

【발명의 설명】

【발명의 명칭】

비정질 내면 코팅된 파이프 및 그 제조방법{COATED PIPE HAVING AMORPHOUS INNER SURFACE AND METHOD OF MANUFACTURING THE SAME}

【기술분야】

본 발명은 비정질 내면 코팅된 파이프에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는, 파이프의 내면에 비정질 합금 분말을 코팅함으로써, 코팅 이후에도 비정질 구조의 유지가 가능하여 파이프의 코팅밀도, 내부식성 및 내마모성을 향상시킬 수 있는 비정질 내면 코팅된 파이프 및 그 제조방법에 관한 것이다.

【발명의 배경이 되는 기술】

철강(Iron and Steel)은 중화학공업 전반에 걸쳐 사용되는 매우 기초적인 소재로서, 철강산업은 전방연쇄효과(forward linkage effect: 어떠한 하나의 산업발전이 타 산업에 미치는 경제적 효과)과 큰 산업으로 알려져 있다. 이와 같은 철강은 주로 판재나 봉, 그리고 파이프의 형태로 제작되는데, 이 중 파이프(pipe)는 화학, 정유 및 발전소 등 다양한 산업분야에서 우리 몸의 혈관과도 같은 역할을 하고 있으며, 특히, 화학이나 환경 등의 산업분야에서는 내부식성/내마모성이 보다 우수한 파이프의 요구와 수요가 증가하고 있는 추세이다.

이러한 요구/수요에 대응하기 위하여, 파이프의 내면에 다양한 유·무기 재료를 코팅하는 시도가 이루어지고 있으며, 이를 적용한 파이프는, 판재(또는 모재)를 나선형(spiral) 등의 다양한 형태로 접어서 용접한 후, 상기와

같은 재료를 용사코팅 등의 방식으로 파이프 내면에 코팅시키는 등의 방법으로 제작되고 있다.

하지만, 상기와 같은 기존 제작 방법의 경우, 코팅 자체에 불편함이 있을 뿐만 아니라, 용사코팅 장비의 한계로 인하여 파이프의 내경이 작을수록 코팅하는 데에 어려움이 있다. 특히, 파이프 내경이 3 인치 이내이거나 내경 및 길이의 비율이 1 : 2 이상의 값을 가지는 경우가 그러한데, 이에 따라, 전술한 바와 같이 내부식성/내마모성이 우수한 파이프에 대한 고객의 요구가 많음에도 불구하고, 작은 내경을 가지는 파이프로의 적용은 아직까지 어려움을 겪고 있는 실정이다.

【선행기술문헌】

【특허문헌】

(특허문헌) 미국 특허공개 제3,102,187호

【발명의 내용】

【해결하고자 하는 과제】

따라서, 본 발명의 일측면에 따른 목적은, 코팅 이후에도 비정질 구조의 유지가 가능하여 파이프의 코팅밀도, 내부식성 및 내마모성을 향상시킬 수 있는, 비정질 내면 코팅된 파이프를 제공하는 것이다.

본 발명의 일측면에 따른 목적은, 내경이 작은 파이프의 내면에도 비정질 합금 분말을 용이하게 코팅시킬 수 있는, 비정질 내면 코팅된 파이프의 제조방법을 제공하는 것이다.

【과제의 해결 수단】

상기 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은,

파이프; 및

상기 파이프의 내면에 코팅층을 포함하며,

상기 코팅층은 상기 파이프의 재료와는 다른 재료의 합금 또는 금속층으로서 비정질상의 비율이 90% 이상인 파이프를 제공한다.

또한, 본 발명은, (a) 판재의 일면에 철계 비정질 합금 분말을 용사코팅하는 단계; (b) 상기 비정질 코팅된 판재를, 코팅면이 내면이 되도록 파이프의 형태로 포밍(forming)시키는 단계; 및 (c) 상기 판재가 파이프 형태를 유지하도록 이음새를 접합하는 단계;를 포함하는 비정질 내면 코팅된 파이프의 제조 방법을 제공한다.

【발명의 효과】

본 발명의 실시예들에 따른 비정질 내면 코팅된 파이프에 의하면, 코팅 이후에도 비정질 구조의 유지가 가능하여 파이프의 코팅밀도, 내부식성 및 내마모성을 향상시킬 수 있다. 이 때 형성된 비정질 철계 합금 코팅층은 높은 비정질상을 유지한다.

또한, 본 발명의 실시예들에 따른 비정질 내면 코팅된 파이프의 제조방법에 의하면, 내경이 작은 파이프의 내면에도 비정질 합금 분말을 용이하게 코팅시킬 수 있는 장점이 있다. 또한, 본 발명의 비정질 내면 코팅된 파이프는 그 제조가 용이하여 생산성이 우수하다는 장점을 가진다.

【도면의 간단한 설명】

도 1은 본 발명에 따른 철계 비정질 합금분말의 XRD 그래프로서,

(a)~(e)는 각각 실시예 1, 3, 6, 7, 8의 철계 비정질 합금분말에 대한 그래프이다.

도 2는 비교예에 따른 철계 합금분말의 XRD 그래프로서, (a)~(c)는 비교예 1, 5, 7의 철계 합금분말에 대한 그래프이다.

도 3은 본 발명의 실시예 7에 따른 철계 비정질 합금분말(a)과 그 단면(b), 그리고 비교예 7에 따른 철계 합금분말(c) 및 그 단면(d)을 SEM 분석한 사진이다.

도 4는 본 발명에 따른 코팅물 시편의 XRD 그래프로서, (a)~(e)는 각각 실시예 1, 3, 6, 7, 8의 철계 비정질 합금분말을 적용한 코팅물 실시예 9, 11, 14, 15, 16 시편의 XRD 그래프이다.

도 5는 비교예의 코팅물 시편 XRD 그래프로서, (a)~(c)는 각각 비교예 1, 5, 7의 철계 합금분말을 적용한 코팅물 비교예 8, 12, 14 시편의 XRD 그래프이다.

도 6은 본 발명에 따른 철계 비정질 합금분말을 이용한 용사 코팅물과 비교예의 합금분말을 이용한 용사 코팅물의 표면 이미지로서, (a)~(c)는 각각 실시예 1, 7, 8의 비정질 합금분말을 이용한 용사 코팅물의 표면 이미지이고, (d)~(g)는 각각 비교예 1, 3, 5, 7의 합금분말을 이용한 용사 코팅물의 표면 이미지이다.

도 7은 본 발명에 따른 실시예 1, 3, 6, 8의 철계 비정질 합금분말을 이용한 용사 코팅물 시편의 단면을 광학 현미경으로 관찰한 이미지(배율 200배)로서, (a)~(d)는 각각 실시예 9, 11, 14, 16 시편의 단면을 관찰한 이미지이다.

도 8은 비교예 1, 4, 7의 합금분말을 이용한 용사 코팅물 시편의 단면을 광학 현미경으로 관찰한 이미지(배율 200배)로서, (a)~(c)는 각각 비교예 8, 11, 14 시편의 단면을 관찰한 이미지이다.

도 9 내지 11은 본 발명에 따른 파이프 내 비정질 합금층의 비부식/부식된 단면을 광학 현미경으로 관찰한 이미지이다.

도 12는 통상적인 파이프 내면 시편의 비부식된 단면(a)과 부식된 단면(b)을 광학 현미경으로 관찰한 이미지이다.

도 13은 본 발명에 따른 파이프 내 비정질 합금층의 마모 정도를 광학 현미경으로 관찰한 이미지이다.

도 14는 통상적인 파이프 내면 시편의 마모 정도를 광학 현미경으로 관찰한 이미지이다.

【발명을 실시하기 위한 구체적인 내용】

이하, 본 발명을 상세히 설명한다.

본 명세서에서 비정질이란 통상의 비결정질, 비정질상으로도 사용되는 고체 내 결정이 이루어지지 않은, 즉 규칙적인 구조를 가지지 않는 상을 말한다.

또한, 본 명세서에서 코팅층이란 철계 비정질 합금분말을 이용하여 만들어지는 코팅막 등을 포함하는 것이며, 이들은 주로 용사 코팅에 의해서 만들어진다.

또한 본 명세서에서 철계 비정질 합금분말이란, 철이 가장 많은 중량비로 포함되며, 분말내 비정질이 단순히 포함된 것이 아니라 실질적으로 대부분을 차지하는 것으로서 예컨대 비정질의 비율이 90% 이상인 것을

말한다.

전술한 바와 같이, 철강을 원료로 하는 파이프(pipe)는 화학, 정유 및 발전소 등 다양한 산업분야에서 중추적인 역할을 하고 있고, 특히, 화학이나 환경 등의 산업분야에서는 파이프의 내부식성/내마모성이 보다 요구되고 있는데, 이를 만족시키기 위하여 파이프의 내면에 다양한 유·무기 재료를 코팅하는 시도가 이루어지고 있다. 이와 더불어, 최근 합금 분말을 코팅 적용하여 다양한 부재의 강성을 확보하고자 하는 노력이 지속되고 있다. 이와 같은 합금 분말은 통상 탄소(C), 크롬(Cr) 및 철(Fe) 등을 주요 원소로 하여 밀도, 내부식성 및 내마모성 등의 물성을 만족하도록 그 조성이 결정되며, 다양한 방식을 통하여 분말로서 제조되고 있다.

이에, 본 출원인은, 상기와 같은 철계 비정질 합금층의 원료가 되는 특정 조성의 합금 분말을 발명해 내었으며, 이로 인하여, 초고속 화염용사(HVOF, High Velocity Oxygen Fuel), 플라즈마 용사, 플레임 용사(Flame spray) 및 TWAS (Twin wire arc spray) 등과 같은 용사 코팅에 의하더라도 코팅층이 비정질 구조를 가지게 되어, 기존 파이프 대비 코팅 밀도, 내부식성 및 내마모성 등의 물성을 향상시킬 수 있고, 본 출원인은 이를 파이프의 내부 면에 적용시킨 것이다.

이와 같은 본 발명의 실시예들에 따른 비정질 내면 코팅된 파이프는, 파이프의 내면에 본 발명의 실시예에 따른 철계 비정질 합금을 코팅시킨 것일 수 있다.

본 발명의 실시예들에 따른 비정질 내면 코팅된 파이프는, 파이프 및

상기 파이프의 내면에 코팅된 철계 비정질 합금층을 포함한다.

여기서, 파이프는 판재를 포밍하여 관형상으로 만든 것으로, 그 재료는 비제한적인 열거로서 주철, 탄소강, 스테인리스 스틸, 마라징 스틸, 알루미늄, 황동 및 구리와 같은 금속은 물론, 탄소섬유 강화플라스틱 및 이와 유사한 성질을 가지는 소재, 그리고 이들의 혼합물 등을 들 수 있다.

파이프의 형상도 비제한적으로 원형, 각형, 타원형으로 형성될 수 있으며 판재를 포밍하여 형성할 수 있는 모든 형상에 적용가능하다.

본 발명의 실시예에 있어서 파이프의 직경도 제한되지 않는다. 종래 파이프의 내부에 코팅층을 형성하기 위해서는 내경이 3인치 이상인 것이 요구되었으나, 본 실시예의 경우 판재상에 코팅층을 형성한 후에 포밍이 진행되므로 작은 직경의 파이프에도 적용가능하며, 내경 및 길이의 비율이 1 : 2 이상의 값을 가지는 경우도 가능하다.

파이프에 사용되는 판재의 두께(t_1)는 용도에 따라 상이하나 통상 1mm 내지 20mm이다. 이 때 후술할 바와 같이 판재에 합금분말 코팅층이 형성되는데 합금분말 코팅층의 두께를 t_2 라고 할 때, t_2 는 다음 식을 만족하는 것이 바람직하다.

$$t_1 \cdot 0.05 \leq t_2 \leq t_1 \cdot 0.3$$

예를 들어, 파이프를 형성하는 판재의 두께가 3mm인 경우 코팅층의 두께는 0.3mm일 수 있다.

이 때, 전술한 파이프 내면의 합금분말 코팅층은 철계 비정질 합금을 사용하여 코팅시킨 것으로, 본 발명에서 사용하는 철계 비정질 합금층은 비정

질 구조를 포함하는 것으로서 코팅된 이후에도 비정질 구조를 유지하는 것을 특징으로 한다.

이하, 합금 분말을 구성하는 각 성분들의 특성 등에 대하여 구체적으로 살펴본다. 한편, 본 명세서에 있어서, '비정질'이란, 균일한 조성은 가지고 있으나, 원자 배열이 액체와 같이 흐트러져 있어, 규칙적인 결정 격자 상(crystalline)으로 되어 있지 않은 비정형 상태로서, 상기 철계 비정질 합금층은 철, 크롬 및 몰리브데늄을 주 성분으로 포함하며, 분말내 비정질이 단순히 포함된 것이 아니라 실질적으로 대부분을 차지하는 것으로서 예컨대 비정질 구조를 90 % 이상 포함하는 것일 수 있다.

상기 철계 비정질 합금은 철, 크롬 및 몰리브데늄을 포함하고, 탄소와 붕소에서 선택된 적어도 1종 이상을 더 포함하는 철계 비정질 합금분말로부터 제공된다.

상기 철계 비정질 합금분말은 일례로 아토마이징 방법에 의해 제조할 때, 비정질상의 비율이 90% 이상, 95% 이상, 99% 이상, 99.9% 이상, 실질적으로 100% 포함되는 비정질상의 비율이 높은 분말이다. 즉, 냉각속도에 따라 전술한 바와 같은 높은 비율의 비정질상을 가진 철계 비정질 합금분말이 제조된다.

한편, 철계 비정질 합금의 원료가 되는 철계 비정질 합금 분말(powder)은, 가스 아토마이저(gas atomizer) 방식에 의해 제조되는 것으로서, 구체적으로는, 헬륨, 질소, 네온 또는 아르곤 등의 불활성 기체

분위기 하의 아토마이저 내에서 용융된 상태로 분사 냉각되어 제조될 수 있다. 이와 같이 제조할 경우, 순도 높은 비정질 상의 분말 제조 형성이 가능하며, 이는, 기존의 합금 분말 대비 원자 구조부터 상이한 비정질 상태의 특수 합금 분말인 것이다.

상기 철계 비정질 합금분말은 다양한 형상과 직경으로 제조될 수 있어 그 제한이 없으며, 전술한 철계 비정질 합금을 만들기 위한 제1성분, 제2성분, 제3성분, 및 제4성분을 포함한다.

제1성분은 철(Fe)로서, 철(Fe)은 합금분말 코팅물의 강성 향상을 위하여 사용되는 성분이며, 제2성분은 크롬(Cr)으로서, 합금분말 코팅물의 물리 화학적 특성, 예를 들어, 내마모성 및 내부식성 등의 물성 향상을 위하여 사용되는 성분이며, 제2성분은 제1성분을 100중량부로 했을 때, 55.3 중량부 이하일 수 있고, 25.4 중량부 내지 55.3 중량부로 포함되는 것이 바람직하다.

제3성분은 몰리브덴(Mo)으로서, 내마모성 및 내부식성과 아울러 코팅밀도와 내마찰성을 부여하기 위하여 사용되는 성분으로, 제1성분을 100중량부로 했을 때, 84.2 중량부 이하일 수 있고, 35.6 중량부 내지 84.2 중량부로 포함되는 것이 바람직하다.

제4성분은 탄소(C)와 붕소(B)에서 적어도 하나 또는 둘을 사용하며, 제4성분은 나머지 구성 성분들과의 원자 크기 부정합(atomic size mismatch) 또는 패킹 효율(packing ratio efficiency) 등에 의해 비정질 형성능을 향상시키며, 제4성분은 제1성분을 100중량부로 했을 때, 23.7 중량부 이하, 1.7중량부 내지 23.7 중량부, 3.4 중량부 내지 23.7 중량부, 또는 3.4 중량부 내지 15 중량부로 포함되는 것이 바람직하다.

전술한 성분 외에 상기 철계 비정질 합금 분말은 텅스텐, 코발트, 이트륨, 망간, 실리콘, 알루미늄, 니오븀, 지르코늄, 인, 니켈, 스칸디움 및 이들의 혼합물로 이루어진 군으로부터 선택되는 추가성분을 의도적 또는 비의도적으로 더 포함할 수 있다. 특히, 이트륨(Y)은 비정질 성형성을 향상시키는 이트륨 산화물 형성을 플럭스로서 작용한다. 함량에 있어서 추가성분은 총합으로 중량부가 철 중량부를 100으로 했을 때 1.125 중량부 미만, 1.000 중량부 이하, 또는 0.083 중량부 이하로 사용된다. 즉, 제1성분, 제2성분, 제3성분, 제4성분, 및 추가성분의 함량이 전술한 중량비율에 맞는 경우 본 발명의 실시예에 따른 철계 합금분말로서 간주된다.

또한, 각 추가성분의 중량부는 0.9 중량부 이하, 바람직하게는 0.05 중량부 이하로 사용된다. 상기 범위를 벗어나는 추가성분이 포함되면 비정질 형성능이 현저히 감소하기 때문이다. 상기 철계 비정질 합금분말은 높은 비정질상의 비율로 인해서 자체적으로도 코팅밀도, 강도, 내마모성, 내마찰성 및 내부식성 등의 특성이 우수하다.

상기 철계 비정질 합금분말은 평균입도가 1μ 내지 150μ 범위 내일 수 있으나 이에 한정하는 것은 아니며, 용도에 따라 시빙 처리를 통해 분말 사이즈를 조절할 수 있다.

일례로, 용사코팅을 수행하고자 하는 경우, 대상 철계 비정질 합금분말은 시빙 처리를 통해 분말 사이즈를 16μ 내지 54μ 범위로 조절하여 사용할 수 있다.

3D 프린팅을 수행하고자 하는 경우, 대상 철계 비정질 합금분말 또한 방식 별로 분말 사이즈를 조절할 수 있다. 일례로 powder bed fusion 방식에

따라 3D 프린팅을 수행하고자 하는 경우에는 분말 사이즈를 20μ 이하로 조절하고, direct energy deposit 방식에 따라 3D 프린팅을 수행하고자 하는 경우에는 분말 사이즈를 54μ 내지 150μ 범위로 조절하여 사용할 수 있다.

상기 파이프 내면에 코팅된 철계 비정질 합금의 두께는 0.05 내지 0.3 mm, 바람직하게는 0.1 내지 0.3 mm 또는 0.05 내지 0.2 mm, 더욱 바람직하게는 0.075 내지 0.125 mm로서, 상기 철계 비정질 합금의 두께가 상기 범위를 벗어날 경우에는, 본 발명이 목적으로 하는 비정질 내면 코팅 파이프의 코팅밀도, 내부식성 또는 내마모성을 만족하지 못할 수 있다. 한편, 상기 철계 비정질 합금은 상기 파이프 내측의 표면 전체에 코팅될 수도 있고, 구부러지거나 접힌 부분 등 강도 보강이 필요한 파이프 내측 표면의 일부 부위에만 코팅될 수도 있으나, 가급적 상기 파이프 내면에 60% 이상, 바람직하게는 70~95%, 보다 바람직하게는 75~100% 범위로 형성되는 것이 파이프의 부식보호 및 수명연장을 제공할 수 있어 바람직하다.

그 밖에, 상기 철계 비정질 합금은, 필요에 따라 격자무늬 형상 등 다양한 패턴으로 형성될 수도 있다.

상기 철계 비정질 합금분말은 재용융 또는 고온에 노출되어 다시 냉각되어 고화되더라도 전술한 비정질 비율을 유지한다. 이 때, 아토마이징 방법에 의해 제조된 철계 비정질 합금분말 내의 비정질의 비율(a)과 철계 비정질 합금분말을 그 합금의 용융점 이상으로 용융한 후 재냉각하여 만들어진 합금의 비율(b)은 다음 식을 만족한다.

[식 1]

$$0.9 \leq b/a \leq 1$$

여기서 상기 (b)를 도출하기 위해 철계 비정질 합금분말을 그 합금의 용융점 이상으로 용융한 후 재냉각하여 합금을 제조하는 방식으로는, 일례로 용사코팅, 3D 프린팅, 야금 등을 비롯한 통상의 주조 방식이 해당할 수 있다.

또한, 상기 [식 1]의 b/a 비율은 바람직하게는 0.95 내지 1일 수 있고, 더욱 바람직하게는 0.98 내지 1 일 수 있으며, 보다 더 바람직하게는 0.99 내지 1 일 수 있다.

또한, 상기 철계 비정질 합금분말은 전기/자기적 물성도 우수하여 연자성 분말로 제조할 수도 있다.

상기 철계 비정질 합금분말은, 초고속 화염용사(HVOF, High Velocity Oxygen Fuel), 플라즈마 용사 및 아크와이어 용사 등과 같은 용사 코팅 등의 일반적인 코팅공정에 적용하여 코팅층을 제조할 수 있으며, 이 경우 해당 코팅층이 비정질 구조를 가지게 되었으며, 이를 파이프의 내측 표면에 적용함으로써 강도, 내부식성, 내마모성과 내마찰성 등의 물성을 비약적으로 향상시켰다.

일례로, 철계 비정질 합금분말은 용사 코팅 공정에 적용되어 피용사체에 코팅층 또는 코팅막을 형성한다.

용사(spray)는 금속이나 금속 화합물을 가열해서 미세한 용적 형상으로 해서 가공물의 표면에 분무시켜 밀착시키는 방법으로 초고속 화염용사 코팅(HVOF), 플라즈마 코팅, 레이저 클래딩 코팅, 일반 화염용사 코팅, 디퓨전 코팅 및 콜드 스프레이 코팅, 진공 플라즈마 코팅(VPS, vacuum plasma spray), 저압 플라즈마 코팅(LPPS, low-pressure plasma spray), TWAS (Twin wire arc spray) 등이 이에 속한다.

용사는 철계 비정질 합금분말을 용융하여 용적화하여 성형체를 만드는 공정으로서 고온에 노출되어 용융된 비정질 합금분말들이 급격히 냉각되지 못하여 공정 중 전부 또는 일부가 결정질화가 이루어져서 비정질의 비율이 현저히 감소한다.

따라서 종래의 비정질 금속분말은 비정질 비율이 높으나 제조된 성형품에서는 비정질의 우수한 성질을 확보하지 못하게 된다.

그러나 본 발명에 따른 철계 비정질 합금분말은 급격한 냉각속도를 확보하지 않더라도 비정질을 형성하는 비정질 형성능이 우수하므로 전술한 표면 처리에 의해 코팅층을 제조하는 공정을 거치더라도 비정질의 비율이 코팅층에서 낮아지지 않는다.

즉, 비정질상의 비율이 90% 이상, 99% 이상, 99.9% 이상, 실질적으로 100% 포함되는 높은 분말인 철계 비정질 합금분말이 용사의 재료로 사용되는 경우, 코팅물은 비정질상을 전체 구조에 대하여 90% 이상, 95% 이상, 99% 이상, 99.9% 이상, 실질적으로 100부피%로 포함하기 때문에, 물성이 매우 우수하다. 특히, 본 발명의 합금분말로 초고속 화염 용사 코팅을 수행하는 경우에는, 비정질 비율이 실질적으로 그대로 유지되기 때문에 물성 향상 정도가 극대화된다.

또한, 상기 철계 비정질 합금분말은 측정시 코팅밀도(coating density)가 99~100%로 매우 높아 기공을 통해서 부식물의 침투가 억제된다.

상기 철계 비정질 합금 분말의 입도는 10 내지 100 μm , 바람직하게는 15 내지 55 μm 로서, 상기 합금 분말의 입도가 10 μm 미만인 경우, 용사 코팅 공정상 작은 입자들이 용사 코팅 건(gun)에 달라붙어 작업 효율성이 저하될 우

려가 있고, 100 μm 를 초과하는 경우에는 완전히 용해되지 못하고 모재에 부딪혀(즉, 코팅층을 형성하지 못하고 바닥으로 떨어져) 코팅 생산성 및 효율이 저하되는 문제가 발생할 수 있다.

특히 초고속 화염용사에 의해 형성되는 합금의 경우, 기존과 달리 단면적(cross section)에 기공이 거의 존재하지 않아, 99 내지 100 %, 바람직하게는 99.5 내지 100 %, 더욱 바람직하게는 99.8 내지 100 %의 최대 밀도(full density)를 나타내며, 기공이 존재하더라도 약 0.2 내지 1.0 %에 불과한 기공율을 나타낼 수 있다.

즉, 초고속 화염용사 코팅이 수행되면 여러 번의 path가 쌓이는 구조가 형성되고, 구체적으로 각 층에 산화물(검정 색상)이 쌓이고, 파도 물질과 같은 형상으로 다수의 층이 적층된다. 통상의 경우, 이로 인해 코팅물의 성질이 저하되고, 취약해지나, 본 발명의 경우에는 코팅물에 기공/산화막이 없어 초고밀도를 나타내게 되고, 코팅의 성능 향상이 가능하다. 그 밖에 상기 철계 비정질 합금분말을 포함하는 코팅물의 내마모성, 내부식성 및 탄성도 또한 기존의 합금분말을 이용하는 코팅물보다 향상될 수 있다.

계속해서, 상기 철계 비정질 합금층의 물성에 대하여 설명한다. 상기 철계 비정질 합금층의 비커스 경도는 700 내지 1,200 Hv(0.2), 바람직하게는 800 내지 1,000 Hv(0.2)이고, 마찰계수(내마찰성)는 100 N의 하중에서 0.001 내지 0.08 μ , 바람직하게는 0.05 μ 이하이고, 1,000 N의 하중에서 0.06 내지 0.12 μ , 바람직하게는 0.10 μ 이하이다.

한편, 본 발명에 적용되는 파이프는 통상적인 파이프의 형태를 가지는

것으로서, 그 길이나 내경의 크기에 특별한 제한을 두지 않는다.

이하에서는, 본 발명에 따른 비정질 내면 코팅된 파이프의 제조방법에 대하여 설명한다. 본 발명에 따른 비정질 내면 코팅된 파이프의 제조방법은, (a) 판재의 일면에 철계 비정질 합금 분말을 용사코팅하는 단계, (b) 상기 비정질 코팅된 판재를, 코팅면이 내면이 되도록 파이프의 형태로 포밍(forming)시키는 단계 및 (c) 상기 판재가 파이프 형태를 유지하도록 이음새를 접합하는 단계를 포함한다.

기존 파이프 제조방법의 경우, 코팅 자체에 불편함이 있을 뿐만 아니라, 용사코팅 장비의 한계로 인하여 파이프의 내경이 작을수록 코팅하는 데에 어려움이 있다. 특히, 파이프 내경이 3 인치 이내이거나 내경 및 길이의 비율이 1:2 이상의 값을 가지는 경우가 그러한데, 이에 따라, 전술한 바와 같이 내부식성/내마모성이 우수한 파이프에 대한 고객의 요구가 많음에도 불구하고, 작은 내경을 가지는 파이프로의 적용은 아직까지 어려움을 겪고 있다. 이에, 본 출원인은, 판재 자체에 철계 비정질 합금 분말을 코팅한 후, 코팅면이 내면이 되도록 판재를 파이프의 형태로 구부린 후(또는, 접은 후) 접합하는 방법을 발명해 낸 것이다.

본 발명에 따른 비정질 내면 코팅된 파이프를 제조하기 위해서는, 먼저, 판재의 일면에 철계 비정질 합금 분말을 용사코팅하여야 한다(Step a). 상기 판재는 파이프 형태로 포밍시킬 수 있는(즉, 구부리거나 접을 수 있는) 재질이어야 하고, 보다 구체적으로는, 통상적으로 파이프 원료로 사용되는 것들, 예를 들어, 주철, 탄소강, 스테인리스 스틸, 마라징 스틸, 알루미늄, 황동 및 구

리와 같은 금속은 물론, 탄소섬유 강화플라스틱 및 이와 유사한 성질을 가지는 소재, 그리고 이들의 혼합물 등을 예로 들 수 있다.

상기 철계 비정질 합금 분말은 전술한 제1성분 내지 제4성분을 포함할 수 있으며, 구체적인 예로 철 100 중량부에 대하여 크롬 함량 25.4 내지 55.3 중량부와 몰리브데넘 함량 35.6 내지 84.2 중량부를 포함하고, 탄소와 붕소에 선택된 적어도 1종 이상을 더 포함하고, 용사코팅이 수행된 이후에도 비정질 구조를 유지할 수 있다(비정질 구조에 관한 구체적인 설명은 전술한 바를 준용한다).

한편, 상기 철계 비정질 합금 분말은, 코팅(특히, 용사코팅)이 수행된 이후에도 비정질 구조를 유지할 수 있다(비정질 구조에 관한 구체적인 설명은 전술한 바를 준용한다). 한편, 상기 철계 비정질 합금 분말은, 가스 아토마이저(gas atomizer) 방식에 의해 제조되는 것으로서, 구체적으로는, 헬륨, 질소, 네온 또는 아르곤 등의 불활성 기체 분위기 하의 아토마이저 내에서 용융된 상태로 분사 냉각되어 제조된다. 이와 같이 제조할 경우 완전한 비정질 상(즉, 100 % 비정질 상)의 분말 제조 형성이 가능하며, 이는, 기존의 합금 분말 대비 원자 구조부터 상이한 100 % 비정질 상태의 특수 합금 분말인 것이다. 그밖에, 상기 철계 비정질 합금 분말에 대한 구체적인 설명은 전술한 바를 대체한다.

상기 코팅에 있어서 용사코팅은 당업계에 알려진 통상의 방식일 수 있고, 그 실시 조건이나 환경 또한 당 분야의 그것을 준용할 수 있으며, 예를 들어, Sulzer Metco Diamond Jet 또는 이와 유사한 장비를 이용하고, 산소 유량(Oxygen flow), 프로판 유량(Propane flow), 기류량(Air flow), 피더 속도

(Feeder rate) 및 질소 유량(Nitrogen flow) 등을 적절히 조절하는 방식 등을 채택할 수 있다.

구체적으로, 상기 용사코팅은 상기 철계 비정질 합금 분말을 코팅한 이후에도 합금층이 비정질 상태로 유지될 수 있도록 하는 것으로서, 초고속 화염 용사(HVOF, High Velocity Oxygen Fuel), 플라즈마 용사, 플레임 용사(Flame spray) 및 TWAS (Twin wire arc spray)로 이루어진 군으로부터 선택되는 방식에 의해 수행될 수 있다. 이와 같은 용사코팅이 수행되면 여러 번의 path가 쌓이는 구조가 형성되고, 구체적으로 각 층에 산화물(검정 색상)이 쌓이고, 파도물결과 같은 형상으로 다수의 층이 판재 상에 적층된다. 통상의 경우, 이로 인해 코팅층의 성질이 저하되고 취약해지나, 본 발명의 경우에는 코팅물에 기공/산화막이 거의 없거나 최소가 되어 초고밀도를 나타내게 되고, 경도, 내부식성 및 내마모성 등의 물성 또한 향상될 수 있다.

다음으로, 상기 판재의 일면에 철계 비정질 합금 분말을 용사코팅한 이후에는, 상기 합금 분말이 코팅된 판재의 코팅면이 내면이 되도록, 상기 비정질 코팅된 판재를 파이프의 형태로 포밍시킨다(Step b). 즉, 본 발명은, 파이프의 내면에 내부식성 및 내마모성을 향상시킬 수 있는 코팅층을 형성시키는 것이므로, 상기 판재는 코팅면이 내부 면이 되게끔 구부리거나 접어야 한다. 상기 코팅층이 형성된 판재를 포밍시키는 방식으로는, 구부리거나 접을 시 양 끝단 간의 거리가 일정하도록 균일하게 말아 파이프 형상으로 형성시키는 원기동형 방식, 그리고, 꼭짓점 또는 꼭짓점에 인접해 있는 모서리부터 구부리거나 접어 파이프 형상으로 형성시키는 나선형(spiral type) 방식 등을 예시할 수

있으나, 판재를 구부리거나 접어 파이프 형상으로 제작할 수만 있다면 그 형태에는 특별한 제한을 두지 않는다.

마지막으로, 상기 비정질 코팅된 판재를 파이프의 형태로 구부린 이후에는, 상기 판재가 파이프 형태를 유지하도록 이음새를 접합하여야 한다(Step c). 즉, 이는 구부러진(또는 말린 또는 접혀진) 판재가 펴지거나 다른 형상으로 변형되는 것을 방지하기 위한 단계로서, 상기 이음새란 상기 판재의 모서리와 면이 만나는 경계면, 또는 꼭지점과 면이 만나는 경계면, 또는 모서리, 꼭지점, 면이 만나는 경계면일 수 있다. 이와 같은 이음새의 접합 방식(또는, 방법)으로는 용접 또는 단접 등 판재가 파이프 형상을 그대로 유지할 수 있도록 하는 방식을 특별한 제한 없이 적용할 수 있다. 한편, 상기의 공정들을 통하여 제조되는 파이프는, 그 길이나 내경의 크기에 특별한 제한을 두지 않는다. 즉, 내경이 3 인치 이내이거나 내경 및 길이의 비율이 1 : 2 이상의 값을 가지는 규격의 파이프도 제조가 가능하다.

이상의 내부식성/내마모성 철계 비정질 합금 분말을 용사코팅 방식으로 파이프 내면 처리한 접어서 접합시킨 파이프는, 그 어디에서도 찾아볼 수 없는 본 출원인에 의한 고유의 발명으로서, 코팅을 포함한 제조가 용이하여 생산성을 극대화시킬 수 있고, 코팅층이 비정질 구조를 가질 수 있어 파이프의 코팅밀도, 내부식성 및 내마모성을 향상시킬 수 있다. 이상과 같은 장점을 가지는 본 발명에 따른 비정질 내면 코팅된 파이프 및 그 제조방법은, 향후 내부식성 및 내마모성의 파이프를 요구하는 다양한 분야에서 폭넓게 사용될 것으로 판단된다.

이하 본 발명의 이해를 돕기 위하여 바람직한 실시예를 제시하나, 하기 실시예는 본 발명을 예시하는 것일 뿐, 본 발명의 범주 및 기술사상 범위 내에서 다양한 변경 및 수정이 가능함은 당업자에게 있어서 명백한 것이며, 이러한 변경 및 수정이 첨부된 특허청구범위에 속하는 것도 당연한 것이다.

[실시예 1 내지 실시예 8: 철계 비정질 합금분말의 제조]

하기 표 1과 같은 성분과 중량비(weight ratio) 조성으로, 질소 가스 분위기 하의 아토마이저 내에 공급한 후, 용융 상태로 아토마이즈시키고 하기 표 1에 기재한 냉각 속도로 냉각하여 실시예 1 내지 실시예 8의 철계 비정질 합금분말을 제조하였다.

[표 1]

구분	실시예1	실시예2	실시예3	실시예4	실시예5	실시예6	실시예7	실시예8
Fe	1	1	1	1	1	1	1	1
Cr	0.55	0.26	0.355	0.292	0.374	0.355	0.292	0.374
Mo	0.84	0.36	0.645	0.502	0.411	0.645	0.502	0.411
C	0.06	-	0.092	-	.056	0.092	0.080	0.056
B	-	0.04	-	0.04	-	0.1	0.092	0.04
냉각속도 (degree/sec)	10 ⁴	10 ⁴	10 ⁴	10 ³	10 ³	10 ²	10 ²	10 ²
*분말평균직경	5	5	10	20	20	50	50	50

* D50(단위: μ)

상기 표 1에서 보듯이, 본 발명에 따른 실시예들은 제1성분 내지 제4성분을 특정 함량 범위로 포함하여, 10¹ 내지 10⁴ (degree/sec)의 냉각속도로 냉각시켜 분말 평균직경이 5 μ 내지 50 μ 범위의 합금분말을

제조하였다.

[실시예 9 내지 실시예 16: 철계 비정질 코팅물이 형성된 파이프 제조]

탄소강으로 이루어진 판재의 일면에 상기 제조된 합금 분말을 실시예 1 내지 8의 철계 비정질 합금 분말을 각각 0.1 mm의 두께로 용사코팅시킨 후, 상기 코팅된 판재를 코팅면이 내면이 되도록 파이프의 형태로 말았으며, 마지막으로 상기 판재가 파이프 형태를 유지하도록 이음새를 용접시켜, 비정질 내면 코팅된 직경 3 인치의 파이프를 제조하였다.

한편, 용사코팅은 Sulzer Metco Diamond Jet 장비를 이용하였으며, 산소 유량(Oxygen flow) 45 %, 프로판 유량(Propane flow) 48 %, 기류량(Air flow) 52 %, 피더 속도(Feeder rate) 336 %, 질소 유량(Nitrogen flow) 15~20 RPM, Stand-off 12 인치 조건 하에서 수행하였다.

[비교예 1 내지 비교예 7: 철계 합금분말의 제조]

하기 표 2와 같은 성분 및 중량비의 조성으로, 질소 가스 분위기 하의 아토마이저 내에 공급한 후, 용융 상태로 아토마이즈시키고 표 2에 나타내는 냉각 속도로 냉각하여 비교예 1 내지 비교예 7의 철계 합금분말을 제조하였다.

[표 2]

구분	비교예1	비교예2	비교예3	비교예4	비교예5	비교예6	비교예7
Fe	1	1	1	1	1	1	1
Cr	0.56	0.20	0.714	0.714	0.550	0.411	0.196
Mo	0.30	0.85	0.345	0.245	0.183	0.374	0.686
C	-	-	0.020	0.060	0.028	0.028	0.020
B	-	0.04	-	-	0.073	0.056	0.059

냉각속도 (degree/sec)	10 ⁴	10 ⁴	10 ⁴	10 ³	10 ²	10 ²	10 ²
*분말평균직경	5	5	10	20	50	50	50

* D50(단위: μ)

상기 표 2에서 보듯이, 상기 비교예들은 제1성분 내지 제4성분을 특정 함량 범위로 포함하여, 10¹ 내지 10⁴ (degree/sec)의 냉각속도로 냉각시켜 분말 평균직경이 5 μ 내지 50 μ 범위의 합금분말을 제조하였다.

[비교예 8 내지 비교예 14: 철계 합금분말을 이용한 코팅층을 갖는 파이프 제조]

판재 표면에 비교예 1 내지 비교예 7의 합금분말을 실시예들과 같은 방법으로 각각 0.1 mm의 두께로 용사코팅시켜 코팅층이 내면에 구비된 파이프를 제조하였다.

[비교예 15: Ni-Cr계 물질을 이용한 코팅층]

판재에 철계 비정질 합금 분말 대신 통상적인 Ni-Cr계 물질을 0.1 mm의 두께로 용사코팅시켜 통상적인 파이프를 제조하였다.

[시험예 1: 합금분말의 비정질도 평가]

실시예의 철계 비정질 합금분말에 대한 XRD 측정 결과를 도 1에 나타내었다. 도 1은 본 발명에 따른 철계 비정질 합금분말의 XRD 그래프로서, (a)~(e)는 각각 실시예 1, 3, 6, 7, 8의 철계 비정질 합금분말에 대한 그래프이다. 도 1에 따르면 실시예 1, 3, 6, 7, 8 모두 2세타(2 θ)값이 40 내지 50(degree)에서 브로드한 피크를 보여 모두 비정질상을 형성하는 것을 알 수

있다.

또한, 비교예의 철계 비정질 합금분말에 대한 XRD 측정 결과를 도 2에 나타내었다. 도 2는 비교예에 따른 철계 합금분말의 XRD 그래프로서, (a)~(c)는 비교예 1,5,7의 철계 합금분말에 대한 그래프이다. 도 2에 따르면 비교예 1,5,7 모두 2세타(2θ)값이 40 내지 50(degree)에서 급격한 제1 피크와 함께 65 내지 70(degree)에서 추가 제2 피크를 최소한 보이는 것으로부터 비정질상과 함께 일부 결정질상을 형성하는 것을 알 수 있다.

특히, 제2 피크의 높이를 고려할 때, 비교예 7로부터 비교예 5를 거쳐 비교예 1로 갈수록, 즉 도 2(c)에서 도 2(a)로 갈수록 결정질이 상당수 형성되는 것으로 확인되었다.

[시험예 2: 코팅물의 비정질도 평가]

실시에 7에 따른 철계 비정질 합금분말(as atomized)과 그 단면, 그리고 비교예 7에 따른 철계 합금분말(as atomized) 및 그 단면을 SEM 분석한 사진을 도 3에 나타내었다. 도 3에서 (a)와 (b)는 실시예 7의 철계 비정질 합금분말(as atomized)과 그 단면에 해당하며, (c)와 (d)는 비교예 7의 철계 합금분말(as atomized)과 그 단면에 해당한다.

도 3에 따르면, (b)에서 보듯이 실시예의 경우 조직이 관찰되지 않았으며, 따라서 실질적으로 0%의 기공율을 나타내는 것을 알 수 있다. 반면, (d)에서 보듯이 비교예의 경우에는 다수의 조직이 관찰되었다.

또한, 실시예 9 내지 16에서 제조된 철계 비정질 합금분말 코팅물 시편에 대하여 비정질 XRD 그래프를 도 4에 나타내었다. 도 4는 본 발명에 따른 코팅물 시편의 XRD 그래프로서, (a)~(e)는 각각 실시예 1, 3, 6, 7, 8의

철계 비정질 합금분말을 적용한 코팅물 실시예 9, 11, 14, 15, 16 시편의 XRD 그래프이다. 도 4에 따르면, 실시예들의 경우 넓은 XRD 제1 피크와 함께 추가 피크가 확인되지 않으므로, 본 발명에 따른 분말은 비정질 구조로 이루어져 있음을 알 수 있었다.

또한, 비교예에서 제조된 철계 합금분말 코팅물 시편에 대한 XRD 그래프를 나타낸 도 5에 나타내었다. 도 5는 비교예의 코팅물 시편 XRD 그래프로서, (a)~(c)는 각각 비교예 1, 5, 7의 철계 합금분말을 적용한 코팅물 비교예 8, 12, 14 시편의 XRD 그래프이다. 도 5에 따르면, 비교예들의 경우 급격한 제1 피크와 함께 추가 피크를 보이는 것으로부터 비정질 상이 없는 구조의 결정성 분말임을 확인할 수 있었다.

즉, 이를 통하여, 본 발명의 합금분말은 비교예의 합금분말에 비하여 월등히 높은 비정질 형성능을 가짐을 알 수 있다.

도 1의 XRD 그래프와 도 3의 XRD 그래프를 대비한 결과, 도 1의 실시예들 모두, 도 3에 도시된 바와 같이, 분말일 때의 비정질 구조가 코팅물에서도 그대로 유지된 것을 확인할 수 있었다.

특히 본 실험예의 경우 HVOF 방식으로 코팅하여 실질적으로 전체가 비정질상(95부피% 이상)인 코팅물이 형성됨을 확인할 수 있다.

[실험예3: 합금분말을 이용한 용사 코팅물의 거시적 품질 평가]

도 6은 본 발명에 따른 철계 비정질 합금분말을 이용한 용사 코팅물과 비교예의 합금분말을 이용한 용사 코팅물의 표면 이미지로서, (a)~(c)는 각각 실시예 1, 7, 8의 비정질 합금분말을 이용한 용사 코팅물인 실시예 9, 15, 16의 표면 이미지이고, (d)~(g)는 각각 비교예 1, 3, 5, 7의 합금분말을 이용한 용사

코팅물인 비교예 8, 10, 12, 14의 표면 이미지이다.

이에 따르면, 비교예 14의 코팅물은 코팅물 표면 품질이 좋지 못하였으며(도 6(g) 참조), 나머지 실시예 및 비교예의 코팅물은 모두 코팅물 표면 품질이 우수 또는 양호하였다.

[시험예4: 합금분말을 이용한 용사 코팅물의 미시적 품질 평가]

도 7은 본 발명에 따른 실시예 1, 3, 6, 8의 철계 비정질 합금분말을 이용한 용사 코팅물 시편의 단면을 광학 현미경(Leica DM4 M)으로 관찰한 이미지로서, (a)~(d)는 각각 실시예 9, 11, 14, 16 시편의 단면을 관찰한 이미지이고, 도 8은 비교예 1, 4, 7의 합금분말을 이용한 용사 코팅물 시편의 단면을 광학 현미경으로 관찰한 이미지로서, (a)~(c)는 각각 비교예 8, 11, 14 시편의 단면을 관찰한 이미지로서, 실시예 9, 11, 14, 16의 코팅물 단면이 모두 높은 밀도를 나타내는 것을 확인할 수 있었다.

반면, 도 8에서 보듯이, 비교예 8, 11, 14의 코팅물 단면은 다수의 미용융된 입자를 포함하고 있을 뿐만 아니라 회색 상(grey phase)이 많이 포함되어 있음이 관찰되었고, 레이어(layer)-레이어(layer) 특성이 나타났다.

[시험예5: 합금분말을 이용한 용사 코팅물의 경도 평가]

상기 실시예 11, 실시예 14, 실시예 16의 용사 코팅물과 비교예 8, 비교예 10, 비교예 12, 비교예 14의 용사 코팅물에 대해서 HVS-10 디지털 저부하 비커스 경도 시험기(HVS-10 digital low load Vickers Hardness Tester Machine)를 이용하여, 코팅물 시편의 단면에 대한 미소경도(Micro-hardness) 시험을 수행하였으며, 그 결과를 하기 표 3에 나타내었다.

[표 3]

구분	area	Test value HV _{0.2}	Average HV _{0.2}
실시예 11	단면	802/754/828/765/710	771
실시예 14	단면	898/834/944/848/789	862
실시예 16	단면	1304/1139/1097/1194/1139	1174
비교예 8	단면	669/756/623/689/683	684
비교예 10	단면	928/862/876/921/802	877
비교예 12	단면	828/848/1012/944/771	880
비교예 14	단면	821/855/808/783/633	780

상기 표 3에 나타난 바와 같이, 단면에 있어서 실시예 16의 합금분말을 적용한 시편의 평균 경도가 가장 우수하였으며, 나머지 실시예의 경우 비교예와 유사한 정도값을 나타내었다

[시험예 6] 파이프 내 비정질 합금층의 내부식성 평가

도 9 내지 11은 본 발명에 따른 파이프 내 비정질 합금층의 비부식/부식된 단면을 광학 현미경으로 관찰한 이미지이고, 도 12는 통상적인 파이프 내면 시편의 비부식된 단면(a)과 부식된 단면(b)을 광학 현미경으로 관찰한 이미지이다. 상기 실시예 16 내지 18 및 비교예 15에서 제조된 파이프 내면의 시편을, 실온 하에서 농도 95.0 ~ 98.0 w%의 황산(H₂SO₄) 용액에 5 분 동안 담궈 부식시켰으며, 광학 현미경(Leica DM4 M)을 이용하여 부식되지 않은 코팅물 시편과 부식된 코팅물 시편의 단면(cross-section)을 관찰하였다(도 9 내지 12에 있어서, 좌(左)도는 비 부식물이고, 우(右)도는 부식물을 의미함).

그 결과, 실시예 16 내지 18의 경우(도 9~11) 내부식성이 우수함을 확인할 수 있었으며, 반면, 비교예 15의 경우(도 12)는 매우 좋지 않은 내부식성을 나타내었다. 이는, 코팅물의 비정질 여부에 기인한 것으로서, 실시예의 경우에는 코팅층이 강산성의 부식물에 전혀 반응을 하지 않은 반면, 결정질을 포함하는 비교예의 경우에는 코팅층이 부식물에 반응하여 부식됨으로써 좋지 않은 내부식성을 나타내게 되는 것이다. 도 12에 있어서, 좌도의 상층은 하얀색이나 우도의 상층은 검게 부식되어 탔으며, 중간층 또한 우도는 부식 테스트 이후 검게 변한 것을 확인할 수 있다. 당업계에서 부식에 우수하다는 Ni-Cr 계 물질을 코팅시켰음에도 본 발명에 따른 실시예 16 내지 18과 비교하였을 때 현저한 차이가 나타나는 것을 알 수 있다. 한편, 하부층의 경우는 샘플을 고정시키는 플라스틱 재료이므로 좌도 및 우도 모두 검게 표시되었으며 변화는 없다.

[시험예 7] 파이프 내 비정질 합금층의 내마모성 평가

내마모성을 평가하기 위하여, 상기 실시예 16 내지 18 및 비교예 15에서 제조된 파이프 내면의 시편을, 윤활유 조건 하의 금속 링-럼프(ring-lump) 테스트를 통해 마모 폭(wear width)을 얻었다.

구체적으로, 링-럼프 테스트는 L-MM46 저항 마찰 수점(hydromantic)의 윤활유가 있는 MR-H3A 고속 링-럼프 마모 기계를 이용하였으며, 테스트 매개 변수(parameters)는 50 N, 5 min → 100 N, 25 min → 1000 N, 55 min 순으로 진행하였다. 하기 표 1 및 2를 통하여 마모 폭과 마찰계수(friction coefficient)를 확인할 수 있다(매개 변수 100 N, 25 min 및 1000 N, 55 min

의 샘플 마찰 계수를 하기 표 4에 나타내었고, 마모 폭 측정 결과를 하기 표 5에 나타냄).

[표 4]

	100 N, 25 min		1000 N, 55 min	
	마찰계수(μ)	평균 마찰계수(μ)	마찰계수(μ)	평균 마찰계수(μ)
실시예 16	0.001 ~ 0.007	0.0044	0.04 ~ 0.078	0.0692
실시예 17	0.005 ~ 0.024	0.0127	0.07 ~ 0.095	0.0860
실시예 18	0.02 ~ 0.053	0.0364	0.099 ~ 0.117	0.1089
비교예 15	-	-	-	-

[표 5]

	Width/mm
실시예 16	0.79
실시예 17	0.75
실시예 18	0.71
비교예 15	-

상기 표 4의 결과를 종합하면, 평균적으로 실시예 16 내지 18의 경우 마찰 계수가 높았고, 비교예 15의 경우는 마찰 계수가 상대적으로 낮음을 알 수 있다. 또한, 상기 표 9를 통해서는, 실시예 16 내지 18이 비교예 15에 비하여 상대적으로 좁은 너비 폭을 가지는 것을 확인할 수 있었다.

한편, 도 13은 본 발명에 따른 파이프 내 비정질 합금층의 마모 정도를 광학 현미경으로 관찰한 이미지이고, 도 14는 통상적인 파이프 내면 시편의 마모 정도를 광학 현미경으로 관찰한 이미지로서, 도 13의 A는 실시예 16, 도 13의 B는 실시예 17, 도 13의 C는 실시예 18, 도 14는 비교예 15의 파이프 내면 시편을 각각 적용한 것이다. 도 13 및 14를 볼 때, 비교예 15가 실시예에 비하여 상대적으로 넓은 너비 폭을 가지고, 또한 코팅물 시편 표면에

심각한 마모가 발생한 이유는, 비교예 15의 코팅물 시편이 부드러운 마모 영역을 가졌기 때문이다.

이상에서 본 발명에 따른 실시예들이 설명되었으나, 이는 예시적인 것에 불과하며, 당해 분야에서 통상적 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 범위의 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 예를 들면, 본 명세서에서 실시예에 따른 합금분말들에 예시된 조성비는 그 조성들이 사용되었을 때의 그 조성들간의 비율로서, 그 비율을 유지한 상태로 다른 금속이나 기타 공정상의 불순물이 더 포함되는 것을 배제하지 않는다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 다음의 특허청구범위에 의해서 정해져야 할 것이다.

【청구범위】

【청구항 1】

파이프; 및

상기 파이프의 내면에 코팅층을 포함하며,

상기 코팅층은 상기 파이프의 재료와는 다른 재료의 합금 또는 금속층으로서 비정질상의 비율이 90% 이상인 파이프.

【청구항 2】

제1항에 있어서,

상기 코팅층은 합금 또는 금속 분말을 용융시켜 분사한 용사공정에 의해 형성된 용사 코팅층인 파이프.

【청구항 3】

제2항에 있어서,

상기 파이프의 두께를 t_1 , 상기 코팅층의 두께를 t_2 라 할 때,

$t_1 \cdot 0.05 \leq t_2 \leq t_1 \cdot 0.3$ 의 관계를 만족하는 파이프.

【청구항 4】

제3항에 있어서,

상기 파이프는 상기 파이프의 판재에 상기 코팅층을 형성한 합체를 조판(forming)한 후 양단부를 접합하여 제조된 파이프.

【청구항 5】

제4항에 있어서,

상기 코팅층은,

상기 파이프의 내면에 구비된 철계 비정질 합금으로 이루어지는 파이프.

【청구항 6】

제5항에 있어서,

상기 철계 비정질 합금은 비정질 구조로서 철, 크롬 및 몰리브데늄을 주 성분으로 포함하는 파이프.

【청구항 7】

제6항에 있어서,

상기 철계 비정질 합금은 철 100 중량부에 대하여 크롬 함량 25.4 내지 55.3 중량부와 몰리브데늄 함량 35.6 내지 84.2 중량부를 포함하고, 탄소와 붕소에서 선택된 적어도 1종 이상을 더 포함하는 철계 비정질 합금분말로부터 제공되는 파이프.

【청구항 8】

제5항에 있어서,

상기 코팅층은 상기 철계 비정질 합금분말을 용사 코팅하여 형성된 파이프.

【청구항 9】

제8항에 있어서,

상기 코팅층의 두께는 0.05 내지 0.3 mm인 파이프.

【청구항 10】

제7항에 있어서,

상기 합금분말 내의 비정질상의 비율이 90 내지 100부피%인 파이프.

【청구항 11】

제10항에 있어서,

상기 합금분말을 용사공정으로 코팅층을 형성하는 경우, 상기 코팅층의 비정질상의 비율은 90 내지 100 부피%인 파이프.

【청구항 12】

제10항에 있어서,

상기 코팅층의 비커스 경도는 700 내지 1,200 Hv(0.2)인 파이프.

【청구항 13】

제10항에 있어서,

상기 코팅층의 마찰계수는 100 N의 하중에서 0.001 내지 0.08 μ 이고, 1,000 N의 하중에서 0.06 내지 0.12 μ 인 파이프.

【청구항 14】

제13항에 있어서,

상기 코팅층의 코팅밀도는 99 내지 100 %인 파이프.

【청구항 15】

제14항에 있어서,

상기 코팅층은 텅스텐, 코발트, 이트륨, 망간, 실리콘, 알루미늄, 니오븀, 질코늄, 인, 니켈 및 이들의 혼합물로 이루어진 군으로부터 선택되는 것을 더 포함하는 파이프.

【청구항 16】

제4항에 있어서,

상기 관재의 재질은 주철, 탄소강, 스테인리스 스틸, 마라징 스틸, 알루미늄, 황동, 구리, 탄소섬유 강화플라스틱 및 이들의 혼합물로 이루어진 군으로부터 선택되는 파이프.

【청구항 17】

(a) 관재의 일면에 철계 비정질 합금 분말을 이용하여 용사코팅층을 형성하는 단계;

(b) 상기 비정질 코팅된 관재를, 코팅면이 내면이 되도록 파이프의 형태로 조관(forming)시키는 단계; 및

(c) 상기 관재가 파이프 형태를 유지하도록 양 단부를 접합하는 단계를 포함하는 파이프의 제조방법.

【청구항 18】

제17항에 있어서,

상기 용사코팅층은 비정질상의 비율이 95%이상인 파이프의 제조방법.

【청구항 19】

제18항에 있어서,

상기 용사코팅은 초고속 화염용사(HVOF, High Velocity Oxygen Fuel), 플라즈마 용사, 플레임 용사(Flame spray) 및 TWAS (Twin wire arc spray)로 이루어진 군으로부터 선택되는 하나의 방식에 의해 수행되는 파이프의 제조방법.

【청구항 20】

제17항에 있어서,

상기 관재를 관으로 포밍시키는 방식은 원기둥형 방식 또는 나선형 방

식인 파이프의 제조방법.

【청구항 21】

제17항에 있어서,

상기 접합은 용접 또는 단접에 의해 수행되는 파이프의 제조방법.