



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 공개특허공보(A)**

(11) 공개번호 10-2013-0010878  
(43) 공개일자 2013년01월29일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
B23K 35/24 (2006.01) F02C 7/00 (2006.01)  
F01D 25/28 (2006.01)  
(21) 출원번호 10-2012-0079002  
(22) 출원일자 2012년07월19일  
심사청구일자 없음  
(30) 우선권주장  
01204/11 2011년07월19일 스위스(CH)

(71) 출원인  
알스톰 테크놀로지 리미티드  
스위스 5400 바덴 브라운 보베리 슈트라세 7  
(72) 발명자  
슈탄코브스키 알렉산더  
스위스 5303 뷔렌링겐 미텔가쎄 17  
베켈 다니엘  
스위스 5430 베팅겐 린덴슈트라세 9  
(74) 대리인  
특허법인코리아나

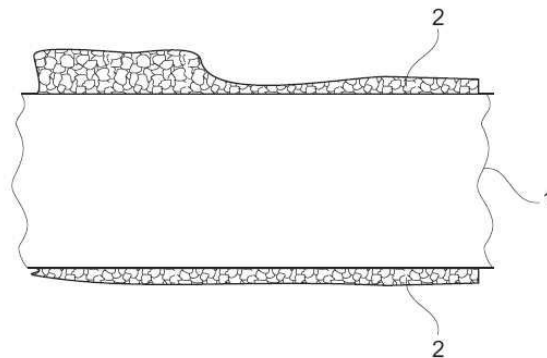
전체 청구항 수 : 총 13 항

(54) 발명의 명칭 **고온 브레이징용 브레이즈 호일 및 상기 브레이즈 호일을 이용한 부품을 보수 또는 제조하는 방법**

**(57) 요약**

본 발명은 고온 브레이징용 코팅된 Ni 계, Co 계 또는 Ni-Co 계 브레이즈 호일 (1) 및 또한 발명에 따른 브레이즈 호일을 이용해 부품, 특히 가스 터빈 블레이드 또는 베인을 제조 또는 보수하기 위해 단결정 또는 일방향 응고된 초합금으로 만들어진 적어도 2 개의 부품 요소를 연결하는 방법에 관한 것이다. 용융 스프인 프로세스에 의하여 제조된 비정질 브레이즈 호일 (1) 은 상측과 하측을 가지고, 상측과 하측이 나노미터 범위의 입자 크기를 가지는 금속성 Ni 계, Co 계 또는 Ni-Co 계 브레이즈 분말 (2) 의 필름으로 얇게 코팅되고, 브레이즈 호일 (1) 과 또한 브레이즈 분말 (2) 양자는 합금 원소로서 결정립계 안정화 원소를 더 포함한다. 게다가, 용융점 강하제는 상업적으로 통상의 양으로 또는 상당히 증가된 비율로 브레이즈 호일 또는 나노 브레이즈 분말 (2) 에 존재할 수 있다. 본 발명에 따라 코팅된 브레이즈 호일 (1) 로, 인접한 모재 (10) 에서 브레이징할 때, 브레이즈 재료의 용융 온도 및 또한 재결정화의 확률 양자가 유리하게도 감소된다.

**대표도 - 도3**



**특허청구의 범위**

**청구항 1**

용융 스펀 프로세스에 의하여 제조되는 고온 브레이징용의 비정질 Ni 계, Co 계 또는 Ni-Co 계 브레이즈 호일 (1)로서, 상기 브레이즈 호일 (1)은 상측과 하측을 가지는 고온 브레이징용 브레이즈 호일 (1)에 있어서, 상기 브레이즈 호일 (1)의 상측과 하측은 나노미터 범위의 입자 크기를 가지는 금속성 Ni 계, Co 계 또는 Ni-Co 계 브레이즈 분말 (2)의 필름으로 얇게 코팅되고, 브레이즈 호일 (1)과 또한 브레이즈 분말 (2)양자는 합금 원소로서 결정립계 안정화 원소를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 고온 브레이징용 브레이즈 호일 (1).

**청구항 2**

제 1 항에 있어서,  
B, C, Hf, Re 와 Zr 로 이루어진 군에서의 적어도 1 종의 원소가 결정립계 안정화 원소로서 선택되는 것을 특징으로 하는 고온 브레이징용 브레이즈 호일 (1).

**청구항 3**

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,  
상기 브레이즈 호일 (1) 및/또는 브레이즈 분말 (2)은, 통상의, 상업적으로 이용 가능한 브레이즈 합금 조성과 적어도 같은 함유량으로, 적어도 하나의 용융점 강하제를 포함하는 것을 특징으로 하는 고온 브레이징용 브레이즈 호일 (1).

**청구항 4**

제 3 항에 있어서,  
상기 용융점 강하제의 함유량은 통상의, 상업적으로 이용 가능한 브레이즈 합금 조성의 최대 약 2 배인 것을 특징으로 하는 고온 브레이징용 브레이즈 호일 (1).

**청구항 5**

제 3 항 또는 제 4 항에 있어서,  
B, Si 와 P 로 이루어진 군에서의 적어도 1 종의 원소 또는 이들 원소의 조합물이 용융점 강하제로서 선택되는 것을 특징으로 하는 고온 브레이징용 브레이즈 호일 (1).

**청구항 6**

제 5 항에 있어서,  
붕소 (B)의 비율은 약 3 ~ 7 중량% 이고, Si의 비율은 최대 15 중량% 이고 P의 비율은 최대 15 중량% 인 것을 특징으로 하는 고온 브레이징용 브레이즈 호일 (1).

**청구항 7**

제 1 항 내지 제 6 항 중 어느 한 항에 있어서,  
상기 브레이즈 호일 (1)의 코팅은 1 ~ 30  $\mu\text{m}$  범위의 입도를 가지고 분말 혼합물에서 1 ~ 40 중량%의 비율을 가지는 용가제 입자 (4)를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 고온 브레이징용 브레이즈 호일 (1).

**청구항 8**

제 7 항에 있어서,  
상기 용가제 입자 (4)의 입도는 1 ~ 15  $\mu\text{m}$  인 것을 특징으로 하는 고온 브레이징용 브레이즈 호일 (1).

**청구항 9**

제 7 항에 있어서,

상기 분말 혼합물에서 용가재 입자 (4) 의 비율은 5 ~ 20 중량% 인 것을 특징으로 하는 고온 브레이징용 브레이즈 호일 (1).

**청구항 10**

제 7 항에 있어서,

상기 용가재 입자 (4) 의 표면은 브레이즈 분말 (2) 의 입자로 얇게 코팅되는 것을 특징으로 하는 고온 브레이징용 브레이즈 호일 (1).

**청구항 11**

제 1 항 또는 제 10 항에 있어서,

상기 브레이즈 분말 (2) 의 입자를 이용한 브레이즈 호일 (1) 의 상하측 코팅 및 용가재 입자 (4) 의 코팅은 단지 1 층, 최대 10 층까지의 브레이즈 분말 (2) 의 입자를 포함하는 것을 특징으로 하는 고온 브레이징용 브레이즈 호일 (1).

**청구항 12**

제 1 항 내지 제 6 항 중 어느 한 항에 따른 브레이즈 호일 (1) 을 이용해, 모재 (10) 로서 단결정 또는 일방향 응고된 니켈계, 코발트계 또는 니켈-코발트계 초합금으로 만들어진 적어도 2 개의 부품 요소 (7.1 ; 7.2) 로 이루어진 부품 (7), 특히 가스 터빈 블레이드 또는 베인을 제조 또는 보수하는 방법으로서,

상기 부품 요소 (7.1 ; 7.2) 는 마주보게 놓여 있으며 연결될 표면들 (8.1 ; 8.2) 을 가지고, 연결될 표면들 (8.1 ; 8.2) 의 통상적인 선행하는 기계적 준비 이후, 코팅된 브레이즈 호일 (1) 은 표면들 (8.1 ; 8.2) 중 적어도 하나에 도포되고, 그 후 부품 요소 (7.1 ; 7.2) 의 표면들 (8.1 ; 8.2) 은 정확한 끼움장착으로 서로 접합되어서 접합부 (6) 를 형성하고 함께 눌러지고, 그 후 브레이즈 재료는 간단한 열 처리에 의해 용융되고 실온으로 냉각되어서, 예를 들어 브레이즈 재료와 부품 요소 (7.1 ; 7.2) 의 표면들 (8.1 ; 8.2) 과의 사이에 일체형 결합이 확립되고, 접합부 (6) 에서의 응고된 브레이즈 재료는 둘러싸는 모재 (10) 와 동일한 단결정 또는 일방향 응고된 미세조직을 가지는 부품 (7), 특히 가스 터빈 블레이드 또는 베인을 제조 또는 보수하는 방법.

**청구항 13**

제 1 항 내지 제 6 항 중 어느 한 항에 따른 브레이즈 호일 (1) 을 이용해, 보수될 부품 (7) 에 교체편 (5) 을 삽입함으로써, 모재 (10) 로서 단결정 또는 일방향 응고된 니켈계, 코발트계 또는 니켈-코발트계 초합금으로 이루어진, 부품 (7), 특히 가스 터빈 블레이드 또는 베인을 보수하는 방법으로서,

상기 교체편 (5) 은, 모재 (10) 로서 단결정 또는 일방향 응고된 니켈계, 코발트계 또는 니켈-코발트계 초합금으로 이루어지고, 연결될 부품 (7) 과 교체편 (5) 의 표면들의 통상적인 선행하는 기계적 준비 이후, 코팅된 브레이즈 호일 (1) 은 연결될 표면들중의 적어도 하나에 도포되고, 교체편 (5) 은 부품 (7) 안으로 도입되어서 접합부 (6) 를 형성하고 선택적으로 안으로 눌러지고, 그 후 브레이즈 재료는 간단한 열 처리에 의해 용융되고 실온으로 냉각되어서, 예를 들어 브레이즈 재료와 부품 (7) 및 교체편 (5) 의 표면들과의 사이에 일체형 결합이 확립되고, 접합부 (6) 에서의 응고된 브레이즈 재료는 둘러싸는 모재 (10) 와 동일한 단결정 또는 일방향 응고된 미세조직을 가지는 부품 (7), 특히 가스 터빈 블레이드 또는 베인을 보수하는 방법.

**명세서**

**기술분야**

[0001] 본 발명은 재료 과학 분야에 관련된다. 이것은 용융 스프인 프로세스에 의하여 제조된 고온 브레이징용의 비정질 브레이즈 호일 및, 본 발명에 따른 브레이즈 호일을 이용해 부품, 특히 가스 터빈 블레이드 또는 베인을 제조 또는 보수하기 위해 단결정 또는 일방향 응고된 (directionally solidified) 초합금으로 만들어진 적어도 2 개의 부품 요소를 연결하는 방법에 관한 것이다.

**배경기술**

- [0002] 매우 높은 부하 온도에서, 초합금, 예를 들어 니켈계, 코발트계 또는 니켈-코발트계 초합금으로 만들어진 단결정 또는 일방향 응고된 부품은, 무엇보다도, 우수한 재료 강도뿐만 아니라 우수한 내식성과 우수한 내산화성뿐만 아니라 우수한 크리프 강도를 가진다. 이 특성들의 조합으로 인해, 터빈의 흡기 온도는 예컨대 가스 터빈에서 이러한 그렇지만 매우 비싼 재료를 사용할 때 크게 증가될 수 있어서, 플랜트의 효율이 증가한다. 따라서, 1400 °C 를 초과하는 고온 가스 범위에서 작동 온도는, 가스 터빈의 다수의 부품, 예컨대 가이드 베인과 회전자 블레이드 또는 연소 챔버 라이너가 노출되는 부하 온도이다. 이런 높은 열 응력 이외에, 터빈 회전자 블레이드는 특히 또한 예를 들어 높은 기계적 부하를 받는다. 터빈의 작동 중, 이것은 전체적으로 재료에 바람직하지 못한 균열부를 발생시킬 수 있어서, 이런 식으로 손상된 부품은 새로운 부품으로 교체되거나 그렇지 않으면 보수되어야 한다.
- [0003] 위에서 이미 언급한 것처럼, 하지만, 단결정 또는 일방향 응고된 새로운 터빈 부품의 제조는 매우 많은 비용이 들고, 큰 부품인 경우에 충분한 재료 품질 (연속 단결정 또는 일방향 응고된 조직) 면에서 복잡하므로, 보통 존재하는 손상된 부품을 보수하려고 시도되고, 즉 부품의 기능이 보수에 의해 회복되어야 하고 그 후 보수된 부품은 터빈에서 추가 유지보수 기간 동안 다시 사용되어야 한다.
- [0004] 하지만, 종래의 다결정 미세조직을 가지는 손상된 부품의 보수와 비교했을 때, 단결정 또는 일방향 응고된 부품의 보수된 구역은 또한 대응하는 단결정 또는 일방향 응고된 미세조직을 가져야 하기 때문에, 손상된 단결정 또는 일방향 응고된 가스 터빈 부품의 보수가 상당히 더욱 어렵고; 그렇지 않으면, 보수된 구역에서 특성들이 바람직하지 못하게 악화된다.
- [0005] 예를 들어, 브레이징 프로세스를 사용함으로써 손상된 가스 터빈 부품을 보수하는 종래 기술 (예컨대, EP 1 258 545 B1 참조) 이 공지되어 있다. 이 경우에, 브레이즈 합금이 부품의 재료 손상 구역에서, 예컨대 균열부 구역에서 모재 (base material) 에 적용되고, 균열부로 도입된 후, 열 작용 (처리 온도는 브레이즈 합금의 용융 온도를 초과해야 하지만 모재의 용융 온도 미만이어야 함) 에 의해 용융되고 모재에 일체로 본딩된다. EP 1 258 545 B1 인 경우에, 1 ~ 3 중량% B 의 용융점 강하제가 보통 브레이즈 합금의 용융 온도를 감소시키기 위해서 브레이즈 합금에 첨가된다.
- [0006] 또한, 공지되어 있지만 여기에서 더 자세히 설명되지 않는 손상된 가스 터빈 부품을 보수하기 위한 용접 프로세스와 비교했을 때, 브레이징 프로세스는 모재가 브레이징하는 동안 용융되지 않아서 모재의 단결정 조직이 원래대로 유지될 수 있는 장점을 가진다.
- [0007] 브레이징의 경우 열 처리하는 동안 재료에서 확산 프로세스가 발생하고, 이것은, 무엇보다도, 붕소와 같은 용융점 강하제가 브레이즈 합금으로부터 둘러싸는 모재로 확산되는 효과를 가진다. 브레이즈 합금은 붕소 농도의 감소 결과 응고되는 반면, 모재는 브레이즈 합금을 둘러싸는 구역에서 증가된 붕소 농도를 가지는데, 이것은 불리하게도 취성 붕소화물의 석출을 이끌 수 있다.
- [0008] 게다가, 모재와 달리, 브레이즈 재료는 주요한 열 작용 때문에 많은 경우에 브레이징 이후 단결정 또는 일방향 응고된 조직을 가질 수 없다는 점에서 또한 불리하다. 이것은 무엇보다도 가스 터빈 부품에 사용되는 내고온성 초합금이 또한 매우 높은 온도에서 브레이징되어야 한다는 사실에 기인한 것일 수 있다. 보수될 구역, 예를 들어 균열부 내부의 잔류 응력 레벨에 따라, 그러면 균열부 표면을 따라 재결정화 확률이 매우 높다. 이것은 특히 브레이징 사이클 전, 준비 프로세스 동안 기계 가공, 예를 들어 그라인딩 (grinding), 샌드블래스팅 (sandblasting) 또는 샷 피닝 (shot peening) 을 받는 표면에 적용된다.
- [0009] 재결정화의 결과, 결정립이 모재에 새롭게 형성되고, 즉, 첫째로 단결정 또는 일방향 응고된 조직이 더 이상 모재에서 보장될 수 없고 둘째로 새롭게 형성된 결정립계가 불안정하다. 브레이즈 재료는 또한 불규칙적인 다결정 구조에서 응고되어서 불리하게도 단결정 또는 일방향 응고된 모재보다 더 나쁜 특성을 가진다.
- [0010] 브레이즈 재료에서 다결정 구조와 모재에서 재결정화는, 브레이징 온도가 임계값 미만으로 충분히 낮게 유지될 수 있을 때만, 단지 방지될 수 있다.
- [0011] EP 1 759 806 A1 과 US 2004/0050913 A1 에서 캐리어 액체에 부유된 브레이즈 합금의 입자 크기 (나노미터 범위의 값) 를 감소시킴으로써 브레이즈 합금의 용융점을 감소시키는 것이 공지되어 있지만, 이것은 브레이즈 합금에서 용융점 강하제, 예컨대, B 와 Si 의 비율을 감소시키거나 브레이즈 합금으로부터 이 강하제를 완전히 제거하는 것을 목표로 수행되는데, 왜냐하면 강하제는 불리하게도 무엇보다도 바람직하지 못한 재료의 연성 손실을 야기하는 취성상 (brittle phase) 을 형성하는 책임이 있기 때문이다.

- [0012] 따라서, 나노미터 크기 범위의 브레이즈 분말의 사용에 의해 달성되는 효과는 재료에서 용융점 강하제를 대체하기 위해 여기에서 이용된다. 나노미터 크기 범위의 입자의 용융점 감소는 더 큰 입자와 비교했을 때 나노미터 크기 범위의 입자 표면에 원자를 방출하기 위한 낮은 활성화 에너지에 의해 설명된다. 더구나, 나노 입자는 매우 큰 표면 대 체적 비율을 가지므로 마이크로미터 범위의 분말 입자보다 더 빠르게 용융된다. 이 기술적 해결법은, 현탁액의 고품 브레이즈 합금 성분으로서 나노 입자만 사용하기 때문에, 브레이징 이후 강한 수축이 발생하여서 브레이즈된 접합부의 품질이 개선될 필요가 있다는 단점을 가진다.
- [0013] 브레이징에 의하여 초합금으로 만들어진 단결정 부품을 보수할 때 나노 입자의 용융 온도를 부가적으로 감소시키기 위한 추가의 가능성으로서, EP 1 759 806 A1 은 또한 브레이즈 합금 현탁액에 용융점 강하제, 특히 붕소를 직접 첨가할 수 있음을 나타낸다.
- [0014] US 2004/0050913 A1 은 확산 브레이징용 브레이즈 재료를 부가적으로 개시하는데, 이것은 캐리어 현탁액에서 나노미터 크기 범위 (바람직하게 10 ~ 100 nm) 의 용가제 재료 입자와 마이크로미터 크기 범위 (바람직하게 45 ~ 100  $\mu$ m) 의 분말 입자의 분말 혼합물로 이루어진다. 위에서 이미 언급한 대로, 나노 입자는 마이크로미터 범위의 입도를 가지는 입자 용융 온도보다 상당히 낮은 온도로 용융되므로, 상기 문헌은 따라서 유리하게도 B 또는 Si 와 같은 용융점 강하제의 브레이즈 합금으로 첨가를 크게 감소시킬 수 있거나 용융점 강하제의 첨가를 완전히 생략할 수 있어서, 용융점 강하제가 브레이즈된 접합부의 결과적인 특성에 가지는 부정적 영향이 최소화되거나 완전히 제거될 수 있다는 사실을 다시 언급한다. 용융점 강하제의 비율을 감소시킴으로써, 브레이즈 합금에서 B, C, Hf, Re 및 Zr 과 같은 부가적인 결정립계 안정화 원소의 비율이 부가적으로 또한 감소된다.
- [0015] 또한 US 2004/0050913 A1 은, 상기 문헌에서 장점으로 강조되는, 비록 브레이즈 합금에서 용융점 강하제의 전체 비율이 공지된 종래 기술에 따른 비율과 비교했을 때 훨씬 상당히 더 낮을지라도, 브레이즈 합금의 나노 입자의 표면이 선택적으로 B 또는 Si 와 같은 용융점 강하제의 매우 얇은 층으로 코팅될 수 있음을 기술한다.
- [0016] 게다가, EP 1 930 116 A2 는 균열부를 가지는 금속 부품을 보수하는 방법을 개시한다. 이 방법에서, 첫째로 분말, 호일, 현탁액 또는 페이스트 형태의 나노 입자 합금이 균열부로 도입되고, 모재와 적어도 유사하고 마이크로미터 범위의 입자 크기를 가지는 용가제 합금이 그 위에 적용된 후 종래의 확산 브레이징 프로세스를 거친다. 바람직하게 나노 입자는 Ni-, Co- 또는 NiCo-계 합금으로 이루어지는데, 이것은 바람직하게 Ti, Cr, Nb, Hf, Ta, Mo, W, Al 및 Fe 로 이루어진 군에서의 적어도 1 종의 금속을 더 포함한다. 이런 재료를 사용함으로써, 비교적 낮은 브레이징 온도에서 큰 균열부를 보수할 수 있고, 이 문헌은 또한 용융점 강하제의 함유량이 감소될 수 있고 그리하여 금속 부품의 기계적 특성이 유지되는 장점을 기술한다. 이 기술적 해결법은, 균열부에서 나노 입자의 단독 사용 때문에, 브레이징 후 강한 수축이 발생하여서 브레이즈된 접합부의 품질이 개선될 필요가 있는 것으로 보이는 단점을 가진다.
- [0017] 끝으로, EP 1 967 313 A1 은 또한 2 개의 분말 성분을 포함하는 터빈 부품을 보수하기 위한 브레이즈 합금을 기술하는데, 제 1 성분은 마이크로미터 범위 (0.7 ~ 100  $\mu$ m) 의 입도를 가지는 분말이고 제 2 성분은 나노미터 범위 (500 nm 이하) 의 입도를 가지는 분말이다. 실시형태 변형예에 따르면, 브레이즈 합금의 제 1 성분, 즉 바람직하게 합금인 마이크로미터 범위의 입도를 가지는 분말은 용융점 강하제, 더 정확히 말하면 특히 다음 군, C, B, Hf, Si, Zr, Ti 및 Ta 로부터 단 하나의 용융점 강하제를 포함한다. 상기 문헌은 제 1 분말의 조성에서 용융점 강하제의 정량적 비율에 관한 정보를 제공하지 않는다. 브레이즈 합금은 페이스트, 슬러리의 형태로, 순수한 분말 형태로 또는 호일에 의하여 손상된 부위에 적용될 수 있다. 브레이즈 합금의 용융 온도와 모재의 용융 온도 차이는 가능한 한 높아야 하고, 적어도 70  $^{\circ}$ C 이어야 한다.
- [0018] WO 2008/095531 A1 은 초합금용 브레이즈 합금 조성과 브레이징 방법을 기술한다. 브레이즈 합금 조성은 어떠한 용융점 강하제도 포함하지 않지만, 그 대신에 모재, 바람직하게 니켈 (그렇지 않으면 MCrAlX), 및 적어도 하나의 초기상 (initial phase), 바람직하게 알루미늄으로 이루어진다. 2 중 열 처리가 수행되는데, 제 1 열 처리는 초기상 (비교적 작은 Al 입자) 은 용융하지만 모재 (Ni) 는 여전히 용융하지 않는 온도로 수행된다. 그 후, 초기상은 비교적 큰 Ni 입자를 완전히 둘러싼다. 그 후, 제 2 열 처리는 적어도 하나의 결과적인 상, 여기에서 니켈 알루미늄이 형성되는 온도를 초과한 온도에서 수행되는데, 이것의 고상선 (solidus) 온도는 초기상의 고상선 온도보다 높다. 제 2 열 처리 후 결과적인 상이 모재의 기계적 특성에 가까운 기계적 특성을 가진다면, 신뢰성 있는 접합, 예컨대 균열부의 폐쇄를 가져올 수 있다. 따라서, 여기에서, 단지 엄격히 제한된 특정한 브레이즈 합금 조성을 사용할 수 있는데 이 조성은 부가적으로 Al 함유량에 크게 의존한다.
- [0019] 또한 40 ~ 150  $\mu$ m 의 전체 두께를 가지는 상업적으로 이용 가능한, 소위 나노 호일이 공지되어 있는데, 이 호일은 다수의 분리된, 교번하는 Al 및 Ni 층 (각각 나노미터 크기 범위) 의 증기 증착에 의하여 제조된다. 이

러한 나노 호일은 연결될 2 개의 부품 사이에 배치되고, 브레이즈 재료 층은 각각의 경우에 나노 호일의 표면과 부품 표면 사이에 존재하고 예를 들어 부품 표면에 적용될 수 있다. 우선, 부품의 미끄러짐을 방지하기 위해서 특정한 압력이 적용된 후, 전기적, 광학적 또는 열적 소스 (source) 로부터 작고, 직접적인, 국부적 에너지 펄스에 의해 화학 반응이 나노 호일 내 Al 층과 Ni 층 사이에서 개시된다 (호일의 활성화). 그 후 호일 자체는 열원으로서 역할을 하는데 왜냐하면, 상기 화학 반응 때문에, 호일은 몇 분의 1 초 내에 국부적으로 1500 °C 의 온도까지 열을 공급하고, 이것은 인접한 브레이즈 합금 층의 용융을 일으켜서, 연결될 부품이 그 후 함께 일체로 접합되기 때문이다. 그리하여, 감온성 또는 작은 부품들이 열 손상되지 않으면서 서로 연결될 수 있으므로, 호일은 초소형 전자공학/광전자 공학 분야에서 지배적으로 사용된다. 그것은 또한 금속을 세라믹에 쉽게 연결하는데 사용될 수 있다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0020] 본 발명의 목표는 전술한 종래 기술의 단점을 방지하는 것이다. 본 발명은 종래 기술에서 공지된 비정질 브레이즈 호일에 대해 개선되고 용융 스피ن 프로세스에 의하여 제조되는 고온 브레이징용 브레이즈 호일을 제공하는 목적을 기초로 한다. 또한, 본 발명의 목적은 본 발명에 따른 브레이즈 호일을 이용해, 부품, 특히 가스 터빈 블레이드 또는 베인을 제조 또는 보수하기 위해 단결정 또는 일방향 응고된 초합금으로 만들어진 적어도 2 개의 부품 요소를 연결하기 위한 방법을 명시하는 것이다. 이 경우에 일체형 금속 접합부는 비교적 낮은 브레이징 온도에서 만들어져야 하고, 재결정화는 확실하게 방지되어야 하며, 브레이즈 재료의 유동성은 높아야 하고 브레이즈될 표면 사이의 심지어 큰 간격이 특히 효율적으로 브릿지될 수 있어야 한다.

**과제의 해결 수단**

[0021] 본 발명에 따르면, 공지된 용융 스피ن 프로세스에 의하여 제조된 고온 브레이징용의 비정질 Ni 계, Co 계 또는 Ni-Co 계 브레이즈 호일의 경우에, 이것은 브레이즈 호일의 상측과 하측이 나노미터 범위의 입자 크기를 가지는 금속성 Ni 계, Co 계 또는 Ni-Co 계 브레이즈 분말의 필름으로 얇게 코팅되고, 용융 스피น 프로세스에 의하여 제조된 브레이즈 호일과 브레이즈 분말 양자는 합금 원소로서 결정립계 안정화 원소, 바람직하게 B, C, Hf, Re, Zr 을 더 포함하여 달성된다.

[0022] 본 발명에 따른 브레이즈 호일에 관하여, 표면상 나노미터 크기의 입자 때문에, 브레이즈 재료의 용융 온도는 크게 감소되고 결과적으로 인접한 모재에서 재결정화의 확률은 동시에 감소되어서, 상기 브레이즈 호일이 단결정 또는 일방향 응고된 부품을 브레이징하는데 우수하게 사용될 수 있어서 유리하다. 그러나, 브레이징하는 동안 모재에서 국부적 재결정화를 피할 수 없다면, 존재하는 결정립계 안정화 원소는 결정립계가 매우 효과적으로 안정화된 것을 의미한다. 브레이즈 재료의 유동 거동은 매우 우수하다. 이것은, 브레이즈될 고르지 않은 간극이 예를 들어 브레이즈 합금으로 최적으로 충전되도록 보장한다.

[0023] 본 발명에 따르면, 단결정 또는 일방향 응고된 니켈계, 코발트계 또는 니켈-코발트계 초합금으로 만들어진 적어도 2 개의 부품 요소로 이루어지고 부품 요소는 마주보게 놓여 있으며 연결될 표면을 가지는, 부품, 특히 가스 터빈 블레이드 또는 베인을 제조 또는 보수하는 방법의 경우에, 본 발명의 목적은 발명에 따른 브레이즈 호일 (표면에 용가재 입자 없음) 이 사용되어 달성되는데 이 호일은 통상적인 선행하는 연결될 표면의 기계적 준비 이후 표면들 중 적어도 하나에 적용되고, 그 후 연결될 부품 요소의 표면들은 정확한 끼움장착으로 서로 접합되어서 접합부를 형성하고 모세관 간극 너비로 함께 눌러지고, 그 후 브레이즈 합금은 간단한 열 처리에 의해, 즉 실온 (RT) 으로 중간 냉각 없이 용융되고, 실온 (RT) 으로 냉각되어서, 예를 들어 브레이즈 재료와 부품 요소의 표면들과의 사이에 일체형 결합이 확립되고, 접합부에서의 응고된 브레이즈 재료는 둘러싸는 모재와 동일한 단결정 또는 방향성 미세조직을 가진다.

[0024] 단결정 또는 일방향 응고된 초합금으로 만들어진 교체편은 또한 단결정 또는 일방향 응고된 초합금으로 만들어진 손상된 부품에 접합될 수 있다.

[0025] 간단한 브레이징 프로세스 (실온으로 중간 냉각되지 않는 열 처리) 및 또한 나노 브레이즈 분말 또는 브레이즈 호일의 낮은 용융 온도 때문에 비교적 낮은 브레이징 온도가 유리하다. 단지 작은 재결정화의 위험이 있다.

[0026] 본 발명에 따른 브레이즈 호일로, 비교적 긴 거리로 이격된 연결될 표면을 가지는 단결정 또는 일방향 응고된 물품/부품의 고품질 일체형 본드를 또한 실현할 수 있다. 이것은 주로 용가재 입자가 브레이즈 호일의 코팅

에 부가적으로 존재할 때, 즉 나노 입자와 용가재 입자의 분말 혼합물이 호일의 표면에 존재할 때 달성된다.

- [0027] 유리하게도 브레이즈 합금의 다중 적용과 대응하는 다중 열 처리가 요구되지 않는다. 본 발명은 최소의 재결정화 위험을 가지고 열 터보 기계의 블레이드 또는 베인의 보수를 더 큰 부하 구역으로 연장되도록 할 수 있다.
- [0028] 여기에서, 역시, 간단한 브레이징 프로세스만 요구되고 브레이즈 재료의 낮은 용융 온도 때문에 브레이징 온도가 비교적 낮다는 점이 특히 흥미롭다. 단지 작은 재결정화의 위험이 있다.
- [0029] 큰 용가재 입자 및/또는 더 높은 비율의 용가재 입자가 브레이즈 코팅에 사용된다면, 이것은 에피택시얼(epitaxial) 미세조직을 형성하지 않으면서 발생할지라도, 부품 요소 사이에 더 큰 간격이 또한 쉽게 브레이즈 될 수 있다.
- [0030] 더구나 브레이즈 호일 및/또는 나노 브레이즈 분말이, 통상의, 상업적으로 이용 가능한 브레이즈 합금 조성과 적어도 같은 함유량의, 적어도 하나의 용융점 강하제를 포함한다면 유리하다.
- [0031] 용융점 강하제의 증가된 함유량(통상의, 상업적으로 이용 가능한 브레이즈 합금 조성의 최대 2 배, 예를 들어 약 3 ~ 7 중량%의 B, 최대 15 중량%의 Si 및 최대 15 중량%의 P)이 특히 여기에서 유리한데, 왜냐하면 그 후 용융 온도의 감소와 용융점 강하제의 작용에 대한 비교적 작은 입도의 분말 입자의 알려진 효과가 강화되기 때문이다.
- [0032] 일 실시형태 변형예에서, 브레이즈 호일은, 그것의 표면에, 1 ~ 30  $\mu\text{m}$  범위의 입도와 전체 분말 혼합물에서 1 ~ 40 중량%의 비율을 가지는 용가재 입자를 더 포함할 수 있다. 용가재 입자의 입도는 1 ~ 15  $\mu\text{m}$ 의 범위에 있고 전체 혼합물에서 용가재 입자의 비율은 5 ~ 20 중량%인 것이 바람직하다. 그러면, 특히 유리하게도 비교적 넓은 간극을 브레이즈할 수 있고, 따라서 연결될 부품 사이의 비교적 큰 간극을 브릿지할 수 있다. 더구나 사용된 용가재 재료의 유형과 비율에 따라 브레이즈된 구역의 특성에 영향을 미칠 수 있다. 그러나, 그러면 응고된 브레이즈 재료는 둘러싸는 모재와 동일한 단결정 또는 일방향 응고된 미세조직을 반드시 가질 필요는 없다.
- [0033] 일 실시형태에서, 용가재 입자의 표면은 또한 브레이즈 분말의 입자로 얇게 코팅될 수 있다. 브레이즈 분말의 입자를 이용한 브레이즈 호일의 상하측 코팅 및 용가재 입자의 코팅은, 코팅이 단지 1 층, 최대 10 층까지의 브레이즈 분말의 입자를 포함한다면, 특히 유리하다.
- [0034] 도면은 본 발명의 예시적인 실시형태를 개략적으로 도시한다:

**도면의 간단한 설명**

- [0035] 도 1은 종래 기술에 따른 보수 이후 터빈 블레이드 또는 베인의 손상된 구역을 보여준다.
- 도 2는 본 발명에 따른 보수 이후 터빈 블레이드 또는 베인의 손상된 구역을 보여준다.
- 도 3은 본 발명에 따른 제 1 실시형태 변형예에서 브레이즈 호일을 보여준다.
- 도 4는 본 발명에 따른 제 2 실시형태 변형예에서 브레이즈 호일을 보여준다.
- 도 5는 본 발명에 따른 모듈식 구조의 터빈 블레이드 또는 베인을 보여준다.
- 도 6은 본 발명에 따른 브레이즈된 인서트물을 가지는 터빈 블레이드 또는 베인을 보여준다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0036] 다음 본문에서, 본 발명은 예시적인 실시형태와 도면을 기초로 더 자세하게 설명된다.
- [0037] 도 1은 종래 기술에 따른 종래의 브레이징 보수 방법 이후 손상된 부품 (7)을 보수하기 위한 접합부 (6)를 개략적으로 보여준다. 이 경우에, 부품 (7)은 단결정 모재 (10), 더 정확히 말하면 CMSX4 (10 중량%의 Co, 6.5 중량%의 Cr, 6.5 중량%의 Ta, 6 중량%의 W, 5.6 중량%의 Al, 2.9 중량%의 Re, 1 중량%의 Ti, 0.6 중량%의 Mo, 0.1 중량%의 Hf, 나머지 Ni)로 만들어진 가스 터빈 블레이드 또는 베인이다. 접합부 (6)는 종래 기술에 공지된 종래의 용융 스프인 프로세스로 제조되었는 종래의 브레이즈 호일 (1)을 이용해 보수되었다. 브레이즈 재료의 화학 조성은 다음과 같은데, 즉 15 중량%의 Cr, 7.25 중량%의 Si, 1.4 중량%의 B, 0.06 중량% 이하의 C, 나머지 Ni이었다. 도 1은 브레이즈될 간극 (6) 주위의 재결정화 구역 (9)을 보

여주는데, 모재 (10) 에 더 이상 단결정 미세조직이 없고, 즉 여기에서 모재 (10) 의 특성은 높은 요구와 크게 상이하다.

- [0038] 도 2 는 본 발명에 따른 브레이즈 호일로 본 발명에 따른 브레이징 보수 방법 후 부품 (7) 의 접합부 (6) 를 개략적으로 보여준다. 도 1 과 비교했을 때, 접합부 (6) 주위의 재결정화된 구역이 모재 (10) 에 없고, 즉 모재 (10) 는 또한 보수 후, 즉 접합부 (6) 가 브레이즈된 후 단결정 구조를 가지는 것을 명확히 알 수 있다. 이것에 대한 이유는 도 3 과 관련하여 설명된다.
- [0039] 도 3 은 본 발명에 따른 제 1 실시형태 변형예에서 브레이즈 호일 (1) 을 개략적으로 보여준다. 브레이즈 호일 (1) 은 초기에 또한 용융 스펀 프로세스에 의해 제조되었고, Ni 계, Co 계 또는 Ni-Co 계 화학 조성을 가지며 고온 브레이징에 적합하다. 본 발명에 따른 브레이즈 호일 (1) 은, 브레이즈 호일 (1) 의 상측과 하측이 나노미터 범위의 입자 크기를 가지는 금속성 Ni 계, Co 계 또는 Ni-Co 계 브레이즈 분말 (2) 의 필름으로 얇게 코팅되고, (최초) 브레이즈 호일 (1) 과 또한 브레이즈 분말 (2) 양자는 결정립계 안정화 원소, 예를 들어 합금 원소로서 B, C, Hf, Re, Zr 을 더 포함한다는 사실에 의해 구별된다. 본 발명과 관련하여, 여기에서 금속성은 합금 (Ni 계, Co 계 또는 Ni-Co 계) 과 비슷하다. 브레이즈 호일의 코팅은 분말 형태로, 페이스트로서 또는 현탁액으로서 적용될 수 있다.
- [0040] 구체적으로, 이 예시적인 실시형태에서 용융 스펀 프로세스에 의하여 제조된 브레이즈 호일 (1) 은 다음과 같은 재료 조성, 즉 15.2 중량% 의 Cr, 4 중량% 의 B, 0.06 중량% 의 C, 나머지 Ni 를 가졌다.
- [0041] 금속 브레이즈 분말 (2) 은 다음과 같은 조성, 즉 15 중량% 의 Cr, 10 중량% 의 Co, 5.5 중량% 의 Al, 3 중량% 의 Ta, 3 중량% 의 B, 0.15 중량% 의 Y, 나머지 Ni 를 가졌다. 분말 (2) 은 20 ~ 50 nm 의 입도 범위를 가졌고 도 3 의 좌측 상부에 나타낸 것처럼 얇은 필름으로서 약 5 층으로 호일의 상측과 하측에 적용되었다.
- [0042] 본 발명에 따른 브레이즈 호일 (1) 에 관하여, 표면에 나노미터 크기의 입자 때문에, 용융 온도는 크게 감소되고 그 결과 재결정의 확률이 동시에 감소되어서, 상기 브레이즈 호일은 단결정 또는 일방향 응고된 부품을 브레이징하는데 우수하게 사용될 수 있어서 유리하다. 하지만, 브레이징하는 동안 모재 (10) 에서 국부적 재결정화를 피할 수 없다면, 존재하는 결정립계 안정화 원소는 결정립계가 매우 효과적으로 안정화되는 것을 의미한다. 본 발명에 따른 브레이즈 호일 (1) 의 유동 거동은 매우 우수하고, 결과적으로 예를 들어 도 1 에 도시된 바와 같이, 브레이즈될 심지어 고르지 않은 간극 (6) 이 브레이즈 합금으로 최적으로 충전된다.
- [0043] 본 발명에 따른 브레이즈 호일 (1) 이 종래의 주조 부품의 고온 브레이징에 또한 사용될 수 있음은 말할 필요도 없다.
- [0044] 적어도 하나의 용융점 강하제는, 통상의, 상업적으로 이용 가능한 브레이즈 합금 조성과 적어도 같은 함유량으로, 바람직하게 최대 약 2 배로, 합금 원소로서 브레이즈 호일 (1) 및/또는 나노 분말 (2) 에 부가적으로 존재할 수 있다. 예로서, 비율은 약 3 ~ 7 중량% 의 B, 최대 15 중량% 의 Si 및 최대 15 중량% 의 P 일 수 있다.
- [0045] 그러면 용융 온도 감소 및 용융점 강하제의 작용에 대한 비교적 작은 입도의 분말 입자 (2) 의 효과가 유리하게도 강화된다.
- [0046] 도 4 는 본 발명에 따른 추가 실시형태 변형예에서 브레이즈 호일 (1) 을 개략적으로 보여준다. 도 3 에 도시된 변형예와 비교했을 때, 여기에서 모재 (10) 또는 모재의 유도체로 이루어진 용가재 입자 (4) 는 부가적으로 브레이즈 호일 (1) 의 코팅에 존재하고, 즉 나노 분말 (2) 이 용가재 입자 (4) 와 혼합된다. 용가재 입자 (4) 는 바람직하게 1 ~ 30  $\mu\text{m}$  범위의 입도 및 전체 분말 혼합물에서 1 ~ 40 중량% 의 비율을 가진다. 용가재 입자 (4) 의 입도는 1 ~ 15  $\mu\text{m}$  의 범위에 있고 분말 혼합물에서 용가재 입자 (4) 의 비율은 5 ~ 20 중량% 인 것이 유리하다. 따라서, 특히 비교적 넓은 브레이즈될 간극 (6) 을 브레이즈할 수 있고, 게다가 사용된 용가재 재료의 유형과 비율에 따라 브레이즈된 구역의 특성에 영향을 미칠 수 있다. 하지만, 존재하는 큰 용가재 입자 (4) 때문에, 따라서 그러면 브레이즈 재료는 둘러싸는 모재처럼 더 이상 단결정 형태로 또는 방향성을 가지고 응고되지 않음이 예상될 수 있다.
- [0047] 또한 용가재 입자 (4) 의 표면은 나노 분말 (2) 의 입자로 부가적으로 얇게 코팅될 수 있다 (도 4 의 상부 좌측 참조). 제 1 분말 성분 (2) 의 입자를 이용한 호일 (1) 의 상하측 코팅 및 용가재 입자 (4) 의 코팅은, 그것이 단지 1 층 내지 최대 10 층까지의 입자를 포함한다면, 그것이 그 후 매우 용이하게 부분적으로 용융되기 때문에 특히 유리하다.

- [0048] 예로서, 바람직한 예시적인 실시형태에서, 단결정 Ni 계 초합금으로 만들어진 가스 터빈 블레이드 또는 베인 (부품 (7)) 이 작동 중 발생하는 손상 때문에 보수되어야 한다면, 손상된 부품 (7) 은 (용가재 입자 (4) 없이) 본 발명에 따른 브레이즈 호일 (1) 을 사용함으로써 보수된다. 접합부 (6) 의 선행하는 통상적인 세척 이후, 브레이즈 호일 (1) 은 접합부에 적용되고, 그 후 간단한 열 처리 (즉, 실온 (RT) 으로 중간 냉각 없음) 에 의해 용융되는데, 이것은 복수의 단계로 진행되고 최종적으로 실온 (RT) 으로 냉각되어서, 예를 들어 브레이즈 재료와 부품 (7) 의 둘러싸는 모재 (10) 사이에 일체형 결합이 확립되고, 응고된 브레이즈 재료는 둘러싸는 모재 (10) 와 동일한 단결정 또는 방향성 미세조직을 가진다. 여기에서 사용된 열 처리 (진공 노) 는 예로서 본 발명이 기초로 한 개념에 대해 언급되어야 하고: 가열 속도는 10 ~ 15 °C/분이었고, 브레이즈 호일 (1) 의 표면에서 브레이즈 합금 페이스트의 휘발성 성분을 전소시키기 위해서 400 °C 에서 온도가 30 분 동안 일정하게 유지되었다. 노에서 균일한 온도 분포를 보장하도록, 온도는 930 °C 에서 30 분 동안 일정하게 유지되었다. 실제 브레이징 작동은 20 분 동안 1050 °C 에서 수행되었다. 그 후, 방향성 또는 단결정 응고가 가능하도록, 온도는 느리게 (1 ~ 3 °C/분) 1,000 °C 로 감소되었고 10 시간 동안 일정하게 유지되었다. 그 다음에, 온도는 실온으로 빠르게 (약 30 °C/분) 냉각되었다.
- [0049] 간단한 브레이징 프로세스 및 또한 브레이즈 재료의 낮은 용융 온도 때문에 비교적 낮은 브레이징 온도가 유리하다. 모재 (10) 에서 재결정화 위험은 단지 작고, 결정립계가 실제로 형성되어야 한다면 가능한 결정립계는 안정화된다.
- [0050] 넓은 간극 (예컨대, 250 μm 의 간극 너비) 이 브레이즈되는 경우에, 용가재 입자 (4) 가 브레이즈 호일 (1) 의 코팅에 존재한다면 어떠한 수축도 거의 없다. 하지만, 그러면 응고된 브레이즈 재료는 둘러싸는 모재와 동일한 단결정 또는 일방향 응고된 미세조직을 반드시 가질 필요는 없지만, 그 대신에 이것은 바람직하게 다결정 형태로 응고될 것이다.
- [0051] 브레이즈 합금의 다중 적용과 대응하는 다중 열 처리가 본 발명에 따른 방법에 요구되지 않으므로 유리하다.
- [0052] 본 발명은 생길 수 있는 결정립계가 안정화된 상태에서 재결정화의 위험을 최소화하면서 열 터보기계의 블레이드 또는 베인의 보수를 더 큰 부하 구역으로 연장하는 것을 가능하게 한다.
- [0053] 브레이즈 호일 (1) 의 상하측에서 나노미터 입도 범위의 브레이즈 분말 (2) 과 용융점 강하제의 존재로 인해, 금속 본드는 비교적 낮은 온도에서 달성된다. 금속 브레이즈 분말 입자로부터 용융점 강하제의 확산은 가스 터빈의 정비 중 중단된다. 재결정화가 시작되는 구역이 부품의 표면에 위치하고 단지 작은 치수를 가지므로, 열 처리 중 비교적 큰 브레이즈 합금 입자로부터 확산이 아직 완료되지 않았을지라도, 브레이징 사이클 중 결정립계 안정화 원소의 작은 확산 경로는 결정립계를 국부적으로 안정화시키기에 충분하다.
- [0054] 도 5 는 본 발명에 따른 추가의 예시적인 실시형태로서 모듈식 구조의 새로운 터빈 블레이드 또는 베인을 보여 준다. 완성된 터빈 블레이드 또는 베인은 도 5 의 우측의 부분 도면에서 볼 수 있다. 큰 단결정 부품 (7) 을 제조하는 것은 어렵고 많은 비용이 들기 때문에, 단결정 또는 일방향 응고된 니켈계, 코발트계 또는 니켈-코발트계 초합금으로 만들어진 적어도 2 개의 부품 요소 (7.1 ; 7.2) 로 이루어진, 모듈식 구조의 부품 (7), 특히 가스 터빈 블레이드 또는 베인을 제조하기 위한 새로운 방법이 또한 필요하다. 도 5 의 좌측의 부분 도면에 따르면, 부품 (7.1) 은 블레이드 또는 베인 루트 (root) 인데, 여기에 부품 (7.2) (부품 (7.1) 에서 루트 부분이 생략된 메인 블레이드 또는 베인 부품) 을 수용하기 위한 개구가 배치된다. 부품 요소 (7.1 ; 7.2) 는 마주보게 놓이고 결합 없이 서로 연결되고 일체로 본딩될 표면 (8.1 ; 8.2) 을 가진다. 여기에서, 용가재 입자 (4) 없이 본 발명에 따른 브레이즈 호일 (1) 이 사용되는데, 이것은 연결되어야 하는 표면 (8.1 ; 8.2) 의 통상적인 선행하는 기계적 준비 이후 적어도 하나의 표면 (8.1 ; 8.2) 에 적용된다. 그 후, 부품 요소 (7.1) 는 정확한 끼움장착으로 부품 요소 (7.2) 상에 밀어지고, 적합하다면, 2 개의 부품 요소 (7.1 ; 7.2) 는 서로에 대해 밀어져서, 단지 약 120 μm 의 최대 모세관 간극 너비가 여전히 존재한다. 그 후, 간단한 열 처리가 수행되고, 그동안 브레이즈 합금 (1) 이 용융되고 최종적으로 실온 (RT) 으로 냉각되어서, 예를 들어 브레이즈 재료와 부품 요소 (7.1 ; 7.2) 의 표면 (8.1 ; 8.2) 사이에 일체형 결합이 확립되고, 응고된 브레이즈 재료는 둘러싸는 모재 (10) 와 동일한 단결정 또는 일방향 미세조직을 가진다.
- [0055] 단결정 또는 일방향 응고된 초합금으로 만들어진 교체편 (5) 은 또한 단결정 또는 일방향 응고된 초합금으로 만들어진 손상된 부품 (7) 에 에피택시얼하게 접합될 수 있다 (도 6 참조). 손상된 재료가 부품 (7) 으로부터 분리된 후 그리고 연결되어야 하는 부품 (7) 과 교체편 (5) 표면의 통상적인 선행하는 기계적 준비 후, 용가재 입자 (4) 없이 본 발명에 따른 브레이즈 호일 (1) 이 연결되어야 하는 표면 중 적어도 하나에 적용된다. 예시적인 본 실시형태에서, 이것은 교체편 (5) 의 표면이다. 그 후, 교체편 (5) 은 적용된 브레이즈 호일 (1)

과 함께 부품 (7), 여기에서 가스 터빈 블레이드 또는 베인으로 삽입되고, 그 시점에서 손상된 재료는 이전에 제거되었고 (도 6 의 좌측에서 부분 도면의 화살표 참조), 적합하다면, 교체편과 부품은 서로에 대해 눌러져서, 단지 약 120  $\mu\text{m}$  의 최대 모세관 간극 너비만 여전히 존재한다. 그 후, 브레이즈 재료는 간단한 다단 열 처리 (실온 (RT) 으로 중간 냉각 없음) 에 의해 용융된다. 다음에 실온 (RT) 으로 냉각하는 동안, 브레이즈 재료 및 부품 (7) 과 교체편 (5) 의 표면 사이에 일체형 본드가 형성되고, 응고된 브레이즈 재료는 둘러싸는 모재와 동일한 단결정 또는 방향성 미세조직을 가진다. 보수된 부품 (7) 은 도 6 의 우측에 부분 도면으로 도시된다.

[0056] 여기에서, 역시, 간단한 브레이징 프로세스만 요구되고 브레이즈 호일의 낮은 용융 온도 때문에 브레이징 온도는 비교적 낮으므로 특히 유리하다. 단지 작은 재결정화의 위험이 있다.

[0057] 큰 용가재 입자가 브레이즈 호일의 코팅에 추가적으로 사용된다면 그리고/또는 높은 비율의 용가재 입자가 사용된다면, 이 경우 (모세관 균열부 너비를 초과하는 간격) 에 에피택시얼 미세조직이 예상되지 않을지라도, 부품 요소 사이의 큰 간격 (최대 500  $\mu\text{m}$ ) 이 또한 용이하게 브레이즈될 수 있다. 브레이즈 호일을 이용한 브레이즈될 표면 사이 간극의 균질한 충전은 낮은 브레이징 온도와 함께 달성되는데, 이것은 세그먼트의 고품 야금 연결부가 연결되도록 허용한다.

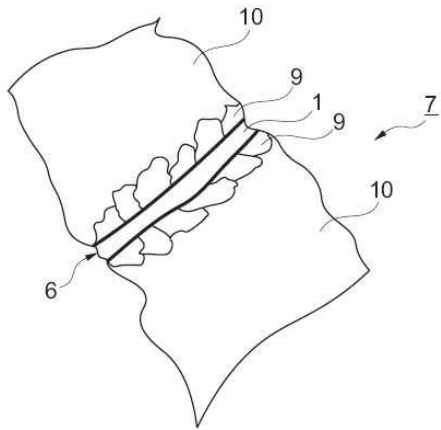
[0058] 브레이즈 호일의 용융 온도 감소 및 재결정화의 확률 감소와 같은 본 발명의 일반적인 효과는 또한 강, Cu 합금과 Al 합금을 브레이징하기 위한 Ag, Cu 및 Al 을 기초로 한 다른 분류의 브레이즈 합금에 대해 달성될 수 있다.

**부호의 설명**

- [0059] 1            브레이즈 호일
- 2            금속 브레이즈 분말 (나노미터 범위의 입도를 가짐)
- 4            용가재 입자
- 5            교체편
- 6            브레이즈될 간극
- 7            부품
- 7.1 ; 7.2    부품 요소
- 8.1 ; 8.2    마주보게 놓이고 연결될 표면
- 9            재결정화 구역
- 10          모재

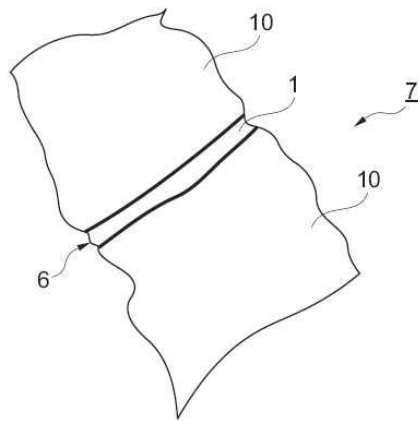
도면

도면1

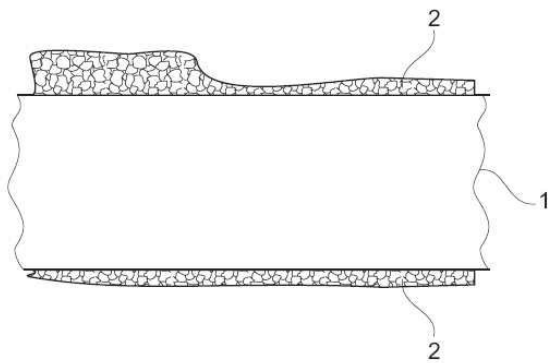


종래 기술

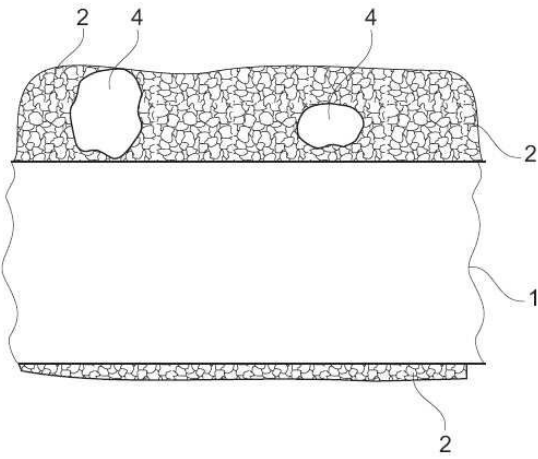
도면2



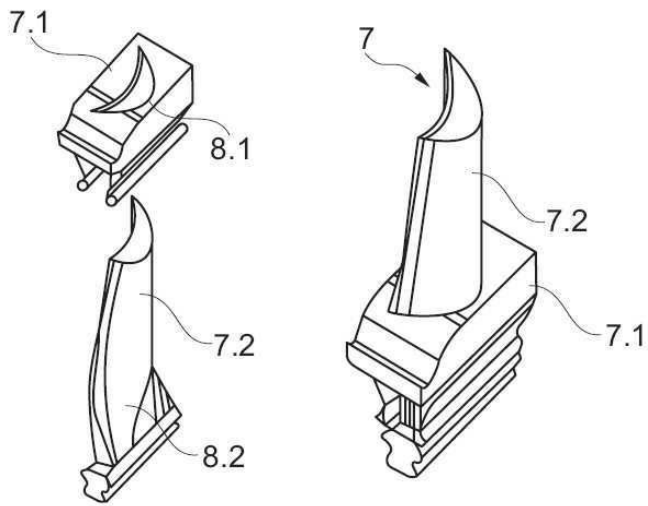
도면3



도면4



도면5



도면6

