

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(51) Int. Cl. ⁷ C22C 21/00	(11) 공개번호 특2000-0062861	(43) 공개일자 2000년 10월 25일
(21) 출원번호 10-2000-0012667		
(22) 출원일자 2000년 03월 14일		
(30) 우선권주장 (71) 출원인	9/270, 133 1999년 03월 16일 미국(US) 프랙스에어 에스.티. 테크놀로지, 인코포레이티드 로버트 에이. 바셋	
(72) 발명자	미국 06473 코벡티커트주 노쓰 헤이븐 새킷트 포인트 로드 441 허머빅, 프랭크제이.	
(74) 대리인	미국 46214-3822 인디애나인디애나폴리스웨스트레이크로드 6818 남상선	

심사청구 : 없음

(54) 내마모성 준결정형 코팅제

요약

본 발명은 준결정 함유 합금으로 형성된 열적으로 분무되는 코팅제에 관한 것이며, 상기 합금은 필수적으로 10 내지 45 중량%의 Cu, 7 내지 22 중량%의 Fe, 0 내지 30 중량%의 Cr, 0 내지 30 중량%의 Co, 0 내지 20 중량%의 Ni, 0 내지 10 중량%의 Mo, 0 내지 7.5 중량%의 W 및 나머지 양의 알루미늄과 함께 필수적인 불순물로 이루어진다. 합금은 50 중량% 이상의 ψ상을 함유한다. 코팅제는 최소한 약 HR15N 75의 매크로경도를 갖는다.

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 알루미늄-구리-철 준결정 합금에 관한 것이며, 구체적으로는 비접착성을 나타내는 내마모성 준결정형 코팅제에 관한 것이다.

준결정체는 그 구조가 전통 결정학 방법론에 포함되는 것으로 고려될 수 없는 물질이다. 준주기적 구조물은 긴 범위의 배향 순서를 갖지만, 전이 주기성은 부족하다. 통상적인 결정체는 단일의 기하학적 원자 배열을 갖는 반복되는 복사체, 즉 벽돌과 같이 적층되는 단위-셀로 구성된다. 준결정체는 한편으로는 원자 클러스터의 단일 유형으로 제조되지만, 이웃하는 클러스터가 중첩되어, 이웃하는 것과 원자를 공유하는 점에서 상이하다. 클러스터가 원자를 공유함으로써 중첩되는 경우(준주기적 패킹), 이들은 통상의 주기적인 반복되는 패킹 패턴보다 더 치밀한 원자 어레이를 형성한다.

준결정체의 비주기적인 구조물은 단일 물질내에 포함되는, 이전에는 수득할 수 없었던 광범위한 범위의 물질적 성질을 갖는다. 준결정체는 약 1100°C 이하에서 안정하게 유지되는 반면 불량한 열전도성을 나타낸다. 이와 같이, 열전도성 표면상의 얇은 층은 열을 고르게 분포시켜 '과열점(hot spots)'을 제거할 것이다. 이러한 경질 코팅제는 마모 및 스크래치(scratch) 저항성을 증가시킨다. 또한, 마찰 및 전자적 구조물은 낮은 계수(낮은 표면 에너지)로 인해, 비접착성을 갖는다. 마지막으로, 상기 구조물은 부식 및 산화 모두에 대한 저항성을 제공한다.

연구자들은 800개가 넘는 상이한 준결정 합금을 감정하였다. 대부분의 이들 합금은 알루미늄, 구리 및 철의 배합체를 함유한다. Al-Cu-Fe 합금은 원자 비율로 Al₆₅Cu₂₀Fe₁₅로서 확인되는 특성의 20면체 준결정체를 수득한다. (본원에서는 구체적으로 다르게 언급하지 않는 한, 모든 조성물을 중량%로 나타낸다). 또한, 일부 경우에, 이들 합금은 크롬, 코발트 및 니켈과 같은 부가 합금 원소를 함유한다. 이것은 합금이 특성의 조작 조건을 수용할 수 있게 한다. 예를 들어, 두보이스(DuBois) 등의 미국 특허 제 5,204,191호에는 준결정형 상을 함유하는 수개의 Al-Cu-Fe 합금이 기술되어 있다.

그러나, 화학 조성에 관계없이, 준결정체는 통상적인 제조물에 사용하기에는 알맞지 않다. 준결정체는 용이하게 주조되거나 형성될 수 없지만, 이들은 분말로 분쇄되고 열적으로 분무되어 코팅제로 유용한 접착제를 형성할 수 있다. 그러나, 공지된 바에 의하면, 이들 합금 어느 것도 상업적인 용도로 보급되지 않았다.

발명이 이루고자하는 기술적 과제

본 발명의 목적은 내마모성을 개선시키기 위해 경도가 증가된 Al-Cu-Fe 준결정 합금을 생성하는 것이다. 본 발명의 또 다른 목적은 비접착성 및 내산화성을 갖는 Al-Cu-Fe 준결정 합금 코팅제를 생성하는 것이다.

본 발명의 또 다른 목적은 고밀도의 평활한 표면을 갖는 Al-Cu-Fe 준결정 합금을 생성하는 것이다.

발명의 구성 및 작용

본 발명은 준결정 함유 합금으로 형성된 열적으로 분무되는 코팅제에 관한 것이며, 상기 합금은 필수적으로 10 내지 45 중량%의 Cu, 7 내지 22 중량%의 Fe, 0 내지 30 중량%의 Cr, 0 내지 30 중량%의 Co, 0 내지 20 중량%의 Ni, 0 내지 10 중량%의 Mo, 0 내지 7.5 중량%의 W 및 나머지 양의 알루미늄과 함께 부수적인 불순물로 이루어진다. 합금은 50 중량% 이상의 ψ 상을 함유한다. 코팅제는 최소한 약 HR15N 75의 매크로경도를 갖는다.

코팅제는 유해한 양의 δ 상을 피하기에 충분한 빠른 속도로 열적으로 분무되는, 약 50 중량%의 ψ 상을 갖는 내마모성 Al-Cu-Fe 합금으로 구성된다. 유용하게는, 이러한 합금은 약 60 중량% 이상의 ψ 상을 함유한다. 보편적으로는, 이것은 약 60 내지 90 중량%의 ψ 상을 함유한다. 가장 유용하게는, 합금은 70 중량% 이상의 ψ 상을 함유한다. 열적으로 분무되는 코팅제는 우수한 경도, 밀도 및 표면 평활도를 갖는다. 유용하게는, 코팅제는 약 240 Ra 미만의 조도 및 약 5% 미만의 다공성을 갖는다. 또한, 이러한 준결정 합금은 내부식용으로 크롬 또는 코발트를 함유한다.

알루미늄, 구리, 철 및 크롬을 진공 용융시키고, 불활성 기체를 분말화시켰다. 분말을 분석한 결과, Cu가 17.5 중량%, Fe이 13.3 중량%, Cr이 15.3 중량%였고, 나머지는 알루미늄이었다. 이 분말은 완전히 구형이었으며, 유동성이 없었다. 표 1은 사이징(sizing) 후에 불활성 기체를 분말화시킨 AlCuFeCr 준결정 분말의 보편적인 성질을 기재한 것이다.

[표 1]

크기	+75 μ m	0.02%
	+63 μ m	5.40%
	-63 μ m	94.58%
겉보기 밀도	2.14 g/cm ³	
유속 (ASTM B213)	30초	

합금의 불규칙한 격자 구조로 인해, x-선 회절법(XRD)으로 준결정을 확인하였다. 준결정 또는 (20면체(ψ)) 상의 위치는 대략 23, 25, 41, 44, 62.5 및 75 이고, 20면체는 20개의 면을 갖는 다각형이며, 10면체는 10개의 각과 10개의 면을 갖는 다각형이다. 분말화되고, 사이징된 분말은 단지 소량의 ψ 상을 나타냈다. 오히려, 10면체 상(δ)이 우세하였다. 2가지 상의 존재는 액체에서 고체로 진행하는데 있어서의 냉각속도에 기여한다. 냉각 속도 및 이후 분말 입자의 고화는 형성된 상평형에 상당한 영향을 미쳤다. 매우 빠른 속도에서, 준안정의 ψ 가 형성되며; 고화가 느린 경우에는 δ 상 또는 이것의 유사상이 형성된다. 시차 열분석(Differential thermal analysis)을 분말에 대해 수행한 결과 용융 온도는 약 1044 $^{\circ}$ C였다.

분말로 감소된 경우, 이러한 준결정은 여러 종류의 장비로 열적 분무를 용이하게 한다. 이는 플라즈마, HVOF, 폭발 및 기타 유형의 열적 분무 장치를 포함한다. 그러나, 이러한 예로 플라즈마가 응용의 유일 수단으로 선택되었다. 피복제를 도포하는데 사용된 장치는 프랙스어 SG-100 플라즈마 건이었다. 이것은 ABB IRB 2400 로봇의 아암에 장착시켜 자동 분무를 용이하게 하고 일관성을 보장하였다.

접착성이 있고 치밀한 '경질' 코팅제는 플라즈마 형성 기체로서 아르곤 및 헬륨을 갖는 매쉬(Mach) 1 모드 중의 SG-100 을 사용하여 도포된다. 표 2의 출발 파라미터들은 순수한 알루미늄-구리-철 준결정체에 대해서 설정된 것들로 구성되었다.

[표 2]

애노드	2083-358
캐소드	2083-112
기체 주입기	2083-113
전류	800 Amps
1차 기체 (Ar)	37.8 l /분
2차 기체 (He)	20.0 l /분
운반 기체 (Ar)	5.6 l /분
분말 공급률	20.0 g/분
분무 거리	76 mm
분말 크기	-45 μ m+5 μ m

상기 표에는 11개의 파라메트릭 변수들이 기재되어 있다. 이 중 4개는 활성 및 비조절가능한 파라미터이다. 이들은 애노드, 캐소드, 가스 주입기 및 분말 크기가 포함된다. 2개의 파라미터, 즉 전압 및 운반 기체 흐름은 활성 및 조절가능한 파라미터이지만, 전압은 2차 기체 흐름을 통해 조절되는 반면, 운반 기체 흐름은 고정될 수 있다. 5개의 활성 및 조절가능한 파라미터들은 암페어수, 1차 기체 흐름, 2차 기체 흐름, 분말 공급률 및 분무 거리이다. 이들 파라미터들은 코팅제의 경화를 최적화시키는데 불충분하기 때문에, 건 트레이스(traverse) 속도 또는 통과시마다 침착되는 양이 부가된다.

매쉬 1 코팅제는 0.51 내지 0.74mm의 두께로 도포된다. 평가되는 코팅제 특성에는 마이크로-(DPH₃₀₀) 및 매크로경도 (HR15N) 시험; 이미지 분석을 사용하여 결정되는 밀도 및 산화물 함량을 포함하는 미세구조; 표면 조도; 상 분포에 대한 XRD; 및 장력/결합 시험이 포함된다. 매크로경도 결과만을 기초로 하여, 최적화된 분무 파라미터를 유도하였다. 건 트레이스 속도와 함께, 표 2로부터의 6개의 활성 및 조절가능한 파라미터를 고저 범위로 제시하였다. 표 3은 조절된 파라미터를 기재한 것이다.

[표 3]

암페어수	750	800	850
2차	15	20	25
1차	32.8	37.8	42.8
트래버스	250	305	355

하기 표 4에는 각각의 분무건에 대해서 보고된 록웰(Rockwell) 15N 경도와 함께 3가지 수준의 직각 어레이 중의 시험으로부터 수득한 결과 및 수득된 표면 거칠기 또는 텍스처(texture)를 제시하였다.

[표 4]

시험	Amps	2차 기체 (He) l/분	1차 기체 (Ar) l/분	분말 공급속도 g/분	분무 거리 mm	건 트래버스 속도 cm/분	경도 HR15N	텍스처 Ra
1	750	15	32.8	15	76	250	78.2	322
2	750	15	32.8	15	89	305	77.5	269
3	750	15	32.8	15	102	355	77.1	282
4	750	20	37.8	20	76	250	73.4	285
5	750	20	37.8	20	89	305	74.0	267
6	750	20	37.8	20	102	355	77.6	268
7	750	25	42.8	25	76	250	69.4	303
8	750	25	42.8	25	89	205	74.7	275
9	750	25	42.8	25	102	355	75.2	298
10	800	15	37.8	25	76	305	75.3	284
11	800	15	37.8	25	89	355	71.7	252
12	800	15	37.8	25	102	250	75.9	252
13	800	20	42.8	15	76	305	80.5	302
14	800	20	42.8	15	89	355	76.6	313
15	800	20	42.8	15	102	250	71.4	312
16	800	25	32.8	20	76	305	77.0	278
17	800	25	32.8	20	89	355	75.6	244
18	800	25	32.8	20	102	250	74.1	245
19	850	15	42.8	20	76	355	78.9	305
20	850	15	42.8	20	89	250	75.3	291
21	850	15	42.8	20	102	305	73.3	325
22	850	20	32.8	25	76	355	74.6	264
23	850	20	32.8	25	89	250	73.6	266
24	850	20	32.8	25	102	305	75.6	248
25	850	25	37.8	15	76	355	73.7	359
26	850	25	37.8	15	89	250	73.4	284
27	850	25	37.8	15	102	305	75.9	348
기선							73.0	268

타구치(Taguchi) L27내로 삼입된, 3가지 수준의 직각 어레이, 즉 각각의 파라메트릭 변수의 고, 중 및 저 수준을 이들 서로의 상호작용과 관련하여 평가하였다. 코팅제의 경도를 예측하는데 사용되는 파라미터 반응 표 및 계산 방법을 하기 표 5 및 6에 제시하였다. 하기 표 5는 3가지 수준에서 활성-조절가능한 파라미터에 대해 계산된 평균 경도를 함유하는 반응 표를 예시하는 것이다.

[표 5]

	경도 (HR15N)
Amps A	75.23
2차 B	75.91
1차 C	75.92
공급 속도 D	76.11 75.47
거리 E	75.67
트래버스 F	73.86 76.06

하기 표 6은 표 5의 결과를 기초로 한 고 경도(μ)에 대한 계산 방법을 제시한 것이다.

[표 6]

$\mu = T + (A2-T) + (B1-T) + (C1-T) + (D1-T) + (E1-T) + (F2-T)$
$\mu = 75.19 + (75.34 - 75.19) + (75.91 - 75.19) + (75.92 - 75.19) + (76.11 - 75.19) + (75.67 - 75.19) + (76.06 - 75.19)$
$\mu = 75.19 + (0.15) + (0.72) + (0.73) + (0.92) + (0.48) + (0.87)$
$\mu = 79.06 \text{ HNR15N}$

HR15N 79.06의 보편적인 경도를 갖는 코팅제를 침착시키기 위해서, 상기 반응 표와 관련해서 최적값을 설정하는 주어진 파라미터에 대한 가장 높은 경도값을 선택한 것이 하기 표 7에 제시되어 있다.

[표 7]

암페어수	800
2차 기체 (He)	15 l /분
1차 기체 (Ar)	32.8 l /분
공급 속도	15.6 g/분
유반 기체 (Ar)	5.6 l /분
분무 거리	76 mm
트래버스 속도	250cm/분

[표 8]

PH ₃₀₀	353 (Rc36)
HR15N	78.0 (Rc36)
밀도	97.0%
UTS AISI 316	49.88 MPa
UTS SAE 4140	41.51 MPa
UTS 6061T6	17.93 MPa
텍스처	232 Ra
침착 효율	66%

표 8은 표 7의 최적화된 파라미터로부터 유도된 평균 코팅제 성질을 나타낸 것이다. 반응 표로부터, 경질이고, 20면체(ψ) 상중에 많은 치밀하고 잘 결합된 준결정형 코팅제를 가장 잘 생성하는 것으로 보이는 파라미터들이 표 8에 제시되어 있다.

기선 코팅제는 약 70 중량%의 ψ 상(20면체)와 함께 β 상(6면체) 및 δ 상(10면체)를 함유하였다. 피크의 폭은 코팅제가 매우 미세하게 입자화($<1\mu\text{m}$)된 것을 제시한다. 기선 코팅제는 다공성 및 미세한 트랜스-스플래트 크래킹(trans-splat cracking)을 함유하였다. 비평형 상태에 있는 것으로 생각되는 최적화된 코팅제는 70 중량%의 ψ 상 및 β 상을 함유하였다. 일부 δ 상은 가장 높은 세기의 피크의 왼편 예상에서 관찰되었다. 최적화된 파라미터는 밀도를 개선시켰지만, 트랜스 스플래트 크래킹은 유지시켰다.

구형이고, 흐름이 자유롭고, 불활성 기체로 분말화된 AlCuFeCr 합금 분말은 높은 비율의 불규칙한 20면체(ψ) 상, 3차원 준결정체를 함유하지 않았다. 오히려, 이것의 냉각 속도로 인해, 상기 합금 분말은 상당량의 10면체(δ)상 및 6면체(β)상으로 구성된다. 이들은 모두 준결정형 상인 반면에, ψ 상의 불규칙한 격자를 함유하지 않는다. 그럼에도 불구하고, 플라즈마가 적당한 조건하에서 분무되는 경우에, 플라즈마는 ψ 상으로 복귀된다. 즉, ψ 상의 전자적 구조는 낮은 표면 에너지에 기여하여 방출성을 양호하게 한다.

하기 표 9는 열 분무된 코팅제의 조성물을 '대략적인' 중량%로 나타내는 것이다.

[표 9]

원소	광범위한 양	중간 양	편협한 양
Al	나머지 *	나머지 *	나머지 *
Cu	10 - 45	12 - 24	15 - 20
Fe	7 - 22	10 - 20	10 - 16
Cr	0 - 30	5 - 25**	10 - 20
Co	0 - 30	0 - 20**	0 - 15
Ni	0 - 20	0 - 15	0 - 10
Mo	0 - 10	0 - 7.5	0 - 5
W	0 - 7.5	0 - 6	0 - 5
* 부수적인 불순물 함유			
** Cr + Co 는 10 이상이다.			

파라메트릭 조정은 또한 합금의 원자 구조를 변경할 수 있다. 그러나, 본원의 데이터로부터, 열 에너지 및 운동 에너지가 모두 변하고, 냉각 속도가 변경되고, 결과적으로 생성된 코팅제가 이러한 변화를 반영하는 것은 자명하다. 또한, 변형을 위해 초기에 최적화된 이들 성질은 현저하게 개선되었다. 예를 들어, 경도는 HR15N 75 이상의 수준으로 개선되었다. 또한, 매쉬 1-고속도 분무시킴으로써, 분말은 충분히 가열되고 냉각되어 δ 상(10면체)이 저마찰성 ψ 상(20면체)로 전환된다.

코팅제의 금속학과 관련하여, 개개의 스플래트내의 광범위한 크래킹은 예측되지 않는다. 20면체 준결정체는 주위 온도에서 부서지기 쉬운 반면에, 고온에서 가소적으로 변형된다. 이와 같이, 개개의 스플래트가 연성 유형의 성형 보다는 전단 및 크래킹에 의해 거칠게 된 기관에 따라 형성적으로 맞춰지는 것이 인식되지 않았다. 이것은 기상의 적하물이 충분히 가열되어 기관의 외형상에서 용이하게 맞춰지는 것으로 간주되는데, 사실은 그렇지 않다. 준결정체는 열전도도가 불량하여 분무되는 경우, 모든 수준의 투입되는 열에너지가 고려되어야 한다. 이는 1차 응용 장치로서 다양한 고속도의 기구를 사용하는 경우에 중요할 수 있다.

준결정 코팅제의 가능한 용도로는 조리기구용의 눌러붙지 않는 표면; 증기 다리미 밀판; 열적 장벽 밀반침; 윤활 및 베어링 표면; 눌러붙지 않는 종이 및 유리 제조 롤; 피스톤 고리; 에어포일 도프테일(airfoil dovetail)용 부식방지 보호; 밸브 및 게이트와 같은 슬라이딩 마모 응용체; 클러치 플레이트; 및 에어 컨디셔너 압축기 '와블(wobble)'플레이트가 포함된다. 이들 코팅제는 금속 및 비금속 기관 모두의 분무를 용이하게 한다. 매우 매끄러운 표면 또는 수명이 긴 테플론(테플론은 듀폰트(DuPont)사의 불소화된 에틸렌 프로필렌의 제품명이다) 대체가 요구되는 모든 분야에 준결정 코팅제가 사용될 수 있다. 이들 코팅제는 또한 카르바이드, 금속, 나노카르바이드, 니트라이드, 옥사이드 및 중간 금속 화합물과 같은 경질의 입자를 첨가함으로써 개선될 수 있다. 구체적인 예로는 알루미늄, 크로미아, 몰리브덴, 및 텅스텐, 크롬, 티탄 및 바나듐의 카르바이드가 포함된다.

발명의 효과

본 발명의 코팅제는 우수한 내마모성에 대하여 HR15N 75 이상의 경도를 갖는다. 또한, 준결정형 합금은 우수한 비접착성에 대해서 50 중량% 이상의 ψ 상을 함유한다. 최종적으로, 본 발명의 코팅제는 240Ra 미만의 평활한 표면을 형성하며, 5% 미만의 다공성을 갖는다. 코팅제의 조합된 성질은 다양한 내마모성 응용에 유용하다.

본 발명이 일부 바람직한 구체예와 관련하여 상세하게 설명하게 설명되었을지라도, 당업자들은 하기 청구범위의 사상 및 범위내에서 본 발명의 다른 구체예가 있다는 것을 인지할 것이다.

(57) 청구의 범위

청구항 1

준결정 함유 합금으로 형성된 열적으로 분무되는 코팅제로서, 상기 합금이 필수적으로 약 10 내지 45 중량%의 Cu, 약 7 내지 22 중량%의 Fe, 약 0 내지 30 중량%의 Cr, 약 0 내지 30 중량%의 Co, 약 0 내지 20 중량%의 Ni, 약 0 내지 10 중량%의 Mo, 약 0 내지 7.5 중량%의 W 및 나머지 양의 알루미늄과 함께 부수적인 불순물로 이루어지고, 약 50 중량% 이상의 ψ 상을 함유하며, 매크로 경도가 약 HR15N 75 이상인 코팅제.

청구항 2

제 1항에 있어서, 코팅제가 약 5% 미만의 다공성 및 약 240 Ra 미만의 조도를 가짐을 특징으로 하는 코팅제.

청구항 3

제 1항에 있어서, 합금이 약 60 중량% 이상의 ψ 상을 함유함을 특징으로 하는 코팅제.

청구항 4

제 1항에 있어서, 코팅제가 카르바이드, 금속, 나노카르바이드, 니트라이드, 옥사이드 및 중간 금속 화합물로 이루어진 군으로부터 선택되는 경질의 입자를 함유함을 특징으로 하는 코팅제.

청구항 5

준결정 함유 합금으로 형성된 열적으로 분무되는 코팅제로서, 상기 합금이 필수적으로 약 12 내지 24 중량%의 Cu, 약 10 내지 20 중량%의 Fe, 약 5 내지 25 중량%의 Cr, 약 0 내지 20 중량%의 Co(Cr와 Co의 전체량은 약 10 중량% 이상이다), 약 0 내지 15 중량%의 Ni, 약 0 내지 7.5 중량%의 Mo, 약 0 내지 6 중량%의 W 및 나머지 양의 알루미늄과 함께 부수적인 불순물로 이루어지고, 약 50 중량% 이상의 ψ 상을 함유하며, 매크로 경도가 약 HR15N 78 이상인 코팅제.

청구항 6

제 5항에 있어서, 코팅제가 약 5% 미만의 다공성 및 약 240 Ra 미만의 조도를 갖고, 합금이 약 60 중량% 이상의 ψ 상을 함유함을 특징으로 하는 코팅제.

청구항 7

제 5항에 있어서, 코팅제가 카르바이드, 금속, 나노카르바이드, 니트라이드, 옥사이드 및 중간 금속 화합물로 이루어진 군으로부터 선택되는 경질의 입자를 함유함을 특징으로 하는 코팅제.

청구항 8

준결정 함유 합금으로 형성된 열적으로 분무되는 코팅제로서, 상기 합금이 필수적으로 약 15 내지 20 중량%의 Cu, 약 10 내지 16 중량%의 Fe, 약 10 내지 20 중량%의 Cr, 약 0 내지 10 중량%의 Co, 약 0 내지 10 중량%의 Ni, 약 0 내지 5 중량%의 Mo, 약 0 내지 5 중량%의 W 및 나머지 양의 알루미늄과 함께 부수적인 불순물로 이루어지고, 약 50 중량% 이상의 ψ 상을 함유하며, 매크로 경도가 약 HR15N 78 이상인 코팅제.

청구항 9

제 8항에 있어서, 코팅제가 약 5% 미만의 다공성 및 약 240 Ra 미만의 조도를 갖고, 합금이 약 70 중량% 이상의 ψ 상을 함유함을 특징으로 하는 코팅제.

청구항 10

제 8항에 있어서, 코팅제가 카르바이드, 금속, 나노카르바이드, 니트라이드, 옥사이드 및 중간 금속 화합물로 이루어진 군으로부터 선택되는 경질의 입자를 함유함을 특징으로 하는 코팅제.