(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2010-0015691
(43) 공개일자 2010년02월12일

(51) Int. Cl.
F03D 1/06 (2006.01) *F03D 11/00* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2009-7021783
(22) 출원일자 2007년09월13일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2009년10월19일
(86) 국제출원번호 PCT/US2007/078361
(87) 국제공개번호 WO 2008/115265
국제공개일자 2008년09월25일
(30) 우선권주장
11/725,916 2007년03월20일 미국(US)

(71) 출원인
모듈러 윈드 에너지, 인크.
미국 90755 캘리포니아주 시그널 힐 건드리 애비뉴 2161
(72) 발명자
베이커 마일즈 엘.
미국 90807 캘리포니아주 롱비치 이. 샌 안토니오 드라이브 100
아렌트 코리 피.
미국 92649 캘리포니아주 헌팅턴 비치 펠프스 레인 16861
(74) 대리인
양영준, 안국찬

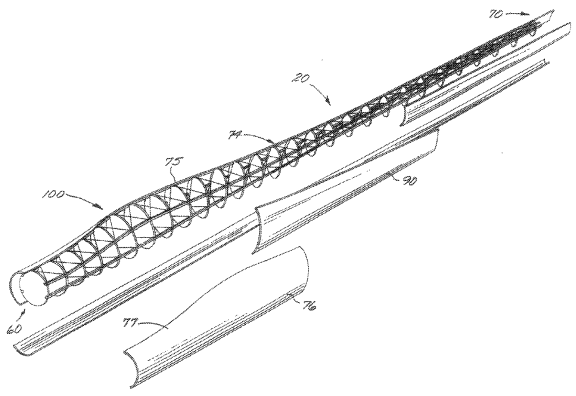
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 경량 복합 트러스 풍력 터빈 블레이드

(57) 요 약

본 발명은 복합 트러스 이음부의 트러스 지지 구조물 조립체를 구비하도록 형성된 경량 복합 트러스 풍력 터빈 블레이드에 관한 것이며, 트러스 지지 구조물 조립체는 경량 리브 패널의 중추부에 부착되어 경량 리브 패널의 중추부를 이격된 관계로 지지하는 복합 날개보 부재 및 크로스 부재를 포함한다. 리브 패널들은 서로로부터 평행하게 이격된 관계로 배향되며, 완성된 블레이드 조립체에 있어서 개별적인 곡률 영역을 형성하는 주연을 가지도록 개별적으로 성형된다. 트러스 지지 구조물은 에어포일 구조를 형성하는 각각의 리브 패널 에지에 잘 맞게 부착되는 경량 섬유유리 또는 경화 직물 외판으로 덮인다.

대 표 도



특허청구의 범위

청구항 1

내부 트러스 지지 구조물을 포함하는 풍력 터빈 블레이드 조립체이며,

복수의 패널 리브를 포함하는 중추부와, 복수의 복합 날개보 부재와, 복수의 복합 크로스 부재와, 외판 조립체를 포함하며,

복수의 패널 리브는 주연 에지를 포함하며, 주연 에지는 각각의 주연 에지 상에서 평행하게 측방향으로 서로 이격되어 배치되는 플랜지들과 접착 고정구들을 포함하며, 각각의 인접한 패널 리브 쌍들은 사이에 각각의 간격을 형성하고,

복수의 복합 날개보 부재는 접착 고정구에 접착되고 중추부의 길이를 따라 접착 고정구 상에 종방향으로 위치되며,

복수의 복합 크로스 부재는 접착 고정구와 날개보 부재에 접착되며 이들과 함께 각각의 트러스 이음부를 형성하며, 인접한 패널 리브 쌍들의 크로스 부재는 각각의 간격을 횡단하고 각각의 인접한 패널 리브들을 이격된 관계로 지지하도록 구성되며,

외판 조립체는 각각의 패널 리브 플랜지에 고정되고 중추부와 트러스 이음부를 덮도록 배치되는 풍력 터빈 블레이드 조립체.

청구항 2

제1항에 있어서, 크로스 부재는 블레이드의 시위 방향으로 인접한 리브들 사이에 연결된 적어도 하나의 상기 크로스 부재와, 블레이드의 캠버 방향으로 인접한 리브들 사이에 연결된 적어도 하나의 상기 크로스 부재를 포함하는 풍력 터빈 블레이드 조립체.

청구항 3

제1항에 있어서, 날개보 부재와 크로스 부재는 복합 소스로부터 펄트루젼으로 형성되는 풍력 터빈 블레이드 조립체.

청구항 4

제1항에 있어서, 각각의 리브 패널은 중추부를 따라 곡률이 변하는 영역을 형성하도록 개별적으로 성형되는 풍력 터빈 블레이드 조립체.

청구항 5

제1항에 있어서, 리브 패널은 섬유유리 측면을 포함하는 풍력 터빈 블레이드 조립체.

청구항 6

제1항에 있어서, 블레이드 조립체는 복수의 경질 지점을 포함한 장착 칼라를 포함하는 풍력 터빈 구조물의 장착 허브에 블레이드 조립체를 장착하기 위한, 끝 단부에 대향하는 밑면 부착 단부를 포함하며, 날개보 부재는 경질 지점에 부착되며,

밑면 부착 단부를 허브에 장착하기 위해 장착 링이 칼라의 기부에 부착되는 풍력 터빈 블레이드 조립체.

청구항 7

풍력 터빈 블레이드 조립체이며,

복수의 패널 리브를 포함하는 중추부와, 복수의 복합 날개보 부재와, 복수의 복합 크로스 부재와, 외판 조립체를 포함하며,

복수의 패널 리브는 주연 에지를 포함하며, 주연 에지는 각각의 주연 에지 상에서 평행하게 측방향으로 서로 이격되어 배치되는 플랜지들과 부착 고정구들을 포함하며, 각각의 인접한 패널 리브 쌍들은 사이에 각각의 간격을

형성하고,

복수의 복합 날개보 부재는 부착 고정구에 고정되고 중추부의 길이를 따라 부착 고정구 상에 종방향으로 위치되며,

복수의 복합 크로스 부재는 날개보 부재들에 접착되어 날개보 부재들과 함께 각각의 트러스 이음부를 형성하며,

크로스 부재는 인접한 날개보 부재들 사이에서 수직으로 연결되어 인접한 날개보 부재들을 연결시키는 적어도 하나의 수직 부재를 포함하고, 각각의 트러스 이음부에서 인접한 수직 부재들 사이에 사선으로 연결된 적어도 하나의 사선 부재를 더 포함하며,

외판 조립체는 각각의 패널 리브 플랜지에 고정되고 중추부와 트러스 이음부를 덮도록 배치되는 풍력 터빈 블레이드 조립체.

청구항 8

제7항에 있어서, 날개보 부재는 길이를 따라 U형상 채널을 포함하고,

크로스 부재는 U형상 채널 내에서 날개보 부재에 고정되는 풍력 터빈 블레이드 조립체.

청구항 9

제8항에 있어서, 날개보 부재, 수직 부재 및 사선 부재는 각각의 부재 단부 에 정렬된 각각의 보어를 포함하며,

트러스 이음부는 각각의 날개보 부재, 수직 부재 및 사선 부재를 서로에 고정하기 위해 정렬된 보어를 통해 삽입되는 핀 체결구를 포함하는 풍력 터빈 블레이드 조립체.

청구항 10

제8항에 있어서, 날개보 부재는 각각의 날개보 구획 대향 단부들을 포함하는 40피트 길이까지의 구획으로 형성되며,

각각의 인접한 날개보 구획 대향 단부들은 접촉하여 첨접 이음부를 통해 서로 겹쳐 이어지며,

첨접 이음부는 각각의 날개보 부재 구획의 U형상 채널 내에 위치하고 각각의 인접한 대향 단부들을 서로 가교시키는 각각의 가교 부재와, 각각의 가교 부재를 각각의 대향 단부에 고정시키는 체결구 세트를 포함하는 풍력 터빈 블레이드 조립체.

청구항 11

제7항에 있어서, 수직 부재는 연결 사선 부재가 삽입되기 위한 간극을 지닌 슬롯을 적어도 하나의 단부 상에 포함하는 풍력 터빈 블레이드 조립체.

청구항 12

제7항에 있어서, 각각의 리브 패널은 중추부를 따라 곡률이 변하는 영역을 형성하도록 개별적으로 성형되는 풍력 터빈 블레이드 조립체.

청구항 13

제7항에 있어서, 외판 조립체는 곡률이 변하는 영역을 덮도록 성형된 개별 외판 패널을 포함하는 풍력 터빈 블레이드 조립체.

청구항 14

풍력 터빈 블레이드 조립체를 제조하는 방법이며,

복수의 리브 패널을 선택하는 단계와,

복수의 복합 지지 부재를 형성하는 단계와,

지지 부재를 응고시키는 단계와,

미리 결정된 수의 장착 지주를 선형 구조로 미리 결정된 거리로 서로로부터 이격되게 설정하는 단계와,

리브 패널을 각각의 지주에 장착하는 단계와,

미리 결정된 수의 지지 부재를 각각의 리브 패널의 주연 에지에 장착하여 조립체의 밑면 단부로부터 조립체의 끝 단부까지 날개보 부재를 형성하고 이음부 교차부를 형성하는 단계와,

각각의 인접한 리브들 사이에 미리 결정된 수의 다른 지지 부재를 부착하여 크로스 부재를 형성하는 단계로서, 상기 크로스 부재는 날개보 부재에 추가로 부착되어 각각의 인접한 이음부 교차부에서 인접한 날개보 부재들을 사이에서 연결하는, 크로스 부재를 형성하는 단계와,

외판 조립체를 리브 패널의 주연 에지에 고정하는 단계를 포함하는 풍력 터빈 블레이드 조립체 제조 방법.

청구항 15

제14항에 있어서, 날개보 부재는 U형상 채널을 구비하도록 형성되며, 크로스 부재 단부는 수직방향으로 인접한 날개보 부재의 U형상 채널 내에 수직으로 배치되어 부착되는 풍력 터빈 블레이드 조립체 제조 방법.

청구항 16

제14항에 있어서, 적어도 하나의 크로스 부재는 인접한 이음부 교차부들 사이에 사선으로 부착되는 풍력 터빈 블레이드 조립체 제조 방법.

청구항 17

제15항에 있어서, 몇몇의 수직 배치된 크로스 부재는 일 단부 상에 슬롯을 구비하도록 형성되며, 적어도 하나의 크로스 부재는 각각의 수직 배치된 크로스 부재 슬롯 내에서 인접한 이음부 교차부들 사이에서 사선으로 부착되는 풍력 터빈 블레이드 조립체 제조 방법.

청구항 18

제14항에 있어서, 리브 패널은 블레이드 조립체를 따라 곡률이 변하는 영역을 형성하도록 개별적으로 몰딩 성형 선택되는 풍력 터빈 블레이드 조립체 제조 방법.

청구항 19

제14항에 있어서, 리브 패널과 지지 부재를 직물로 덮음으로써 외판 조립체를 형성하는 단계와,

상기 직물을 열수축시키는 단계와,

상기 직물을 수지로 코팅하는 단계와,

상기 수지를 경화시키도록 하는 단계를 더 포함하는 풍력 터빈 블레이드 조립체 제조 방법.

청구항 20

제14항에 있어서, 지지 부재를 형성하는 단계는 펄트루젼 기술을 사용하여 수행되는 풍력 터빈 블레이드 조립체 제조 방법.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 에어포일의 코어 구조, 특히 풍력 터빈 블레이드에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 전에는 사람이 살지 않던 지역에서 인구가 증가하고 새로운 지역사회가 개발됨에 따라, 동력에 대한 수요는 에너지 공급자의 능력을 시험하고 있다. 연료나 동력의 새로운 소스들이 끊임없이 요구되고 있으며, 이전에는 개발하기에 비효율적이라고 여겨졌던 소스들이 발전(power generation)이 가능한 것이면 무엇이든지 더 추출하기 위해 연구되고 있다. 그러나, 값이 싸고 풍부해서 이전에는 선호되었던 석탄 및 석유와 같은 화석 연료는 화석 연료의 소비가 환경에 미치는 당연한 악영향과 화석 연료의 가격 인상으로 인해 외면당하고 있다. 또한, 미국은 연료 생산을 외국에 점점 의존하고 있다는 기미가 다소 보이기 때문에, 이러한 연료 소스에 대한 방안을 강

구해야 한다. 이에 따라, 산업체들은 이전에 석유 기반 제품에 의해 동력을 공급받던 많은 기계류를 전기 기반의 동력원으로 전환하고 있다. 또한, 전체 인구는 사업을 관리하고, 노동력을 이송하고, 가정생활을 운영하기 위하여 점점 더 전기 장비에 의존하고 있다. 따라서, 대안적 에너지원에 대한 조사는 자연적 동력원이 우리 국가의 증가하는 에너지 수요에 동력을 공급하기에 충분한 청정 에너지를 공급할 것이라는 희망으로 관심이 증가되고 있다. 에너지 생산의 만족을 위한 필요를 충족시키는데 기여하는 것으로 기대되는 일 소스는 풍력이다.

[0003] 풍력은 바람 에너지를 전기와 같은 더 유용한 형태로 전환한 것이다. 많은 사람들이 바람 에너지는 전기를 얻던 화석 연료를 대체하기 위해 사용하는 경우에 온실 효과를 완화시키는 풍부하고, 재생가능하고, 광범위하며 청정한 동력원으로 간주한다. 풍력은 국가 전력망 사용에 있어서 대부분이 대규모 풍력 기지로 이관된다. 소규모의 개별 터빈들은 발전기 제조 및 토지 배치와 관련된 경제적 어려움및 현재 구조 역량으로 인해 지방 거주지 또는 전력망 고립(grid-isolated) 지역에 전기를 제공하기 위해 사용된다.

[0004] 발전의 대부분 주요 형태는 사업계획 처음에 상당한 투자를 필요로 하지만 (대체로 연료 및 유지에 대한) 낮은 운용 비용을 가지는 것을 의미하는 자본 집약적이다. 이는 특히, 최소 연료 비용과 비교적 낮은 유지 비용을 가지는 풍력에 있어 그러하다. 그러나, 풍력은 높은 비율의 선행투자 비용을 가진다. 유닛 당 바람 에너지의 생산 "비용(cost)"은 대체로 다른 요소들 중에서 (재료 요소를 포함하는) 건설 비용, 투자자들에게 되돌아가는 차입 펀드 비용 및 추정 연생산 비용을 통합한 유닛 당 평균 비용에 기초한다. 이러한 비용들은 발전기 장비가 내구성과 효율적인 생산을 유지하는 경우 20년 이상일 수 있는, 장비의 예상 사용 연한으로 평균낸 것이다. 따라서, 풍력 발전원을 생산할 때 일정 장소로부터 최대 동력을 끌어내면서 조기 파손의 위험을 최소화하는 것은 의무적 목표가 된다. 가장 일반적이고 광범위하게 사용되는 풍력 출력을 위한 구조물 중 하나는 풍력 터빈이다.

[0005] 풍력 터빈은 바람으로부터 운동 에너지를 펌프와 같은 기계류에 의해 직접 사용되는 기계 에너지로 전환되거나 또는 이후에 이어서 전기 장비에 동력을 공급하는데 사용되는 전기로 전환되는 기계이다. 풍력 터빈은 그 소비가 환경 오염의 공지된 원인이 되는 화석 연료의 연소에 의지하지 않기 때문에 인기 있는 동력원이다. 풍력 터빈은 대체로 수평축 풍력 터빈 또는 수직축 풍력 터빈의 2가지 유형으로 분류된다. 본 적용예에서는, 수평축 풍력 터빈에 사용되는 풍력 터빈 블레이드에 논의가 집중된다. 이러한 풍력 터빈은 타워의 상부에 주요 로터 샤프트와 발전기를 가지며 바람을 향한다. 일반 최신 풍력 터빈은 바람을 향하며 컴퓨터 제어 모터에 의해 제어된다. 블레이드는 강풍에 의해 발생하는 굴곡력, 전단력 및 염력(torsional force)에 저항하도록 단단하고 강하게 제조되어야 한다. 수평축 풍력 터빈은 블레이드의 설계와 배치가 바람을 받을 때는 언제든지 자체 시동 및 작동을 촉진시키기 때문에 에너지 수확기들 중에서 인기가 높다.

[0006] 실제로, 풍력 발전기는 대체로 평균 풍속이 10mph 이상인 곳에 위치한다. "이상적인(ideal)" 위치는 일년 내내 비난류 풍속의 거의 일정한 유동을 가지며 과도하고 갑작스러운 강력한 돌풍을 겪지 않는다. 현재 양호한 위치는 구릉 능선, 해안선, 앞바다에 발달된 얕은 물에 위치한 플랫폼과 같은 바람이 부는 지역을 포함한다. 그러나, 터빈 부지의 중요 고려사항은 지역 수요로의 접근성이나 인접성 또는 전달 능력이며, 이러한 전형적인 위치는 지역 수요, 특히 평평하고 낮은 풍속 지역의 급성장하는 지역사회에 의해 발생되는 증가하는 수요로부터 멀다. 낮은 풍속 지역은 잠재적 풍력을 가지지만, 현재 기술은 이러한 지역 근처에서 사용하기에는 다소 비효율적이며 및/또는 매우 고가인 것으로 여겨진다.

[0007] 풍력 터빈의 일반 작동시, 에어포일의 상부 캠버를 가로지르는 공기는 하부 캠버 아래에서 이동하는 공기보다 빠르게 이동해야 한다. 따라서, 상부 캠버 위를 지나가는 공기가 하부 캠버 아래에서 이동하는 공기보다 낮은 압력에 있는 곳에 압력 차이가 형성된다. 이는 블레이드에 양력(lift force)을 초래하여, 로터 축을 중심으로 토크를 유도하여 터빈을 회전시킨다. 따라서, 에너지는 풍력 터빈 블레이드 상의 이러한 토크로부터 발생된다.

[0008] 여러 인자들이 풍력 터빈 시스템의 효율성에 기여한다. 발생될 수 있는 총 동력은 로터 블레이드가 회전할 때 로터 블레이드가 지나가는 디스크 면적에 비례하고 블레이드 길이의 제곱에 비례하므로, 일 중요 인자는 블레이드의 길이이다. 다른 인자는 최적 날개끝 속도 비율을 유지하는 제어 시스템의 능력을 포함한다. 블레이드의 적은 중량과 로터의 작은 회전 관성과 같은 인자는 제어 시스템이 풍속과 블레이드 화전 속도 사이의 비율을 유지하는 것을 쉽게 하며, 풍속이 변동함에 따라 로터의 속도가 증감된다.

[0009] 디스크 면적과 동력 생산을 증가시키기 위해 필요한 길이가 긴 풍력 터빈 블레이드의 개발에 대한 일 방해물은 블레이드의 길이가 증가함에 따른 블레이드 중량의 급속한 증가이다. 블레이드의 길이가 증가함에 따라, 블레이드의 하중은 급속히 증가한다. 또한, 길이가 긴 블레이드가 짧은 블레이드보다 더 가요성이 있다. 증가된 하중에 저항하고 필요한 강성을 제공하기 위하여, 상당한 양의 추가적인 재료가 긴 블레이드에 추가되어 구조적

완전성을 유지해야 한다. 추가적인 재료를 구입하고 처리해야 하기 때문에, 재료의 추가는 블레이드 재료 비용을 인상시킨다. 로터 디스크의 증가된 회전 관성과 블레이드 상의 증가된 중력 부하로 인해 허브 및 발전기 시스템에 일정 하중을 증가시키기 때문에 풍력 터빈 블레이드의 추가 중량은 좋지 않다. 또한, 추가 중량은 블레이드의 고유 진동 주파수의 감소를 야기시켜, 잠재적으로 기류 및/또는 타워와 지지 구조물의 동력과 바람직하지 않은 상호작용을 일으킬 수 있기 때문에 좋지 않다.

[0010] 따라서, 블레이드 구조를 더 효율적으로 만드는 특정 방법은 재료 비용을 감소시키고 긴 블레이드가 제조되도록 할 수 있는 가능성이 있다. 특정 경우에, 이러한 긴 블레이드는 기존 발전기에 결합되어 특히, 낮은 풍속 지역에서 추가적인 동력이 발생되게 할 수도 있다. 이는, 미국의 많은 지역이 비교적 낮은 풍속을 가지기 때문에 중요하다. 또한, 특정 장소에서의 풍속이 시간에 따라 변하기 때문에, 길이가 긴 블레이드의 사용은 터빈이 유익하게 작동될 수 있는 곳에서 최소 풍속을 감소시켜, 특정 지역에서 터빈이 오랜동안 동력을 생산하도록 할 수 있다. 이는 풍력 터빈으로부터 총 에너지 비용의 현저한 감소를 가져올 수 있다.

[0011] 예컨대, 제1 풍력 터빈들 중 몇몇은 입수가능성과 평이한 구조로 인해 목재 및 캔버스 돛으로 구성되었다. 그러나, 목재 및 캔버스 재료는 사용 연한 동안 많은 유지관리가 필요하다. 또한, 목재 및 캔버스 재료의 형상은 목재 및 캔버스 재료가 겪어야 하는 힘을 비교적 높게 생성시키는 낮은 공기역학적 효율성과 연관된다. 이러한 이유로, 풍력 터빈 블레이드는 중실형 에어포일 구조물로 대체되었다.

[0012] 다른 오래된 유형의 풍력 터빈은 높은 회전 관성을 형성하는 (강철 거더, 가로대 및 리브와 같은) 비교적 무거운 강철 요소를 블레이드에 구비하도록 설계되었다. 공기역학적 효율성, 구조적 내구성 및 유지관리가 향상되더라도, 무거운 강철 블레이드의 회전 속도는 회전 속도의 변화를 완충시켜서 출력을 더욱 안정적으로 만들기 위하여 동력원의 교류 주파수에 의한 통제를 필요로 한다. 또한, 강철 중량은 저속 풍역(wind area) 내에서 큰 원호로 회전할 수 있는 길이가 긴 블레이드를 설계하는 것이 경제적으로 매우 비싸게 만든다.

[0013] 풍력 블레이드 에어포일을 형성하는 이후의 방법은 항공기 구성 기술을 사용하였다. 이러한 기술은 블레이드의 길이를 따라 진행되는 블레이드의 주요 금속 바아 또는 목재 바아를 가로질러 놓이는 무거운 발사(balsa) 목재를 이용하는 것이 포함된다. 다수의 이런 유형의 블레이드는 시위 방향 지지부를 제공하고 에어포일 형상을 유지하는 리브의 세트를 사용한다. 시트 금속의 외판은 공력 표면을 제공하도록 내부에서 강성 리브에 단단히 고정된다. 우선 금속 블레이드보다는 가볍지만, 이러한 설계는 구성요소의 블레이드 유닛 길이 당 무게의 경제성과 관련된 단점을 여전히 겪는다.

[0014] 일반적으로, 풍력 터빈 블레이드 제조법은 보트 설계 및 서프보드 구성에서 사용되는 동일한 기술과 유사하다. 몇몇의 현재 통상적인 풍력 터빈 블레이드는 약 100피트 내지 150피트 길이로 제조된다. 재료는 습식 적층 기술을 이용하여 에어포일을 형성하는 에폭시 수지를 포함한 섬유유리가 대체로 선택된다. 블레이드는 외판 및 무거운 유리 발사 패널 코어가 수동으로 쌓아 올려지는 매우 값비싼 "클램쉘(clamshell)" 주형으로 제조된다. 이러한 중실형 섬유유리 구조물은 31미터 블레이드에서는 비교적 무거우며(약 12,000 파운드), 대규모의 가열성형을 위해 고가의 공구작업을 필요로 한다.

[0015] 다른 더 정교한 기술은 가변 토크 힘에 반응하여 비틀어질 수 있는 블레이드를 구비한 터빈을 포함한다. 이러한 유형의 장치는 루츠(Lutz)에게 허여된 미국 특허 제5,284,419호에서 볼 수 있다.

[0016] 따라서, 종래 기술 분야에서는 풍력 터빈 블레이드가 갑작스런 풍력 부하를 견딜 수 있는 견고한 구성으로 제조되면서도, 저풍속 지역에서 동력을 생산할 수 있는 긴 길이로 제조하기 위하여 경량이고 경제적이며 실질적으로 효율적으로 제조되도록 하는 필요성이 존재한다. 또한, 이러한 블레이드에 있어서 표준 운송 컨테이너로 수송하기 위해 용이하게 분해되고 현장에서 용이하게 조립될 수 있도록 하는 필요성이 존재한다.

발명의 상세한 설명

[0017] 간략하고 일반적으로 말하자면, 본 발명의 풍력 터빈 블레이드는 내부 트러스 지지 구조물을 포함하며, 내부 트러스 지지 구조물은 플랜지와 부착 고정 지점을 포함하는 주연 에지를 구비한 리브 세트를 포함하며, 리브들은 평행하게 정렬되고 에지 상에서 서로로부터 측방향으로 이격되어 중추부를 형성한다. 리브는 복합 날개보 부재 및 크로스 부재에 의해 서로 연결된다. 날개보 부재는 부착 고정 지점을 따르는 각각의 리브의 주연 에지에 중추부를 따라 부착된다. 또한, 크로스 부재는 인접한 리브들 사이에 접착되면서 적어도 하나의 크로스 부재가 인접한 리브들 사이의 갭을 통과하며, 각각의 부착 고정 지점에서 날개보 부재에 부착되어 일련의 트러스 이음부를 형성한다. 이후, 트러스 지지 구조물은 리브의 플랜지 위에 부착된 에어포일 외판에 의해 덮인다.

[0018] 본 발명의 다른 특징 및 장점은 발명의 특징을 예시로서 도시한 첨부 도면을 참조하여 다음의 상세한 설명으로부터 명백해질 것이다.

실 시 예

[0032] 임의의 풍력 터빈 블레이드가 주변 공기를 받아들이기에는 풍속이 너무 느린 일부 환경들이 존재한다. 다수의 예에서, 블레이드가 비교적 저속풍을 효과적으로 받아들이기엔 너무 무겁고 및/또는 너무 짧기 때문에 블레이드는 공기를 받아들여 터빈 축을 중심으로 회전할 수 없다. 임의의 과중량 및 소형의 풍력 터빈 블레이드의 중심에는 낮은 풍속 지역에서 에너지를 얻기 위해 적절한 중량과 작은 회전 관성을 제공하기에는 비효율적으로 설계된 코어 지지 구조물이 있다. 본 명세서에서 기술하는 바와 같이, 출원인은 터빈 블레이드의 구조적 필요 또는 요건을 여전히 만족시키는 감소된 중량의 블레이드를 제공하는 코어 지지 구조물을 활용하는 새로운 풍력 터빈 블레이드를 발명하였다.

[0033] 도 1에 도시된 바와 같이, 본 발명의 풍력 터빈 블레이드(100)는 길이방향으로 밑면 부착부(60)로부터 끝(70)까지 축방향으로 연장되는 대체로 경량 복합 지지 트러스 구조물(20)의 효율성을 이용하는 비교적 경량의 에어포일을 포함한다. 지지 트러스 구조물(20)은 외판(90) 조립체에 의해 덮여 블레이드(100)의 기본 에어포일 형상을 형성한다. 외판(90)은 블레이드(100)의 시위 방향에서 선단 에지(74)와 후단 에지(76)를 포함한다. 블레이드(100)의 상부 캠버는 도면부호 75로 표시되고 하부 캠버는 도면부호 77로 표시된다. 예시적 모델에서, 조립 블레이드(100)는 밑면 부착부(60)로부터 끝(70)까지 약 31m이지만, 블레이드는 풍력 발전 지역의 필요에 따라 길어질 수 있음을 알 수 있다.

[0034] 도 2에서 알 수 있는 바와 같이, 풍력 터빈 블레이드의 코어는 지지 트러스 구조물(20)로 구성되며, 지지 트러스 구조물(20)은 중추부(spine; 25)를 형성하고 일반 에어포일 형상을 규정하는 풍력 터빈 블레이드(100)의 종방향 세로축을 따라 서로의 넓은 면(34)에 대체로 평행하게 배향되는 일련의 측방향으로 이격된 리브(30)들에 의해 형성된다. 리브(30)는 밑면 부착 단부(60)에서 제1 리브(30)로부터 부착 및 지지가 시작되고 끝(70)에 위치한 말단 리브(30)에서 종결되는, 복수의 연결된 복합 날개보 부재(40) 및 크로스 부재(50)에 의해 서로 지지되게 연결된다. 도 3에서 상세히 알 수 있는 바와 같이, 제1 양호한 실시예는 4개의 날개보 부재(40)를 포함하고, 이 날개보 부재는 일련의 리브(30)들을 리브의 외부 주연 에지(36)에서 서로 결합시키고 리브 접착 고정구(35)에서 리브에 연결되어 인접한 리브에 종방향 지지부에 제공한다. 복수의 크로스 부재(50)가 날개보 부재들 사이에서 지지되어 연결된다. 도 3 내지 도 5를 참고하면, 크로스 부재(50)는 기본적으로, 두 크로스 부재가 시위 방향으로 인접한 리브에 연결되고 다른 두 크로스 부재가 중추부(25)의 캠버 방향으로 인접한 리브에 지지부착되는, 인접한 리브(30)들 사이에서 횡단하는 4개의 부재를 포함한다.

[0035] 당업자들은 리브(30)가 블레이드(100)의 기본 에어포일 형상을 제공한다고 인식할 것이다. 리브(30)는 양호하게는, 발사재(balsa)의 코어와 같은 경량 재료에 섬유 유리와 같은 다른 경량 재료가 양 면에 샌드위치되어있는 상태로 가볍게 제조되고, 외주에 플랜지(37)가 포함된 약 1인치 두께의 편평 패널로서 형성된다. 예시적 블레이드 모델에서, 리브(30)들은 약 1m 떨어져서 평행하게 이격되며, 리브에 대한 외판(90)의 부착을 위한 플랜지(37) 상에서 리브 주연 에지(36)에 접착되는 외판 패널(90)에 대한 주요 지지부를 제공한다. 블레이드 표면의 다른 부분은 곡률이 변하기때문에 개개의 리브(30)는 각각의 구획에 필요한 형상과 지지부로 성형됨을 알 수 있다.

[0036] 날개보 부재(40)와 크로스 부재(50)는 조립시 응고된(pre-cured) 원통형펄트루젼(pultruded) 복합 재료로 제조된다. 트러스 이음부(55)는 각각의 날개보 부재(40)와 크로스 부재(50)가 각각의 리브(30)의 주연 에지(36)를 따라 각각의 접착 고정구 지점(35)에서 교차하는 곳에 형성된다. 도 2 내지 도 5에서 알 수 있는 바와 같이, 날개보 부재(40)는 밑면 부착부(60)로부터 끝(70)까지 중추부(25)의 주연 접선을 따라 연속적으로 및 기본적으로 종방향으로 곧게 진행된다. 이와 같이, 크로스 부재(50)는, 밑면 부착부(60)로부터 끝(70)까지 각각의 트러스 이음부(55)에 연결되고 인접한 리브(30)들 사이에서 중추부의 종축을 횡단하여 사선으로 엮어진, 중추부(25)의 시위 및 캠버 방향으로 연속적으로 진행되는 4개의 부재를 포함한다. 약 31m 길이의 블레이드에서는, 약 120개의 이음부가 이러한 구성으로 형성된다.

[0037] 도 6 내지 도 8을 참고하면, 제2 트러스 형성물이 도시된다. 이러한 제2 양호한 실시예에서, 트러스 지지 구조물(20)은 날개보 부재(40)와 협동하여 일련의 삼각형 트러스 이음부(57)를 형성하도록 크로스 부재(50)를 재구성함으로써 변형된다. 이러한 실시예에서, 크로스 부재(50)는 간단한 설명을 위해 각각 사선 부재(50d) 및 수직 부재(50v)로서 재설계되지만, 어느 점으로 보아도 도 1 내지 도 5에 도시된 크로스 부재(50)와 실질적으로

동일하다. 부재(50v)는 인접한 날개보 부재들(40) 사이에서 수직으로 연결되는 크로스 부재를 가리키며, 50d로 지정된 크로스 부재는 2개의 인접한 크로스 부재(50v)를 교차하여 사선으로 결합시키는 크로스 부재를 가리킨다.

[0038] 특히 도 6을 참조하면, 도면은 3개의 연속 트러스 이음부(57)의 평행한 일 세트를 도시하며 리브가 리브 평면(RP)으로 표현되는 중추부(25)의 단면을 묘사한다. 이러한 실시예에서 도시된 중추부(25)의 단면은, 두 쌍의 평행한 연속적인 수직 이음부를 밑면 부착부(60)로부터 끝(70)까지 형성하도록 구성되는 트러스 구조물(20)을 제외하고는 도 1 내지 도 5에 도시된 실시예와 유사하다. 이러한 도면에 따르면, 리브는 수직 부재의 플랜지(56)상에서 평행하게 진행되는 수직 부재(50v)에 부착됨을 알 수 있다. 이러한 실시예에서, 대안적 이음부의 실시예는 개별 부재(50v, 50d 및 40) 중 하나의 대안적 트러스 이음부(57)를 통합함으로써 형성된다. 필요시, 추가적인 사선 부재가 추가되어 선단 트러스 부분을 후단 트러스 부분에 부착할 수 있다.

[0039] 제1 실시예와 달리, 크로스 부재(50v 및 50d)는 트러스 구조물(20)의 길이를 따라 유사 구성요소들로부터 분리되는 개개의 잠재적으로 교체가능한 구성요소로서 형성된다. 이러한 실시예에서, 사선 부재(50d)가 수직 부재(50v)의 상단부와, 동일한 상부 및 하부 날개보 부재(40) 세트를 따라 연결된 인접한 수직 부재(50v)의 하단부를 교차할 때, 2개의 이음부(57)가 한 쌍의 리브들 사이에서 형성된다. 도 7 및 도 8을 참고하면, 날개보 부재(40)는 수직 부재(50v)의 단부를 수용하기에 충분히 큰 폭을 지니며 일 단부로부터 다른 단부까지 진행되는 U형상 채널(46)을 포함한다. 각 수직 부재(50v)의 일 단부는 교차 사선 부재(50d)의 단부 두께를 수용하는 슬롯(54)을 포함한다. 각각의 복합 지지 부재는 볼트나 핀(42)의 삽입을 위해 중앙으로 정렬되는 보어(44)를 이음부(57)에 더 포함한다. 이음부(57)는 수직 부재(50v)의 양 측면에서 금속판(48)을 채널(46) 내에 삽입함으로써 더 강화될 수 있다. 수직 부재(50v)는 각각의 해당 리브를 플랜지에 접착시키기 위하여 부재 측면에 플랜지(56)를 더 포함한다.

[0040] 각각의 잠재적으로 교체가능한 요소로서, 리브(30), 수직 부재(50v)와 사선 부재(50d) 및 외판(90)은 보관하기 위해 분리될 수 있고 표준 40피트 선박 컨테이너로 운송될 수 있으며, 블레이드(100) 부분들은 현장에서 효과적인 분해 및 재조립에 적합하다. 도 6 및 도 6A를 참고하면, 필요시, 트러스 지지 구조물(20)은 분해된 블레이드(100)를 운송하기 위해 40피트 길이보다 짧은 간격으로 구성되는 변형된 날개보 부재(40)를 포함할 수 있다. 날개보 부재(40)를 리브(30)에 조립할 때, 임의의 트러스 이음부(57)의 중간의 각 날개보 부재(40)의 단부들에 첨접 이음부(splice joint; 45)를 형성함으로써 구조적 단일성 및 일체성이 보전될 수 있다. 이러한 예에서, 각각의 날개보 부재 단부는 U형상 채널(46)을 가로질러 서로 정렬되는 날개보 부재 측벽에 복수의 보어(43)를 포함한다. 강철 또는 다른 유사한 강한 물질로 제조된 가교 부재(48)는 U형상 채널(46) 내에 가압 끼움되어 축방향으로 인접하는 두 날개보 부재(20)의 각 단부들을 서로 횡단하고 겹쳐 잇는다. 또한, 가교 부재(48)는 날개보 부재(40)의 각각의 보어와 정렬된 보어(43)를 포함한다. 이후, 각각의 날개보 부재 단부는 핀(44)이 날개보 부재(40)와 가교 부재(48)의 각 정렬된 보어를 통해 삽입됨으로써 서로 고정 및 접합되어 첨접 이음부(45)를 형성한다. 가교 부재(48)의 크기는 최소로 유지되어, 트러스 구조물의 경량 특성을 보전하면서 구획화된 날개보 부재(20)의 부하 능력을 유지한다. 또한, 날개보 부재(40)는 각각의 이음부 완전성을 유지하기 위하여, 임의의 트러스 이음부들(57)로부터 중간의 미리 결정된 거리에서 날개보 부재들이 서로 겹쳐 이어지게 하는 길이로 종결된다.

[0041] 일단 조립되면, 터빈 블레이드(100)는 도 9 내지 도 10에 보이는 바와 같은 상용 풍력 터빈(99)에 쉽게 부착가능한 견고하면서도 경량인 에어포일 구조물을 제공한다. 외판 패널(90)은 대량으로 제조될 수 있는 편평 패널 섬유유리로 구성되어 이로부터 형상화되며, 또는 이와 달리, 트러스 구조물(20)은 곡률이 변하는 영역에 적합한 직물로 덮일 수 있으며, 이후, 이러한 직물은 수지를 통해 경화되어 블레이드 에어포일을 완성시킨다. 블레이드의 구성에 있어서, 외판(90)은 트러스 구조물(20)의 주위를 둘러싸며 플랜지(37)에 대해 각각의 리브 주연 에지(36)에서 리브(30)에 고정된다. 당업자는 접착제를 사용한 접착과 같은 종래 접착 기술 또는 기계적 체결구의 사용이 외판(90)을 리브(30)에 부착시키는 데 적절하다는 것을 알 것이다. 또한, 리브(30)가 높은 곡률의 영역을 형성하는 경우에는 외판 패널(90)이 단일 리브 쌍에 걸쳐 연장될 수 있음을 알 수 있다. 그러나, 작은 곡률의 영역에서는, 몇몇의 리브가 외판 패널(90)의 큰 부분으로 덮일 수 있다. 일단, 외판(90)이 트러스 구조물(20)에 장착 및 접착되면, 외판(90)은 단일 연속 외판으로서 거동하므로, 풍력 부하를 허브(72, 도 9 및 도 10 참조)로 전달하기 위해 밑면 부착 단부(60)로부터 장착될 수 있는 일체형 구조로서 블레이드(100)의 내부 요소들을 지지할 수 있다.

[0042] 밑면 부착 단부(60)는 칼라로부터 외향 돌출되는 4개의 경질 지점(hard point; 87)을 지닌 칼라(85)를 내포하는 강철 장착 링(80)을 포함함으로써 현용의 풍력 터빈 허브와의 호환성을 유지한다. 4개의 날개보 부재(40)는 경

질 지점의 내부에 부착된다. 외판(90)은 날개보 부재(40), 경질 지점(87) 및 칼라(85) 위에 덮인다. 조립부 단부(60)는 장착 링(80)이 볼트를 이용하여 허브(72)에 볼트로 조여짐으로써 풍력 터빈(99)에 고정된다. 일단 장착되면, 날개보 부재(40)가 주요 부하 지지체지만, 밑면 부착 단부(60)에서는 연속 외판(90)이 허브(72)로 전달하기 위해 부하를 지지한다.

[0043] 작동시, 바람이 블레이드(100) 표면을 가로지를 때, 풍력은 블레이드에 작용하여 블레이드를 회전시키는 허브를 중심으로 한 토크를 생성한다. 블레이드(100)가 회전할 때 블레이드가 그 원형 경로를 지속적으로 통과하므로, 전단력 및 굴곡력(bendging force)이 블레이드 상에 작용한다. 당업자들은 힘들이 블레이드 상에 작용할 때, 날개보 부재(40)가 대부분의 굴곡력 부하를 지탱하는 반면, 크로스 부재(50)는 전단응력 및 염력(torsional) 지지부를 제공함을 인식할 것이다. 따라서, 설명된 트러스 구조물(20)은 표준 길이(예컨대, 약 100피트)의 경량 블레이드를 생산하도록 활용될 수 있거나, 또는, 더 큰 원호의 회전 면적으로부터 풍력을 얻을 수 있는 현재 설계와 유사한 중량을 지닌 길이가 긴 블레이드를 생산하는 데 사용될 수 있다.

[0044] 트러스 구조물(20)에서 복합 요소를 사용함으로써, 충분한 강도 성능(strength performance)과 피로 저항(fatigue resistance)이 달성되면서 비교적 저밀도의 구조물에 블레이드의 강성 지지부를 제공한다. 복합 날개보 부재(40) 및/또는 크로스 부재(50)을 사용함으로써, 이러한 경량 복합 구성요소는 측방향으로 이격된 리브(30)와 협동하는 트러스 이음부(55)의 주요 부하 경로를 구성한다. 또한, 지지 부재를 매우 단향성으로 제조하게 하는 제조법(fabrication)을 사용함으로써, 섬유는 제조물의 축 방향을 따라 곧게 정렬되어, 부재 내에서 보강(reinforcement) 및 균일 강도를 제공한다. 따라서, 유닛 길이당 적은 재료 중량을 형성하며 블레이드(100) 내에 비교적 넓은 부분의 빈 공간(empty space)을 제공하는, 지지되고 보강된 구조물이 설명된다. 전반적으로, 제안된 트러스 구조물(20)을 사용하는 100피트 블레이드의 중량은 (12,000파운드의 현재 종래기술의 섬유유리 블레이드와 비교하면) 6,000파운드 만큼 적게 나가므로 임의의 섬유유리 블레이드에 비해 50% 중량 감소까지 초래할 수 있다. 블레이드의 보강이 요구되는 경우, 블레이드(100)의 총 중량에 크게 영향을 미치지 않고 부하 경로 보강을 위해 추가적인 크로스 부재(50)와 날개보 부재(40)가 추가될 수 있음이 이해될 것이다.

[0045] 또한, 현재 종래기술의 섬유유리 블레이드는 100피트를 초과하는 길이로 제조될 때 동력을 생산하는 데 다소 너무 무겁고 비효율적인 것으로 간주된다. 반대로, 블레이드(100)의 유닛 길이 당 중량은 비교적 가벼우며, 또한, 풍차(wind mill; 99)는 더 적은 중량 부하를 유지하면서 더 큰 스위핑 원호(sweeping arc)의 풍역을 덮을 수 있는 긴 길이로 구성된 블레이드(100)로부터 이익을 얻을 수 있다. 낮은 풍력 지역에서, 더 큰 원호로 회전하는 길이가 긴 블레이드는 더 많은 풍력을 얻을 수 있으므로 더 많은 동력을 생산할 수 있다. 또한, 경량 블레이드(100)는 허브(72)에 중량 부하를 적게 가하므로, 더 적은 응력이 허브, 터빈, 베어링 및 타워에 가해지는 것이 이해될 것이다. 블레이드(100)를 포함하는 풍차(99)는 약 30% 내지 약 40% 감소된 순 에너지 비용으로 작동하면서 5 메가와트까지 동력을 생산할 것으로 기대된다.

[0046] 또한, 제안된 발명은 풍력 터빈 블레이드를 제조하는 경제적인 공정에 적합하다. 도 11 및 도 12를 참고하면, 블레이드의 형상을 형성하도록 정렬된 리브(30) 집합체를 선택하는 단계를 포함하는 과정이 기술된다. 복합 부분들은 조립 전에 제조되고 응고된다. 지주(88) 세트는 지면 또는 고정구 상에 미리 결정된 거리로 이격되며 리브(30)는 지주에 장착된다. 이후, 복합 날개보 부재(40)는 밑면으로부터 끝까지 리브 주연 에지(36)를 따라 장착 고정구(86 및 87)에 부착된다. 이후, 밑면에서 시작되어 끝으로 이동하면서, 복합 크로스 부재(50)는 트러스 이음부(55)를 형성하면서 상부 진행 날개보와 하부 진행 날개보(40) 사이에 부착된다. 이후, 외판이 트러스 구조물(20)에 적용되어 블레이드를 완성한다. 외판은 소정 형상으로 절단된 (약 2겹의) 얇은 2축성 함침복합재(prepreg) 섬유유리로부터 제조되거나, 열 수축되어 공력 끼움(aerodynamic fit)되고 수지로 코팅된 직물로 구조물을 덮음으로써 제조될 수 있다.

[0047] 본 명세서에 기술한 바와 같이, 본 발명의 블레이드(100)는 에너지 효율적인 발전을 생산하는데 유용한 경량의 견고한 구성을 제공하는 새롭고 유용한 구조물을 설명한다.

도면의 간단한 설명

[0019] 도 1은 내부 트러스 지지 구조물을 설명하는 풍력 터빈 블레이드의 제1 실시예의 부분 분해 사시도이며,

[0020] 도 2는 도 1에 도시된 트러스 지지 구조물의 사시도이며,

[0021] 도 3은 도 2에 도시된 원(3)의 확대 단면도이며,

[0022] 도 4는 도 2에 도시된 트러스 지지 구조물의 평면도이며,

[0023] 도 5는 도 2에 도시된 트러스 지지 구조물의 정면도이며,

[0024] 도 6은 도 2에 도시된 트러스 지지 구조물의 제2 실시예의 일부를 나타내는 확대 단면도이며,

[0025] 도 6A는 도 6에 도시된 첨접 이음부의 확대 단면 사시도이며,

[0026] 도 7은 도 6에 도시된 트러스 지지 구조물에서 보이는 이음부의 확대 단면 사시도이며,

[0027] 도 8은 도 6에 도시된 트러스 지지 구조물에서 보이는 이음부의 확대 단면 정면도이며,

[0028] 도 9는 본 발명을 구체화하는 풍력 터빈을 묘사하는 단면 사시도이며,

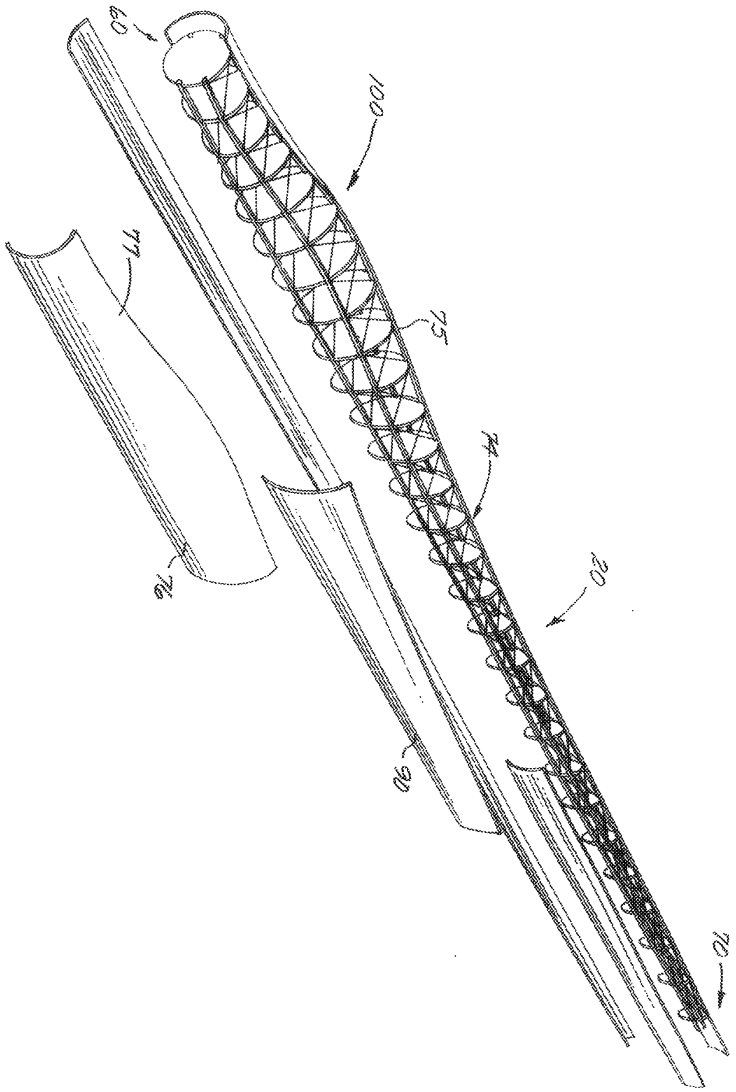
[0029] 도 10은 도 9에 도시된 본 발명의 확대 단면 정면도이며,

[0030] 도 11은 도 1에 도시된 본 발명을 제조하는 방법을 설명하는 블록 개략도이며,

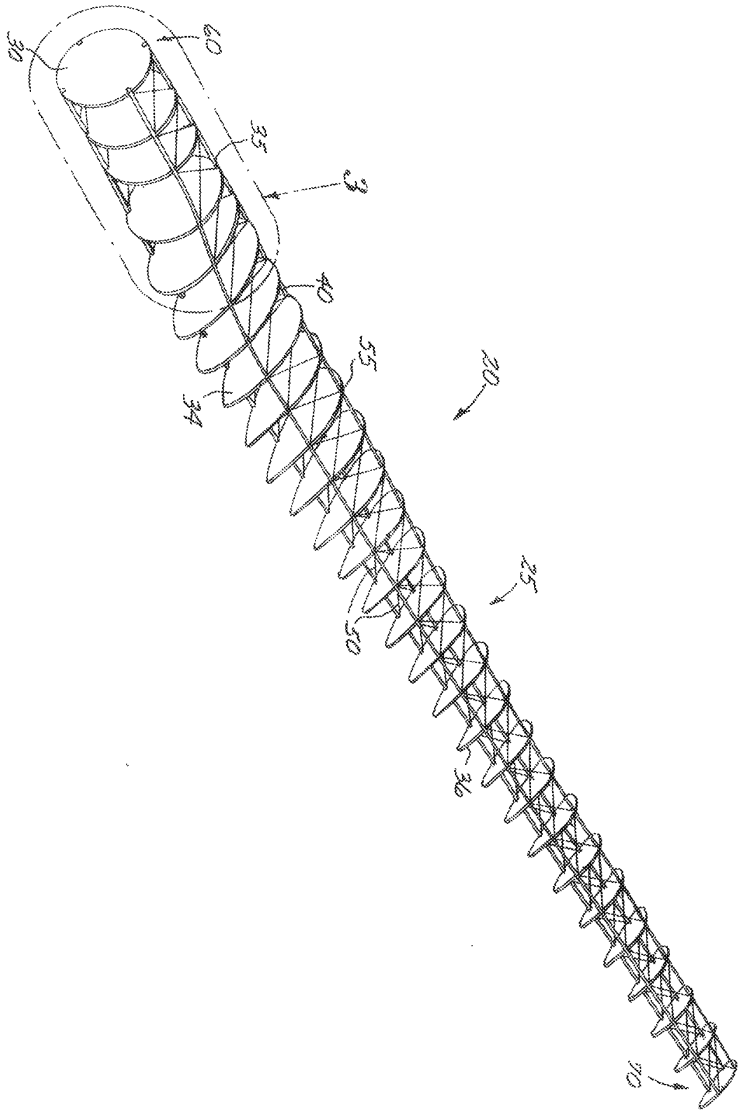
[0031] 도 12는 도 11의 개략도에 설명된 예시적 조립 고정구의 사시도이다.

도면

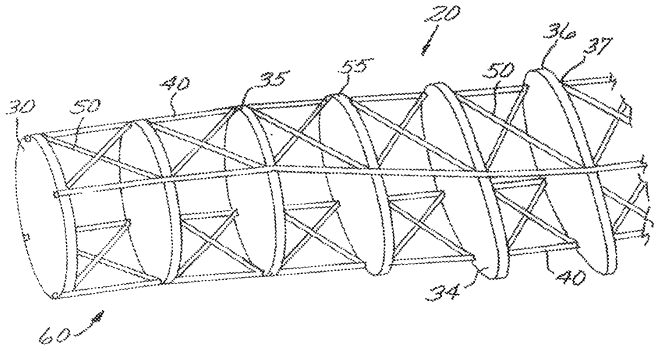
도면1



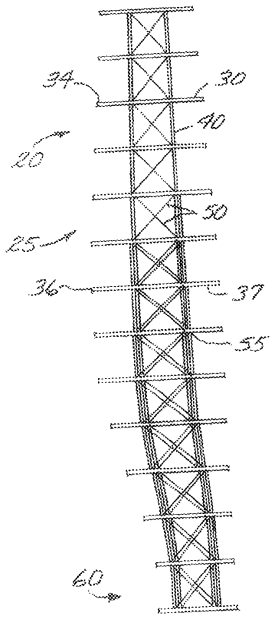
도면2



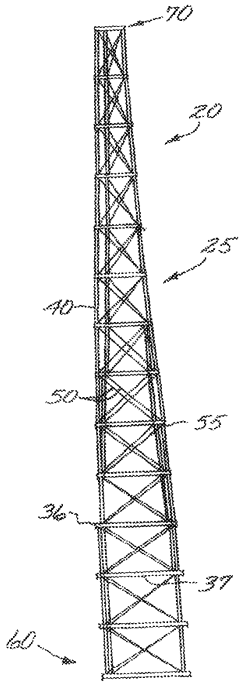
도면3



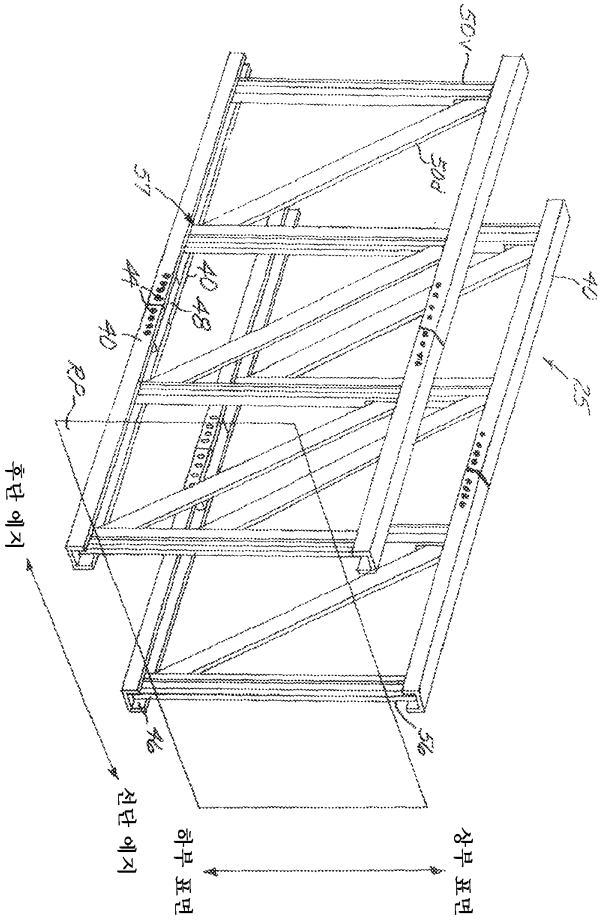
도면4



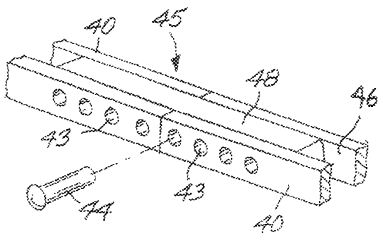
도면5



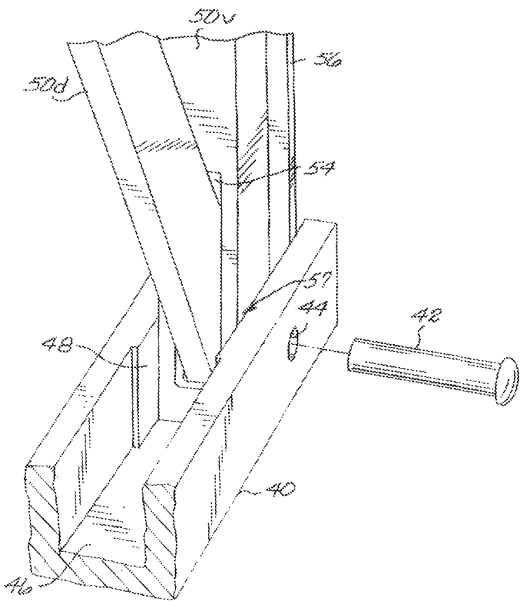
도면6



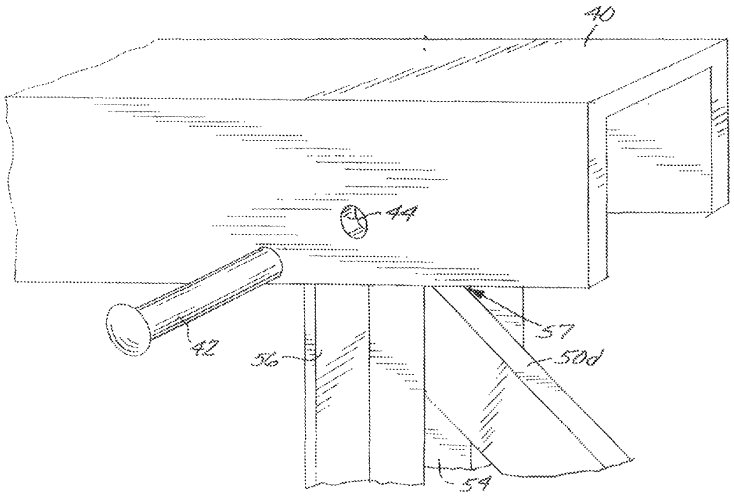
도면6A



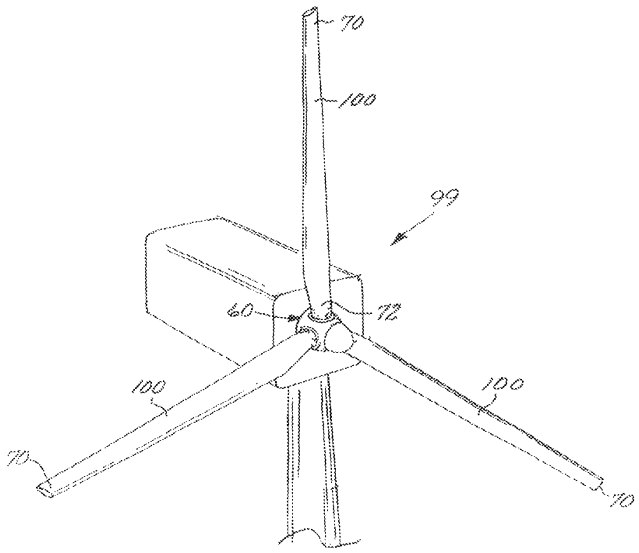
도면7



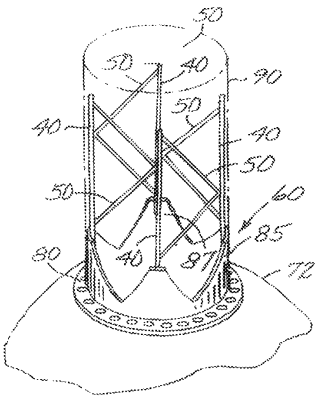
도면8



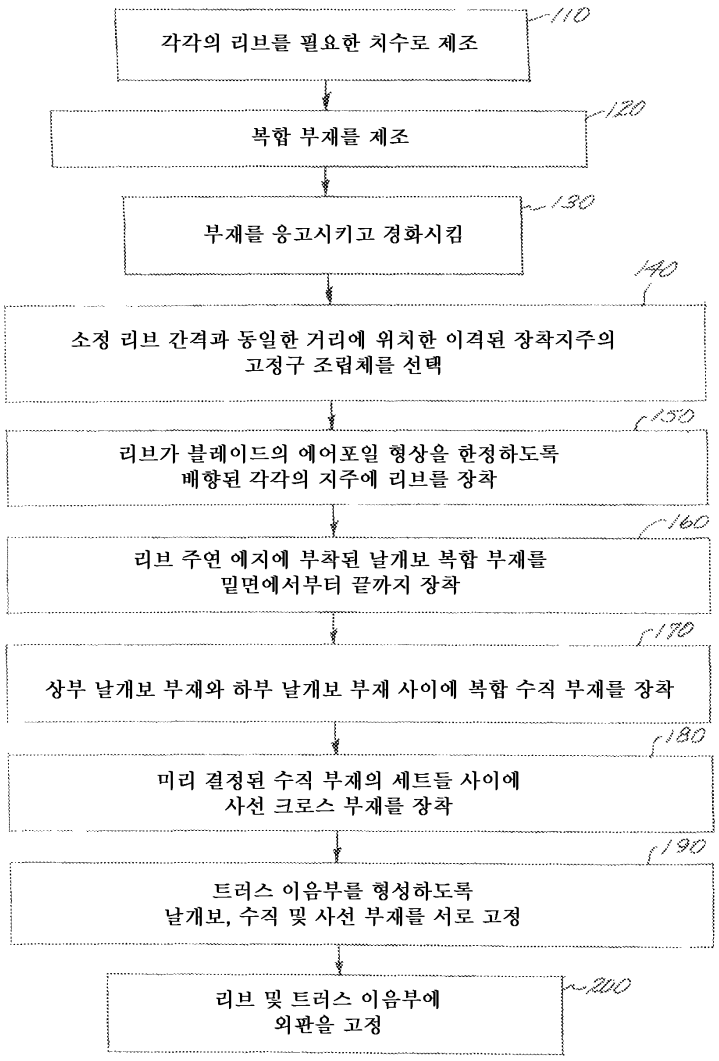
도면9


70
100
99
60
72
100
100
70
10

도면10


50
50
40
90
50
40
40
50
50
60
85
80
40
87
72

도면11


각각의 리브를 필요한 치수로 제조
110
복합 부재를 제조
120
부재를 응고시키고 경화시킴
130
소정 리브 간격과 동일한 거리에 위치한 이격된 장착지주의 고정구 조립체를 선택
140
리브가 블레이드의 에어포일 형상을 한정하도록 배향된 각각의 지주에 리브를 장착
150
리브 주연 에지에 부착된 날개보 복합 부재를 밑면에서부터 끝까지 장착
160
상부 날개보 부재와 하부 날개보 부재 사이에 복합 수직 부재를 장착
170
미리 결정된 수직 부재의 세트들 사이에 사선 크로스 부재를 장착
180
트러스 이음부를 형성하도록 날개보, 수직 및 사선 부재를 서로 고정
190
리브 및 트러스 이음부에 외판을 고정
200

도면12

