

국내 풍력 제조 산업의 현황

한국과학기술정보연구원
전문 연구위원 나덕주
(djra15@reseat.re.kr)

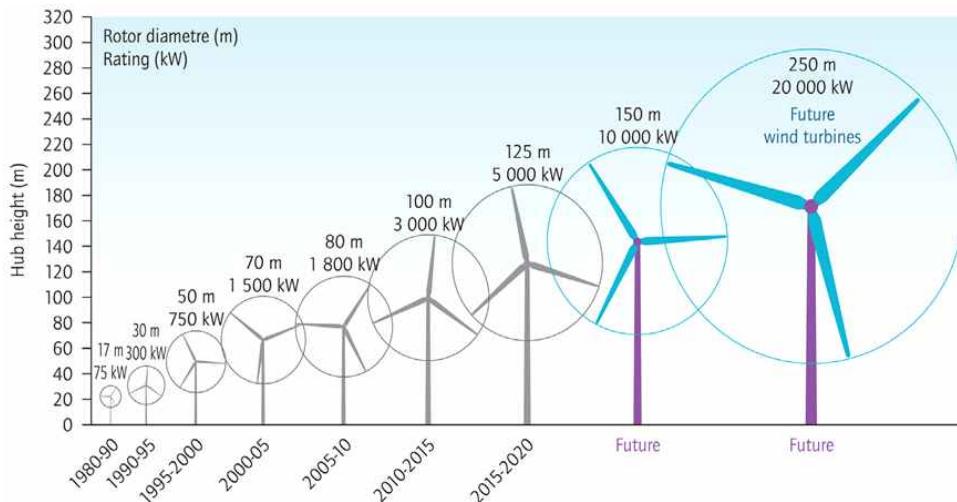
1. 풍력발전산업의 특징

1-1. 풍력발전 산업의 개요

전 세계 탄산가스 배출은 2010년 310억 톤에서 2040년 450억 톤까지 증가할 것으로 예상되고, 이에 따라 전 세계 평균온도는 2100년에는 현재보다 약 2~11°F가 상승할 전망이다. 2014년 전 세계 풍력발전 총량은 500GW로서 이는 전 세계 전력생산의 3%를 차지하고, EU는 2020년까지 풍력발전 비율을 20%까지 높이는 목표를 세우고 있다.

수평축 대형 풍력발전기의 효율은 실용적으로 30~45% 수준이고, 풍력발전 효율의 이론적 한계는 약 59.36%로 보고되고 있다. 풍력발전 산업에는 풍력발전 단지의 조성, 전력망과 송배전 체계 구축, 발전시스템과 부품의 제조 및 인증, 발전시스템의 운영, 온-오프 모니터링, 정비유지, 에너지 저장시스템(ESS) 등을 포함한다.

본질적으로 풍력이 가지고 있는 변동성과 불확실성 특성 때문에 풍력산업에서는 항상 안전하고 신뢰성 있는 전력을 공급할 수 있는 시스템을 구비하고 운영하기 위한 끊임없는 도전이 필요하다. 또한 더 높은 효율을 위해 풍력과 타 에너지원을 혼합한 하이브리드 신재생 에너지시스템의 개발을 추진하고 있다.

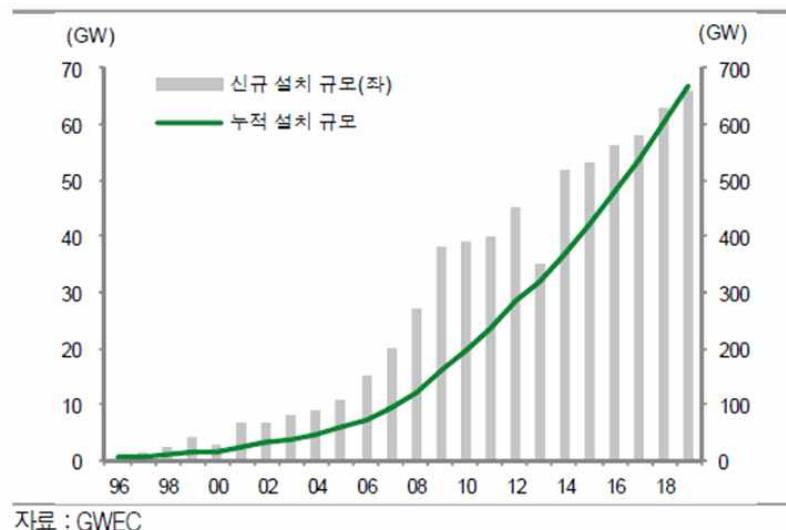


<그림 1-1> 풍력터빈 용량의 대형화 전망

육상풍력에 비해 해상풍력은 바람이 풍부하고 강한 풍속으로, 변화가 적고 대형 터빈을 사용하면 더 높은 에너지를 생산할 수 있다. 현재 상용화 되어 있는 대형 풍력터빈은 5MW 용량으로 로터 직경이 약 125미터이고 허브는 지상이나 해수면 위로 약 125미터 높이에 설치하고 있으며, 향후 로터의 대형화 추세 전망을 <그림 1-1>에 예시하였다. 더욱이 해상풍력은 소음과 경관에 대한 주민의 불만과 민원의 영향이 적으므로 해안에서 먼 거리에 해상 풍력발전 단지의 설치가 증가하고 있는 추세이다.

1-2. 풍력발전 시장 현황

2014년 50GW의 신규 풍력발전 설비가 설치되어 세계 풍력발전 설치용량은 400GW에 도달하였고 2020년에는 700GW를 달성할 것으로 전망된다.<그림 1-2> 중국, 미국, 독일, 스페인, 인도의 5개국이 세계 설치용량의 72%를 차지하고, 유럽은 117GW를 확보하고 있다. 2000년에 세계 최대 풍력터빈은 2MW이었는데 지금은 로터직경이 171m인 8MW의 풍력터빈을 설치하고 있고, 향후 로터직경이 180m인 10MW 풍력터빈의 출현이 예상된다.



<그림 1-2> 세계 풍력터빈 설치용량의 현황과 확대 전망

EWEA에 의하면 유럽에서 풍력에너지 생산은 매년 23.5%씩 증가하여 향후 2020년 까지 180GW, 2030년까지 300GW에 도달할 전망이다. 지멘스는 최근 스페인 Gamesa를 합병하면서 육상과 해상 모두 광범위한 세계 네트워크를 보유하게 되었다. 젠비온(Senvion)은 유럽, 미국, 캐나다는 물론 확대되는 아시아 시장을 잡기 위해 인도, 일본 등에 사업을 확장하고 있으며, 최근 203MW 규모의 독일 해상 프로젝트에 32개 해상 풍력터빈을 공급할 계획이다.

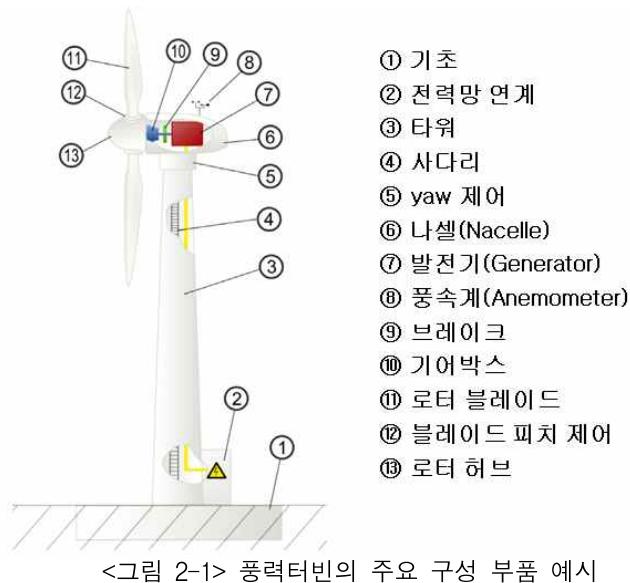
노덱스(Nordex)는 바람이 강하지 않은 지역에서 에너지를 생산할 수 있는 경량 풍력발전기 전문생산업체로서, 전 세계에 약 700개의 풍력터빈을 설치했다. 에너콘

(Enercon)은 육상 풍력터빈 전문기업으로서, 기어가 없는 발전기를 생산하고 있으며 전 세계에 2만2000개 이상의 풍력발전기를 설치하였다.

2. 풍력터빈과 발전시스템의 구성

2-1. 풍력터빈의 주요 구성부품

풍력산업은 부품·기자재→풍력발전시스템 제조→설치·시공→발전서비스의 가치체계로 구성되어 있고, 풍력설비산업은 정밀한 설계기술과 높은 신뢰성 기술을 결합한 고도의 기술집약적 산업이다. 주요 기술은 바람 분석기술, 풍력터빈과 구조물의 설계·제조·설치·시공기술, 발전설비의 운전·유지기술, 육상 및 해상 풍력발전과 전력계통망과의 접속 및 송전 연계기술 등이다. 산간 또는 해안에 설치된 풍력발전 소음 43~55dB은 환경적으로 큰 문제가 없고, 발전단가가 상대적으로 저렴한 친환경 재생에너지로 미래 유망산업분야라 할 수 있다.



<그림 2-1> 풍력터빈의 주요 구성 부품 예시

풍력터빈은 바람의 운동에너지를 기계적 변환과정을 거쳐 전기에너زي로 바꾸는 장치이다. 풍력터빈을 구성하는 핵심부품은 블레이드, 증속장치, 발전기 등이며, 세부 부품은 허브, 피치와 요 베어링, 주축베어링, 타워 등이 있다. 풍력터빈의 주요 구성부품을 <그림 2-1>에 예시하였다. 현재 풍력부품의 국산화율은 가격기준으로 70% 수준이고, 부품 수 기준으로 보면 70%에 미치지 못한다.

풍력터빈의 공력학적 설계, 구조해석기술 및 시험기술은 항공 산업에서의 기술이전을 바탕으로 국가의 연구개발 지원에 의해 개발하고 있다. 블레이드는 항공 산업에서 파생된 복합재료 공정기술인 진공성형(autoclave)기술과 수지액상주입기술(RTM, resin transfer molding)을 활용하여 제조한다. 허브, 주요프레임처럼 고 중량의 부품은 주조로 생산하고, 반복적인 피로하중을 받거나 과도한 하중을 받는 부품은 대부분 단조공정으

로 제조한다.

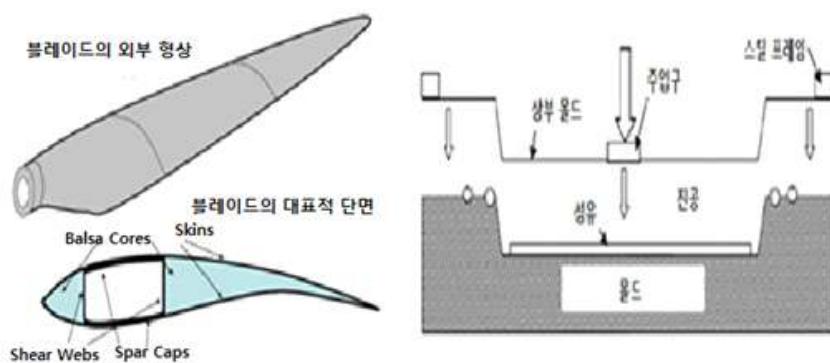
샤프트(shafts)는 잉고트 소재를 가열로에서 목표온도까지 가열한 후 업셋팅 공정과 코킹 공정을 거쳐 충분한 단련비의 자유형단조에 의해 제조한다. 링 압연공정은 결정립 유동선(grain flow line)이 원주방향으로 끊기지 않고 연속적으로 형성되는 우수한 특성을 가지고 있고, 링 단조공정에 비해 작업 속도가 빠르며 온도유지와 수율향상의 장점 때문에 주로 사용하고 있다.

풍력발전용 소재부품은 파괴 및 비파괴 검사에 의해 품질을 평가한다. 파괴검사에는 인장, 충격, 경도시험 등의 기계적 특성평가와 화학성분 검사 및 마크로, 마이크로 조직검사를 포함한다. 비파괴 검사방법 중 하나인 초음파 탐상법은 초음파 발생에 의해서 결합의 정확한 위치 및 상당한 두께의 미세한 결합도 검출할 수 있는 장점이 있어 풍력터빈용 소재 부품에 주로 적용된다.

2-2. 풍력터빈 주요 부품의 구조와 제조공정

풍력터빈은 세 개의 블레이드를 가지고 있고 전기발생량은 블레이드의 회전면적에 비례한다. 터빈의 수명은 약 20~25년, 신뢰성은 약 99%이고, 가장 큰 블레이드는 5-6MW 용으로 길이가 60미터 이상이다.

블레이드용 복합재료는 유리섬유와 저수축성 및 내피로 특성이 우수한 열경화성 에폭시수지를 주로 사용하고, 성능향상 및 경량화 등의 목적으로 탄소섬유(carbon fiber)를 채용하고 있으나 가격대비 성능향상에 대한 평가가 아직 미흡하다. 접착제는 에폭시수지와 결합력이 우수한 에폭시 계열 접착제를, 샌드위치 재료는 발사우드(Balsa wood) 혹은 항공용 우레탄폼(urethane foam)을 주로 사용하고 있다.



<그림 2-2> 풍력터빈 블레이드의 구조와 제조공법

블레이드의 길이가 60미터를 넘으면 유리섬유강화 플라스틱에서는 휨이 발생하기 때문에 블레이드의 경량화, 고 강성화가 요구된다. 최근 Vestas, Gamesa, GE 등은 탄소섬유강화 플라스틱을 사용하고 프리프레그 성형방법으로 경량화를 추진하고 있고, 현재 주로 사용하는 진공함침 성형은 유리섬유의 고기능화와 가요성 대책으로 경량화를 진행하고 있다. 대표적인 블레이드의 구조와 제조공법을 <그림 2-2>에 예시하였고, 향후 블레

이드는 질량비에 대해 더 강한 재료, 정적 및 동적하중을 감당하는 구조물 설계기술과 경험적 노하우 등을 포함한 복합기술의 개발이 필요하다.

로터 회전축은 블레이드의 회전 운동에너지를 증속장치에 전달하는 부품으로서 풍력터빈의 설계수명만큼 건정성이 유지되어야 하므로 초기 제작 시 원소재의 선정부터 최종 제품까지 엄격한 품질관리를 필요로 한다. 로터 허브와 프레임은 로터 블레이드에 작용되는 힘을 회전력으로 변환시키는 모듈/부품으로 용접법이 아닌 주조법으로 제조한다.

<그림 2-3>



<그림 2-3> 풍력터빈 로터 회전축과 허브 프레임

타워는 블레이드, 허브, 기어박스, 발전기 등 중요부품이 모두 조립된 나셀을 지지하고, 바람에 의해 받는 하중을 지탱하는 구조물로서, 중대형은 대부분 강철 튜브구조로 일정한 길이의 모듈로 제작하여 각 끝 부분에 플렌지와 볼트로 조립하는 형태로 제작한다. 원통형상의 타워 내부에는 작업자가 안전하게 나셀까지 올라갈 수 있도록 사다리 또는 엘리베이터가 설치되며, 나셀 내부의 발전기에서 생산된 전기를 지상의 전력계통과 연결하기 위한 전력선들을 지지하는 케이블트레이(cable tray)가 설치된다. 타워는 풍력터빈가격의 20~25%정도를 차지하고 가격경쟁력과 안전성이 매우 중요하다.



<그림 2-4> 풍력터빈의 주요 베어링

풍력터빈의 동력전달계통에 있는 주축베어링은 축 방향 하중과 반경방향의 하중을 수용하고 축과 지지대의 변형에서 오는 정렬오차를 감당해야 하므로 고강성과 내구성을 보장하여야 한다. 강성이 클수록 기어박스의 수명은 유리하나 내력을 증가시켜 파손에 대비하여야 한다.

피치 베어링은 변화하는 풍력에 대응해 능동적 제어를 통해 날개의 경사각을 조절하여 최적의 출력을 발생하여야 하므로 정밀 성형공정 및 가공기술이 필수적이다. 요 베어링은 고정된 타워와 바람의 반대방향으로 회전하는 나셀을 연결하고 지지하는 기어타입의 핵심부품으로, 요 오차 설계, 성형 정밀도, 조직 균일성, 정밀 기어가공기술과 고주파 열처리와 같은 표면 경화기술을 필요로 한다. <그림 2-4>

3. 풍력발전 시스템 및 부품 제조 산업 동향

3-1. 세계 풍력 에너지 시장동향

육상 풍력발전은 2012년을 정점으로 소폭 감소 추세이고, 해상 풍력발전은 고정식에서는 2015년부터 2020년에 걸쳐 유럽이 시장을 이끌고, 2020년 이후는 아시아와 미국이 시장을 크게 좌우할 것으로 예상된다. 부유식은 국가 차원의 실증 규모가 점차 대형화되고 있어 2020년 이후 고정식 설치 여건이 부족한 지역부터 실용 발전기의 도입이 예상된다.

미국은 2012년까지 반짝 수요로 시장이 계속 확대되다가 최근 PTC(생산세액공제, Production Tax Credit)정책의 지속 지원이 불투명하고, 세일가스에 의한 저렴한 에너지 확보에 의해 장기적으로 시장이 침체될 것으로 예상된다. 유럽에서는 육상의 적지가 적어 육상 풍력발전은 2015년을 정점으로 축소되고 해상 풍력발전은 영국 및 독일의 주도 하에 점차 확대되어 2020년에 절정을 이룰 것으로 예상된다.

중국에서는 2011년부터 계통연계 가능한 프로젝트에 대해서만 정부가 허가해 주는 방침으로 전환하면서 시장이 정체되다가 중국 정부의 산업 진흥과 에너지 자급률 제고에 힘입어 시장 확대가 예상되고 있다. 일본에서는 2014년에 FIT(발전차액지원제도, Feed-In Tariff)가 36엔으로 설정되어 육상 풍력발전의 수요가 표면화되고, 해상 풍력발전의 실증이 진행되고 있어 2018년부터 큰 폭으로 시장 확대가 기대된다.

3-2. 세계 풍력발전 제조 산업 동향

세계 및 국내 풍력발전 시스템과 부품 공급업체 현황을 <표 3-1>에 제시하였다. 세계 주요 풍력 에너지회사는 GE 에너지(미국), Vestas(덴마크), Goldwind(중국), Enercon(미국), Siemens(독일), Nordex(미국), Gamesa(스페인) 및 Suzlon(인디아) 등이 있고, 핵심부품은 LM(블레이드), ABB(발전기), Rexroth(증속기), SKF(베어링) 등이 산업을 선도하고 있다. 국내 풍력 시스템 회사는 많은 대기업이 사업을 포기하여 현재는 두산중공업, 효성, 유니슨, 한진산업 등만이 참여하고 있으며, 부품업체도 CS원드, 동국 S&C, 휴먼 컴퍼지트 등만이 풍력 핵심부품 생산 공급에 참여하고 있다.<표 3-1>

<표 3-1> 국내외 풍력 산업 참여 업체 현황

풍력산업의 주요 참여기업									
구분	부품,기자재						터빈	발전	
세부기술	블레이드 	타워,단조 	증속기 	베어링 	발전기 	인버터 	풍력터빈 	단지설계 설치시공 	감시진단 계통연계
국내기업	휴먼 (KM) (도하)	CS Wind 동국S&C 태웅 현진소재 용현BM	두산중 우림기계 삼영엠텍 (효성)	신라정밀 용현BM	효성 보국전기 (현대중)	일진전기 플라스포 (현대중)	두산중 유니슨 한진산업 효성 (현대중) (상성중) (태우조선) (STX조선)	한국남부발전 한국해상풍력 두산중 대명GEC (현대중) (상성풀산)	한국남동발전 한국동서발전 한국중부발전 KERI
해외기업	LM SGL TPI	ATS DMI Skykon	Rexroth Winergy Hensen	SKF FAG Handel	ABB LERCY LOHER	ABB Ingeterion Xantrax	Vestas GE Siemens Sinovel Gamesa Goldwind	Endesa Eurus NUON	Schneider Inersys Mita

()내는 최근 사업을 포기했거나 포기 검토중인 업체임

풍력터빈의 대형화에 의한 설치 대수의 감소와 풍력터빈 시스템 제조업체가 사내 내부 제작을 확대하고, 기어리스 설계에 의한 기어와 베어링 부품의 수요 감소 등으로 부품 시장의 확대는 풍력발전 시장보다 완만할 것으로 보인다. 발전기 등을 수납하는 나셀, 로터는 풍력터빈 시스템 제조업체가 내부 제작하지만 나셀 안의 부품인 발전기, 컨버터, 베어링 등은 외부 조달하고 있으며 현재는 일본계 소재 및 부품 메이커가 세계 시장에서 약진하고 있다.

블레이드도 대형화 개발 추세에 있다.<그림 1-1> 유럽에서는 6~7MW기종이 상용화되고 10MW급 블레이드도 개발되고 있다. 발전기는 중국 업체의 유도발전기가 당분간 점유율을 확대할 것으로 보이고, 동기발전기는 간단한 구조로 신뢰성이 높고 출력 역률 조정이 가능하기 때문에 Vestas, GE, Siemens의 주도로 점차 시장의 확대가 예상된다. 코일식은 대형으로 무겁고, 영구자석식은 소형 경량화가 가능하지만 희토류 원소 가격 폭등도 있어 비용 축소가 큰 과제이다.

베어링은 신설 풍력 발전의 주축용, 증속기용, 발전기용, 선회용으로 사용되고 대부분 외부 전문업체로부터 조달한다. 베어링은 풍력터빈 고장의 주요 원인이 되는 경우가 많아 1기당 사용 수량이 감소하고 있고, 해상 풍력발전의 대형화에 따라 장수명성이 중시되고 베어링도 대형화되고 있다. 제이텍트, NTN, 일본정공 등 일본 업체가 높은 제조 품질을 바탕으로 약진하고 있다.

3-3. 국내 풍력발전 시스템 및 부품 제조 산업 현황

국내 풍력발전 시스템 분야에서는 2010년부터 해상 풍력발전단지 조성사업을 겨냥하여 두산중공업, 효성, 대우조선해양, 현대중공업, 삼성중공업 등 대기업이 경쟁적으로 진입 하였으나 2016년에 해상풍력단지 조성사업의 축소 및 자연을 기점으로 <표 3-2>에 보이는 바와 같이 많은 기업이 풍력 부문에서 사업을 철수하고 있다. 유니슨은 최근 저 풍 속 풍력발전기를 공개하였고, 한진산업은 2.5MW 풍력발전기의 설계인증을 거쳐 사업화 를 진행하고 있고, 중대형 풍력 시스템 분야는 두산중공업과 효성만이 국가 해상풍력 사업에 참여하고 있다.

<표 3-2> 국내 풍력발전 시스템 업체 현황

업체	보유(MW)	개발중(MW)	업체	보유(MW)	개발중(MW)
현대중공업	1.65/2.5	5.5(해상)	대우조선해양	2	7(해상)
두산중공업	3	-	STX	2	7(해상)
삼성중공업	2.5	7(해상)	한진산업	0.1/1.5	2
현대로템	2	3.5(중단)	효성	0.75/2	5(해상)
유니슨	0.75/2	3/3.6(해상)	DMS	2	5(해상)

지우기 (-) 마크 표시 기업은 사업 철수했거나 포기 검토중인 기업임

국내 풍력터빈 부품사업에 참여하고 있는 제조업체 현황은 <표 3-1>과 같다. 국내 해상 풍력 개발단지 조성이 지지부진하면서 국내 부품기업 간 양극화가 심해지고 있는 것으로 나타났다. 국내의 타워, 터빈 축, 베어링 제조업체는 외국의 유수업체와 벨류 체인을 구성하면서 활성화 단계에 진입하고 있지만 그 외 풍력터빈 부품 제조업체는 활로를 찾지 못하고 있다. 이는 우리나라가 건설, 토목, 소재 분야에 강세인 반면 핵심부품과 시스템에서는 취약한 특징에 기인한다.

<표 3-3> 국내 풍력 핵심부품 업체 현황

구분	대표기업	주요내용
타워	CS 원드	<ul style="list-style-type: none"> ○ 영국 베트남 등에 현지 생산 공장 운영 ○ 세계 타워 시장 점유율 1위 (6.5%, 3300억 원)
블레이드	휴먼컴퍼지트	<ul style="list-style-type: none"> ○ 150kW, 2MW, 3MW, 5MW용 블레이드 공급 ○ 국내 유일한 블레이드 공급사 (설계, 제조, 인증 포함)
단조부품	태웅	<ul style="list-style-type: none"> ○ 세계 풍력터빈 4000여 업체 고객사 확보 ○ 세계 타워 플랜지 시장 점유율 1위 (28%, 190억 원)
베어링	신라정밀	<ul style="list-style-type: none"> ○ 세계 시장 진출 위해 브라질 등 현지 공장 건설 중 ○ GE, Goldwind, Kenersys 등에 공급 중
인버터	플라스포	<ul style="list-style-type: none"> ○ 570kW, 2MW급 인버터를 유니슨 등에 공급 중 ○ 국내 유일한 중대형 전력변환장치 제조 공급사임

국내 풍력터빈 핵심부품 제조 사업에 참여하고 있는 대표기업을 <표 3-3>에 예시하였다. 그 중 휴먼 컴퍼지트가 로터블레이드를, 태웅, 현진소재 등이 단조부품과 주축을, CS 원드, 동국S&C는 중대형 풍력타워를 생산하여 해외 시장에도 수출하고 있다. 베어링은 신라정밀이, 전력변환장치는 플라스포가 참여하고, 발전기는 현대중공업, 효성이, 기어박스는 두산중공업, 효성, 우림기계가 생산 공급하고, 기어박스 부품은 삼영엠텍, 마이스코 등이 참여하고 있다. 요 시스템 및 피치시스템은 태웅, 용현BM이, 하부 구조물은 삼강 엠엔티 등이 참여하고 있다.

블레이드 선두 제조사였던 KM사는 주 고객사인 삼성과 현대가 풍력사업에서 철수하게 되면서 경영이 악화되어 법정관리 상태에 진입하여 사업을 포기하게 되었다. 그동안 풍력블레이드의 설계, 제조 및 인증기술과 개발경험을 축적한 휴먼 컴퍼지트는 2MW, 3MW 및 5MW급 풍력 블레이드를 제작 공급하는 국내 유일한 중대형 풍력터빈용 블레이드 공급사로 자리매김하고 있다.

타워는 풍력터빈을 지상 및 해저지반에 고정시키는 역할을 하고 제조업체는 CS원드를 선두로 KEPCO E&C, 현대건설, 대우조선해양, 대림산업, GS건설 등이 진출하였다. 해상풍력타워의 하부구조물인 지지대는 해저 면에 기둥 세 개를 박고 그 위에 구조물을 설치해 풍력 타워를 똑바로 세우는 기능을 가지며, 선도 업체인 애드백트는 3MW급 해상풍력 터빈을 탑재한 트라이포트 석션 버켓 지지구조물을 공급하고 있다.

CS 원드는 베트남 법인을 통해 인도, 동남아, 미국에 타워를 공급하고 최근 영국의 WTS(Wind Tower Scotland)를 인수해 영국 타워 시장의 50% 점유를 목표로 확대하고 있다. 동국S&C는 포항에 위치해 원재료 조달 및 해상운송이 용이하고, 물류비용의 경쟁우위를 바탕으로 일본, 미국 서부 및 남부 지역에 풍력발전 타워 매출 증가로 지속적인 성장이 기대되고, 스페코는 멕시코에 풍력발전용 타워 생산 공장을 건설하여 타워를 생산 판매하고 있다.

태웅과 현진소재는 부산 녹산공단에 위치해 있으며 인근 조선소에 조선기자재를 납품하며 단조 기술력을 축적하였고 유럽 풍력산업 활황에 힘입어 풍력발전용 단조부품인 주축, 타워 플랜지 등을 공급하고 있다. 태웅은 로터회전축용 단조부품을 생산할 수 있는 15,000톤 프레스 등 중대형 로터회전축 생산능력을 갖추고 지멘스의 3MW급과 GE의 4MW급 회전축을 포함하여 세계 풍력발전용 로터회전축 수요의 약 15%를 공급하고 있으며, 현진소재도 풍력발전용 주축 등 단조부품을 생산해 세계 전문 풍력업체에 납품하고 있다.

신라정밀은 전 세계적으로 손꼽히는 베어링 제조사다. 베어링은 샤프트와 발전기 사이에 위치해 풍력터빈이 무리 없이 작동하는데 기여하는 핵심 부품이다.

포메탈은 풍력발전기의 핵심부품인 요(YAW) 및 피치 기어박스의 부품과 블레이드 링 단조품을 생산 공급하고, 우림기계는 풍력발전기용 증속기 부품과 YAW 감속기를 개발하고 있다. 삼영엠텍은 기어박스에 들어가는 가속부품인 주강품 플래닛 케리어를 생산하고, 삼강엠앤티는 해상용 풍력발전기의 지지장치와 하부구조물 부품인 자켓을 생산하고 있다.

효성은 풍력발전 시스템사업에서는 철수를 검토하고 있지만, 풍력발전의 핵심 부품인 증속기(gearbox)와 발전기(generator) 부문에서 검증된 설계 기술과 생산 역량을 갖추고 있고, LS전선은 풍력발전용 전선과 모니터링시스템을 개발하고, LS엠트론은 풍력발전설 비용 차세대 에너지 저장장치인 울트라카파시터를 개발하고, 서암기계는 풍력발전기용 기어를 일본에 판매하고 있다.

GS E&R은 발전소 플랜트 건설 전문회사로 발전단지 외에도 154kV 송전선로와 변전소를 공급한다. 제주 행원풍력단지를 2000년부터 12년간 개발했으며 최근엔 경북 영양에 영양풍력발전단지 조성을 마무리했다. 1700억 원이 투자된 영양풍력은 연간 134GWh를 발전하여 250억 원의 매출액을 올릴 것으로 기대된다. 설비규모는 98MW의 강원풍력, 61.5MW의 악시오나에 이어 국내 3위인 59.4MW를 기록하였다.

4. 풍력 제조 산업의 진흥을 위한 제언

4-1. 풍력 제조 산업의 핵심 이슈

풍력시장은 Vestas, Siemens, GE 등이 주도하는 가운데 Goldwind 등 중국기업들이 대규모 자국시장을 바탕으로 빠르게 세계시장에 진출하고 있다. 상용화하고 있는 주요 기종은 육상풍력이 2~3MW, 해상풍력이 3~4MW급이며, 최근에는 6MW 이상의 대형 풍력터빈이 도입되고 있다.

세계 해상풍력은 2014년 누적설치용량 8.8GW로 풍력 전체 370GW의 2.4%에 불과하지만 최근 해상풍력의 설치가 크게 증가하고 있다. 지난 5년간 연평균 증가율은 육상풍력이 18.2%, 해상풍력이 33.4%이며, 영국이 4.5GW로 전 세계 해상풍력의 51.3%를 차지하고 있다.

국내 풍력분야 기술수준은 유럽, 미국, 일본 등에 비해 83% 수준으로 2년 정도 격차를 보이고 있고, 중국에 비해 가격경쟁력이 약해 수출 시장에서도 크게 밀리고 있다. 국내 풍력기업들의 해외 진출이 어려운 이유는 트랙레코드와 원천기술의 부족 때문이다. 정부가 제주 김녕 실증시험장을 구축하여 실증과 인증을 지원하고 있지만 국제입찰 자격 획득에는 아직 미흡한 수준으로 수출경쟁력 확보가 시급한 실정이다.

국내 육상풍력터빈의 경우 2~3MW급은 개발과 인증을 완료하고 트랙레코드를 확보한 상황이고, 해상풍력터빈은 국내 대기업이 경쟁적으로 개발에 참여하였다가 최근 사업자체를 포기하는 바람에 사업 추진마저 어려움에 직면하고 있다. 풍력시스템은 자체개발, 라이선스 도입, M&A 등을 통해 시장에 진출하고 있지만 해외입찰의 일반적 요구조건 충족을 위한 트랙레코드에 미달하여 일부 기업은 사업을 포기할 수밖에 없는 위기에 직면하고 있다.

풍력산업은 대용량화와 해상풍력발전의 기술개발에 집중하고, 터빈시스템과 부품산업의 수직계열화로 성장하고, 자국시장에서 충분한 트랙레코드를 통해 수출로 확대 가능하다. 따라서 풍력설비산업은 국내 중공업 분야의 가치사슬 체계를 적극 활용하여 블레이드, 발전기 등 핵심부품을 국내 전문업체로부터 공급받고, 송배전분야 및 전력거래시

장을 통제하는 국가 계획경제 체제로 육성하는 정책이 요구된다.

4-2. 풍력 제조 산업의 육성을 위한 제언

국내 풍력산업을 육성하기 위해 정부는 풍력산업을 저탄소 녹색성장 전략분야 및 신성장 동력산업분야로 지정하고, 정부와 한전의 주도로 송전계통, 풍력단지조성을 추진하고, 풍력산업 발전의 명확한 목표와 실행계획을 통해 전략적 수출산업으로 육성하여야 한다. 또한 동시에 블레이드, 기어박스 등 핵심부품의 전문 업체를 육성하고, 풍력발전 분야 고급 설계, 제조, 정비 등 전문 인력을 양성하고, 풍력발전분야 취업을 보장하는 정책의 실현을 제안한다.

정부는 국내 발전기시스템 제조 산업을 활성화시켜 관련부품 제조 산업이 동반 성장하고, 이미 개발된 해상풍력기종을 챔피언 기종으로 만드는데 부품업계와 개발업계가 협력하도록 선도하여야 한다. 특히 해상 풍력설비는 유통과는 달리 안전사고에 노출될 우려가 높기 때문에 풍력설비 유지보수 작업에 투입되는 전문 인력의 양성과 안전사고에 대비한 교육이 필수적이다.

또한 풍력발전 활성화를 위해 각종 규제를 해소하고, RPS(신재생에너지 의무할당제, Renewable Portfolio Standard)제도를 적극적으로 실시하여 정부의 풍력발전 촉진 제도를 강화하고, 국내 여건에 적합한 풍력발전기 개발을 통해 국내 풍력산업을 촉진하고, 수출 산업으로 성장시키기 위한 정부와 기업의 협력 체제를 구축하고, 풍력발전에 대한 사회적 인식과 지역 수용성 제고로 성공 비즈니스 모델이 구축되기를 기대한다.

향후 해상풍력산업의 핵심으로 예상되는 부유식 풍력발전은 해저에 설치한 케이블과 앵커로 부유체를 바다 위에 띄우고 그 위에 풍력터빈을 설치하는 설비로서, 부유식 풍력발전기를 통해 전력을 생산하고 있는 영국, 일본과 협력하여 국내 부유식 해상 풍력발전 플랜트 개발 사업을 적극 추진하는 것도 활성화하는 방안이 될 수 있다.

풍력부품의 경우 타워, 단조부품은 세계 시장 점유율 1위를 달성하였으나, 블레이드, 기어박스, 발전기, 인버터 등 핵심부품은 해외 수출 실적이 거의 없는 실정이다. 향후 터빈의 효율을 증대하기 위해 더 강한 재료, 진보한 그리드 연계기술, 전력의 질과 통제기술, 표준화와 인증, 바람이 적을 때 작동하는 터빈의 개발, 기어박스처럼 주요 구성부품의 파로저항 개선, 공기역학적 개선 모델, 에너지 저장기술, 먼 바다에 건설 등에 관한 기술개발이 요구된다.

해상풍력의 경쟁력 제고를 위해서는 고부가가치 부품을 국산화하고 시스템 설계 능력을 제고하도록 육성지원이 필요하다. 블레이드와 증속기 등 핵심부품은 국내 기업이 제조기술을 확보하도록 육성하고, 부유식 풍력 등 신기술에 대한 실용화를 준비할 필요가 있다. 해상풍력은 하부구조물과 계통 연계비용 등 사업비가 다른 에너지에 비해 2배 이상 소요되어 경제성 확보가 어려우므로 FIT 등 효율적인 정책지원 방안을 다시 준비할 것을 제안한다.

<참고문헌>

1. Yogesh Kumar, Jordan Ringenberg, Soma Shekara Depuru, Vijay K. Devabhaktuni, Jin Woo Lee, Efstratios Nikolaidis, Brett Andersen, Abdollah Afjeh, "Wind energy: Trends and enabling technologies", Renewable and Sustainable Energy Reviews, 53, 2016, pp.209~224
2. Vikas Khare, Savita Nema, Prashant Baredar, "Solar-wind hybrid renewable energy system: A review", Renewable and Sustainable Energy Reviews, 58, 2015, p. 23~33
3. Yichao Liu, SunweiLi, QianYi, Daoyi Chen, "Developments in semi-submersible floating foundations supporting wind turbines:A comprehensive review," Renewable and Sustainable Energy Reviews, 60, 2016, pp.433~449
4. S.F. Rodrigues, R. Teixeira Pinto, M. Soleimanzadeh, Peter A.N. Bosman, P. Bauer, "Wake losses optimization of offshore wind farms with moveable floating wind turbines, Energy Conversion and Management, 89, 2015, pp.933~941
5. R. McKenna, P. Ostman v.d. Leye, W. Fichtner,, "Key challenges and prospects for large wind turbines", Renewable and Sustainable Energy Reviews, 53, 2016, pp.1212~1221
6. Anders Myhr, Catho Bjerkseter, Anders Agotnes, Tor A. Nygaard, "Levelised cost of energy for offshore floating wind turbines in a life cycle perspective", Renewable Energy, 66, 2014, pp.714~728
7. Md Maruf Hossain, Mohd Hasan Ali , "Future research directions for the wind turbine generator system ", Renewable and Sustainable Energy Reviews , 49, 2015, pp.481 ~ 489
8. Kaoshan Dai, Anthony Bergot, Chao Liang, Wei-Ning Xiang, Zhenhua Huang, "Environmental issues associated with wind energy - A review ", Renewable Energy , 75, 2015, pp.911~921
9. Paul Hogg, "Wind Turbine Blade Materials", EPSRC, University of Loughborough, Supergen Wind, 2010, pp. 1-64
10. S. Rodrigues, C.Restrepo, E.Kontos, R.Teixeira Pinto, P.Bauer, "Trends of offshore wind projects", enewable and Sustainable Energy Reviews, 49, 2015, pp. 1114 - 1135
11. John K. Kaldellis, D. Zafirakis, "The wind energy (r)evolution: A short review of a long history", Renewable Energy, 36, 2011
12. 나덕주, "풍력발전 주요 컴포넌트의 개발동향", 기계산업, 2, 2017

<관련기술목록>

1. Zuo Ying, Liu Hongyan, "Evaluation on comprehensive benefit of wind power generation and utilization of wind energy", In: Proceedings of the IEEE software engineering and service science conference, Beijing, China; 2012. p. 635 - 638.
2. EWEA. The European offshore wind industry –key trends and statistics Technical Report; 2014.
3. EWEA(European Wind Energy Association). "Wind in power - 2014", European statistics, Brussels: EWEA; 2015.
4. Chehouri A, Younes R, Illinca A, Perron J. "Review of performance optimization technique applied to wind turbines", Appl , 142, 2015, pp. 361 - 368.
5. Musgrove P. "Wind power. 1st ed. Cambridge"; Cambridge University Press; 2010.
6. Moura PS, de Almeida AT. "The role of demand-side management in the grid integration of wind power", Appl Energy, 87, 2010
7. Global Wind Energy Council. "Global wind energy outlook-2010.", Available at, <http://www.gwec.net/>. 2010
8. Md Maruf Hossain, Mohd. Hasan Ali, "Future research directions for the wind turbine generator system", Renewable and Sustainable Energy Reviews, 49, 2015, pp. 481 - 489
9. Mahmood Shafiee, "Maintenance logistics organization for offshore wind energy: Current progress and future perspectives", Renewable , 77, 2015, pp. 182~193
10. 황병선, 박지상, 박중규, "풍력터빈 블레이드 시험기술 및 설비의 현황 분석", 기계와재료 / 20권 4호, 2008
11. 나덕주, "풍력블레이드 설계 및 제조기술의 최근동향", 기계산업, 7, 2012, pp. 67~73

이 분석물은 미래창조과학부 과학기술진흥기금, 복권기금의 지원을 받아 작성하였습니다.