



(19)대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) 。 Int. Cl. C23F 1/10 (2006.01)	(45) 공고일자 (11) 등록번호 (24) 등록일자	2007년02월26일 10-0686792 2007년02월16일
--	-------------------------------------	--

(21) 출원번호 (22) 출원일자 심사청구일자	10-2005-0044426 2005년05월26일 2005년05월26일	(65) 공개번호 (43) 공개일자	10-2006-0124857 2006년12월06일
----------------------------------	---	------------------------	--------------------------------

(73) 특허권자 한국전력공사
 서울 강남구 삼성1동 167번지

(72) 발명자 김민태
 대전 유성구 신성동 150-10

 장성용
 대전 유성구 전민동 삼성푸른아파트 108동 502호

 오원영
 대전 동구 신안동 234-33 9/1

 유근봉
 대전 유성구 전민동 엑스포아파트 301동 203호

 정진성
 대전 유성구 전민동 삼성푸른아파트 107동 801호

(74) 대리인 서만규
 서경민

(56) 선행기술조사문헌
 JP02190489 A
 * 심사관에 의하여 인용된 문헌

심사관 : 김종혁

전체 청구항 수 : 총 8 항

(54) 가스 터빈용 니켈계 초합금 부품의 건식세정방법

(57) 요약

본 발명은 복합 화력 발전소나 항공기 등에서 사용되는 가스터빈의 부품 소재인 니켈계 초합금 부품의 재생공정의 일환으로, HF 가스를 이용하여 재생품의 표면이나 미세균열 상에 존재하는 산화물을 제거하는 가스터빈용 니켈계 초합금 부품의 건식세정방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 폴리테트라플루오로에틸렌 (Polytetrafluoroethylene: PTFE or 테플론)

분말을 휘발성 유체와 섞어 균열 표면에 도포하므로써, PTFE 분말이 미세균열 내로 삽입되게 하여, 미세균열 깊숙한 곳에서 PTFE 분말의 열분해로 발생한 C_2F_4 와 수소의 반응으로 발생된 HF 가스를 이용할 수 있는 니켈계 초합금 부품의 건식 세정 방법에 관한 것이다.

대표도

도 6

특허청구의 범위

청구항 1.

고온에서 운전되는 가스터빈의 부품 소재인 니켈계 초합금 부품의 재생공정 중, HF 가스를 이용하여 재생품의 표면이나 미세균열 상에 존재하는 산화물을 제거하는 가스터빈용 니켈계 초합금 부품의 건식세정방법에 있어서,

PTFE 분말과 휘발성 유체의 혼합물을 미세균열 표면에 도포하고, 일정 시간 진공처리하여 미세균열 내로 침투시키는 단계, 및

고온에서 처리하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 가스터빈용 니켈계 초합금 부품의 건식세정방법.

청구항 2.

제 1 항에 있어서,

상기 PTFE 분말과 휘발성 유체의 혼합물이, 휘발성 유체에 대하여 PTFE 분말의 함량이 30~70중량%가 되도록 혼합하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 가스터빈용 니켈계 초합금 부품의 건식세정방법.

청구항 3.

제 1 항에 있어서,

상기 고온 처리 온도가 800℃~1000℃ 인 것을 특징으로 하는 가스터빈용 니켈계 초합금 부품의 건식세정방법.

청구항 4.

제 1 항에 있어서,

상기 PTFE 분말은 입도가 10 μ m 이하인 것을 특징으로 하는 가스터빈용 니켈계 초합금 부품의 건식세정방법.

청구항 5.

제 1 항에 있어서,

상기 PTFE와 휘발성 유체의 혼합물이 PTFE 분말과 광유 계통의 오일을 혼합하여 제조되는 것을 특징으로 하는 가스터빈용 니켈계 초합금 부품의 건식세정방법.

청구항 6.

제 5 항에 있어서,

상기 광유 계통의 오일이 50℃ 이상에서 휘발되기 시작하여 300℃ 이하에서 완전히 휘발되는 광유 또는 그 합성물인 것을 특징으로 하는 가스터빈용 니켈계 초합금 부품의 건식세정방법.

청구항 7.

제 5 항에 있어서,

상기 광유 계통의 오일이 그리스인 것을 특징으로 하는 가스터빈용 니켈계 초합금 부품의 건식세정방법.

청구항 8.

제 1 항에 있어서,

상기 니켈계 초합금이 중량%로 Cr 10~20%, Co 5~15%, Al 1~6%, Ti 1~6%, W 0.00001~5%, Ta 0.00001~4%, Mo 0.00001~3%, 소량의 C, Fe, B 및 잔여량 니켈로 이루어진 것을 특징으로 하는 가스터빈용 니켈계 초합금 부품의 건식세정방법.

청구항 9.

삭제

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 복합 화력 발전소나 항공기 등에서 사용되는 가스터빈의 부품 소재인 니켈계 초합금의 재생공정의 일환으로, HF 가스를 이용하여 재생품의 표면이나 미세균열 상에 존재하는 산화물을 제거하는 가스터빈용 니켈계 초합금 부품의 건식세정방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 폴리테트라플루오로에틸렌 (Polytetrafluoroethylene: PTFE, 테플론) 분말을 휘발성 유체와 섞어 균열 표면에 도포함으로써, PTFE 분말이 미세균열 내로 삼입되게 하여, 미세균열 깊숙한 곳에서 PTFE 분말의 열분해로 발생한 C_2F_4 와 수소의 반응으로 발생된 HF 가스를 이용할 수 있는 니켈계 초합금 부품의 건식세정 방법이다.

화석 연료의 연소가스로 직접 가동되는 가스터빈에 사용되는 부품(Hot gas components)은 어느 정도 사용하게 되면 표면에 미세균열이 발생하고, 이 미세균열을 통해 모재 또는 MCrAlY(M=Ni 또는 Co) 층이 직접 산화 분위기에 노출되어 균열의 표면이 급속히 산화된다. 미세균열 내 산화물이 생기면 부피팽창으로 응력이 발생하며, 가스터빈 부품의 열응력 및 구조적인 응력이 합쳐져 균열이 지속적으로 성장하게 된다. 균열의 크기가 일정 이상이면 폐기 처분한다. 도 1a는 가스터빈 부품으로 사용된 후 폐기 처리된 니켈계 초합금 GTD-111의 1단 블레이드에 생성된 균열을 나타내는 전자사진이며, 도 1b는 도 1a의 네모부분 확대도 및 균열상에 존재하는 성분 분포도이다. 여기서 볼 수 있는 것처럼, 고온에서 운전되는 가스터빈에 사용되는 부품은 일정기간 사용되면 미세 균열이 발생함을 알 수 있다. 부품의 손상이 심하지 않거나 일정 운전 시간이 경과한 부품은 재생 또는 정비하여 재사용하기도 한다. 재생정비시 부품의 손상된 곳을 복원하기 위해서는 모재와 비슷한 성분의 소재(분말 또는 선재)로 육성 용접 또는 접합을 이용하는데 전처리 공정으로 표면에 생성된 산화물을 제거하는 것이 필수적이다.

표면 산화물은 기계적인 방법, 또는 화학적인 방법으로 제거한다. 화학적인 방법을 이용할 경우, 가스터빈 운전시 부품의 균열의 표면에 생기는 알루미나 같은 열역학적으로 매우 안정한 고온 산화물은 통상의 방법으로는 제거 또는 세정하기 힘들다.

이러한 열역학적으로 안정한 알루미나를 효율적으로 제거하기 위해서 불소 이온을 이용한 건식세정공정, 즉, 플루오라이드 이온 세정(Fluoride Ion Cleaning: FIC)공정이 1300℃ 급 이상의 가스터빈 부품의 세정에 채택되고 있다. 불소이온은 HF 가스 형태로 공급되며, HF 를 직접 공급하는 방식과 PTFE를 열분해하여 생성되는 C₂F₄ 가스를 수소와 반응시켜 생성된 HF 가스를 간접 공급하는 방식이 있다. HF 간접 공급 방법은 HF 직접 공급방법에 비해 보다 안정적이며(안전성이 높으며) 시스템의 구성도 단순하여, 장치의 단가가 낮은 장점이 있지만, 대기압에서 이루어지기 때문에 부품의 균열 깊숙이 생긴 산화물을 효과적으로 제거할 수 없다는 단점이 있다.

따라서 좁고 긴 균열의 세정을 위해 대기압 보다 낮은 기압(sub-pressure) 하에서 HF 가스를 직접 도입하는 방법이 제안되었다. 그러나 HF의 원료로서 크롬 플루오라이드 또는 PTFE와 같은 고체 전구물을 사용하는 종래의 방식과 달리 작동압을 쉽고 용이하게 조절할 수 있지만, 매우 독성인 가스를 직접 조작해야하기 때문에 더 복잡한 제어와 안전 시스템을 요하므로, 전체 시스템이 종래의 것보다 매우 비싸다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

따라서 본 발명은 종래의 기술적 문제를 해결하고자 하는 것으로, 본 발명의 첫 번째 목적은 균열 깊숙이 생긴 산화물을 안정적이고 효과적으로 제거하면서도, 종래의 장치를 이용할 수 있어 경제적인 가스터빈용 니켈계 초합금의 건식세정방법을 제공하는 것이다.

본 발명의 두 번째 목적은 건식세정방법으로 균열 깊숙이 생긴 산화물이 효과적으로 제거된 가스터빈용 부품을 제공하는 것이다.

발명의 구성

상기 첫 번째 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은

고온에서 운전되는 가스터빈의 부품 소재인 니켈계 초합금 부품의 재생공정 중, HF 가스를 이용하여 재생품의 표면이나 미세균열 상에 존재하는 산화물을 제거하는 가스터빈용 니켈계 초합금 부품의 건식세정방법에 있어서,

PTFE 분말과 휘발성 유체의 혼합물을 미세균열 표면에 도포하고, 일정 시간 진공처리하여 미세균열 내로 침투시키는 단계, 및

고온에서 처리하는 단계를 포함하는 가스터빈용 니켈계 초합금 부품의 건식세정방법을 제공한다.

상기 PTFE 분말과 휘발성 유체의 혼합물은 휘발성 유체에 대하여 PTFE 분말 함량이 30~70중량%가 되도록 혼합하여 이루어지는 것이 바람직하다.

상기 고온 처리 온도는 800℃~1000℃ 인 것이 바람직하다. 이 온도에서 산화물 제거가 가장 효과적이다.

상기 PTFE 분말은 입도가 10 μ m 이하인 것이 바람직하다. 이는 PTFE의 입도가 10 μ m 이상인 경우 미세 균열에 침투시키기가 용이하지 않기 때문이다.

상기 PTFE 분말과 휘발성 유체의 혼합물은 PTFE 분말과 광유 계통의 오일을 혼합하여 제조되며, 상기 광유 계통의 오일에는 제한이 없다. 상기 광유 계통의 오일은 50℃ 이상에서 휘발되기 시작하여 300℃ 이하에서 완전히 휘발되는 광유 및 그 합성물이 가능하며, 이중 그리스(grease)로 혼합하면 상온에서 취급하기가 용이하다.

상기 니켈계 초합금은 중량%로 Cr 10~20%, Co 5~15%, Al 1~6%, Ti 1~6%, W 0.00001~5%, Ta 0.00001~4%, Mo 0.00001~3%, 기타 소량 C, Fe, B 및 잔여량 니켈로 이루어진 것이 바람직하다.

상기 두 번째 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은,

본 발명에 따른 니켈계 초합금의 건식 세정방법에 따라 세정된 가스터빈용 부품을 제공한다.

이하 본 발명을 더욱 상세히 설명한다.

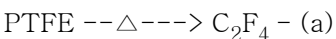
본 발명은 고온에서 운전되는 가스터빈의 부품 소재인 니켈계 초합금 부품의 재생공정 중, HF 가스를 이용하여 재생품의 표면이나 미세균열 상에 존재하는 산화물을 제거하는 가스터빈용 니켈계 초합금 부품의 건식세정방법에 있어서, PTFE 분말과 휘발성 유체의 혼합물을 미세균열 표면에 도포하고 일정 시간 진공처리하여, 미세균열 내로 침투시키는 단계 및 고온에서 처리하는 단계를 포함하는 가스터빈용 니켈계 초합금 부품의 건식세정방법을 제공한다.

기존의 PTFE를 이용하여 HF 가스를 미세균열에 간접적으로 공급하는 건식세정방법은 균열 외부에서 PTFE 분말의 열분해로 인한 C₂F₄ 와 수소와의 반응으로 산화물을 제거하는 HF 가스가 발생하여, 균열 깊숙이까지 HF 가스를 공급하는 데 어려움이 있으며, 그 공급 속도와 양을 조절하는 것이 어려웠다.

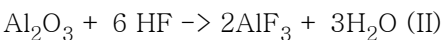
그러나 본 발명에 따른 건식세정방법은, PTFE 분말을 휘발성 유체와 혼합하여 만든 혼합물을 니켈계 초합금의 균열 표면을 도포하고, 미세균열 내로 PTFE 혼합물을 삽입함으로써, 일정 온도 이상이 되면 휘발성 유체는 휘발되고 PTFE 분말만 균열 표면 및 균열 내부에 남게된다. 따라서, 균열 내부 깊숙한 곳까지 PTFE 분말을 침투시킬 수 있으며, 침투시키는 양을 조절하기가 용이하다. 다만, 이때 분말의 입도가 10 μ m 이하인 것이 바람직하다. 입도의 크기가 상기의 범위를 넘는 경우 미세균열 내로 휘발성 유체 내에 혼합된 PTFE 분말을 미세균열에 침투시키기가 용이하지 않기 때문이다. 여기서 상기 휘발성 유체는 광유 계통의 휘발성 오일이면 그 제한이 없다. 상기 광유 계통의 오일은 50 $^{\circ}$ C 이상에서 휘발되기 시작하여 300 $^{\circ}$ C 이하에서 완전히 휘발되는 광유 및 그 합성물이 바람직하며, 이중 그리스(grease)가 상온에서 취급하기가 용이하기 때문에 바람직하다.

또한, 본 발명에 따른 건식세정방법은 PTFE를 이용한 종래의 건식세정방법이 균열 외부에서만 HF 가스가 생성되는데 비하여, 균열외부 및 균열내부에서도 산화물을 제거하는 HF 가스를 생성시킬 수 있으므로, 균열내 산화물 제거에 더욱 효과적이다.

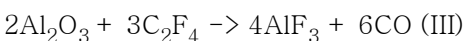
본 발명에 따른 건식세정방법의 반응식을 개략적으로 살펴보면, 3 단계로 일어나며, 첫 단계로는 다음 식 I와 같이 PTFE가 가열될때 모노머 C₂F₄로 전환되고, 이 모노머는 다시 수소와 반응하여 HF 가스를 생성한다. 상기 고온 처리 온도는 800 $^{\circ}$ C~1000 $^{\circ}$ C 인 것이 바람직하다. 이 온도에서 산화물 제거가 가장 효과적이기 때문이다.



표면 산화물과 균열 내 산화물은 다음 식 II의 반응에 의해 각각 불화물이 된다.



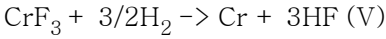
즉, 수소가 공급될 때, C₂F₄ 가스는 다음 식 III의 반응으로 균열을 세정한다.



CrF₃를 제외하고는 대부분의 불화물(fluoride)은 휘발성이며 가스 흐름중에서 휘발된다. 계속 가열하면, 표면 근방의 Al 및 Ti가 확산에 의해 표면으로 이동하며 다음 식 IV와 같이 휘발성 불화물로 전환된다. 이 반응이 종료되면 이러한 원소들이 표면에서 고갈되며 고체 CrF₃ 만 농축된 표면 고갈층을 형성한다.



공정 온도가 최고점에 도달하고, 수소 유량이 증가하면, 크롬 표면상에서 고체 CrF₃의 전환(식 V)이 일어난다.



여기서, 세정은 완결된다.

본 발명에 따른 건식세정방법이 사용되는 가스터빈용 니켈계 초합금은 중량%로 Cr 10~20%, Co 5~15%, Al 1~6%, Ti 1~6%, W 0~5%, Ta 0~4%, Mo 0~3%, 기타 소량 C, Fe, B 및 잔여량 니켈로 이루어진 것이 바람직하다.

본 발명은 또한 본 발명에 따른 건식세정방법에 의해 효과적으로 세정된 가스터빈용 부품을 제공한다.

상기 본 발명의 건식세정방법에 의해 세정된 니켈계 초합금 소재의 가스터빈용 부품은 종래 방법에 의해 세정된 부품에 비해 더 깨끗하게 세정되어, 재생정비 후속 공정인 땀질(brazing) 또는 용접(welding)이 더욱 용이하고 효과적으로 이루어질 수 있다.

이하의 실시예 및 비교예를 통하여 본 발명을 더욱 상세하게 설명한다. 단, 실시예는 본 발명을 예시하기 위한 것이지만 이들로만 본 발명의 범위를 한정하는 것은 아니다.

시편 준비 및 고온 산화시험

실시예 1

표 1의 조성인 GTD-111 소재의 판상 주조품을 가로 100mm, 세로 50mm, 두께 3mm 로 절단하여 준비하였고, 한면에 폭 100 μ m, 깊이 1mm의 홈을 와이어 가공(wire cutting)으로 인공적인 균열을 만들었다. 상기와 같이 준비한 시편을 산화시험을 하기 위해 상자형 전기로를 이용하여 100 $^{\circ}$ C/h의 속도로 1000 $^{\circ}$ C까지 가열하고, 그 온도에서 48시간 유지한 후 상온까지 냉각하였다. 고온산화시험 후 GTD-111 소재 표면에 형성된 산화물의 형상과 성분 분포도를 도 2a~2f에 나타내었다.

표 1 (wt%)

Ni	Cr	Co	Ti	W	Al	Ta	Mo	Fe	C	B
Bal.	13.5	9.5	4.76	3.84	3.6	2.7	1.53	0.23	0.09	0.01

산소의 분포도를 보면 표면에서 약 13 μ m까지 상대적으로 많이 분포함을 알 수 있다. 타 성분과 비교해 보면, 표면에서 3 μ m까지는 Ti 계열의 산화물이, 3~13 μ m까지는 Cr계 산화물이 분포하고 있음을 알 수 있다. 표면에서 13~30 μ m까지는 중간 중간에 불연속적으로 알루미늄계 산화물이 생성되어 있음을 알 수 있다. 도 1~2와 비교해보면 산화물의 형태와 분포가 유사함을 알 수 있고, 알루미늄은 실제 가스터빈 블레이드처럼 내부 산화가 발생하였음을 알 수 있다.

불소이온건식세정

실시예 2

실시예 1에 따라 제조된 시편의 인공균열 상에, 그리스에 대한 PTFE 분말 함량이 30 중량%인 PTFE 분말과 그리스의 유체 혼합물(상품명: Ultra SlickTM from Permatex INC.)을 표면에 도포한 후, 150 $^{\circ}$ C로 유지되는 저진공 오븐에 넣어 PTFE 분말이 혼합된 그리스를 균열 깊숙이 침투시켰다. 이 시편을 도 3과 같은 데이튼(Dayton)사의 불소이온 세정장비의 반응조에 넣고 바닥에는 PTFE 분말 60g을 장입하였고 표 2의 DCC(Deep Clean Cycle) 작업 스케줄에 따라 세정하였다. 건식 세정 후 인공 균열상의 산화물의 형상과 분포도를 도 4a~4f에 나타내었다.

표 2

단계	승온 온도 (Ramp-up: $^{\circ}$ C)	승온 속도 (Ramp-up Rate: $^{\circ}$ C/h)	수소유량 (Lpm)	시간 간격 (Time Interval: min)
----	----------------------------------	---	---------------	-------------------------------

1	25-400	600	5	37.5
2	400-450	150	5	20
3	450-550	150	35	40
4	550-750	300	0	40
5	750-780	300	5	6
6	780-950	300	0	34
7	950-950	0	0	20
8	950-950	0	5	20
9	950-950	0	35	30
10	950-950	0	75	30
11	950-200	-600	35	--

비교예 1

울트라슬릭 그리스를 건식세정 중에 미세균열 내로 침투시킨 단계를 수행하지 않는다는 점을 제외하고는 실시예 2의 건식세정방법과 동일하게 실시예 1에 따라 제조된 시편의 균열을 건식세정하였다. 건식세정후 인공균열상의 산화물 형상과 분포도를 도 5a~5f에 나타내었다.

PTFE 분말 함량 변화에 따른 잔류 산화물의 비교

본 발명의 건식세정방법의 산화물 제거 효율을 확인하기 위하여, 폐기 처리된 가스터빈 1단 블레이드에서 미세균열이 있는 부분을 횡으로 10mm 간격으로 절단하여 시편을 12개 제조하였다. 6 개의 시편은 실시예 2와 동일한 방법으로 건식세정을 수행하였다. 다만, 도 3의 건식세정장비의 반응조 바닥에 장입하는 PTFE 분말의 양을 60g, 200g 및 600g으로 단계별로 변화시켰다. 또 다른 6개의 시편은 비교예 1의 방법에 따라 PTFE 분말의 함량을 60g, 200g, 600g으로 단계별로 변화시키면서 건식세정을 하였다. 건식 세정후 잔류 산화물 농도를 리딩엣지(Leading edge: 가스터빈 블레이드의 횡단면에서 두께가 두꺼운 edge)와 압력면(Pressure side: 가스터빈 블레이드의 횡단면에서 뺄 부분으로 압력을 받는 부분)에서 각각 측정하여 비교하였으며, 그 결과들도 도 6에 나타내었다. 본 발명에 따른 건식세정방법을 채용한 것을 TG, 종래 방법만 사용하여 건식세정한 것을 UTG로 표시하였다.

결과의 분석

종래 방법에 따라 건식세정한 결과를 나타내는 도 5을 참조하면, 표면의 산화물 제거로 인해 표면이 약간 거칠어진 것을 확인할 수 있으며, 산소의 분포도를 보면 표면에서 Ti, Cr 계열의 산화물이 제거된 것을 알 수 있다. 표면에서 13~30 μ m 사이의 중간 중간에 불연속적으로 생성되어 있는 알루미늄계 산화물 역시 부분적으로 제거된 것을 알 수 있다.

도 4를 참조하면, 본 발명에 따라 건식세정한 시편은 종래의 방법과 같이 산화물 제거로 인해 표면이 약간 거칠어졌으며, 표면에 존재하는 Ti, Cr계 산화물 및 13~30 μ m 사이에 존재하는 Al 계열의 산화물이 제거되어진 것을 확인할 수 있다. 그러나 산소 성분 분포도를 보면, 종래 방법에 의한 건식세정방법과 달리 PTFE를 균열내로 깊숙이 침투시킴으로써, 산소가 더욱 효과적으로 제거되었음을 알 수 있다. 산소의 농도(oxygen intensity)가 균열 깊은 곳에서 차이가 두드러진다.

사용된 블레이드의 균열에 PTFE와 그리스의 유체 혼합물을 침투시키는 방법을 사용한 건식세정방법의 효과를 요약한 결과를 도 6에 나타내었다. 도 6의 그래프는 균열내 산소 농도의 최고치를 반응조 장입된 PTFE 분말의 함수로서 그래프하였다. 즉, 균열 내 산화물의 산소의 상대적 함량 대 PTFE 분말의 함량을 기준으로 그래프로 나타내었다. 여기서 본 발명의 건식세정방법을 채택한 경우(TG)에는 PTFE 분말 함량의 변화와 관계없이 균일한 반면에, 종래 방법에 따라 세정한 경우(UTG)에는 PTFE 분말의 함량이 증가함에 따라 산소의 상대적 함량이 감소하였다. 모든 조건에 대해서, 본 발명을 채택한 경우가 산소의 상대적 함량이 낮으며, PTFE 그리스의 침투 효과는 PTFE 분말 사용량이 적은 경우에 더욱 컸다. 또한 PTFE 분말 60g을 사용하고 PTFE 그리스를 균열에 채우는 본 발명에 따른 건식세정방법을 채택한 경우 그 효과가 PTFE 600g을 가지고 본 발명에 따른 방법을 채택하지 않고 종래 방법만으로도 건식세정한 효과와 같은 것을 알 수 있다.

발명의 효과

본 발명은 상기 결과에서 알 수 있는 것처럼, 가스 터빈의 블레이드를 사용한 후 생성된 좁고 깊은 균열 상에 생성된 산화물을 제거하기에 효과적이며, 종래의 건식세정 공정 중에 PTFE 분말을 휘발성 유체와 혼합하여 만든 PTFE 유체 혼합물을 균열에 도포하여 균열 깊숙이 침투시키는 단계를 채용함으로써 그 효과를 얻을 수 있으므로, 복잡한 추가 장비없이 종래 시스템에 적용가능하므로, 경비 절감 효과가 높은 니켈계 초합금의 건식세정방법이다.

또한, 본 발명은 종래 기술보다 더욱 깨끗하게 세정된 가스터빈용 부품을 제공하여, 더욱 효과적인 재생공정을 수행할 수 있게 한다.

도면의 간단한 설명

도 1a은 가스터빈 부품으로 사용된 후 폐기 처리된 니켈계 초합금 GTD-111의 1단 블레이드에 생성된 균열을 나타내는 전자사진이며,

도 1b는 도 1a의 네모부분 확대도 및 균열상에 존재하는 성분 분포도이며,

도 2a~2f는 실시예 1의 고온산화시험 후의 깊이 1mm, 폭 100 μ m의 인공 균열상에 생성된 산화물의 형상과 성분 분포도이며,

도 3은 본 발명에 사용된 데이튼사(Dayton)의 불소이온 장치이며,

도 4a~4f는 실시예 2에 따라 건식세정한 후 인공 균열상의 산화물 형상과 성분분포도이며,

도 5a~5f는 비교예 1에 따라 건식세정한 후 인공 균열상의 산화물 형상과 성분분포도이며,

도 6은 본 발명과 종래 방법에 따른 건식세정시 PTFE양에 따른 미세균열 상에 존재하는 잔류 산화물의 산소최대농도의 비교 그래프이다.

< 도면 주요 부분에 대한 부호의 설명 >

- 도 1b, 2a, 2c, 2e, 4a, 4c, 4e, 5a, 5c, 5e -

빨간색 선: O 연두색 선: Ni

분홍색 선: Ti 파란색 선: Cr

하늘색 선: Co 노란색 선: Al

- 도 2b, 2d, 2f, 4b, 4d, 4f, 5b, 5d, 5f -

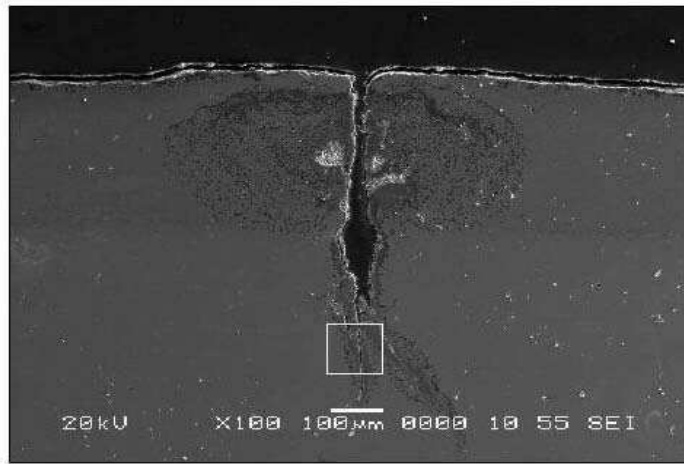
빨간색 선: O 파란색 선: Ni

연두색 선: Ti 오렌지색 선: Cr

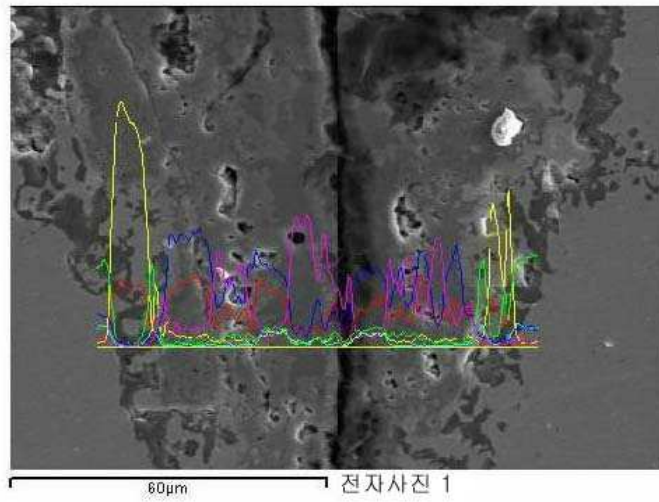
검정색 선: Co 하늘색 선: Al

도면

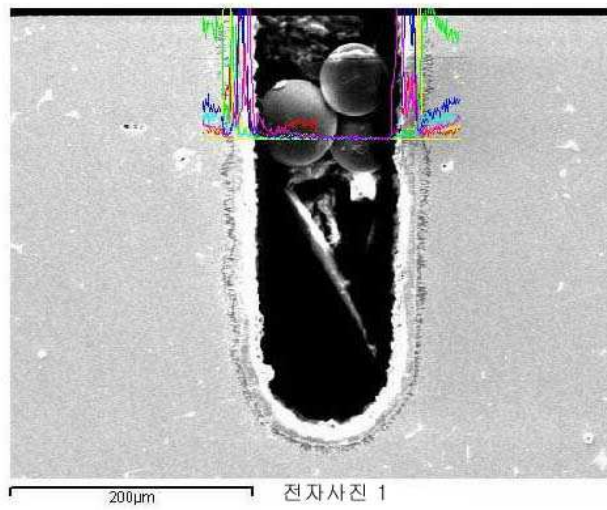
도면1a



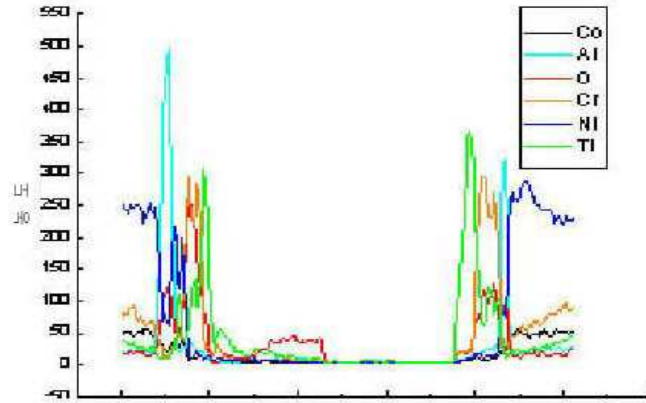
도면1b



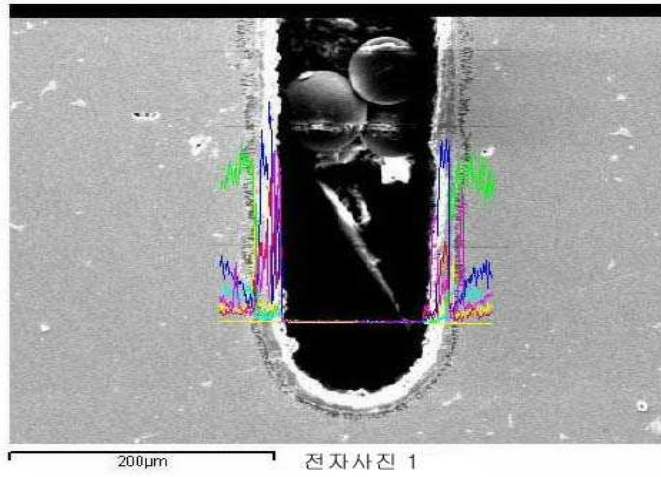
도면2a



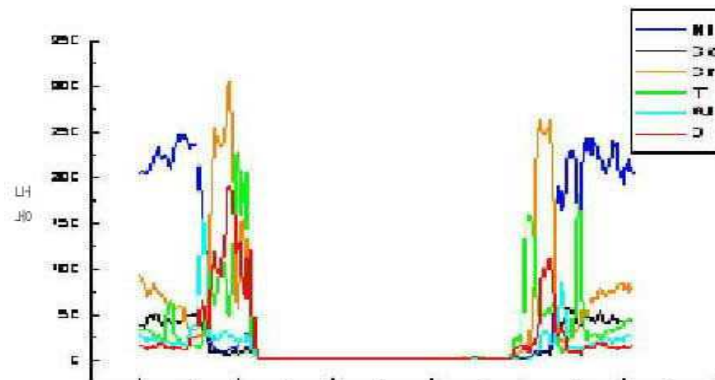
도면2b



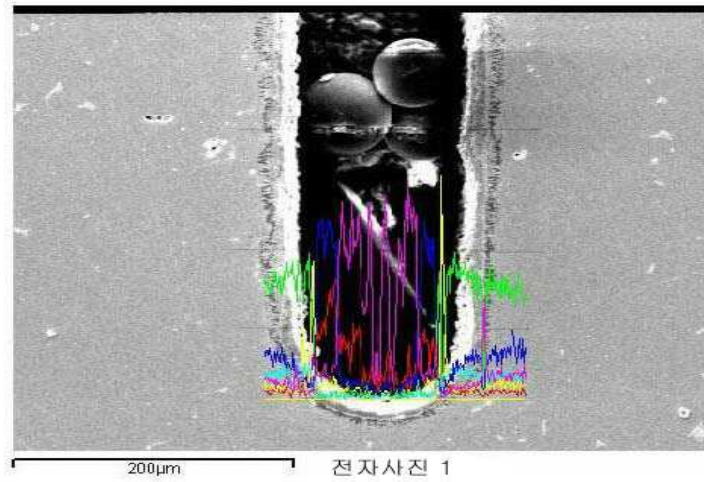
도면2c



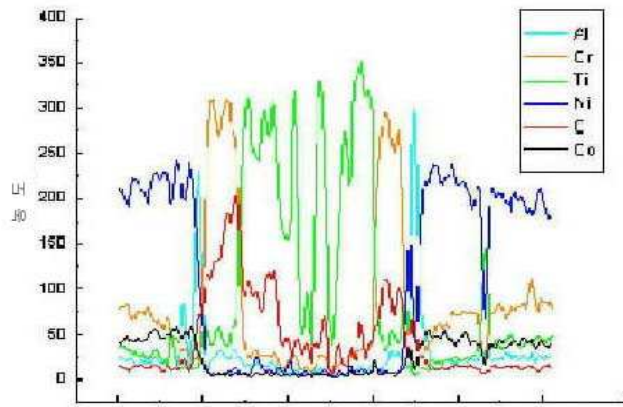
도면2d



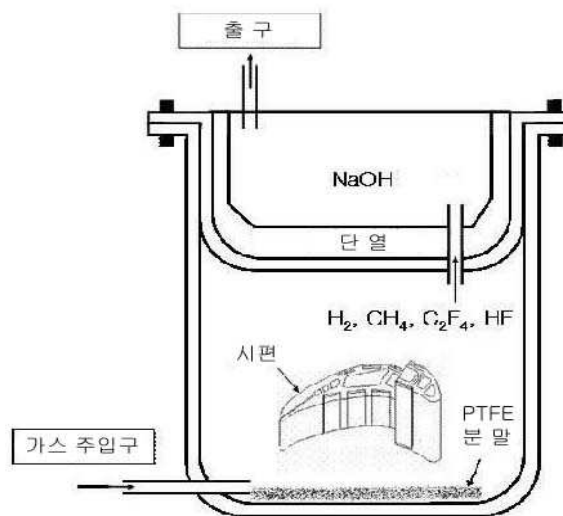
도면2e



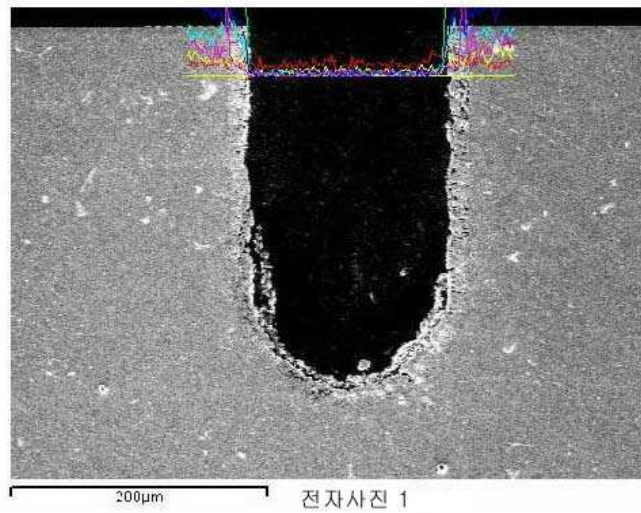
도면2f



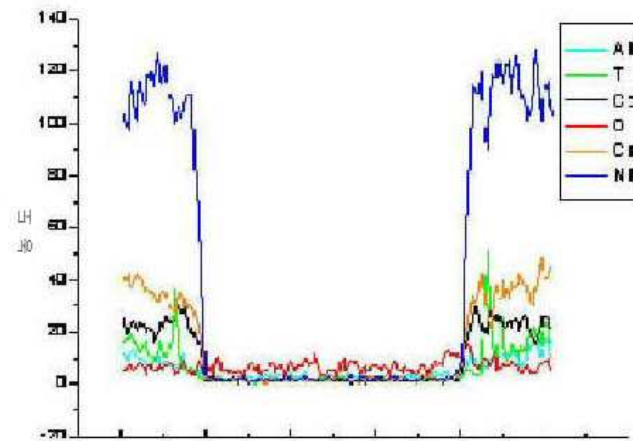
도면3



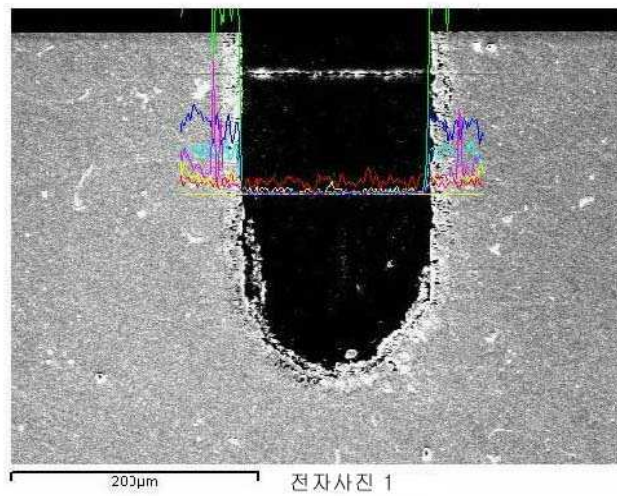
도면4a



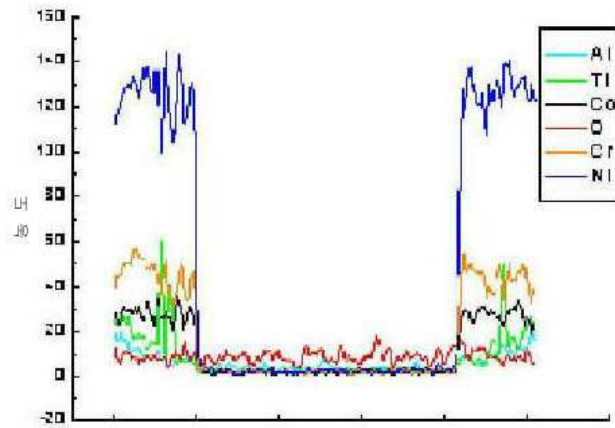
도면4b



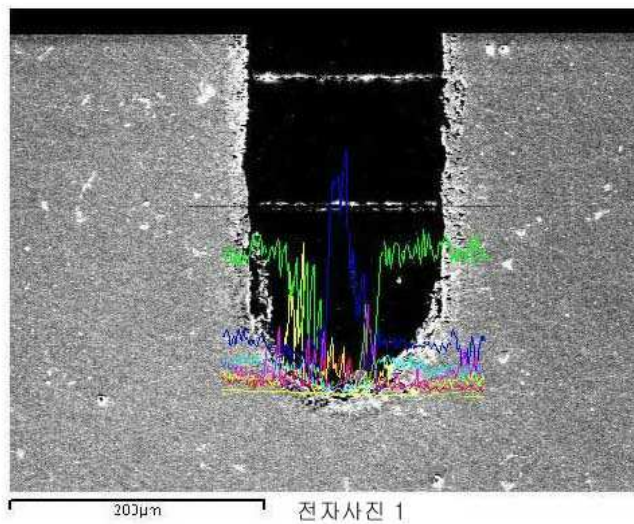
도면4c



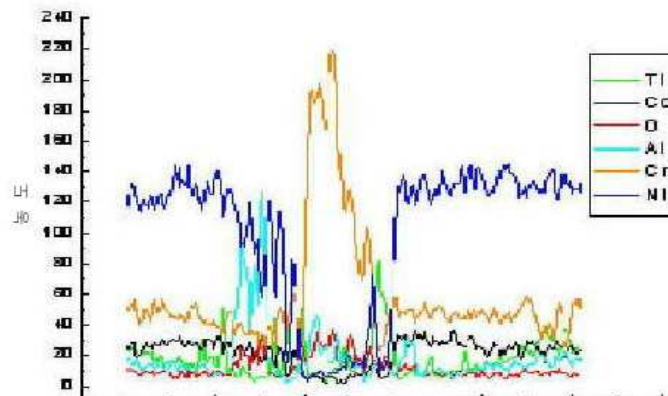
도면4d



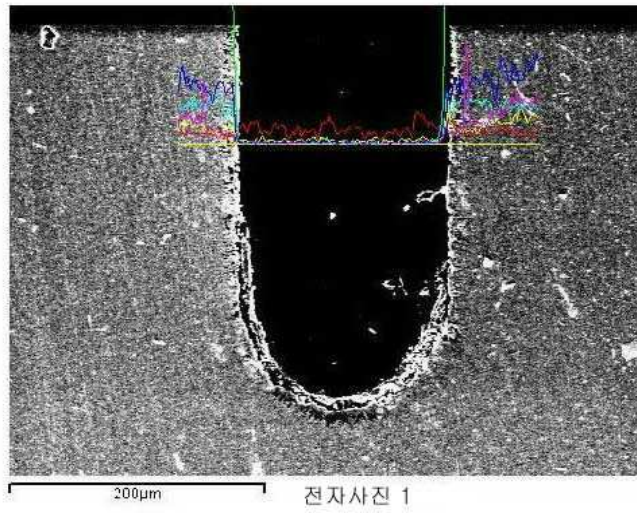
도면4e



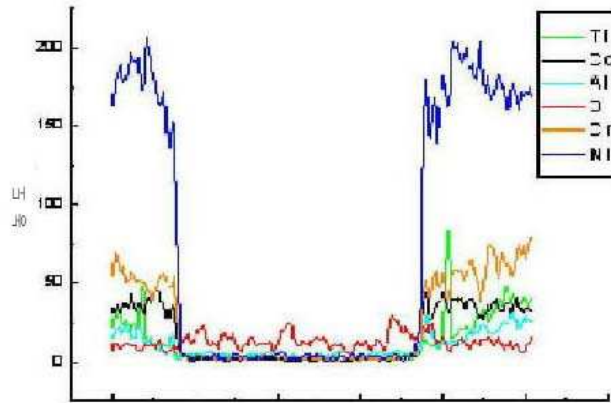
도면4f



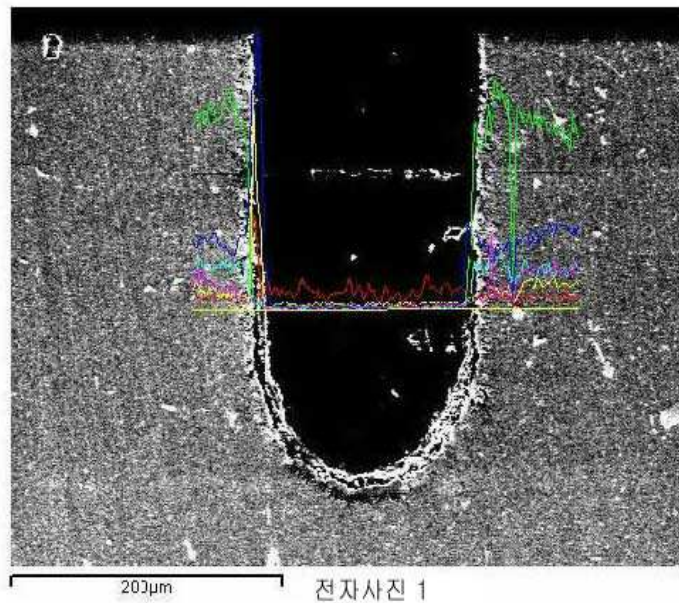
도면5a



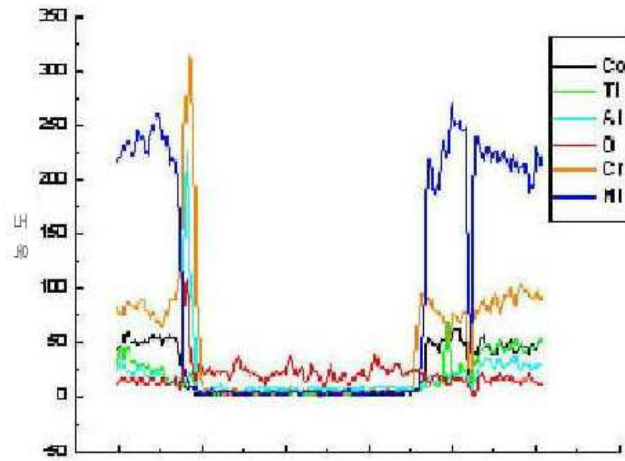
도면5b



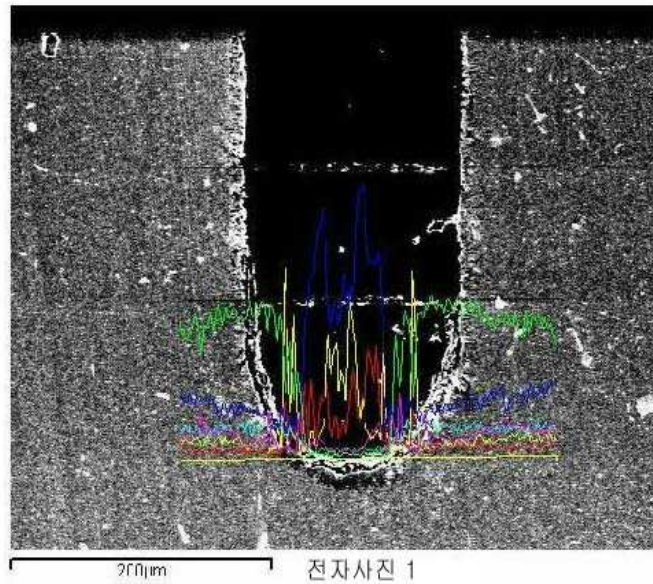
도면5c



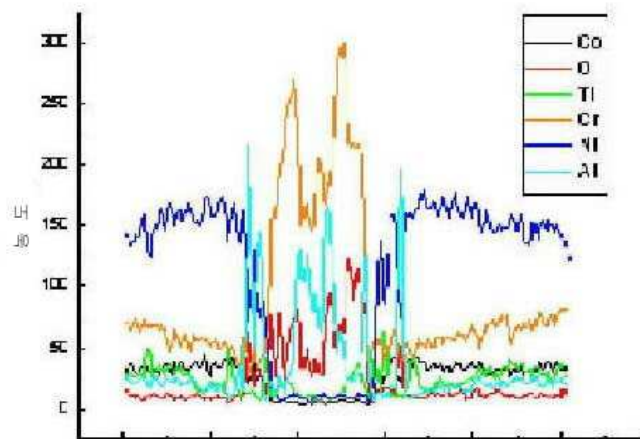
도면5d



도면5e



도면5f



도면6

