



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0020963
(43) 공개일자 2020년02월26일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
F01D 9/02 (2006.01) F02C 3/14 (2006.01)
F02C 7/12 (2006.01) F23R 3/00 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
F01D 9/023 (2013.01)
F02C 3/14 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2020-7004208
- (22) 출원일자(국제) 2018년06월27일
심사청구일자 2020년02월12일
- (85) 번역문제출일자 2020년02월12일
- (86) 국제출원번호 PCT/EP2018/067190
- (87) 국제공개번호 WO 2019/015925
국제공개일자 2019년01월24일
- (30) 우선권주장
10 2017 212 575.6 2017년07월21일 독일(DE)

- (71) 출원인
지멘스 악티엔게젤샤프트
독일 뮌헨 베르너-본-지멘스-슈트라쎈 1 (우:
80333)
- (72) 발명자
기셀, 릭
독일 45127 에센 바그만슈트라쎈 38
뤼페르트, 야니크
독일 45147 에센 케플러슈트라쎈 79
본네만, 베르트
독일 45968 글라트베크 하버캄프슈트라쎈 17
- (74) 대리인
특허법인 남앤남

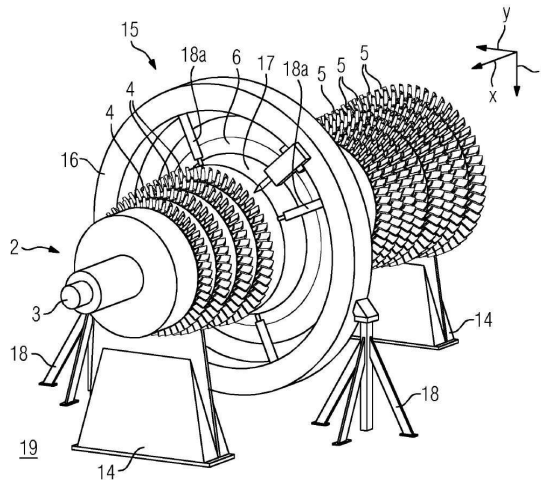
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 **가스 터빈의 성능을 개선하기 위한 방법**

(57) 요약

본 발명은 가스 터빈(1)의 성능을 개선하기 위한 방법에 관한 것으로, 가스 터빈(1)에서, 로터(2)가 비-스택킹된 상태에 있을 때, 로터(2)를 환형으로 둘러싸는 허브(6)가 머시닝되고, 허브(6) 상에 배열된 고온 차폐 엘리먼트들이 교환된다.

대표도 - 도6



(52) CPC특허분류

F02C 7/12 (2013.01)

F23R 3/007 (2013.01)

F05D 2230/80 (2013.01)

F05D 2240/15 (2013.01)

F05D 2240/35 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

가스 터빈(gas turbine)(1)의 성능을 증가시키기 위한 방법으로서,

상기 가스 터빈(1)은 연소 챔버(combustion chamber)(9), 로터(rotor)(2) - 상기 로터(2)는 샤프트(shaft)(3), 및 상기 샤프트(3) 상에 축방향으로 인접한 방식으로 배열된 복수의 터빈 로터 블레이드 로우(turbine rotor blade row)들(4)을 포함함 -, 및 허브(hub)(6)를 갖고, 상기 허브(6)는 상기 터빈 로터 블레이드 로우들(4)의 업스트림(upstream)에 배열되고, 상기 샤프트(3) 주위로 연장되고, 깔때기형 구성(funnel-like configuration)이고, 그리고 열 차폐 엘리먼트(heat shield element)들(8a, 8b)의 복수의 로우들이 축방향으로 인접한 방식으로 상기 허브(6)에 체결되고, 상기 열 차폐 엘리먼트들(8a, 8b)은 상기 허브(6)의 반경방향으로 외향으로 향하는 면(radially outwardly pointing face)의 대부분을 절연 방식으로 커버(cover)하고 그리고 상기 연소 챔버(9)의 경계의 부분을 정의하며, 흐름 다운스트림 방향(flow downstream direction)에서 마지막 로우로서 배열된 로우의 열 차폐 엘리먼트들(8b)은 원주방향 구성의 반경방향으로 외향으로 돌출되는 허브 돌출부(10)에 대해 인접하게 배열되고, 그리고 상기 허브(6)에 구성된 냉각 공기 보어(cooling air bore)들(12)을 통해 냉각되며,

상기 방법은,

- a) 상기 로터(2)를 둘러싸는 상기 허브(6)와 함께 상기 로터(2)를 상기 가스 터빈(1)으로부터 해체(dismantling)하는 단계;
- b) 비-디스택킹된 상태(non-destacked state)에서, 특히 적합한 베어링 블록(bearing block)들(14) 상에 상기 로터(2)를 수평으로 장착하는 단계;
- c) 상기 흐름 다운스트림 방향에서 마지막 로우로서 배열된 로우의 모든 열 차폐 엘리먼트들(8b)을 제거하는 단계;
- d) 상기 허브 돌출부(10)를 기계적 머시닝(machining)하는, 특히 완전히 제거하는 단계;
- e) 기존의 냉각 공기 보어들(12) 중 적어도 일부를 머시닝하고 그리고/또는 새로운 냉각 공기 보어들(12a, 12b)을 생성하는 단계; 및
- f) 새로운 열 차폐 엘리먼트들(8c)을 장착하는 단계를 포함하며,

상기 새로운 열 차폐 엘리먼트들(8c)의 설계는 상기 단계 c)에서 제거된 열 차폐 엘리먼트들(8b)의 설계와 상이한,

가스 터빈(1)의 성능을 증가시키기 위한 방법.

청구항 2

제1 항에 있어서,

상기 단계 c)에서의 기계적 머시닝은 터닝 프로세스(turning process)를 포함하는 것을 특징으로 하는,

가스 터빈(1)의 성능을 증가시키기 위한 방법.

청구항 3

제2 항에 있어서,

상기 터닝 프로세스를 수행하기 위해, 모바일 터닝 머신(mobile turning machine)(15)이 사용되고, 상기 모바일 터닝 머신(15)은, 상기 로터(2)에 대해 동심으로 배열 및 배향되는 환형 캐리어(annular carrier)(16), 및 상기 캐리어(16)를 따라 원주방향으로 그리고 복수의 축들을 따라 이동될 수 있는 터닝 툴(turning tool)(17)을 갖는 것을 특징으로 하는,

가스 터빈(1)의 성능을 증가시키기 위한 방법.

청구항 4

제3 항에 있어서,

상기 터닝 머신(15)의 캐리어(16)는 지지 엘리먼트들(18)을 통해 하부 표면 상에 지지되는 것을 특징으로 하는,
 가스 터빈(1)의 성능을 증가시키기 위한 방법.

청구항 5

제1 항 내지 제4 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 단계 e)에서, 특히 4 mm 이하의 직경을 갖는 적어도 하나의 기존의 냉각 공기 보어(12)가 코킹되는 (calked) 것을 특징으로 하는,

가스 터빈(1)의 성능을 증가시키기 위한 방법.

청구항 6

제5 항에 있어서,

새로운 냉각 공기 보어(12a, 12b)를 생성하기 위해 적어도 하나의 코킹된 기존의 냉각 공기 보어(12)가 다시 천공되고, 상기 새로운 냉각 공기 보어(12a, 12b)의 직경은 상기 코킹된 기존의 냉각 공기 보어(12)의 직경 보다 더 작은 것을 특징으로 하는,

가스 터빈(1)의 성능을 증가시키기 위한 방법.

청구항 7

제1 항 내지 제6 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 단계 e)에서, 특히 4 mm 보다 더 큰 직경을 갖는 적어도 하나의 기존의 냉각 공기 보어(12a, 12b)는, 적어도 부분적으로 더 큰 직경까지 천공되고, 스레드(thread)를 제공받고, 후속적으로 스레드형 플러그(threaded plug)(20)에 의해 폐쇄되고, 상기 스레드형 플러그(20)에 관통 홀(through hole)(21)이 제공되는 것이 가능하며, 상기 관통 홀(21)의 직경은 4 mm 보다 더 작고, 특히 1.5 내지 2.5 mm의 범위에 있는 것을 특징으로 하는,

가스 터빈(1)의 성능을 증가시키기 위한 방법.

청구항 8

제7 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 기존의 냉각 공기 보어(21)가 천공되기 전에, 상기 적어도 하나의 기존의 냉각 공기 보어(21) 내로 왁스 웨지(wax wedge)가 삽입되는 것을 특징으로 하는,

가스 터빈(1)의 성능을 증가시키기 위한 방법.

청구항 9

제1 항 내지 제8 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 단계 e)에서, 새로운 냉각 공기 보어들(12a, 12b)은 사전제조된 천공 템플릿(prefabricated drilling template)을 사용하여 생성되는 것을 특징으로 하는,

가스 터빈(1)의 성능을 증가시키기 위한 방법.

청구항 10

제1 항 내지 제9 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 단계 f)에서 새롭게 장착된 열 차폐 엘리먼트들(8c)은, 상기 흐름 다운스트림 방향을 향하도록 배열된, 반

경방향으로 내향으로 돌출되는, 특히 링 세그먼트-형상의 돌출부(ring segment-shaped projection)(22)를 에지(edge) 측에서 갖는 것을 특징으로 하는,

가스 터빈(1)의 성능을 증가시키기 위한 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 가스 터빈(gas turbine)의 성능을 증가시키기 위한 방법에 관한 것으로, 가스 터빈은 연소 챔버(combustion chamber), 로터(rotor) - 로터는 샤프트(shaft) 및 샤프트 상에 축방향으로 인접한 방식으로 배열된 복수의 터빈 로터 블레이드 로우(turbine rotor blade row)들을 포함함 -, 및 허브(hub)를 갖고, 허브는 터빈 로터 블레이드 로우들의 업스트림(upstream)에 배열되고, 샤프트 주위로 연장되고, 깔때기형 구성(funnel-like configuration)이고, 그리고 열 차폐 엘리먼트(heat shield element)들의 복수의 로우들이 축방향으로 인접한 방식으로 허브에 체결되고, 그 열 차폐 엘리먼트들은 허브의 반경방향으로 외향으로 향하는 면(radially outwardly pointing face)의 대부분을 절연 방식으로 커버(cover)하고 그리고 연소 챔버의 경계의 부분을 정의하며, 흐름 다운스트림 방향(flow downstream direction)에서 마지막 로우로서 배열된 로우의 열 차폐 엘리먼트들은 원주방향 구성의 반경방향으로 외향으로 돌출되는 허브 돌출부에 대해 인접하게 배열되고, 그리고 허브에 구성된 냉각 공기 보어(cooling air bore)들을 통해 냉각된다.

배경 기술

[0002] 처음에 언급된 유형의 가스 터빈들은 이미 종래기술에 알려져 있다. 이 시점에서, 예로서 Siemens AG로부터의 가스 터빈 유형 SGT5-4000F가 참조되어야 한다.

[0003] 게다가, 이러한 유형의 가스 터빈들의 성능을 증가시키기 위해, 가스 터빈의 개별적인 컴포넌트(component)들을 수정하는 것이 알려져 있다. 이러한 유형의 수정들은, 터빈을 통과하는 고온 가스의 흐름을 최적화하고, 가스 터빈의 동작을 위해 요구되는 냉각 유체 질량 흐름을 감소시키는 것 등을 목표로 한다. 로터 및/또는 허브의 컴포넌트들이 수정들에 의해 영향을 받는 경우, 샤프트 상에서, 샤프트 상에 홀딩된(held) 컴포넌트들 상에서, 또는 허브 상에서 작업이 수행되는 것을 가능하게 하기 위해서는, 로터를 해체(dismantle)하고 로터를 완전히 디스택킹(destack)하는 것이 일반적으로 필요하다. 그러나, 로터의 이러한 유형의 디스택킹(destacking)은 매우 높은 복잡성과 연관되며, 따라서 바람직하지 않다.

발명의 내용

[0004] 상기 종래기술로부터 진행하여, 본 발명의 목적은, 처음에 언급된 유형의 방법을 제공하는 것이며, 그 방법의 도움으로, 가스 터빈의 성능이 비교적 낮은 복잡성으로 증가될 수 있다.

[0005] 상기 목적을 달성하기 위해, 본 발명은 처음에 언급된 유형의 방법을 제공하며, 그 방법은: a) 로터를 둘러싸는 허브와 함께 로터를 가스 터빈으로부터 해체하는 단계; b) 비-디스택킹된 상태(non-destacked state)에서, 특히 적합한 베어링 블록(bearing block)들 상에 로터를 수평으로 장착하는 단계; c) 흐름 다운스트림 방향에서 마지막 로우로서 배열된 로우의 모든 열 차폐 엘리먼트들을 제거하는 단계; d) 허브 돌출부를 기계적 머시닝(machining)하는, 특히 완전히 제거하는 단계; e) 기존의 냉각 공기 보어들 중 적어도 일부를 머시닝하고 그리고/또는 새로운 냉각 공기 보어들을 생성하는 단계; 및 f) 새로운 열 차폐 엘리먼트들을 장착하는 단계를 포함하며, 새로운 열 차폐 엘리먼트들의 설계는 단계 c)에서 제거된 열 차폐 엘리먼트들의 설계와 상이하다.

[0006] 본 발명은, 흐름 다운스트림 방향에서 마지막 로우로서 배열된 로우의 열 차폐 엘리먼트들, 즉, 터빈에 대해 바로 인접하게 포지셔닝된(positioned) 그러한 열 차폐 엘리먼트들을, 최적화된 설계를 갖는 열 차폐 엘리먼트들로 대체하는 기본 개념에 기반하며, 이는 이러한 방식으로 개선된 절연 효과가 달성되고 그리고 상기 열 차폐 엘리먼트 로우에 대해 요구되는 냉각 유체 질량 흐름이 그에 따라 감소되는 것을 가능하게 하기 위한 것이다. 이러한 목적을 위해, 제1 단계에서, 로터는 로터를 둘러싸는 허브와 함께 가스 터빈으로부터 해체되며, 비-디스택킹된 상태에서 수평으로 장착된다. 예컨대, 적절한 베어링 블록들이 장착 목적들을 위해 사용될 수 있으며, 그 적절한 베어링 블록들 상에 로터가 배열된다. 추가의 단계에서, 흐름 다운스트림 방향에서 마지막 로우로서 배열된 로우의 모든 열 차폐 엘리먼트들이 상기 상태에서 제거되고, 그 결과로, 인접한 허브 돌출부가 또한 노출되고, 그에 따라 용이하게 액세스가능(accessible)하다. 후속적으로, 비-디스택킹된 그리고 장착된 상태에서 하나 이상의 기계적 머시닝 단계들의 상황 내에서 허브 돌출부가 머시닝되는데(machined), 즉, 크기가 감소되거나

나 또는 완전히 제거되며, 이를 위해 허브는 우선 로터에 대해 고정될 수 있다. 게다가, 기존의 냉각 공기 보어들 중 적어도 일부의 머시닝이 발생하며, 그 머시닝의 목표는, 가스 터빈의 동작 동안 상기 냉각 공기 보어들을 통해 흐르는 냉각 유체 질량 흐름을 감소시키고 그에 따라 가스 터빈의 성능을 최적화하기 위하여, 마지막 로우의 열 차폐 엘리먼트들을 냉각시키기 위해 제공되는 냉각 공기 보어들의 전체적인 개구 단면적을 감소시키는 것이다. 머시닝의 상황 내에서, 머시닝 후의 냉각 공기 보어들의 전체적인 개구 단면적이, 머시닝 전에 존재했던 냉각 공기 보어들의 전체적인 개구 단면적 보다 더 작은 한, 새로운 냉각 공기 보어들이 또한 만들어질 수 있다. 후속적인 단계에서, 특히, 가스 터빈의 동작 동안, 제거된 허브 돌출부의 차폐 기능을 맡은 새로운 열 차폐 엘리먼트들에 의해, 열 차폐 엘리먼트들과 연관된 절연 효과가 개선되는 방식으로, 새로운 열 차폐 엘리먼트들이 장착되며, 그 새로운 열 차폐 엘리먼트들의 설계는 단계 c)에서 제거된 열 차폐 엘리먼트들의 설계와 상이하다. 본 발명에 따른 방법은, 가스 터빈의 성능 증가(그 성능 증가는 상기 방법에 동반됨)뿐만 아니라 또한 비교적 낮은 복잡성(그 비교적 낮은 복잡성은 방법의 수행에 동반됨)을 특징으로 한다. 비교적 낮은 복잡성은 특히, 본 발명에 따른 방법의 상황 내에서 로터의 디스택킹이 생략된다는 사실에 기인한다.

[0007] 단계 c)에서의 기계적 머시닝은 바람직하게, 터닝 프로세스(turning process)를 포함한다. 이러한 방식으로, 허브 돌출부는 요건들에 따라 신속하게 그리고 문제 없이 수정될 수 있거나 또는 제거될 수 있다.

[0008] 본 발명에 따른 방법의 하나의 개선에 따르면, 터닝 프로세스를 수행하기 위해, 모바일 터닝 머신(mobile turning machine)이 사용되고, 그 모바일 터닝 머신은, 로터에 대해 동심으로 배열 및 배향되는 환형 캐리어(annular carrier), 및 캐리어를 따라 원주방향으로 그리고 복수의 축들을 따라 이동될 수 있는 터닝 툴(turning tool)을 갖는다. 따라서, 수평으로 장착되고 비-디스택킹된 로터의 샤프트는, 현장에서, 복수의 축들에서 머시닝될 수 있다. 여기서, 특히, 터닝 머신의 제어기는, 로터 및 캐리어의 배향의 반경방향 및 축방향 편차들을 보상하도록 설계된다.

[0009] 캐리어는 유리하게, 머시닝될 로터 그 자체 상이 아닌 하부 표면, 예컨대 홀 플로어(hall floor) 상에 캐리어가 주로 지지되는 방식으로 구성되고 배열되며, 그 결과로, 허브의 머시닝 동안의 터닝 머신의 중량에 의한 로터의 로딩(loading)이 방지된다. 이를 위해, 터닝 머신의 캐리어는, 특히 지지 엘리먼트들을 통해 하부 표면 상에 지지된다.

[0010] 냉각 유체 질량 흐름을 감소시키기 위해, 단계 e)에서, 특히 4 mm 이하의 직경을 갖는 적어도 하나의 기존의 냉각 공기 보어는 바람직하게, 그 적어도 하나의 기존의 냉각 공기 보어를 완전히 또는 부분적으로 폐쇄하기 위해, 코킹된다(calked). 그런 다음, 새로운 냉각 공기 보어를 생성하기 위해, 코킹된 냉각 공기 보어가 다시 천공될 수 있으며, 그 새로운 냉각 공기 보어의 직경은 원래의 또는 코킹된 기존의 냉각 공기 보어의 직경 보다 더 작다.

[0011] 대안으로 또는 추가하여, 단계 e)에서, 특히 4 mm 보다 더 큰 직경을 갖는 적어도 하나의 기존의 냉각 공기 보어는, 적어도 부분적으로 더 큰 직경까지 천공될 수 있고, 스레드(thread)를 제공받을 수 있고, 그리고 후속적으로 스레드형 플러그(threaded plug)에 의해 폐쇄될 수 있고, 스레드형 플러그에 관통 홀(through hole)이 제공되는 것이 가능하며, 관통 홀의 직경은 4 mm 보다 더 작고, 특히 1.5 내지 2.5 mm의 범위에 있다. 이러한 절차는, 용이하게 코킹될 수 없는 크기의 직경들을 갖는 기존의 냉각 공기 보어들의 크기를 감소시키거나 폐쇄시키는 데 사용될 수 있으며, 이는 4 mm 보다 더 큰 직경들의 경우에서의 경험에 따른 경우이다.

[0012] 적어도 하나의 기존의 냉각 공기 보어가 천공되기 전에, 적어도 하나의 기존의 냉각 공기 보어 내로 왁스 웨지(wax wedge)가 바람직하게 삽입된다. 이러한 방식으로, 천공 동작 동안, 칩(chip)들이 냉각 공기 보어를 통해 비-디스택킹된 로터 내부로 떨어지는 것(여기서, 그 칩들은 간신히 제거될 수 있음)이 방지될 있다.

[0013] 본 발명의 하나의 개선에 따르면, 단계 e)에서, 새로운 냉각 공기 보어들은 사전제조된 천공 템플릿(prefabricated drilling template)을 사용하여 생성된다. 이러한 방식으로, 보어들의 원하는 포지셔닝(positioning)이 간단한 방식으로 보장될 수 있다.

[0014] 단계 f)에서 새롭게 장착된 열 차폐 엘리먼트들은 바람직하게, 흐름 다운스트림 방향을 향하도록 배열되고 그리고 그에 따라, 이전에 제거된 허브 숄더(hub shoulder)의 차폐 기능을 맡은, 반경방향으로 내향으로 돌출되는, 특히 링 세그먼트-형상의 돌출부(ring segment-shaped projection)를 에지(edge) 측에서 갖는다.

도면의 간단한 설명

[0015] 본 발명에 따른 방법의 추가의 특징들 및 장점들은 첨부 도면을 참조하여 본 발명에 따른 방법의 일 실시예의

다음의 설명에 기반하여 명백해질 것이며, 도면들에서:

도 1은 가스 터빈의 구역의 개략적인 단면도를 도시하고,

도 2는 도 1에서 도면부호 II로 표시되는 세부사항의 확대된 사시도를 도시하고,

도 3은 도 1에 도시된 가스 터빈의 허브의 측면도를 도시하며, 흐름 다운스트림 방향에서 마지막 로우로서 배열된 열 차폐 엘리먼트 로우의 열 차폐 엘리먼트는 예시적인 목적들을 위해 제거되어 있고,

도 4는 도 3에서 도면부호 IV로 라벨링된(labeled) 세부사항의 확대도를 도시하고,

도 5는 도 4에서 도면부호 V로 라벨링된 세부사항의 확대도를 도시하고, 허브의 냉각 공기 보어 패턴(pattern)의 일부 구역을 도시하고,

도 6은 도 1에 도시된 가스 터빈의 로터의 개략적인 사시도를 도시하며, 허브의 머시닝 동안, 로터는 해체되어 프로핑된(propped) 상태에 놓여 있고,

도 7은 도 5에 따른 머시닝이 수행된 후의 도 4와 유사한 도면을 도시하고,

도 8은, 도 5에 도시된 세부사항에 대응하는, 도 7에서 도면부호 VIII로 라벨링된 세부사항의 확대도를 도시하며, 그 세부사항에는 새로운 냉각 공기 보어 패턴이 제공되고,

도 9는 도 7에 도시된 냉각 공기 보어를 도시하는 단면도를 도시하고, 그리고

도 10은 도 2와 유사한 도면을 도시하고, 새롭게 장착된 열 차폐 엘리먼트들이 있는 대응하는 구역을 도시하며, 그 새롭게 장착된 열 차폐 엘리먼트의 설계는 도 2에 따른 열 차폐 엘리먼트들의 설계와 상이하다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

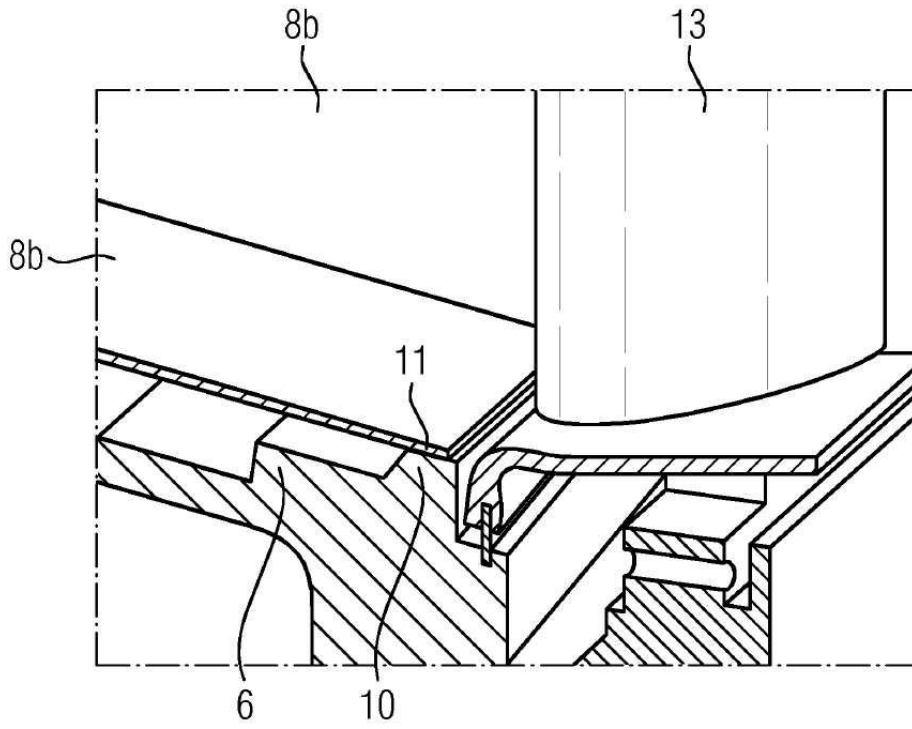
[0016] 다음의 본문에서, 동일한 도면부호들은 동일한 또는 유사한 컴포넌트들과 관련된다.

[0017] 가스 터빈(1)은 샤프트(3)를 갖는 로터(2)를 포함하며, 터빈 구역의 복수의 축방향으로 인접하게 배열된 터빈 로터 블레이드 로우들(4) 및 가스 터빈(1)의 압축기 구역의 복수의 인접하게 배열된 압축기 로터 블레이드 로우들(5) 둘 모두가 샤프트(3) 상에 배열되고 체결된다. 게다가, 가스 터빈(1)은 허브(6)를 포함하고, 허브(6)는 샤프트(3) 주위로 연장되고, 칼때기형 구성이고, 터빈 구역과 압축기 구역 사이에 배열되고, 그리고 터빈 로터 블레이드 로우들(4)의 방향으로 그리고 그에 따라 흐름 다운스트림 방향으로 직경이 테이퍼링(taper)된다. 허브(6)는 샤프트(3)에 대해 동심으로 배향되어, 반경방향 환형 갭(radial annular gap)을 남기고, 가스 터빈(1)의 하우징(7) 상에 고정 방식으로 홀딩되며, 그 결과로 허브(6)는 샤프트(3)와 함께 회전하지 않는다. 열 차폐 엘리먼트들(8a, 8b)의 복수의 환형 로우들은 허브(6)의 외측면에 축방향으로 인접한 방식으로 체결되며, 그 열 차폐 엘리먼트들(8a, 8b)은 허브(6)의 반경방향으로 외향으로 향하는 면을 절연 방식으로 커버하고, 그리고 샤프트(3) 주위에 환형 방식으로 연장되는 가스 터빈의 연소 챔버(9)의 경계의 내측 부분을 정의한다. 연소 챔버(9)의 반경방향 외측 경계는 마찬가지로 열 차폐 엘리먼트들을 통해 유발되며, 열 차폐 엘리먼트들은 더 상세하게 도시되지 않으며 연소 챔버 외측 셸(combustion chamber outer shell)에 체결된다. 본 경우에, 다운스트림 방향에서 마지막 로우로서 배열된 열 차폐 엘리먼트 로우(4)의 열 차폐 엘리먼트들(8b)은, 그들의 설계와 관련하여 나머지 열 차폐 엘리먼트 로우들의 열 차폐 엘리먼트들(8a)과 상이하고, 원주방향 구성의 반경방향으로 외향으로 돌출되는 허브 돌출부(10)에 대해 인접하게 배열되고, 그리고 반경방향으로 외향으로 돌출되는 허브 돌출부(10)를 축방향으로 외향으로 향하는 돌출부(11)로 오버랩(overlap)시킨다. 가스 터빈(1)의 동작 동안, 열 차폐 엘리먼트들(8)은 허브(6)에 구성되어 있는 냉각 공기 보어들(12)을 통해 공급되는 냉각 공기를 사용하여 냉각된다. 본 경우에, 도 5에 도시된 바와 같이, 열 차폐 엘리먼트들(8b)을 냉각시키기 위해 제공되는 냉각 공기 보어들(12)은, 이들이 서로 균일하게 이격되도록 규칙적인 매트릭스(regular matrix)로 배열되며, 각각의 경우에 허브(6)의 외측면에 대해 수직으로 연장된다.

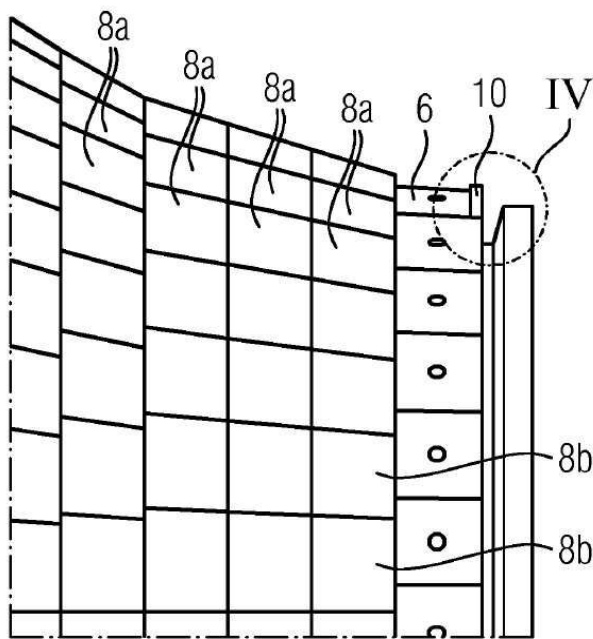
[0018] 가스 터빈(1)의 동작 동안, 가스 터빈(1)의 압축기 구역에서 압축된 주변 공기는 연료와 혼합되고, 생성된 연료/공기 혼합물은 연소 챔버(9)에서 버닝되어(burned) 가스 터빈(1)의 터빈 구역으로 안내되고, 터빈 구역에서 고온 가스는 대응하는 안내 블레이드 로우들(13)을 통해 개개의 인접한 터빈 로터 블레이드 로우들(4)로의 흐름의 관점에서 유리한 방식으로 조향되고(steered), 그 결과로 로터(2)는 알려진 방식으로 회전 구동된다. 가스 터빈(1)의 압축기 구역에서 생성되는 압축된 공기 흐름의 일부는 열 차폐 엘리먼트들을 냉각시키기 위해 사용된다.

- [0019] 가스 터빈(1)의 성능을 증가시키기 위해, 본 발명의 일 실시예에 따른 방법의 경우에 다음의 단계들이 수행된다:
- [0020] 제1 단계에서, 로터(2)를 둘러싸는 허브(6)와 함께 로터(2)가 가스 터빈(1)으로부터 해체된다. 후속적으로, 도 5에 도시된 바와 같이, 해체된 로터(2)는 비-디스택킹된 상태에서 수평으로 장착되며, 이는, 대응하는 베어링 블록들(14)을 사용하여 발생한다.
- [0021] 그 후에, 추가의 단계에서, 상기 구역에서 허브(6)를 노출시키기 위해, 흐름 다운스트림 방향에서 마지막 로우로서 배열된 터빈 로터 블레이드 로우(4)의 적어도 모든 열 차폐 엘리먼트들(8b)이 제거된다.
- [0022] 후속적인 단계에서, 수평으로 장착된 로터(2)의 구역에 모바일 터닝 머신(15)이 수직하게 장착된다(erected). 모바일 터닝 머신은 환형 캐리어(16) 및 터닝 톨(17)을 포함하며, 환형 캐리어(16)는 프로파일된 로터(2)에 대해 동심으로 배열 및 배향되고, 터닝 톨(17)은 캐리어(16)를 따라 원주방향으로 이동될 수 있고 그리고 X-방향, Y-방향 및 Z-방향으로 전진될 수 있다. 캐리어(16)는 연장가능한 실린더(cylinder)들(18a)을 통해 허브(6) 상에 지지된다. 또한, 본 경우에, 캐리어(16)는 2개의 지지 엘리먼트들(18)을 통해 하부 표면(19) 상에 지지된다. 이러한 방식으로, 터닝 머신(15)의 캐리어(16)의 중량에 의한 허브(6)의 로딩이 방지된다.
- [0023] 그런 다음, 허브 돌출부(11)는 도 6에 매우 개략적으로 도시된 터닝 머신(15)을 사용하여 터닝 머시닝의 상황 내에서 기계적으로 완전히 제거된다. 여기서, 터닝 머신(15)의 제어기는 바람직하게, 머시닝의 경우에, 허브 돌출부(11) 및 캐리어(16)의 배향의 반경방향 및 축방향 편차들이 보상되는 방식으로 설계된다. 이와 관련하여, 출원 DE 102016219193.4가 참조되어야 하며, 이로써 그 출원 DE 102016219193.4의 내용들의 전체 범위가 참조된다. 추가의 기계적인 머시닝 단계들이 뒤따를 수 있다.
- [0024] 추가의 단계에서, 기존의 냉각 공기 보어들(12) 중 적어도 일부가 머시닝되고, 본 경우에, 새로운 냉각 공기 보어들이 또한 생성된다. 상기 머시닝 단계는, 가스 터빈(1)의 동작 동안 상기 냉각 공기 보어들을 통해 흐르는 냉각 유체 질량 흐름을 감소시키고 그에 따라 가스 터빈(1)의 성능을 최적화하기 위하여, 마지막 터빈 로터 블레이드 로우(4)의 열 차폐 엘리먼트들(8b)을 냉각시키기 위해 사용되는 냉각 공기 보어들의 전체적인 개구 단면적을 감소시키는 것을 목표로 한다. 본 경우에, 상기 냉각 공기 보어 머시닝의 범위 내에서, 4 mm 이하의 직경을 갖는 기존의 냉각 공기 보어들(12) 중 적어도 일부는, 그들을 완전히 폐쇄하기 위해 코킹된다. 이러한 유형의 코킹된 냉각 공기 보어들은 도 5와 도 8의 비교에 기반하여 확인될 수 있다. 이들은 도 8에는 더 이상 존재하지 않는, 도 5로부터의 그러한 냉각 공기 보어들(12)이다. 게다가, 냉각 공기 보어 머시닝의 상황 내에서, 새로운 공기 보어들(12a)이 천공되며, 새로운 공기 보어들(12a)의 직경들은 바람직하게 1.5 내지 2.5 mm의 범위에 있다. 새로운 공기 보어들(12a)의 포지션(position)과 관련하여, 새롭게 천공된 냉각 공기 보어들(12a)은 폐쇄된 냉각 공기 보어들(12a)과 완전히 또는 부분적으로 일치할 수 있다. 다시 말해, 코킹된 냉각 공기 보어들(12)은 그런 다음, 적어도 부분적으로 다시 천공되고, 새로운 냉각 공기 보어들(12a)의 직경은 원래의 코킹된 냉각 공기 보어들(12)의 직경 보다 더 작다. 대안으로서 또는 추가하여, 4 mm 보다 더 큰 직경을 갖고 그리고 간신히 코킹될 수 있는 기존의 냉각 공기 보어들(12)은 또한, 적어도 부분적으로, 더 큰 직경까지 천공될 수 있고, 스투드를 제공받을 수 있고, 그리고 후속적으로, 스투드형 플러그(20)에 의해 폐쇄될 수 있다. 냉각 공기 보어(12)가 완전히 폐쇄되는 것이 아니라 단지 크기가 감소되어야 하는 경우, 스투드형 플러그(20)에 관통 홀(21)이 제공될 수 있으며, 관통 홀(21)의 직경은 4 mm 보다 더 작고, 특히 1.5 내지 2.5 mm의 범위에 있다. 냉각 공기 보어(12)가 천공되기 전에, 칩들이 허브(6)를 통해 샤프트(3)의 방향으로 떨어질 가능성(그 칩들은 천공 동작 후에 간신히 다시 제거될 수 있음)을 방지하기 위해, 왁스 웨지로 알려진 것이 바람직하게 냉각 공기 보어(12) 내로 삽입된다. 게다가, 도 8에 도시된 바와 같이, 냉각 공기 보어 머시닝의 상황 내에서, 새로운 냉각 공기 보어들(12b)이 생성될 수 있으며, 그 새로운 냉각 공기 보어들(12b)은 허브(6)를 통해 반경 방향에 대해 비스듬하게 연장된다.
- [0025] 모든 천공 프로세스들의 경우, (비록 이것이 선택적이기는 하지만) 생성될 보어들의 포지션들 및 그 보어들의 직경들을 특징하는 천공 템플릿들이 사용될 수 있다. 천공 템플릿들이 종래기술에서 본질적으로 알려져 있기 때문에, 예시적인 천공 템플릿의 예시는 이 시점에서 생략된다.
- [0026] 그런 다음, 추가의 단계에서, 새로운 열 차폐 엘리먼트들(8c)이 장착되며, 새로운 열 차폐 엘리먼트들(8c)은 오래된 열 차폐 엘리먼트들(8b)을 대체하고, 새로운 열 차폐 엘리먼트들(8c)의 설계는 열 차폐 엘리먼트들(8b)의 설계와 상이하다. 본 경우에, 새롭게 장착된 열 차폐 엘리먼트들(8c)은, 흐름 다운스트림 방향을 향하도록 배열되고 그리고 제거된 허브 돌출부(10)의 차폐 기능을 맡은, 링 세그먼트-형상의 구성의 반경방향으로 내향으로

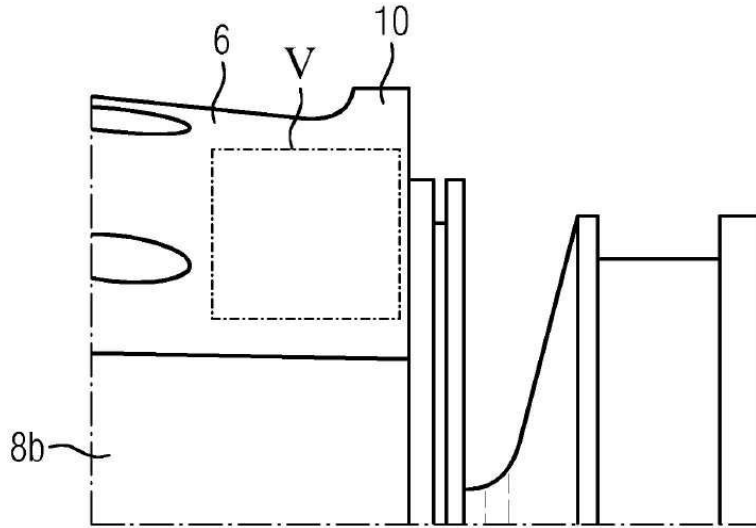
도면2



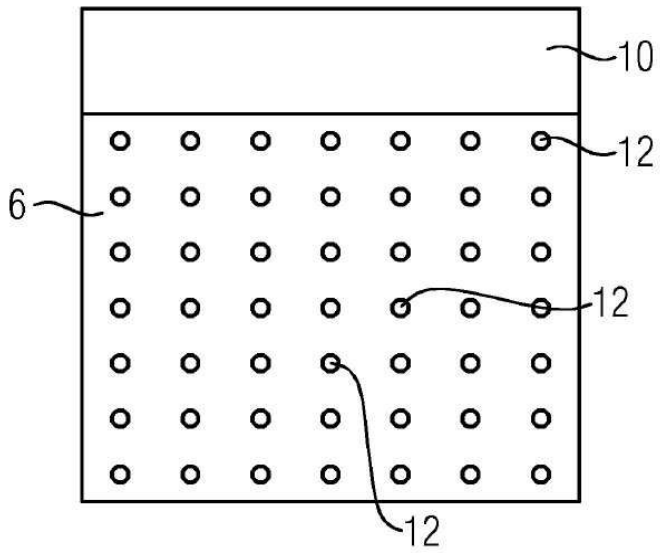
도면3



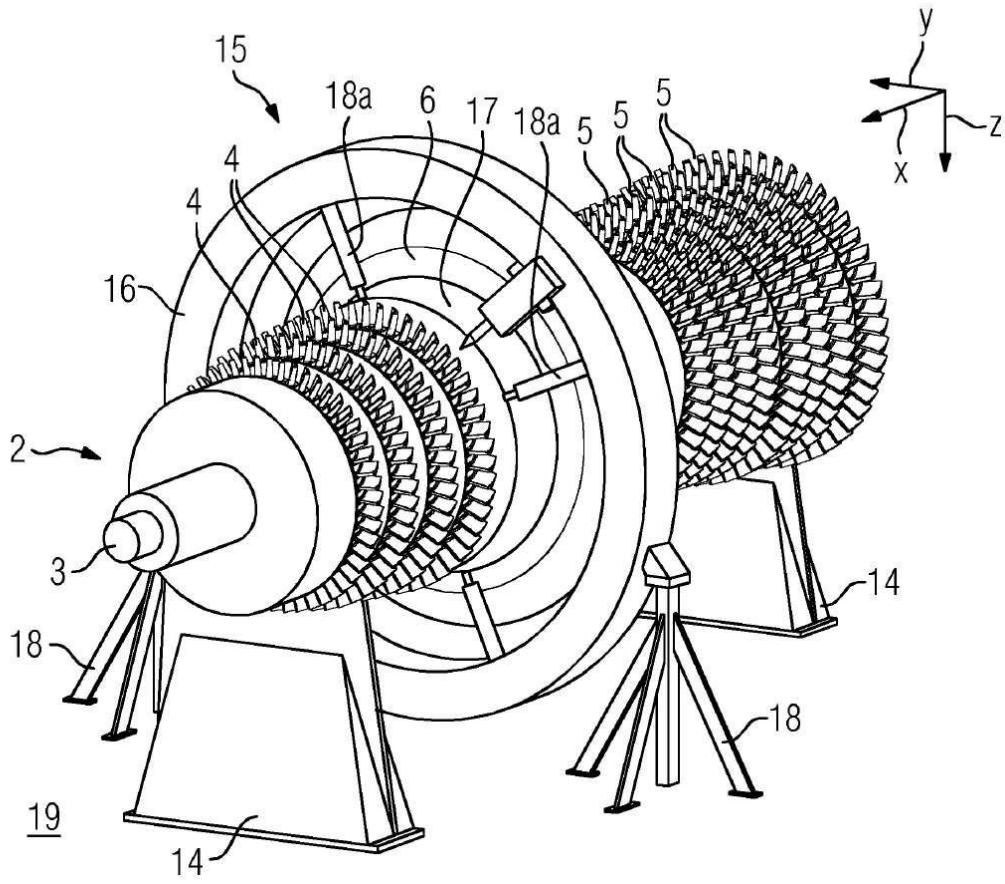
도면4



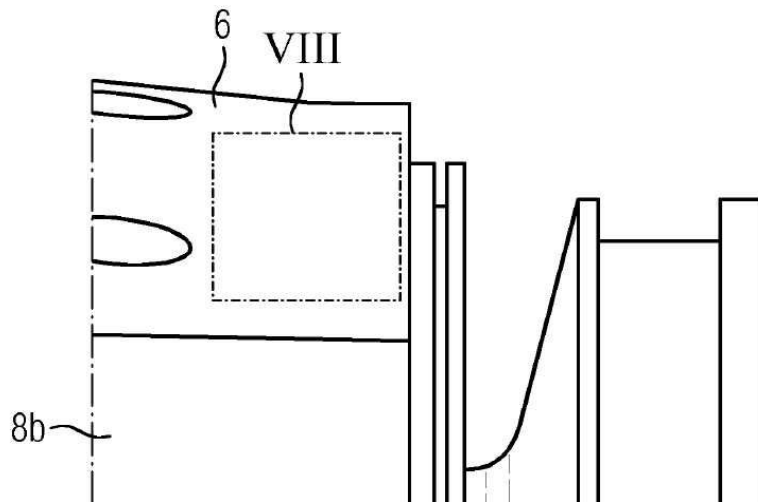
도면5



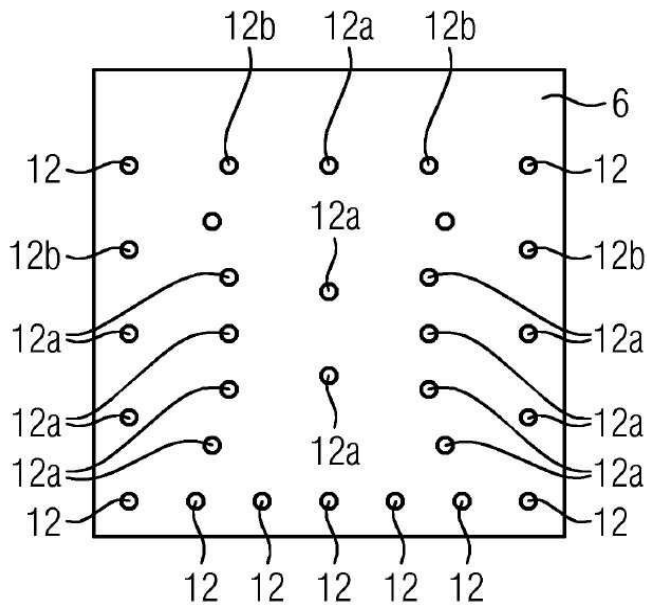
도면6



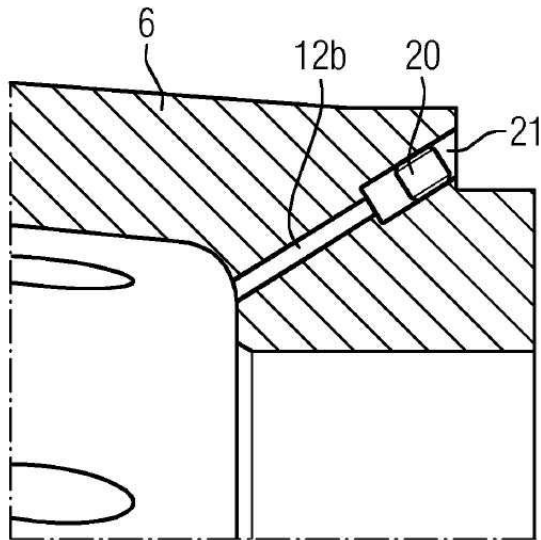
도면7



도면8



도면9



도면10

