포함하는 방법.

도면

도면1



