

	(19) 대한민국특허청(KR) (12) 공개특허공보(A)	(11) 공개번호 10-2013-0125624 (43) 공개일자 2013년11월19일
(51) 국제특허분류(Int. Cl.) C09K 3/14 (2006.01) F03D 11/00 (2006.01) F03D 11/02 (2006.01)	(71) 출원인 고려대학교 산학협력단 서울 성북구 안암동5가 1	
(21) 출원번호 10-2012-0049291	(72) 발명자	
(22) 출원일자 2012년05월09일	장호	
심사청구일자 2012년05월09일	서울 도봉구 창4동 27 주공아파트 1906동 1007호	
	박장우	
	서울특별시 강남구 청담1동 141-1 홍화빌라트 702호	
	김성환	
	서울특별시 강남구 대치동 우성2차아파트 201동 905호	
	(74) 대리인	
	특허법인충현	

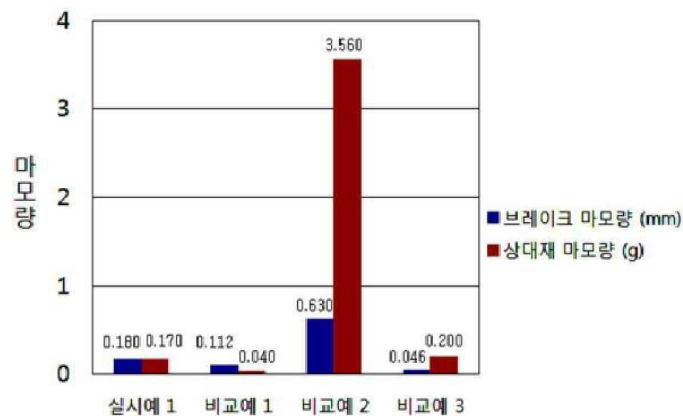
전체 청구항 수 : 총 5 항

(54) 발명의 명칭 **풍력발전기용 요 브레이크 유기계 마찰재**

(57) 요약

본 발명은 풍력발전기용 요(yaw) 브레이크로 사용되는 유기계 마찰재에 관한 것으로서, 고체 윤활제, 연마제, 섬유 기재, 결합제, 충전제 및 마찰 조절제를 포함하는 것을 특징으로 하고, 본 발명에 따른 풍력발전기용 요 브레이크 유기계 마찰재는 상대재와 브레이크의 마모량이 적어 뛰어난 내구성을 가지며, 저소음이고, 친환경적이며 다양한 조건에 따른 마찰계수의 변화가 적어 제동특성이 우수하여 신재생에너지인 풍력발전기용 브레이크 마찰재로 적용이 가능하다.

대표도 - 도14



특허청구의 범위

청구항 1

고체 윤활제; 및 연마제;를 포함하고, 상기 고체 윤활제는 흑연, 삼황화안티몬, 황화몰리브덴 및 이들의 혼합물 중에서 선택되며, 상기 연마제는 지르콘 실리케이트, 운모, 산화아연 및 이들의 혼합물 중에서 선택되는 것을 특징으로 하는 유기계 마찰재.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 고체 윤활제는 상기 유기계 마찰재 기준 6-10 부피%이고, 상기 연마제는 상기 유기계 마찰재 기준 10-14 부피%인 것을 특징으로 하는 유기계 마찰재.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 유기계 마찰재는 섬유 기재; 결합제; 충전제; 및 마찰 조절제;를 더 포함하고,

상기 섬유기재는 케블라, 세라믹 섬유, 판상 티탄산칼륨 및 이들의 혼합물 중에서 선택되며,

상기 결합제는 상용 페놀 수지 또는 변형계 페놀 수지이며,

상기 충전제는 수산화칼슘, 바라이트 및 이들의 혼합물 중에서 선택되고,

상기 마찰 조절제는 캐슈 분진, 고무 및 이들의 혼합물 중에서 선택되는 것을 특징으로 하는 유기계 마찰재.

청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 결합제는 상기 유기계 마찰재 기준 15-18 부피%이고, 상기 충전제는 상기 유기계 마찰재 기준 7-12 부피%이며, 상기 마찰 조절제는 상기 유기계 마찰재 기준 19-22 부피%인 것을 특징으로 하는 유기계 마찰재.

청구항 5

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항의 유기계 마찰재를 포함하는 풍력발전기용 요 브레이크.

명세서

기술 분야

[0001] 본 발명은 풍력발전기용 요(yaw) 브레이크로 사용되는 유기계 마찰재에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 친환경적이며 저소음, 내마모성 그리고 제동특성이 향상된 유기계 마찰재 및 이를 포함하는 브레이크에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 브레이크(brake) 마찰재란 차륜 또는 기계의 작동을 마찰재와 대하는 면(드럼 또는 디스크)의 마찰력에 의해 감속 또는 제동 및 전달(clutch)시키는 역할을 하는 것으로서 이때의 운동(주행) 에너지를 마찰로 인하여 발생하는 열 에너지로 전환시키는 장치를 말한다.

[0003] 이러한 마찰재는 1900 년 초에 면직물에 고무 또는 아스팔트를 함침시켜 만든 직조(woven)계가 최초의 마찰재로 사용되었으며, 그 후 1906 년부터는 열안정성이 우수한 석면(asbestos)이 주성분으로 이루어진 브레이크 마찰재(라이닝)를 제동장치에 처음으로 사용하였고, 1927 년 페놀 수지(phenol resin)가 개발되면서 1960 년부터 수지 몰드(resin mold)계의 마찰재가 본격적으로 생산되기 시작하였다.

[0004] 1980 년대 후반 석면이 미국 환경 보호국(EPA)에 의해 발암 물질로 판명(청석면, 황석면)되면서 각종 제품에 규제를 받자 탈석면화를 피하기 위해 석면 대체 물질의 개발이 시작되었고, 이러한 비석면 계열 마찰재는 강철 섬

유를 포함하고 있지 않은 유기계 마찰재와 강철 섬유가 내재되어 있는 로스틸(low-steel) 마찰재를 중심으로 꾸준히 개발되어왔다.

- [0005] 이러한 마찰재의 사용 범위는 자동차산업, 산업기계, 철도차륜, 항공기, 선박 등에 널리 사용되고 있으며, 뿐만 아니라 신재생에너지로 각광 받고 있는 풍력발전기에도 사용되고 있으며 그 사용량도 매년 증가하고 있는 추세에 있다.
- [0006] 풍력발전기용 요(yaw) 브레이크 마찰재는 일반적으로 약 8-20 종류의 다른 원료로 구성된 복합재료로서 그 구성요소는 크게 약 6 가지 정도로 크게 나누어지며, 일반적으로 마찰재의 구성요소는 기지재(Matrix), 결합제(Binder), 충전제(Filler), 연마제(Abrasive), 윤활제(Lubricant), 마찰 조절제(friction modifier) 등이 있다.
- [0007] 이들 각각의 구성 원료는 제동시 요구되는 마찰 특성을 얻기 위하여 적정량이 첨가되며 이때 사용된 구성물질의 종류 및 함량은 일반적으로 마찰재 생산업체의 노하우로서 공표하지 않는 것이 상례이다.
- [0008] 상기 제동시 요구되는 마찰 특성은 크게 안정성과 내구성으로 대별되며, 상기 안정성은 마찰계수, 마찰계수의 안정성, 다양한 압력, 속도, 온도와 같은 다양한 환경에 따른 마찰계수, 기계적 강도 등에 의해 결정되고, 상기 내구성은 마모, 상대면 손상 및 소음발생 유무 등에 의해 결정된다.
- [0009] 이러한 마찰 특성은 마찰재 구성요소의 원료와 그들의 조성 배합비 및 배합 방법 그리고 그 후의 제조과정에 따라 결정된다.
- [0010] 상기 마찰재 구성요소의 원료는 강도, 경도, 녹는점 등 원료의 특성을 조사하여 각 역할에 충족하는 재료들을 선별하며 크기, 표면 처리, 밀도 등도 선별기준에 영향을 미친다. 조성 배합비는 각 구성요소 간의 분율에 따라 마찰 특성이 변한다. 마찰재의 제조공정은 재료계량, 재료의 혼합, 예비성형(pre-form), 핫프레스(hot-press) 성형, 후경화 공정을 순서대로 하여, 성형 공정의 각 면압과, 처리온도 및 처리시간에 따라 마찰 특성을 조절할 수 있다.
- [0011] 한편, 마찰 재료의 구성요소 중 기질 역할을 하는 섬유(fiber) 중 철 섬유(steel fiber)가 함유된 마찰재를 통상 로스틸 브레이크 마찰재(low-steel type brake lining)라 칭하며 스틸 파이버가 함유되지 않은 마찰재를 유기계 브레이크 마찰재(organic type brake lining)라 칭한다.
- [0012] 최근에 세계적으로 신재생에너지의 발전이 중요시되고 있으며 풍력발전기 산업의 성장이 두드러지고 있다. 하지만 풍력발전기의 소음이 가장 큰 문제점으로 지적되고 있으며 풍력발전기의 보편화에 방해가 되고 있다. 소음은 브레이크의 마찰 불안정성으로 인해 발생하는 것으로 알려져 있으며, 그 대표적인 예가 스틱-슬립 현상 (Stick-slip phenomena)이다. 스틱-슬립 현상이란 정마찰계수와 동마찰계수의 차이에 따른 마찰계수의 변화를 말하며, 소음과 연관되어 있다고 알려져 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0013] 따라서, 본 발명이 해결하고자 하는 첫 번째 과제는 다양한 조건에서의 마찰안정성과 내구성이 향상된 풍력발전기용 요 브레이크 유기계 마찰재를 제공하는 것이다.
- [0014] 본 발명이 해결하고자 하는 두 번째 과제는 소음 발생을 최소화하는 브레이크 마찰재를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0015] 본 발명은 상기 첫 번째 과제를 달성하기 위하여,
- [0016] 6-10 부피%의 고체 윤활제 및 10-14 부피%의 연마재를 포함하는 유기계 마찰재를 제공한다.
- [0017] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 고체 윤활제는 흑연, 삼황화안티몬, 황화몰리브덴 또는 이들의 혼합물일 수 있으며, 상기 연마제는 지르콘 실리케이트, 운모, 산화아연 또는 이들의 혼합물일 수 있다.
- [0018] 본 발명의 다른 일 실시예에 의하면, 상기 유기계 마찰재는 섬유 기재, 결합제, 충전제 및 마찰 조절제를 더 포함할 수 있다.
- [0019] 본 발명의 또 다른 실시예에 의하면, 상기 결합제의 부피%는 15-18일 수 있으며, 상기 충전제의 부피%는 7-12일

수 있고, 상기 마찰 조절제의 부피%는 19-22일 수 있다.

[0020] 본 발명의 또 다른 실시예에 의하면, 상기 섬유기체는 케블라, 세라믹 섬유, 판상 티탄산칼륨 또는 이들의 혼합물일 수 있으며, 상기 결합제는 상용 페놀 수지 또는 변형계 페놀 수지일 수 있고, 상기 충전제는 수산화칼슘, 바라이트 또는 이들의 혼합물일 수 있으며, 상기 마찰 조절제는 캐슈 분진, 고무 또는 이들의 혼합물일 수 있다.

[0021] 본 발명은 상기 두 번째 과제를 해결하기 위하여, 상기 유기계 마찰재를 포함하는 소음 발생을 최소화하는 브레이크 마찰재를 제공한다.

발명의 효과

[0022] 본 발명에 따른 풍력발전기용 요 브레이크 유기계 마찰재는 상대재와 브레이크의 마모량이 적어 뛰어난 내구성을 가지며, 저소음이고, 친환경적이며 다양한 조건에 따른 마찰계수의 변화가 적어 제동특성이 우수하여 신재생 에너지인 풍력발전기용 브레이크 마찰재로 적용이 가능하다.

도면의 간단한 설명

[0023] 도 1은 실시예 1의 이니셜 배당 효력 시험 결과를 나타낸 것이다.
 도 2는 비교예 1의 이니셜 배당 효력 시험 결과를 나타낸 것이다.
 도 3은 비교예 2의 이니셜 배당 효력 시험 결과를 나타낸 것이다.
 도 4는 비교예 3의 이니셜 배당 효력 시험 결과를 나타낸 것이다.
 도 5는 실시예 1의 압력 민감도 시험 결과를 나타낸 것이다.
 도 6은 비교예 1의 압력 민감도 시험 결과를 나타낸 것이다.
 도 7은 비교예 2의 압력 민감도 시험 결과를 나타낸 것이다.
 도 8은 비교예 3의 압력 민감도 시험 결과를 나타낸 것이다.
 도 9는 실시예 1의 속도 민감도 시험 결과를 나타낸 것이다.
 도 10은 비교예 1의 속도 민감도 시험 결과를 나타낸 것이다.
 도 11은 비교예 2의 속도 민감도 시험 결과를 나타낸 것이다.
 도 12는 비교예 3의 속도 민감도 시험 결과를 나타낸 것이다.
 도 13은 실시예 1과 비교예 1, 2, 3의 스틱-슬립 시험 결과를 나타낸 것이다.
 도 14는 실시예 1과 비교예 1, 2, 3의 마모량을 측정한 결과를 나타낸 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0024] 마찰재의 구성 요소 중 고체 윤활제와 연마제는 제동시의 마찰계수, 고온 고압에서의 마찰특성, 공격성 및 마모량 등에 가장 큰 영향을 미친다. 특히, 고체 윤활제와 연마제의 상대량이 상기 마찰 특성에 지대한 영향을 끼친다.

[0025] 자동차 제동시에 나타나는 마찰계수는 제동시의 압력, 상대재인 디스크의 온도, 디스크의 회전속도 그리고 습도에 따라 변한다. 그러나 우수한 제동능력을 나타내기 위해서는 다양한 제동조건에서도 마찰계수가 변하지 않도록 마찰재의 구성요소의 상대량을 조절하여 안정된 마찰계수를 얻어야 한다.

[0026] 상기 안정된 마찰계수를 나타내는 마찰재의 구성 요소의 상대량을 찾아내는 것은 마찰재가 속하는 기술 분야에서 가장 중요한 관심이다.

[0027] 이에, 본 발명자는 최상의 마찰특성을 나타내는 유기계 마찰재의 구성 요소의 상대량에 대한 연구와 시험을 수행하였고, 그 결과에 기초하여 본 발명을 완성하게 되었다.

[0028] 본 발명에 따른 유기계 마찰재는 6-10 부피%의 고체 윤활제 및 10-14 부피%의 연마재를 포함하는 것을 특징으로

하며, 상기 구성 성분을 최적의 함량으로 포함하는 것에 의해 마찰 특성을 최적화할 수 있으며, 이에 의해 마찰재 및 상대재의 마모량을 최소화할 수 있다.

- [0029] 상기 고체 윤활재의 부피%는 6-10인 것이 바람직한데, 그 이유는 상기 고체 윤활재의 부피 분율이 6 부피% 미만인 경우에는 안정적인 윤활막이 형성되지 못하여 고온, 고압에서 마찰계수의 변화폭이 커지고, 상대재의 온도 증가에 따른 상대재의 열변형과 불균일한 윤활막의 생성을 야기시켜 진동이 증가하여 떨림 현상이 발생하고, 이로 인해 소음이 발생할 수 있으며, 마찰재의 공격성(aggressiveness)이 증가하여 상대재의 마모량이 증가하기 때문이고, 상기 고체 윤활재의 부피 분율이 10 부피%를 초과하는 경우에는 마찰계수가 감소하기 때문이며,
- [0030] 상기 연마재의 부피%는 10-14인 것이 바람직한데, 그 이유는 상기 연마재의 부피 분율이 10 부피% 미만인 경우에는 연마재의 역할이 미비하여 마찰계수가 감소하기 때문이고, 연마재의 부피 분율이 14 부피%를 초과하는 경우에는 마찰재의 공격성이 증가하여 상대재의 마모량이 증가하고, 마찰 계면의 온도가 고체윤활재의 분해온도 이상으로 상승할 경우 안정적인 윤활막이 생성되지 못하여 연마재에 의한 연마 효과가 상승하게 되어 마찰 계면의 온도 상승을 가속시켜 불균일한 윤활막이 형성되어 떨림 현상이 발생하기 때문이고,
- [0031] 상기 고체 윤활재는 흑연(graphite), 삼황화 안티몬(Sb_2S_3), 황화몰리브덴(MoS_2) 또는 이들의 혼합물인 것이 바람직하나 당업계에서 사용되는 통상의 고체 윤활제라면 특별히 제한되지는 않으며, 상기 연마재는 지르콘 실리케이트, 운모, 산화아연 또는 이들의 혼합물인 것이 바람직하나 당업계에서 사용되는 통상의 고체 윤활제라면 특별히 제한되지는 않는다.
- [0032] 본 발명에 따른 유기계 마찰재는 섬유기재, 결합제, 충전제 및 마찰 조절제를 더 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0033] 상기 결합제의 부피%는 15-18인 것이 바람직한데, 그 이유는 결합제의 부피 분율이 15 부피% 미만인 경우에는 마찰재 구성요소 간에 충분한 결합력을 부여하기 힘들어 마찰재의 강도가 감소하고, 18 부피%를 초과하는 경우에는 소음이 증가하기 때문이며,
- [0034] 상기 충전제의 부피%는 7-12인 것이 바람직한데, 그 이유는 충전제의 부피 분율이 7 부피% 미만인 경우에는 내마모성이 증가하고, 12 부피%를 초과하는 경우에는 충전제의 효과가 미비하여 의미가 없기 때문이고,
- [0035] 상기 마찰 조절제의 부피%는 19-22인 것이 바람직한데, 그 이유는 마찰 조절제의 부피 분율이 19 부피% 미만인 경우에는 소음이 증가하고, 22 부피%를 초과하는 경우에는 고온특성이 나빠질 우려가 있기 때문이다.
- [0036] 본 발명에 따른 상기 섬유기재는 케블라, 세라믹 섬유 또는 이들의 혼합물이 것이 바람직하나 유기계 마찰재에 통상적으로 사용되는 것이면 특별히 제한되지는 않으며, 상기 세라믹 섬유로는 락 울(rock wool), 티탄산 칼륨(potassium titanate) 등을 들 수 있고, 그 이외에 윌라스토나이트, 세피오라이트, 아타펄가이트 및 인조 광물 섬유와 같은 무기 섬유도 사용 가능하고,
- [0037] 상기 결합제는 상용 페놀 수지(phenolic resin) 또는 변형계 페놀 수지인 것이 바람직하나 마찰재에 통상적으로 사용되는 결합제이면 특별히 제한되지 않으나, 특히 본 발명에서는 상술한 바와 같이 연마재와 고체 윤활재의 상대량을 조절하여 안정된 윤활막이 형성되게 함으로써 변형계 페놀 수지뿐만 아니라 제조 비용이 저렴한 상용 페놀 수지의 사용을 가능하게 하였으며,
- [0038] 상기 충전제는 수산화 칼슘($CaOH$), 바라이트(barite) 또는 이들의 혼합물인 것이 바람직하나 마찰재에 통상적으로 사용되는 것이면 특별히 제한되지는 않고,
- [0039] 상기 마찰 조절제는 캐슈 분진(cashew dust), 고무(rubber) 또는 이들의 혼합물인 것이 바람직하나 마찰재에 통상적으로 사용되는 것이면 특별히 제한되지는 않는다.
- [0040] 이하, 본 발명의 이해를 돕기 위하여 바람직한 실시예를 들어 본 발명을 더욱 상세하게 설명한다. 그러나 하기의 실시예는 본 발명을 보다 쉽게 이해하기 위하여 제공되는 것일 뿐, 이에 의해 본 발명의 내용이 한정되는 것은 아니다.
- [0041] <실시예>
- [0042] 본 발명에 따른 상기 유기계 마찰재는 혼합, 예비성형, 핫프레스 성형, 후경화 공정을 거쳐 제조할 수 있다. 상기 제조 방법을 보다 자세히 설명하면, 먼저 헨셀 믹서, 로디지 믹서 또는 아리히 믹서와 같은 적합한 혼합기에

서 상기 마찰제 조성물을 균일하게 배합한 후 상기 배합물을 몰드(mold)에서 예비성형한다. 다음으로, 상기 예비성형물을 130 내지 200 ℃의 온도 및 10 내지 100 MPa의 압력에서 2 내지 15 분의 시간 동안 핫프레스 성형한 후 상기 핫프레스 성형물을 2 내지 48 시간 동안 140 내지 250 ℃에서 열처리에 의해 후경화시킨 다음, 도장 및 소성하고, 필요에 따라 표면 연마처리하여 유기계 마찰재를 제조하였다.

[0043] 실시예 1.

[0044] 하기 표 1과 같은 조성과 조성 비율(부피 분율)을 갖는 유기계 마찰재를 제조하였다.

표 1

역할	원료	합량(부피%)
결합제	페놀릭레진(Phenolresin)	16
강화섬유	아라미드(Kevlar)	30
	세라믹섬유(Rockwool)	
	티탄산칼륨(Potassium Titanate)	
	구리 (Cu fiber)	
마찰조절제	캐슈분말(Cashew)	20
	고무분말 (Tire rubber)	
연마제	지르콘분말 (ZrSiO ₄ 6um)	12
	운모 (Mica)	
	산화아연 (Zinc oxide)	
윤활제	흑연 (Graphite 200um)	10
	삼황화안티몬(Sb ₂ S ₃)	
	황화몰리브덴(MoS ₂)	
충진제	소석회(CalciumHydroxide)	12
	황화바륨 (BaSO ₄)	
총합		100

[0046] 실시예 1에서는 표 1에 나타난 바와 같이 섬유 기제는 유기 섬유로 폴리 아미드 수지 계열인 케블라를 사용하였으며, 세라믹 섬유로 락울(Rockwool), 티탄산 칼륨(Potassium Titanate)을 사용하였고 결합제로 상용 페놀릭레진을 사용하였다.

[0047] 또한, 연마제로 지르코늄 실리케이트(입경 6 μm), 운모 및 산화아연으로 이루어진 혼합물을 사용하였고, 고체 윤활제로 흑연(입경 200 μm)과 삼황화 안티몬, 황화몰리브덴으로 이루어진 혼합물을 사용하였다. 상기 표 1의 마찰재 구성요소를 준비한 후, 1200 rpm 이상의 로디지 믹서에서 균일하게 혼합하고, 상온에서 면압 400 Kg/cm²를 가하여 예비성형하였다. 상기 예비 성형물을 180 ℃의 온도에서 면압 300 Kg/cm² 가하여 6 분 동안 핫 프레스 성형한 후, 225 ℃에서 10 시간 동안 후경화하여 유기계 마찰재를 제조하였다.

[0048] 비교예 1. 유기계 마찰재

[0049] 본 발명에서는 하기 표 2와 같은 조성과 조성 비율(부피 분율)을 갖는 유기계 마찰재를 비교예 1로 하였다.

표 2

역할	원료	합량(부피%)
결합제	페놀릭레진(Phenolresin)	18
강화섬유	아라미드(Kevlar)	29
	세라믹섬유(Rockwool)	
	티탄산칼륨(Potassium Titanate)	
	황동 (Brass fiber)	
마찰조절제	캐슈분말(Cashew)	20
연마제	석영(a-quartz150um)	6

윤활제	흑연 (Graphite 500um)	6
	산화안티몬(Sb_2O_3)	
충진제	소석회 (Calcium Hydroxide)	21
	황화바륨 ($BaSO_4$)	
총합		100

비교예 1에서는 표 2에 나타난 바와 같이 섬유 기제는 케블라, 락울(Rockwool), 티탄산 칼륨(Potassium Titanate), 황동을 사용하였다. 또한, 결합제로 상용 페놀릭레진을 사용하였고, 연마재로 석영(입경 150 μm)을 사용하였고, 고체 윤활제로 흑연(입경 500 μm)과 삼황화안티몬으로 이루어진 혼합물을 사용하였다.

상기 표 2의 마찰재 구성요소를 준비한 후, 실시예 1과 같은 방법으로 유기계 마찰재를 제조하였다.

비교예 2.

비교예 2에서는 상용 반금속계 풍력발전기용 요 브레이크 마찰재로 하였다.

비교예 3.

비교예 3에서는 상용 유기계 풍력발전기용 요 브레이크 마찰재로 하였다.

시험예

시험예 1. 마찰성능시험

마찰성능시험은 1/5 크기 동력계(1/5 scale dynamometer)를 이용하여 수행하였으며, 상용 풍력발전기 디스크를 상대재로 하여 실시예 1과 비교예 1, 2, 3의 마찰재를 장착하여 시험을 수행하였다. 제동에 따른 마찰계수와 압력에 따른 마찰계수 및 속도에 따른 마찰계수의 변화를 보기 위하여 풍력발전기 브레이크 시장의 세계 점유율 5%의 Ferotec friction사의 시험방법을 변형하여 마찰성능을 시험하였다.

표 3은 상기 시험의 절차 및 조건을 나타낸 것이다.

표 3을 참조하면, 상기 시험 과정은 다음과 같다. 먼저, 새로 만들어진 마찰재가 상대재 표면에 균일하게 접촉되게 하기 위하여 이니셜 배딩 특성 시험(Initial bedding characteristics)을 하였다. 실시예 1과 비교예 1,2,3의 상기 이니셜 배딩 특성 시험 결과를 도 1, 도 2, 도 3, 도 4에 나타내었다.

다음으로, 압력 민감도(Pressure sensitivity)를 측정하기 위해 다양한 압력 조건 하에서 실험하였다. 또한, 속도 민감도(Speed sensitivity)를 측정하기 위해 다양한 속도 조건 하에서 실험하였다. 이때 온도의 영향을 받지 않도록 초기 제동 온도(Initial braking temperature, IBT)를 80 $^{\circ}C$ 로 낮게 설정하여 시험하였다.

표 3

구분	속도 (km/h)	압력(kgf/cm ²)	온도($^{\circ}C$)	횟수
이니셜 배딩 특성 시험 (Initial bedding characteristics)	54	12	IBT 140	200회
압력 민감도 시험 (Pressure sensitivity)	54	15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50	IBT 80	조건당 5회씩
속도 민감도 시험 (Speed sensitivity)	18, 36, 54, 72, 90	12	IBT 80	조건당 5회씩

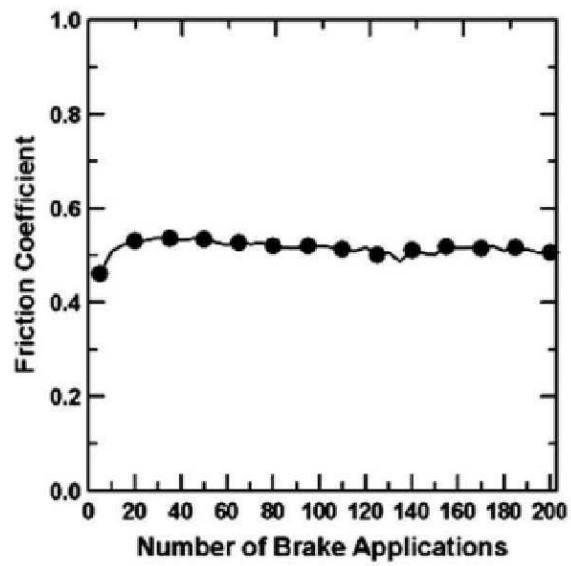
시험예 1.1. 이니셜 배딩 특성 시험

도 1은 실시예 1의 이니셜 배딩 효력 시험 결과를 나타낸 것이다.

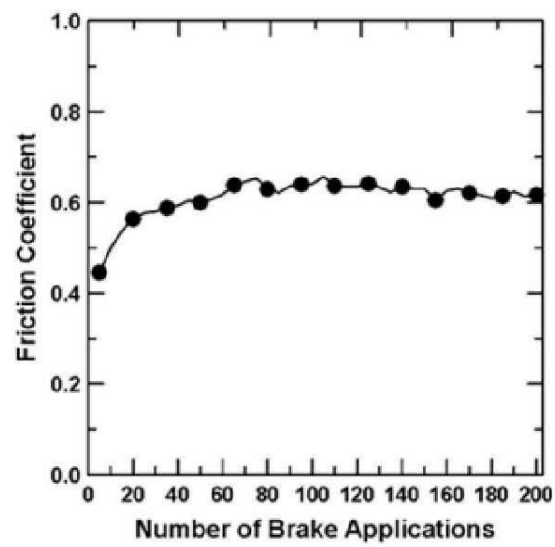
- [0066] 도 2은 비교예 1의 이니셜 배딩 효력 시험 결과를 나타낸 것이다.
- [0067] 도 3은 비교예 2의 이니셜 배딩 효력 시험 결과를 나타낸 것이다.
- [0068] 도 4은 비교예 3의 이니셜 배딩 효력 시험 결과를 나타낸 것이다.
- [0069] 도 2와 도4를 참조하면, 100회 제동 이후에도 마찰계수가 약간의 상승과 하락함을 알 수 있다. 실시예 1의 도1을 참조하면 마찰계수가 일정하며, 0.5 수준의 마찰계수를 보이므로 풍력발전기용 요 브레이크 마찰재로 적절하다.
- [0070] 시험예 1.2. 압력 민감도 시험
- [0071] 도 5는 실시예 1의 압력 민감도 시험 결과를 나타낸 것이다.
- [0072] 도 6은 비교예 1의 압력 민감도 시험 결과를 나타낸 것이다.
- [0073] 도 7은 비교예 2의 압력 민감도 시험 결과를 나타낸 것이다.
- [0074] 도 8은 비교예 3의 압력 민감도 시험 결과를 나타낸 것이다.
- [0075] 도 6과 도8을 참조하면, 고압과 저압에서의 마찰계수가 다소 차이이며 압력에 따른 온도 변화도 큰 것을 알 수 있다. 반면, 도 5와 도 7의 경우 마찰계수의 차이가 적고 온도 변화도 적었다.
- [0076] 시험예 1.3. 속도 민감도 시험
- [0077] 도 9는 실시예 1의 속도 민감도 시험 결과를 나타낸 것이다.
- [0078] 도 10은 비교예 1의 속도 민감도 시험 결과를 나타낸 것이다.
- [0079] 도 11은 비교예 2의 속도 민감도 시험 결과를 나타낸 것이다.
- [0080] 도 12는 비교예 3의 속도 민감도 시험 결과를 나타낸 것이다.
- [0081] 도 12를 참조하면 마찰계수가 저속과 고속에서 다소 차이나는 것을 알 수 있다. 도 10을 보면 비교예 1의 속도에 따른 마찰계수 변화를 아주 적으나 그에 의한 온도 변화가 크다. 반면, 도 9에서 볼 수 있듯이, 실시예 1은 마찰계수의 변화가 적은 동시에 압력에 따른 온도 변화도 비교예 1과 비교예 2보다 적은 것을 알 수 있다.
- [0082] 시험예 2. 스틱-슬립 시험
- [0083] 스틱-슬립 시험은 저속 1/5 크기 동력계(1/5 scale dynamometer)를 이용하여 수행하였으며, 상용 풍력발전기 디스크를 상대재로 하여 실시예 1과 비교예 1, 2, 3의 마찰재를 장착하여 시험을 수행하였다. 0.4 mm/sec의 저속에서 20, 40, 80 kgf/cm² 등의 3 가지 압력으로 수행하였다.
- [0084] 도 13은 실시예 1과 비교예 1, 2, 3의 스틱-슬립 시험 결과를 나타낸 것이다. 도 13에서 알 수 있듯이 80 kgf/cm²과 같은 고압에서 비교예 2와 비교예 3은 정마찰계수와 동마찰계수의 차이가 크기 때문에 스틱-슬립 현상이 두드러지게 발생하였으며, 그 반복 또한 주기적이다. 반면 실시예 1은 스틱-슬립 현상이 보이지 않았다.
- [0085] 시험예 3. 마모 시험
- [0086] 상기 실시예 1과 비교예 1, 2, 3을 상기 1/5 크기 동력계를 이용하여 시험예 1을 수행한 후 수행 전과 비교하여 마모량을 측정하였다.
- [0087] 도 14는 실시예 1과 비교예 1, 2, 3의 마모량을 측정한 결과를 나타낸 것이다. 도 14에서 비교예 2의 브레이크 마찰재 마모량 및 상대재 디스크의 마모량이 월등히 큰 것을 볼 수 있다. 반면 실시예 1 및 비교예 1과 비교예 3의 마모량은 다소 비슷한 수준을 보였다. 비교예 2는 마찰재의 공격성이 증가함에 따라 마모량이 증가하는 경향을 나타내는 것으로, 이는 비교예 2가 반금속성 마찰재이기 때문으로 사료된다.

도면

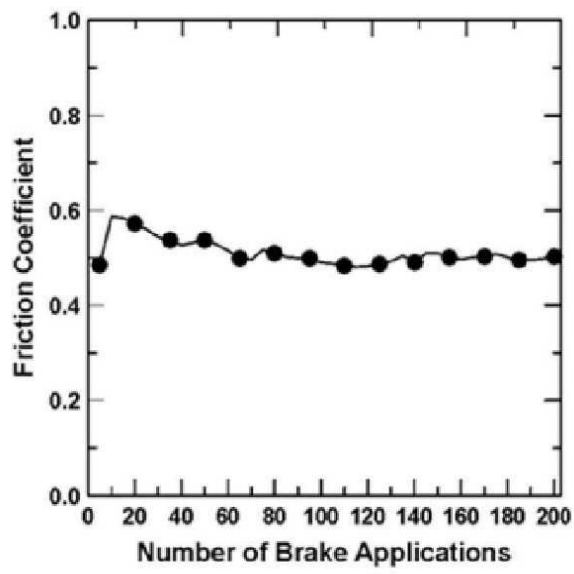
도면1



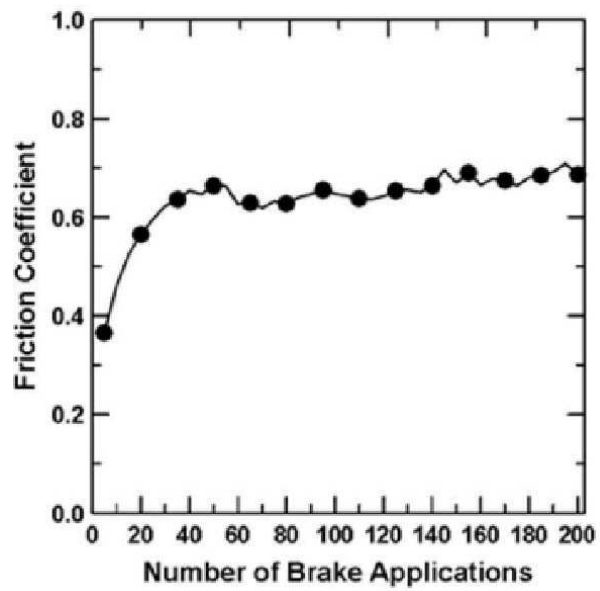
도면2



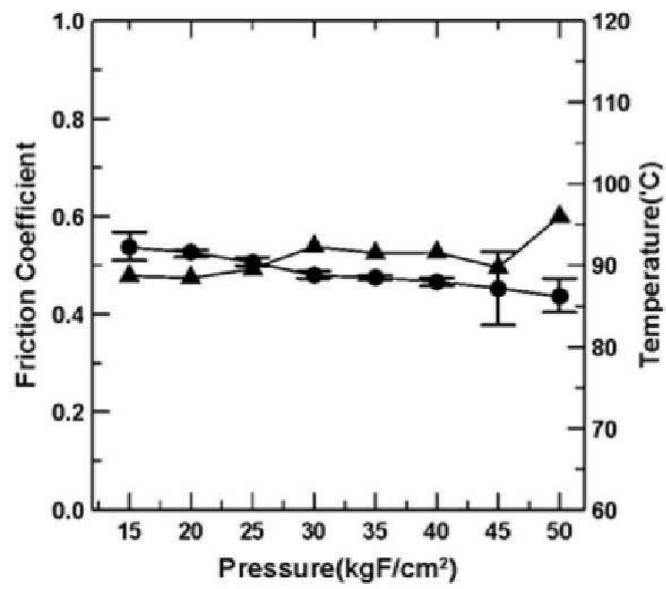
도면3



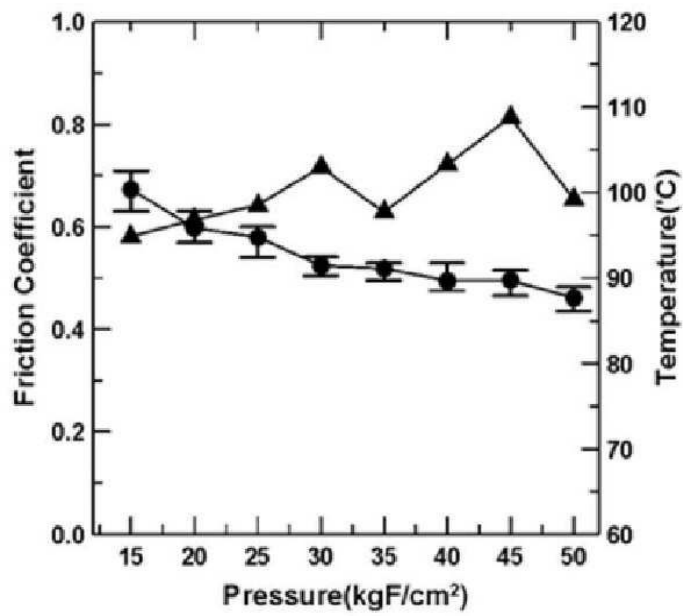
도면4



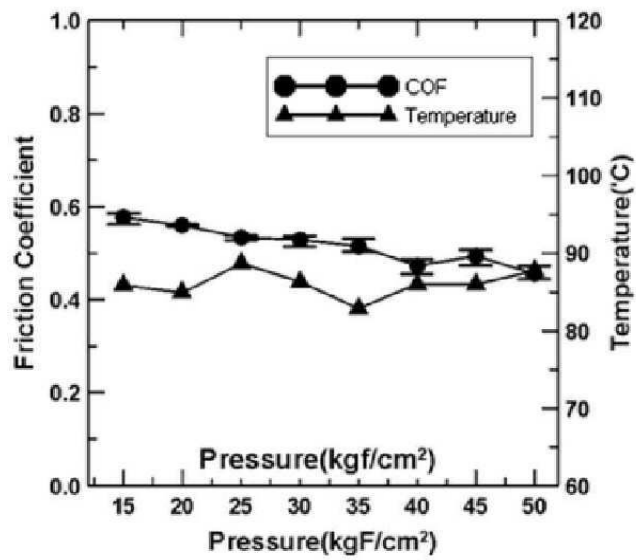
도면5



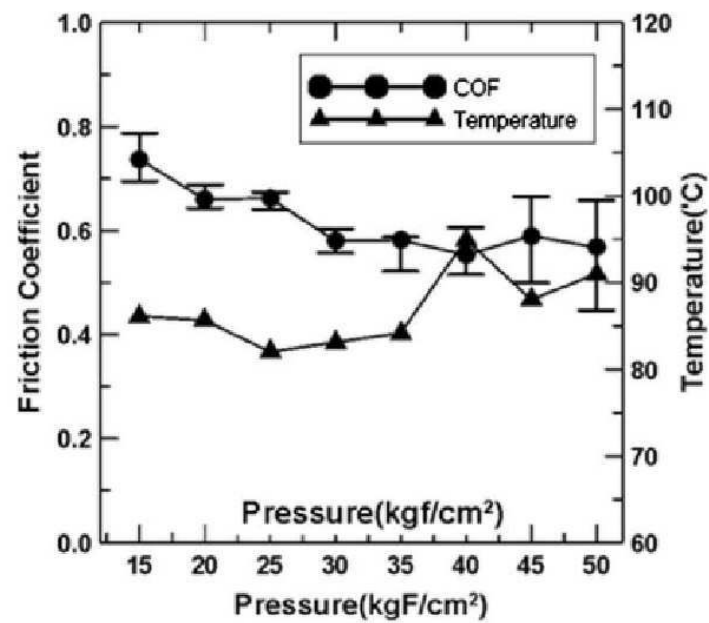
도면6



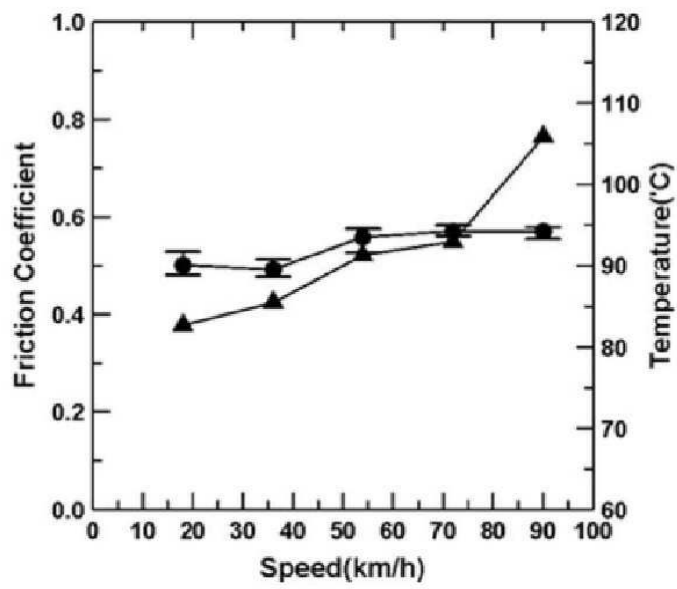
도면7



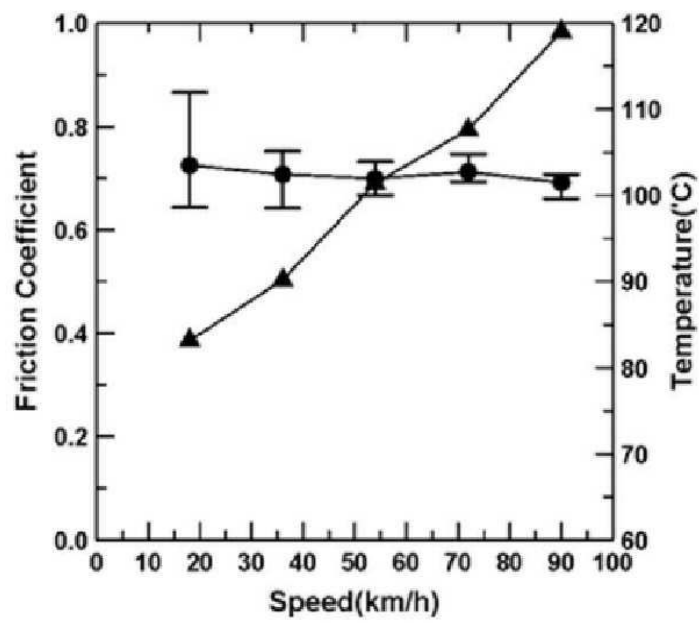
도면8



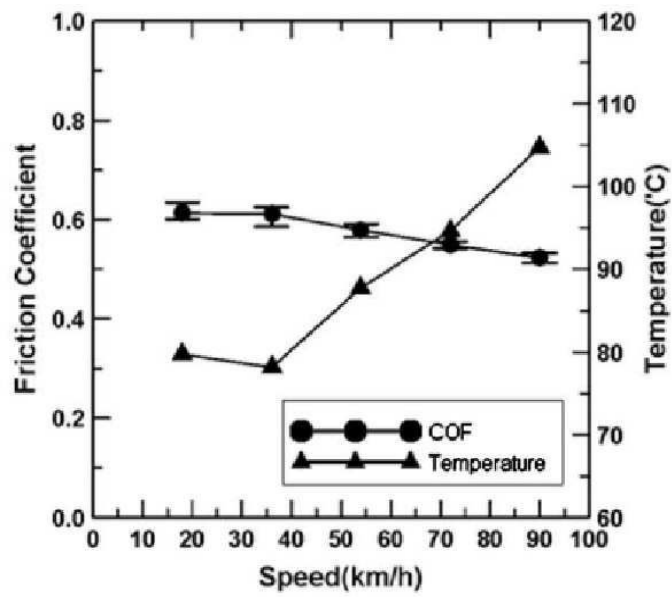
도면9



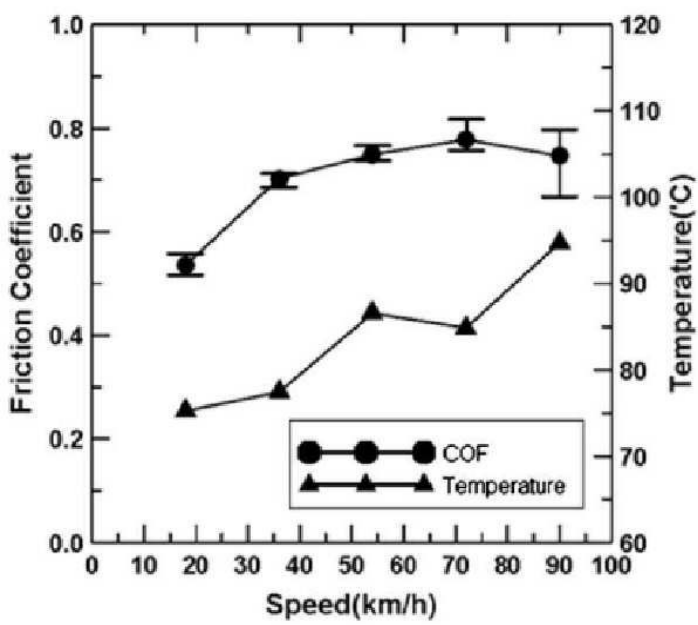
도면10



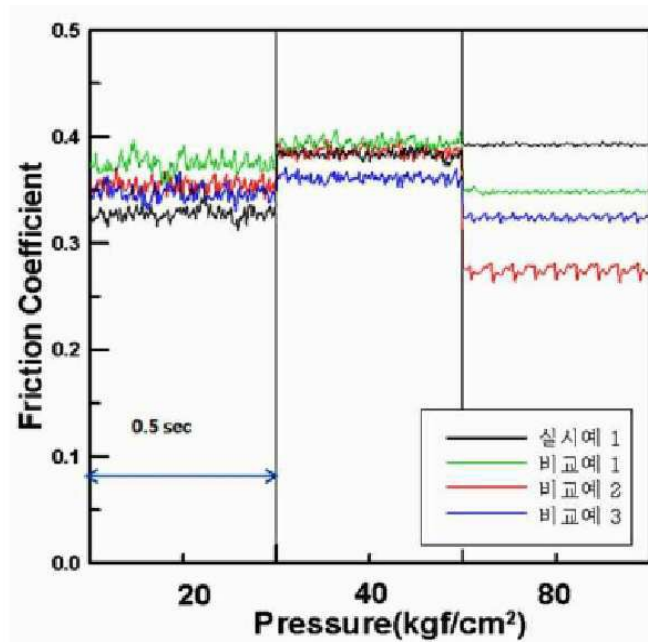
도면11



도면12



도면13



도면14

