



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2008년02월13일
 (11) 등록번호 10-0802328
 (24) 등록일자 2008년02월01일

(51) Int. Cl.
C23C 26/00 (2006.01) **C23C 4/12** (2006.01)
 (21) 출원번호 10-2005-0028971
 (22) 출원일자 2005년04월07일
 심사청구일자 2006년08월02일
 (65) 공개번호 10-2006-0106865
 (43) 공개일자 2006년10월12일
 (56) 선행기술조사문헌
 JP14309364 A
 KR1020040063999A
 EP 1321540 A1
 US 06139913 A

(73) 특허권자
주식회사 솔믹스
 경기도 평택시 장당동 624
 (72) 발명자
고경현
 경기 수원시 영통구 원천동 산5번지 아주대학교
 재료공학과
이하용
 경기 수원시 영통구 원천동 산5번지 아주대학교
 재료공학과
 (뒷면에 계속)
 (74) 대리인
원영호

전체 청구항 수 : 총 13 항

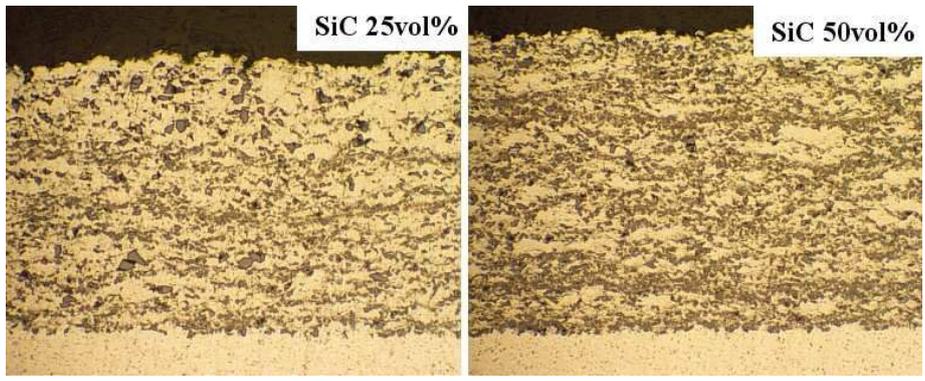
심사관 : 이성준

(54) 내마모성 금속기지 복합체 코팅층 형성방법 및 이를이용하여 제조된 코팅층

(57) 요약

본 발명은 내마모성 금속기지 복합체 코팅층 형성방법 및 이를 이용하여 제조된 코팅층에 관한 것으로, 특히 모재를 제공하는 단계, 50 내지 100 μm 의 평균 입경을 가지는 금속, 합금 또는 이의 혼합체 입자와, 25 내지 50 μm 의 평균입경을 가지는 세라믹 또는 이의 혼합체 입자를 1:1 내지 3:1의 부피비로 포함하는 혼합분말을 준비하는 단계, 상기 준비된 혼합분말을 코팅용 분사노즐에 주입하는 단계 및 상기 노즐내에 흐르는 운반가스의 유동에 의해 상기 혼합분말을 비용융 상태로 300 내지 1,200 ms의 속도로 가속하여 상기 모재의 표면에 혼합분말을 코팅하는 단계를 포함하는 내마모성 금속기지 복합체 코팅층 형성방법 및 이를 이용하여 제조된 코팅층에 관한 것으로 이를 통하여 코팅층의 형성과정에 의하여 모재에 열 변형 등의 손상을 발생하지 않으면서도 상기 표면에 내마모성 및 피로 균열에 대한 우수한 저항성을 가지는 코팅층을 제공할 수 있다.

대표도 - 도3b



(72) 발명자

유영호

경기 광명시 소하동 55 동양아파트 101-105

이재정

경기 수원시 영통구 영통동 1046-1번지 삼성아파트
433동 1201호

이재홍

경기 평택시 장당동 624번지

특허청구의 범위

청구항 1

모재를 제공하는 단계;

50 내지 100 μm 의 평균 입경을 가지는 알루미늄 또는 알루미늄합금 또는 이의 혼합체 입자와, 25 내지 50 μm 의 평균입경을 가지는 SiC 또는 Al_2O_3 또는 이의 혼합체 입자를 1:1 내지 3:1의 부피비로 포함하는 혼합분말을 준비하는 단계;

상기 준비된 혼합분말을 코팅용 분사노즐에 주입하는 단계; 및

상기 노즐내에 흐르는 운반가스의 유동에 의해 상기 혼합분말을 비용융 상태로 300 내지 1,200 m/s의 속도로 가속하여 상기 모재의 표면에 혼합분말을 코팅하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 내마모성 금속기지 복합체 코팅층 형성방법.

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 혼합 분말에 혼합되는 상기 SiC 또는 Al_2O_3 또는 이의 혼합체 입자는 응집 분말로 제공되는 것을 특징으로 하는 내마모성 금속기지 복합체 코팅층 형성방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 모재는 알루미늄, 알루미늄 합금 또는 주철인 것을 특징으로 하는 내마모성 금속기지 복합체 코팅층 형성방법.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 코팅단계에서 코팅 효율을 최대 50 %로 유지하는 것을 특징으로 하는 내마모성 금속기지 복합체 코팅층 형성방법.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 모재에 코팅되는 분말의 속도는 300 내지 500 m/s인 것을 특징으로 하는 내마모성 금속기지 복합체 코팅층 형성방법.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 노즐은 스로트를 가지는 수렴-발산형 노즐 또는 수렴-직관형 노즐이고, 상기 혼합분말의 주입은 스로트를 관통하여 위치하는 주입관을 통하여 상기 노즐의 발산 또는 직관 부분에서 이루어지는 것을 특징으로 하는 내마모성 금속기지 복합체 코팅층 형성방법.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 혼합분말의 노즐로의 주입시 압력은 90 내지 120 psi인 것을 특징으로 하는 내마모성 금속기지 복합체 코팅층 형성방법.

청구항 12

제1항에 있어서,

상기 혼합분말의 노즐을 통한 코팅시, 상기 노즐에 공급되는 운반가스의 온도는 280 ± 5 °C인 것을 특징으로 하는 내마모성 금속기지 복합체 코팅층 형성방법.

청구항 13

제1항에 있어서,

상기 혼합분말을 코팅하기 전에, i) 이보다 낮은 비율로 SiC 또는 Al₂O₃ 또는 이의 혼합체 입자를 포함하는 혼합분말을 먼저 코팅하거나, ii) 이보다 낮은 비율로 SiC 또는 Al₂O₃ 또는 이의 혼합체 입자를 포함하는 혼합분말을 먼저 코팅하여 모재 표면으로부터 코팅층 표면으로 갈수록 점차 높은 비율로 SiC 또는 Al₂O₃ 또는 이의 혼합체 입자를 포함하여 최종적으로 상기 1:1 내지 3:1의 부피비로 포함하는 혼합분말을 코팅하는 것을 특징으로 하는 내마모성 금속기지 복합체 코팅층 형성방법.

청구항 14

제1항에 있어서,

상기 코팅단계이후에 상기 알루미늄 또는 알루미늄합금 또는 이의 혼합체의 소둔온도에서 소둔 열처리를 하는 열처리 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 내마모성 금속기지 복합체 코팅층 형성방법.

청구항 15

제1항의 내마모성 금속기지 복합체 코팅층 형성방법에 의하여 형성되는 것을 특징으로 하는 내마모성 금속기지 복합체 코팅층.

청구항 16

제15항에 있어서

상기 코팅층의 두께는 10 μm 내지 1 mm인 것을 특징으로 하는 내마모성 금속기지 복합체 코팅층.

청구항 17

제15항에 있어서,

금속은 알루미늄이고, 세라믹은 SiC으로 하여 형성되고, 상기 코팅층의 경도가 최소한 80 Hv인 것을 특징으로 하는 내마모성 금속기지 복합체 코팅층.

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

- <14> 본 발명은 내마모성 금속기지 복합체 코팅층 형성방법 및 이를 이용하여 제조된 코팅층에 관한 것으로, 보다 상세하게는 코팅층의 형성과정에 의하여 모재에 열 변형 등의 손상을 발생하지 않으면서도 상기 표면에 내마모성 및 피로 균열에 대한 우수한 저항성을 가지는 코팅층을 제공하는 방법 및 이에 의하여 제조되는 코팅층에 관한 것이다.
- <15> 마찰, 피로, 침식 또는 부식 등 마모성 환경에서 사용되는 기계 부품의 수명 연장을 위해 부품의 표면을 경화하거나 내마모성 물질을 코팅하는 등의 방법이 사용되어 왔다.
- <16> 이와 같은 내마모성 향상 코팅 물질로는 경도가 높은 물질, 즉 알루미늄 등의 산화물, SiC 또는 TiC 등의 탄소화물, Si₃N₄, TiN 등의 질화물 등 세라믹 재료가 주로 사용되고 있다.
- <17> 이와 같은 내마모성 코팅 구조를 갖는 대표적인 기계 부품으로는 자동차 엔진 블록 및 이와 관련된 부품들을 들 수 있는데, 특히 실린더 보어 내벽의 마모를 억제하기 위해 많은 기술들이 개발되어 왔다. 그 예로, 한국특허공개공보 제1997-0045010호 및 동 제1998-017171호, 동 제2003-0095739 등을 들 수 있으며, 이에 대한 내용은 구체적으로, 한국특허공개공보 제1997-0045010호는 실린더 보어 내벽에 기존의 주철재 라이너 대신 코팅 피막을 형성하는 방법을 제시하고 있는데, 이 방법은 플라즈마 또는 아크를 열원으로 한 용사법에 의해 세라믹 및 이의 혼합물로 이루어지는 코팅 분말을 보어 내벽에 형성함으로써 내마모성을 향상시킨다.
- <18> 한국특허공개공보 제1998-017171호는 탄화규소 등의 입자를 이용하여 플라즈마 용사에 의해 알루미늄 실린더 블록의 보어(bore)면에 내마모성 코팅층을 형성하는 방법을 사용하고 있다.
- <19> 또한, 한국특허공개공보 제2003-0095739호는 스테인리스 재질의 실린더 보어 내면에 용사 코팅용 분말 조성물을 고온의 열원으로 용융시키면서 분사하여 피막을 형성시키는 방법을 제시하고 있는데, 이때 사용되는 용사 코팅용 분말 조성물은 알루미늄 및 지르코니아의 혼합물이다.
- <20> 이와 같이, 내마모성이 우수한 세라믹 재료로 금속 모재 상에 내마모성 코팅을 형성하려는 많은 시도가 있었으나, 이들 방법은 모두 플라즈마 또는 전기 아크를 이용한 용사법이 주류를 이루고 있다. 이와 같은 용사법은 코팅될 분말 입자를 거의 용융점 부근 또는 그 이상으로 가열하여 분말 입자의 최소한 일부분을 용융시켜 모재에 제공한다.
- <21> 따라서 모재에 코팅되는 세라믹 입자는 일반적인 세라믹 입자의 용융온도인 수 1000 °C 부근의 고온으로 가열되어 모재에 공급되어지고, 접촉하게 되므로 코팅시 모재 표면에 열 충격에 의한 손상과 함께 고온 가열후의 냉각 과정에서 발생하는 잔류 응력을 유발하여 부착력이 떨어지고 부품의 수명을 단축시키는 문제점을 가진다.
- <22> 또한, 고온의 입자분사로 인해 용사 장비의 운용에 따르는 위험성도 증가하며 작업이 복잡해진다는 단점을 피하기 힘들고, 이밖에도, 고온의 용융된 입자는 금속 기지상 또는 표면의 불순물과 반응하여 새로운 화합물을 형성함으로써 재료의 특성에 악영향을 끼칠 수도 있다.
- <23> 한편, 주기적인 사이클링에 따라 주기적 응력이 발생하여 왕복동기관 및 이들의 관련 부품들은 엔진 동작 중 엔진의 회전에 따라 매우 많은 회수의 사이클링 응력을 지속적으로 반복하여 받게 되므로, 주기적인 응력으로 인해 부품에 국부적으로 발생하는 가열과 함께 열기관의 관련 부품들에 피로에 따른 균열을 발생시키며, 결과적으로 부품 수명을 단축시키게 된다. 예를 들어, 디젤 엔진 블록에는 실린더 홈 주위에 글로우 플러그를 삽입하는 인서트 홈이 형성되어있는데, 인서트 홈과 실린더 홈 사이는 좁아진 간격 및 높은 온도로 인해 피로 균열에 의한 파괴의 우려가 매우 높은 부분이다.
- <24> 따라서 왕복동기관, 가스 터빈 등의 엔진 부품과 같은 열기관에 사용되는 부품은 내마모성뿐만 아니라 피로 균열에 대한 저항성이 우수할 것이 요구되는 경우가 많다. 그러나 전술한 종래의 코팅 기술은 세라믹을 단독으로 코팅하는 경우가 대부분이므로 이 경우에는 열전달이 용이하게 이루어지지 않아 내마모성의 향상을 이룰 수 없을지는 몰라도 기지로의 열전달이 용이하게 이루어지지 않아 고온으로 유지되어 피로에 의한 균열발생을 심화시키므로 피로에 대한 저항성이 떨어지는 문제점이 있다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

- <25> 상기와 같은 종래기술의 문제점을 해결하고자, 본 발명은 모재에 열적 변형 또는 열 충격에 의한 손상을 유발할 염려가 없도록 함과 동시에 내마모성이 우수한 최적의 코팅층을 형성하는 방법 및 코팅층을 제공하는 것을 목적

으로 한다.

<26> 또한, 본 발명은 코팅층에 열이 축적되는 것을 방지하고, 모재와 코팅층 간 또는 코팅층내의 균열생성을 억제하여 코팅층의 피로에 따른 균열발생에 대한 저항성이 우수한 코팅층의 형성 방법 및 코팅층을 제공하는 것을 목적으로 한다.

발명의 구성 및 작용

<27> 상기 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은

<28> 모재를 제공하는 단계;

<29> 50 내지 100 μm 의 평균 입경을 가지는 금속, 합금 또는 이의 혼합체 입자와, 25 내지 50 μm 의 평균입경을 가지는 세라믹 또는 이의 혼합체 입자를 1:1 내지 3:1의 부피비로 포함하는 혼합분말을 준비하는 단계;

<30> 상기 준비된 혼합분말을 코팅용 분사노즐에 주입하는 단계; 및

<31> 상기 노즐내에 흐르는 운반가스의 유동에 의해 상기 혼합분말을 비용융 상태로 300 내지 1,200 m/s의 속도로 가속하여 상기 모재의 표면에 혼합분말을 코팅하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 내마모성 금속기지 복합체 코팅층 형성방법을 제공한다.

<32> 또한 본 발명은

<33> 상기 내마모성 금속기지 복합체 코팅층 형성방법에 의하여 형성되는 것을 특징으로 하는 내마모성 금속기지 복합체 코팅층을 제공한다.

<34> 이하 본 발명에 대하여 도면 및 구체적인 실시예를 참조하여 상세하게 설명한다.

<35> 본 발명은 내마모성 금속기지 복합체 코팅층 형성방법에 관한 것으로 모재(S)를 제공하는 단계, 50 내지 100 μm 의 평균 입경을 가지는 금속, 합금 또는 이의 혼합체 입자와, 25 내지 50 μm 의 평균입경을 가지는 세라믹 또는 이의 혼합체 입자를 1:1 내지 3:1의 부피비로 포함하는 혼합분말을 준비하는 단계, 상기 준비된 혼합분말을 코팅용 분사노즐에 주입하는 단계 및 상기 노즐내에 흐르는 운반가스의 유동에 의해 상기 혼합분말을 비용융 상태로 300 내지 1,200 m/s의 속도로 가속하여 상기 모재의 표면에 혼합분말을 코팅하는 단계를 포함하여 구성된다.

<36> 즉, 본 발명은 콜드 스프레이(저온 분사) 방법을 적용하여 모재에 금속기지 복합체의 코팅층을 형성하는 방법에 있어서, 코팅층의 내마모성 향상에 초점을 두고 이를 최대한 향상시키기 위한 최적의 공정조건 및 이에 의하여 제조되는 코팅층에 관한 것이다.

<37> 콜드 스프레이 방법 자체는 공지 기술로서 이와 같은 콜드 스프레이를 위한 장치의 개략도는 도 1에 도시한 바와 같다. 즉, 도 1은 본 발명에서 모재(S)에 코팅층을 형성하기 위한 저온 분사(콜드 스프레이) 장치(100)의 개략도를 도시한 도면이다.

<38> 상기 분사 장치(100)는 코팅층을 형성할 분말을 아음속 또는 초음속으로 가속하여 모재(S)에 제공한다. 이를 위해 상기 분사 장치(100)는 가스 압축기(compressor, 110), 가스히터(120), 분말 공급기(powder feeder, 130) 및 분사용 노즐(140)로 구성된다.

<39> 가스 압축기(100)로부터 제공된 약 5 내지 20 kgf/cm^2 의 압축가스는 분말 공급기(130)로부터 제공되는 분말을 분사용 노즐(140)을 통해 약 300 ~ 1200 m/s의 속도로 분출하여 코팅한다. 상기와 같은 아음속 내지 초음속의 유동을 발생시키기 위해서는 통상적으로는 상기 도 1에 도시한 바와 같이 상기 분사용 노즐(140)은 수렴-발산형 노즐(de Laval-Type)이 사용되고 이러한 수렴 및 발산 과정을 통하여 초음속 유동을 발생시킬 수 있다.

<40> 상기 장치(100)에서 압축가스 공급 경로상의 가스히터(120)는 압축가스의 운동에너지를 증가시켜 분사용 노즐에서의 분사속도를 높이기 위해 압축가스를 가열하기 위한 부가적인 장치로서 반드시 필요한 것은 아니다. 또한, 도시된 바와 같이, 분사용 노즐(140)로 분말의 공급을 보다 원활히 하기 위해 상기 가스압축기(110)의 압축가스 일부는 상기 분말 공급기(130)로 공급될 수 있다.

<41> 상기 장치에서 압축가스로는 상용의 가스, 예컨대 헬륨, 질소, 아르곤 및 공기 등이 사용될 수 있으며, 사용 가스의 종류는 분사용 노즐(140)에서의 분사 속도 및 경제성 등을 고려하여 적절히 선택될 수 있다.

<42> 도시된 장치의 동작 및 구조에 대한 보다 구체적인 설명은 알키모프(Anatoly P. Alkimov) 등에 의한 미국특허

제5,305,414호에 상세히 기술되어 있으며, 여기서는 자세한 설명을 생략한다.

- <43> 이와 같은 장치를 이용하여 콜드 스프레이 코팅을 함에 있어서, 첫 단계로 모재를 제공한다. 상기 모재(S)는 내마모성을 요구하는 부품의 모재가 되는 다양한 공지의 재질이 이에 해당할 수 있으며, 임의의 재질로 이루어질 수 있다. 구체적으로는, 상기 모재는 열적, 기계적 부재로 널리 사용되는 알루미늄, 알루미늄 합금 특히, Al-Si 또는 Al-Mg계 알루미늄 합금이나, 주철(Cast Iron) 등의 철계 합금재질일 수 있으며, 실리콘 등의 반도체 재질일 수 있다. 바람직하게는 상기 모재는 내마모성이 떨어져 본 발명의 코팅층 형성에 따라 개선효과가 큰 알루미늄 또는 알루미늄 합금인 것이 좋다.
- <44> 또한 본 발명에서 사용되는 상기 금속, 합금 또는 이의 혼합체 입자는 철, 니켈, 구리, 알루미늄, 몰리브덴 및 티타늄으로 이루어진 그룹에서 하나 이상 선택되는 금속을 포함할 수 있다. 또한, 상기 금속은 철계 합금, 니켈합금, 구리합금, 알루미늄합금, 몰리브덴합금 및 티타늄합금으로 이루어진 그룹에서 하나 이상 선택되는 금속을 포함할 수 있으며, 이에 대한 예로는 알루미늄, 알루미늄합금, 알루미늄과 알루미늄합금의 혼합체, 알루미늄과 티타늄의 혼합체, 알루미늄과 티타늄합금의 혼합체 알루미늄합금과 티타늄합금의 혼합체 등을 들 수 있으며 특히, 통상의 열적, 기계적 부재로 자주 사용되는 알루미늄 합금 또는 티타늄 합금일 수 있다. 바람직하게는 상기 금속 또는 합금은 내마모성이 떨어져 본 발명의 코팅층 형성에 따라 효과가 큰 알루미늄 또는 알루미늄 합금 모재에 코팅되는 것이 좋으므로 동질성이 높은 알루미늄 또는 알루미늄합금인 것이 좋다.
- <45> 본 발명에서 상기 세라믹 또는 이의 혼합체는 공지의 내마모성이 우수한 다양한 종류의 세라믹과 이의 혼합물이 이에 해당하고 이에 산화물, 탄화물 또는 질화물을 포함한다. 구체적으로, 상기 세라믹은 금속, 산화물, 금속탄화물, 금속 질화물 등이 사용이 가능하고, 보다 구체적으로는 이산화규소, 지르코니아, 알루미늄 등의 산화물, TiN, Si₃N₄ 등의 질화물, TiC, SiC 등의 탄화물이 사용될 수 있으며, 알루미늄 또는 SiC인 것이 내마모성 증대를 위하여 바람직하다.
- <46> 또한, 본 발명에서 상기 혼합분말에 혼합되는 상기 세라믹 입자는 응집 분말(agglomerated powder) 형태로 제공될 수 있으며, 이 경우 상기 코팅 단계에서 상기 분말 입자가 기관 등과 충돌할 때 응집분말의 경우는 미세한 입자로 분쇄가 용이하여 미세입자가 되므로, 미세한 세라믹 입자가 골고루 분산된 코팅층을 형성할 수 있다는 점에서 유리하다.
- <47> 이와 같은 성분의 혼합분말에 혼합되는 금속, 합금 또는 혼합체 입자와 세라믹 또는 이의 혼합체 입자의 크기는 내마모성의 상대적 지표인 마이크로 비커스 경도값을 최대화하기 위하여 그 평균입경이 각각 50 내지 100 μm 내외와 25 내지 50 μm 내외의 범위를 가지며 이들의 혼합비는 금속:세라믹의 부피비가 1:1 내지 3:1의 범위이다. 이에 대한 예로 알루미늄과 SiC를 혼합한 경우에 알루미늄의 입자크기를 100 메쉬(평균입경: 약 140 μm), 200 메쉬(평균입경: 약 77 μm), 325 메쉬(평균입경: 약 44 μm)로 변경하고, SiC의 입자크기를 150 메쉬(평균입경: 약 106 μm), 400 메쉬(평균입경: 약 35 μm), 1000 메쉬(평균입경: 약 13 μm), 2000 메쉬(평균입경: 약 6 μm)로 변화하고, 혼합비를 전체 혼합분말에 대한 SiC의 부피%로 10%, 25%, 50% 함유된 경우로 변화하여 콜드 스프레이를 한 경우의 마이크로 비커스 경도값을 측정 한 결과가 도 2a(100메쉬 알루미늄 사용), 도 2b(200메쉬 알루미늄 사용), 도 2c(325메쉬 알루미늄 사용)에 도시되어 있다. 이에 따르면 200메쉬 알루미늄과 400메쉬 SiC를 25 부피% 내지 50 부피%로 혼합한 경우에 80 Hv이상의 높은 경도값을 나타내는 것을 알 수 있다.
- <48> 이는 SiC의 함량이 각각 25 부피%와 50 부피%인 경우의 코팅층의 미세구조를 도 3a(200메쉬 알루미늄 + 150메쉬 SiC 사용), 도 3b(200메쉬 알루미늄 + 400메쉬 SiC 사용), 도 3c(200메쉬 알루미늄 + 1000메쉬 SiC 사용), 도 3d(200메쉬 알루미늄 + 2000메쉬 SiC 사용)에 도시한 바와 같이, 동일한 평균입경을 가지는 알루미늄 분말에 대하여 SiC의 크기 및 함량에 따른 몰포로지(morphology)의 변화를 관찰하여 보면 그 원인을 알 수 있다. 즉, SiC의 크기가 너무 큰 경우는 금속기지 복합체내의 SiC분산이 원활히 이루어지지 못하고 있으며, 그 크기가 너무 작은 경우에는 SiC입자간 인력에 의하여 도 3c와 도3d에 도시한 바와 같이 텍스처(texture)형상의 몰포조지를 가지므로 분산효과가 떨어진다.
- <49> 뿐만 아니라, 입자의 크기가 너무 작은 경우는 입자의 중량이 적으므로 빠른 속도에도 불구하고 코팅층에 대한 충돌시 충격량이 너무 적어 샷 핀닝(shot peening)과 같은 가공경화가 적게 일어나며, 입자의 크기가 너무 큰 경우에는 충격량은 크지만 충돌회수 및 면적이 적어 가공경화가 적으므로 가공경화를 최대화하는 최적의 중간크기 범위가 존재하게 된다.
- <50> 또한 입자의 크기 및 혼합비에 따른 내마모성 특성을 평가하기 위하여 마모량을 측정 한 결과가 사용된 SiC의 메쉬 크기에 대한 마모량으로 각각의 조건에 대하여 도 4a(200메쉬 알루미늄 + SiC 25 vol% 사용), 도 4b(200메쉬

알루미늄 + SiC 50 vol% 사용), 도 4c(325메쉬 알루미늄 + SiC 25 vol% 사용), 도 4d(325메쉬 알루미늄 + SiC 50 vol% 사용)에 도시된다. 이에 따르면 마모 특성은 200 메쉬 알루미늄에 SiC를 25 내지 50 부피%를 포함하는 경우에 우수하며, 특히 200메쉬 알루미늄에 400 메쉬 SiC를 50 부피%로 포함시킨 경우가 우수한 것을 보여준다.

- <51> 따라서 마모량과 볼포로지 및 경도 실험결과에 따르면 50 내지 100 μm 의 평균 입경을 가지는 금속, 합금 또는 이의 혼합체 입자와, 25 내지 50 μm 의 평균입경을 가지는 세라믹 또는 이의 혼합체 입자를 1:1 내지 3:1의 부피 비로 포함하는 혼합분말을 사용하는 것이 가장 우수한 내마모 특성을 가지는 코팅층을 형성할 수 있음을 알 수 있고, 바람직하게는 50 내지 100 μm 의 평균 입경을 가지는 알루미늄 입자와, 25 내지 50 μm 의 평균입경을 가지는 SiC 입자를 1:1 내지 3:1의 부피비 범위로 포함하는 혼합분말을 사용하는 것이 좋다.
- <52> 상기 세라믹 또는 이의 혼합체 입자와 금속, 합금 또는 이의 혼합체 입자의 혼합분말은 통상의 방법에 의해 제조될 수 있다. 가장 간단한 방식으로는 세라믹 분말과 금속 분말을 브이 밀(v-mill)에 의해 건식 혼합하는 방식을 들 수 있다. 건식 혼합된 분말은 별도의 처리 없이 그대로 분말 공급기에서 사용될 수 있다. 상기 혼합물 중 세라믹 분말과 금속 분말의 혼합 비율은 용도에 따라 적절히 조절될 수 있으나 내마모성의 최적화를 위해서는 상기 기술한 비율의 범위 내에서 혼합하며, 상기 세라믹 입자의 부피비가 50%를 초과할 때에는 코팅층이 일정 두께 이상으로 증가되지 않는다는 문제점이 발생할 수 있으므로 그 범위 내에서 혼합한다.
- <53> 일반적으로, 상기 노즐로 수렴-발산형 노즐을 사용하고 통상의 구성을 가지는 경우에는 상기 혼합 분말에 약 5 ~ 20 kgf/cm^2 의 압축가스가 공급된다. 상기 압축가스로는 헬륨, 질소, 아르곤 및 공기 등이 사용될 수 있다. 상기 가스는 콤프레셔와 같은 가스 압축기로 약 5 ~ 20 kgf/cm^2 로 압축되어 제공된다. 필요에 따라, 상기 압축 가스는 도 1의 가스히터(120)와 같은 가열 수단에 의해 약 200 ~ 500 $^{\circ}\text{C}$ 의 온도로 가열된 상태로 제공될 수 있다.
- <54> 상기 월드 스프레이 공정에는 상기 기술한 바와 같이 분말에 대한 압축압력, 운반가스의 유동속도, 운반가스의 온도 등 그 제어변수가 많으나 바람직하게는 내마모성의 증대를 위하여서는 노즐로부터 분사된 분말이 모두 코팅되는 것보다 전체 혼합분말의 50 % 이상은 코팅면에 shot peening과 같은 가공경화에 기여하기 위하여 코팅면에 부딪힌 후에 떨어져나가고, 최대로 분사된 분말의 50 %만 실질적으로 코팅이 되도록 하는 것이 코팅층의 가공경화에 따른 경도향상 및 내마모성 증대에 좋다. 더욱 바람직하게는 상기 코팅효율의 범위는 10 내지 20 %의 범위인 것이 경도 향상 및 내마모성 증대에 좋다.
- <55> 따라서 상기 코팅효율을 유지하는 경우에는 혼합분말의 충돌시 속도를 상대적으로 낮게 유지하는 것이 바람직하고 속도는 운반가스 온도의 제곱근에 대략 비례하여 변하므로, 이러한 경우에는 상기 혼합분말의 노즐을 통한 코팅시, 상기 노즐에 공급되는 운반가스의 온도는 상대적으로 낮은 온도로 유지하여도 되고, 이 경우에 상기 운반가스의 온도는 280 ± 5 $^{\circ}\text{C}$ 인 것이 바람직하다. 더욱 바람직하게는 상기 운반가스의 온도는 알루미늄 금속과 세라믹 혼합분말의 경우에 적정 코팅효율을 나타내므로 좋다.
- <56> 또한 특히, 상기 금속이 알루미늄 또는 알루미늄 합금인 경우에는 그 세라믹 입자의 종류와 무관하게 상기 모체에 코팅되는 분말의 속도를 300 내지 500 ms 로 유지하면 상기 기술한 바와 같은 코팅층의 가공경화 효과를 얻을 수 있으며, 따라서 내마모성 증대를 최대화할 수 있어서 바람직하다.
- <57> 또한 상기 월드 스프레이 장치의 노즐은 상기 기술한 바와 같은 통상의 de Laval-Type의 수렴-발산형 노즐외에도 5에 도시한 바와 같이 상기 노즐은 스로트(throat)를 가지는 수렴-발산형 노즐 또는 수렴-직관형 노즐이 사용되고, 상기 혼합분말의 주입은 스로트를 관통하여 위치하는 주입관을 통하여 상기 노즐의 발산 또는 직관부분에서 이루어지는 형태로 코팅을 실시할 수 있다. 이를 통하여 혼합분말의 주입이 발산 내지 직관 부분에서 이루어지므로 상대적으로 낮은 압력에서 이루어지므로 혼합분말의 주입을 위한 압력을 낮게 유지할 수 있어 월드 스프레이 장치를 저가에 구성할 수 있으며, 발산 또는 직관 구간에서 분말이 주입되므로 노즐내부 특히, 스로트에 분말이 코팅되는 것을 막아 장시간 공정이 가능하도록 하므로 바람직하다.
- <58> 따라서 상기와 같은 노즐 및 주입관을 사용하는 경우에는 상기 혼합분말의 노즐로의 주입시 압력은 통상의 압력보다 매우 낮은 90 내지 120 psi의 상대적으로 낮은 압력을 사용하는 것이 바람직하다.
- <59> 더욱 바람직하게는 상기 형식의 노즐 및 주입관을 사용하는 경우에 혼합분말의 노즐로의 주입시 압력은 90 내지 120 psi이고, 운반가스의 온도는 280 ± 5 $^{\circ}\text{C}$ 인 것이 내마모성이 우수한 코팅층을 형성하는 데 좋고, 특히 이는 상기 금속은 알루미늄이고, 상기 세라믹은 SiC인 경우에 더욱 좋다.
- <60> 이외에 상기 코팅단계에서 상기 금속, 합금 또는 이의 혼합체 입자와 세라믹 또는 이의 혼합체 입자의 혼합비를

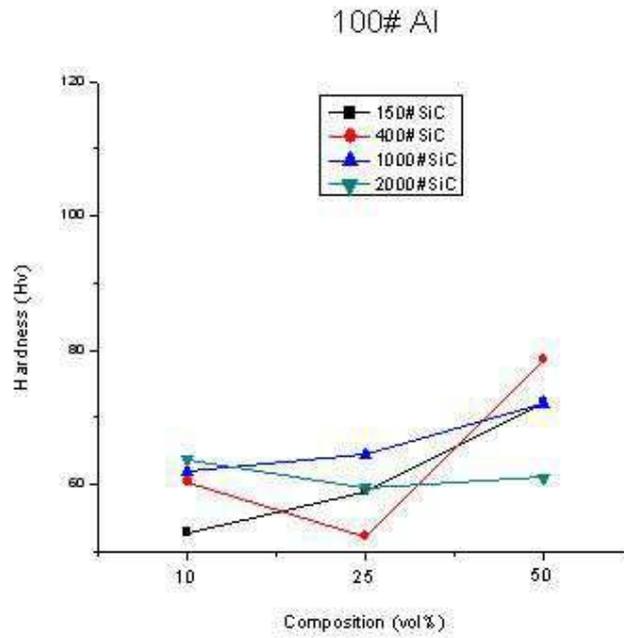
1:1 내지 3:1의 부피비로 포함하는 혼합분말을 코팅하기 전에, 이보다 낮은 비율로 세라믹 또는 이의 혼합체 입자를 포함하는 혼합분말을 먼저 코팅할 수 있다. 즉, 낮은 세라믹 함량을 갖는 층을 하나 또는 둘 이상 포함하도록 할 수 있다. 또한 이와 달리 상기 금속, 합금 또는 이의 혼합체 입자와 세라믹 또는 이의 혼합체 입자의 혼합비를 1:1 내지 3:1의 부피비로 포함하는 혼합분말을 코팅하기 전에, 이보다 낮은 비율로 세라믹 또는 이의 혼합체 입자를 포함하는 혼합분말을 먼저 코팅하여 모재 표면으로부터 코팅층 표면으로 갈수록 점차 높은 비율로 세라믹 또는 이의 혼합체 입자를 포함하여 최종적으로 상기 1:1 내지 3:1의 부피비로 포함하는 혼합분말을 코팅할 수 있다. 즉, 모재로부터 코팅층의 최외각부로, 두께방향에 대하여 세라믹 입자의 농도구배가 발생하도록 코팅하는 것이다.

- <61> 이를 통하여 모재와 코팅층 간의 열팽창 계수의 차이에 의한 열응력 발생을 최소화하고, 열전달을 활성화하여 열 사이클링에 따라 발생할 수 있는 코팅층의 박리, 잔류응력 발생을 최소화할 수 있다.
- <62> 이와 같은 추가 중간층의 형성도 바람직하게는 상기 금속은 알루미늄이고, 상기 세라믹은 SiC인 경우에 적용하는 것이 알루미늄과 SiC의 열팽창계수의 차이를 극복하기 위하여 좋다.
- <63> 또한 이와 같은 코팅단계를 수행하고 난 이후에, 상기 금속, 합금 또는 이의 혼합체의 소둔온도에 해당하는 온도에서 소둔 열처리를 하는 열처리 단계를 더 포함하도록 할 수 있다. 즉, 전술한 각 단계에 의해 형성된 코팅층은 필요에 따라 적절한 후처리 단계를 거칠 수 있다. 후처리 단계는 예컨대 표면 조도 조절을 위한 기계 가공이나 코팅층의 접착력 향상을 위한 열처리를 포함할 수 있는 것이다.
- <64> 또한 본 발명은 상기 기술한 내마모성 금속기지 복합체 코팅층 형성방법에 의하여 형성되는 것을 특징으로 하는 내마모성 금속기지 복합체 코팅층을 제공한다. 이와 같은 상기 코팅층의 두께는 바람직하게는 10 μm 내지 1 mm 인 것이 너무 얇은 경우에는 내마모성이 떨어지는 문제를 막고, 두꺼운 경우에는 코팅층 형성의 제조비용과 열팽창에 따른 박리, 열응력 발생 등이 일어날 수 있으므로 상기 범위인 것이 좋다.
- <65> 더욱 바람직하게는 상기 금속은 알루미늄이고, 상기 세라믹은 SiC으로 하여 형성되고, 이와 같이 형성된 코팅층의 경도는 마이크로 비커스 경도로 최소한 80 Hv를 나타낸다.
- <66> 본 발명의 방법에 의해 얻어진 내마모성 금속기지 복합체 코팅층은 모재 또는 코팅 자체의 물성을 향상시킨다.
- <67> 먼저, 높은 경도의 세라믹 입자를 코팅층에 포함함으로써, 부재의 내마모성을 향상시킬 수 있다.
- <68> 두번째로, 본 발명에 의해 제조된 코팅층은 코팅된 부품의 피로특성을 향상시킨다. 즉, 코팅층과 모재간의 높은 결합력으로 인하여 모재와 코팅층간의 균열 발생을 억제하며, 코팅층은 금속기지 복합체의 특성을 가지므로 이에 따른 미세구조의 특성상 코팅층 내부의 균열발생 및 전파속도를 낮추는 효과가 있으므로 피로특성을 향상시킨다. 또한 이와 같은 부품이 열 피로(thermal fatigue) 파괴에 대해 높은 저항성을 갖도록 한다. 가스터빈과 같은 내열기관에 사용되는 부품에서 균열의 발생과 전파의 주된 원인으로 국부적인 온도차에 기인한 열응력을 들 수 있다. 또한, 엔진 블록에서 엔진의 연소에 의해 실린더로부터 가까운 쪽은 높은 온도 상태에 있고, 실린더로부터 먼 쪽은 낮은 온도 상태에 있게 된다. 이와 같은 온도차는 엔진 블록 표면에서 균열 생성의 원인이 되는 열응력을 발생시킨다. 특히, 엔진과 같이 주기적인 연소와 냉각이 동반되는 경우 주기적인 열응력에 의한 열 피로 파괴 특성을 제어하는 것이 매우 중요하다. 본 발명에서는 금속으로 알루미늄이나 알루미늄 합금, 세라믹으로 SiC와 같은 높은 열전도도를 갖는 입자를 사용하여 코팅층을 형성함으로써 부재의 열전도 특성을 향상시킬 수 있다. 열전도 특성의 향상은 부품에 발생하는 국부적인 온도차를 감소시키므로, 결국 부품의 열 피로 파괴 특성을 향상시킨다. 또한 복합체의 형성에 따라 모재와의 열팽창 계수 차이를 줄일 수 있으므로 이에 따라 가열시에 발생하는 열응력을 줄일 수 있으므로 코팅층의 박리나 균열발생을 최소화할 수 있는 장점이 있다.

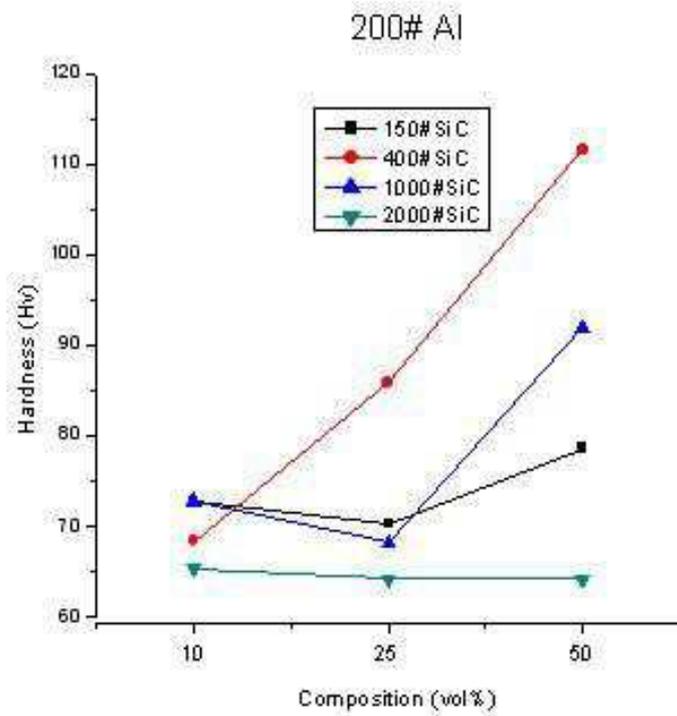
발명의 효과

- <69> 상기와 같은 본 발명의 내마모성 금속기지 복합체 코팅층 형성방법 및 이를 이용하여 제조되는 코팅층에 따르면, 최적의 공정조건으로 최적의 내마모성을 가지며, 피로 균열에 대한 저항성이 우수한 코팅을 얻을 수 있으며 부가적으로 열 피로 특성도 향상시킬 수 있다. 이와 같이 제조된 코팅층은 마찰성 환경에 사용되는 기계 부품의 표면 코팅으로 사용되거나, 주기적인 열응력 환경 아래에서 동작하는 엔진 부품에 사용되어지며, 부품의 내마모 특성 및 균열생성 및 전파를 억제함에 따른 피로특성을 향상시키고, 부가적으로 열전도 특성의 향상 및 열팽창계수 조절에 따라 코팅층과 모재간의 박리 또는 코팅층의 균열을 최소화할 수 있어서 열 피로 균열에 대한 저항성을 향상시킬 수 있다.

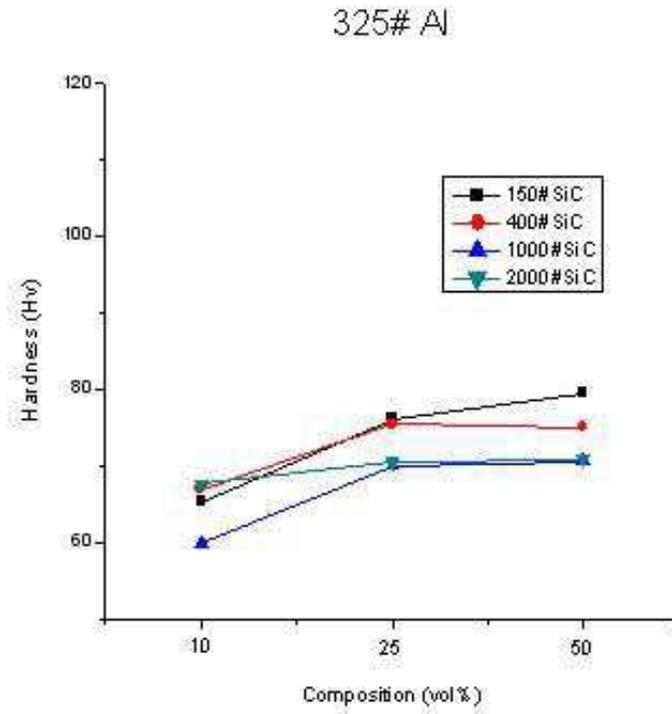
도면2a



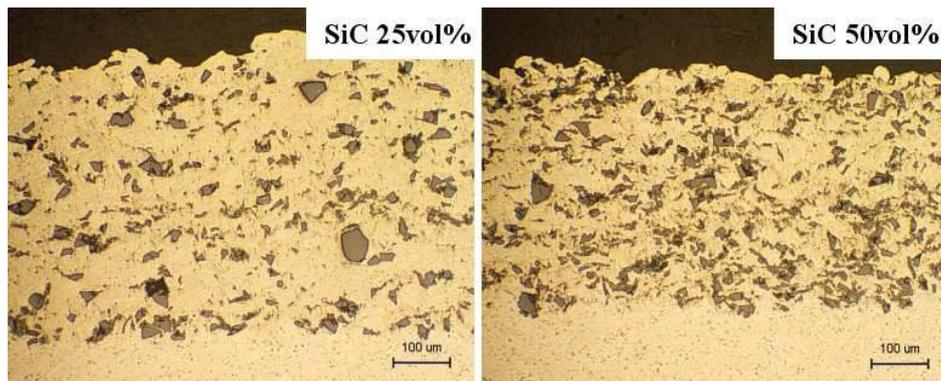
도면2b



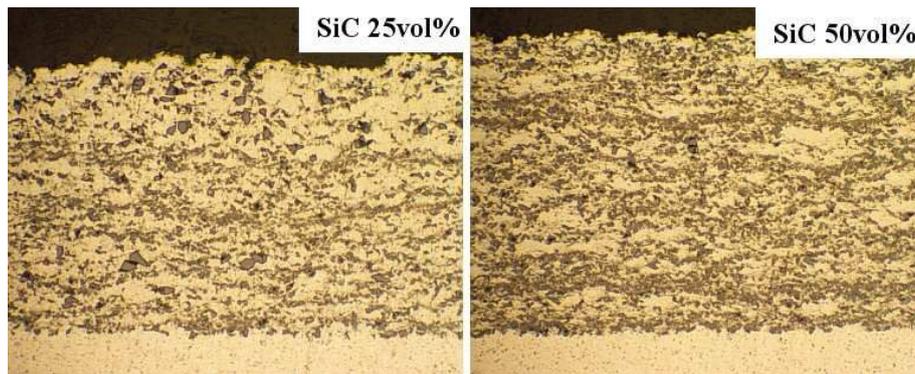
도면2c



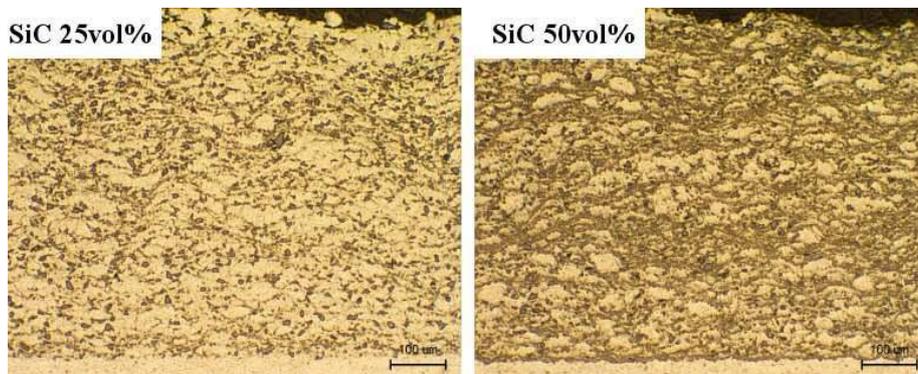
도면3a



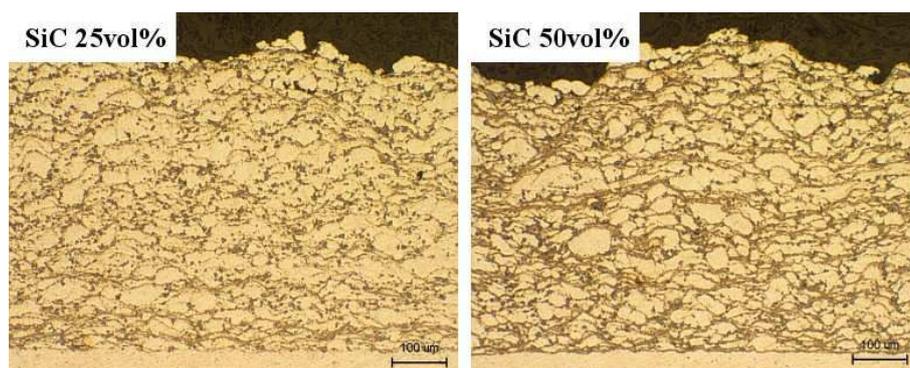
도면3b



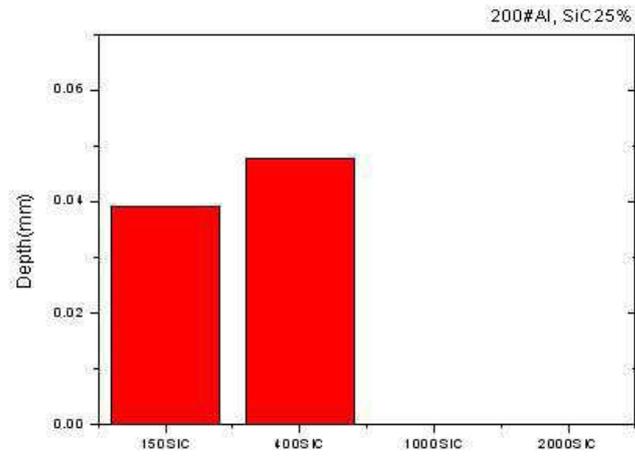
도면3c



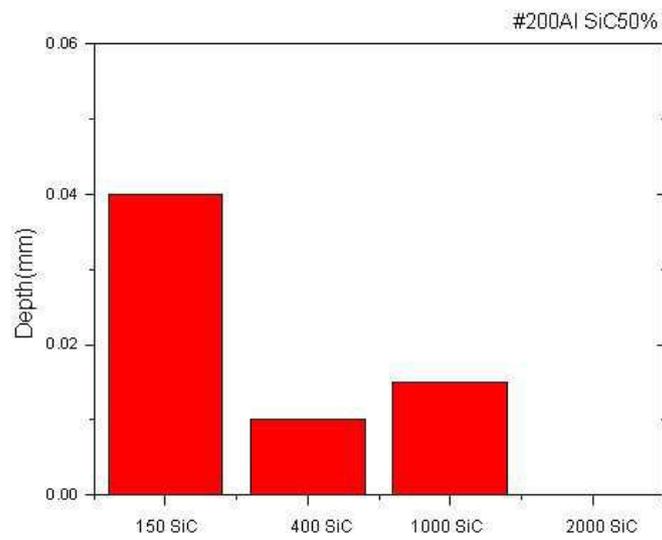
도면3d



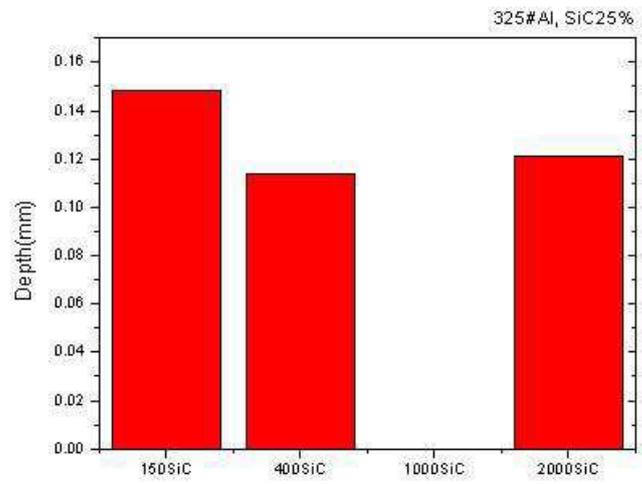
도면4a



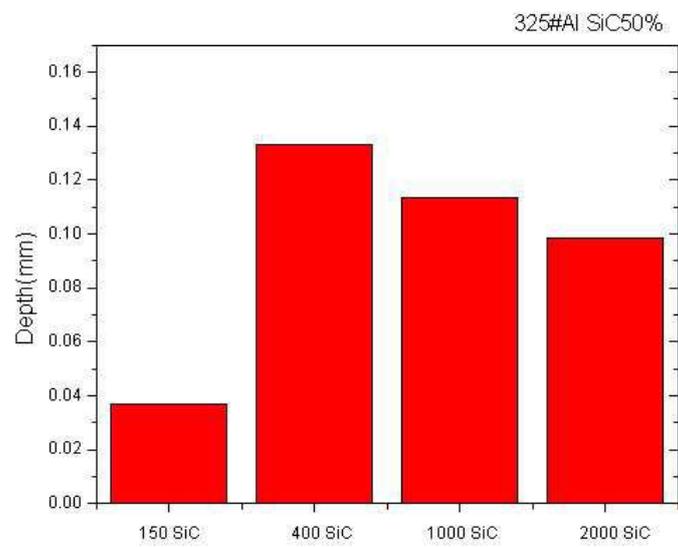
도면4b



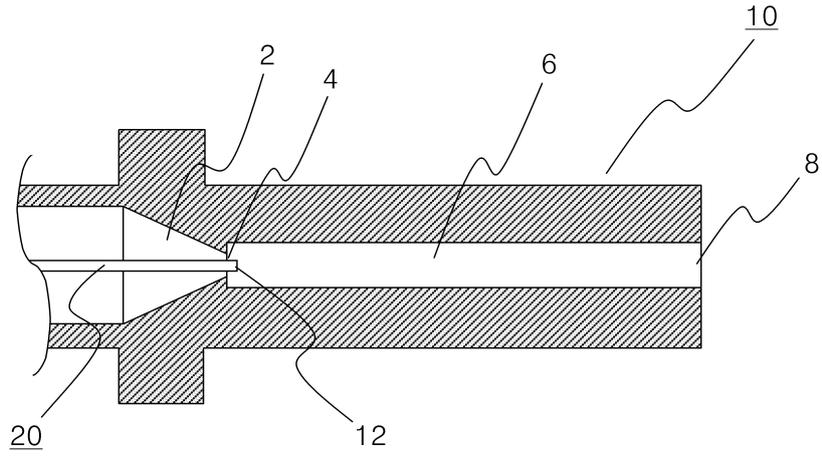
도면4c



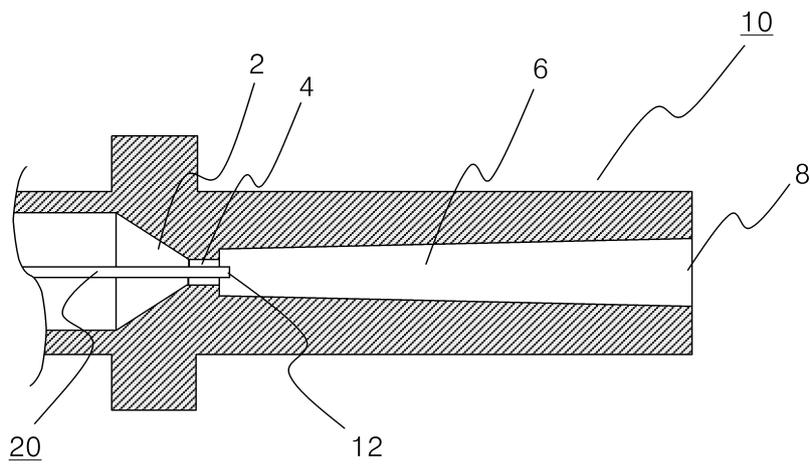
도면4d



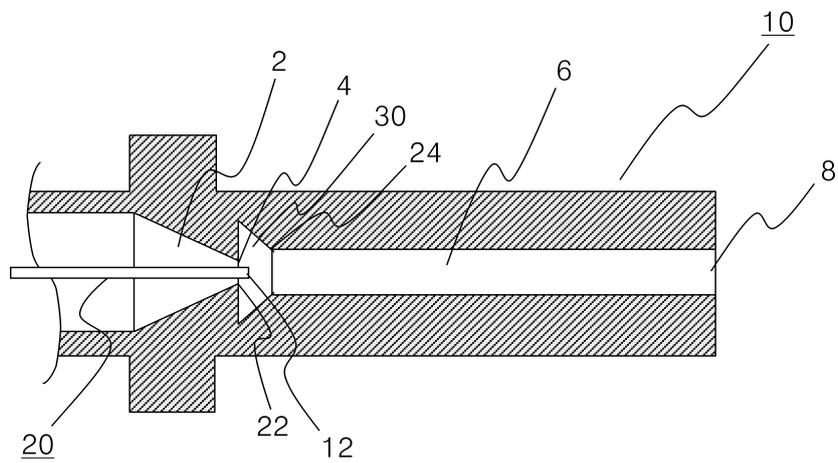
도면5a



도면5b



도면5c



도면5d

