

풍력발전용 단조부품 산업의 현황과 전망

황창률, 김종식, 김국주, 최승식 | (주)태웅, 염종택 | 한국기계연구원

1. 서 론

최근 배럴당 70불에 육박하는 고유가에 따라 세계 각국은 신재생에너지를 이용하기 위한 더 많은 노력을 기울이고 있다. 우리나라는 미래에 사용될 신재생에너지로 석유, 석탄, 천연가스가 아닌 에너지로 11개 분야를 지정하였고 재생에너지 8개 분야 즉, 태양열, 태양광발전, 바이오매스, 풍력, 소수력, 지열, 해양에너지, 폐기물에너지와 신에너지 3개 분야 연료전지, 석탄액화가스화, 수소에너지 등을 지정하고 실용화에 박차를 가하고 있다. 이 중 풍력발전은 현재 기술적으로나 경제적으로 가장 각광받고 있는 신재생에너지 분야로서 1970년대부터 독일과 덴마크를 비롯한 유럽 각국은 풍력에너지에 주목하고 많은 투자를 하고 있다. 현재 풍력발전은 지속적인 투자와 기술 발전에 힘입어 설치비용과 발전단가를 낮춤으로써 기존설비(천연가스 발전설비)와 경쟁이 가능할 정도로 경제성을 갖추고 있다. 또한 풍력발전 선진국들은 정책적으로 정부지원금과 풍력발전에서 생산된 전기를 의무적으로 매입하는 등 정책적으로 적극적인 뒷받침을 하고 있다. 이에 유럽과 북미를 중심으로 많은 투자가 이루어져 2005년 말 기준으로 세계 풍력발전 설비용량은 59,264MW에 달하고 있으며 이중 유럽이 70%를 차지하고 있다.(그림 1 참조)

세계적인 wind turbine 제조업체는 덴마크의 Vestas wind system, 미국의 General Electric wind energy와 독일의 Enercon사 등을 꼽을 수 있다. 이들 메이저 3사는 wind turbine의 조립 및 설치를 담당하며 대부분의 부품은 아웃소싱 방식으로 공급받고 있다. 풍력발전기를 구성하는 구성품 중에 단조품은 rotor shaft, gear rim, slewing ring, tower flange 등이 있으며, 그동안 유럽 단조업체들이 시장을 주도하여 왔다. 최근에 우리나라의 단조업체들이 풍력발전용 단조부품 시장에 뛰어들어 괄목할만한 성장을 보이고 있다.

본 논문에서는 그동안 조선산업과 화공산업에 국한되어 있던 국내 단조업계에 새로운 시장으로 떠오르고 있는 풍력발전용 단조부품 시장의 현황과 전망에 대해 살펴보고 단조업체의 시장개척 노력 등에 관해 언급하고자 한다.

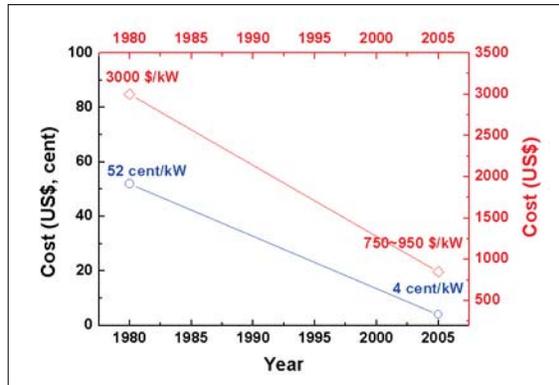


그림 1. 풍력발전 설비 용량(kW) 당 설치 비용과 발전 단가

2. 주요 풍력발전용 단조부품

풍력발전용 부품 중에서 반복적인 피로하중을 받거나 과도한 하중을 받는 부분에는 대부분 단조품이 사용된다. 그림 2에 풍력발전에 사용되는 대표적인 단조부품을 나타내었다.

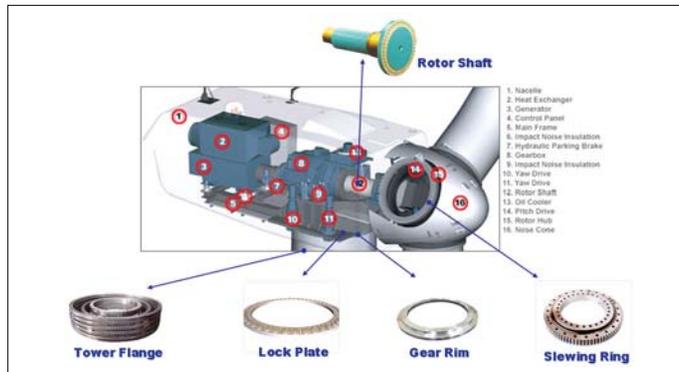


그림 2. 풍력발전용 주요 단조부품들

2.1 로터 회전축(rotor shaft)

그림 3에서 보듯이 나셀(nacelle)의 형태, 즉 발전기의 종류에 따라 간접구동형(g geared type)과 직접구동형(gearless type)으로 나누어진다. 현재 대부분의 상용 풍력발전기에는 그림 3(a)와 같이 로터회전축과 증속장치가 있는 간접구동형이 사용되어지고 있으며, 그림 4에 로터회전축의 자세한 모습을 나타내었다. 로터 회전축은 블레이드의 회전 운동에너지를 증속장치에 전달하는 부품으로서 풍력발전기의 설계수명만큼 건전성이 유지되어야 하므로 초기 제작시 원소재의 선정부터 최종제품까지 엄격한 관리를 요한다.

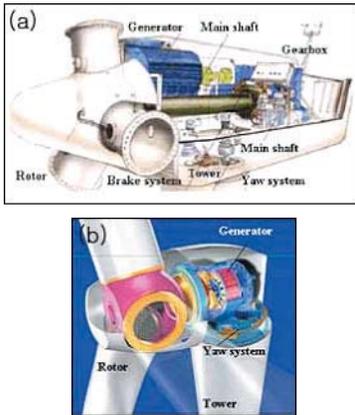


그림 3. 나셀의 형태 (a) 간접구동형, (b) 직접구동형

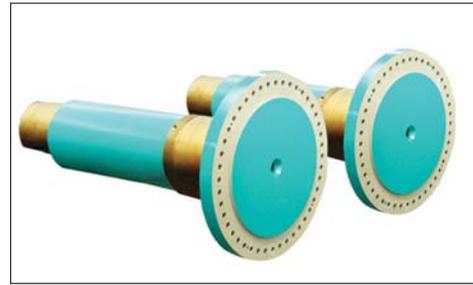


그림 4. 풍력발전용 로터 회전축

로터 회전축의 재료로는 주로 34CrNiMo6강이 사용되어지고 있으며, 그림 5와 표 1에 미세조직과 기계적 특성을 나타내었다.



그림 5. 로터 회전축 소재의 광학 현미경 사진 (34CrNiMo6 steel)

표 1. 로터 회전축 소재의 기계적 특성

	Tensile				Impact at -40℃	FATT	Hardness
	Y.S	T.S	E.L	R.A			
	N/mm ²		%		J	℃	Hv
spec.	650	850 ~ 1000	13	55	min. 27	30	275 ~ 305
*test specimen	732.8	886.9	23.1	66.4	54.3	-3.6	288

*test specimen : 단조가공 후 품질 열처리한 실제품

2.2 타워 플랜지(tower flange)

풍력발전용 타워는 풍력발전기를 지지하는 구조물로서 현재 건설되고 있는 상용 대형 풍력발전기의 타워구조는 그림 6에서 보듯이 주로 강 파이프식 타워(steel tubular towers) 구조이다. 약 30m 단위로 용접을 통해 제작되며 각 끝 부분은 플랜지와 볼트로 연결되어 있다. 타워 플랜지는 앞서 말한 바와 같이 타워의 연결에 필요한 구성품으로서 6~7개의 플랜지가 한 세트를 이룬다. 지름이 가장 큰 bottom flange와 middle flange, top flange로 구분

되며 그림 7에 나타내었다.

일반적으로 타워 플랜지의 제조방식은 크게 용접(welding)에 의한 방식과 링 롤링(ring rolling) 방식으로 구분할 수 있다. 기존에는 용접에 의해 대형 플랜지를 제조하여 왔으나 최근에는 대형 링 롤링밀 설비의 증가와 더불어 후자에 의한 방식으로 많이 제작된다. 링 롤링 방식은 투입소재와 가공량의 절감, 작업시간의 단축으로 제작단가를 줄일 수 있고, 원주방향의 미세조직이 연신되어 내외압에 대한 저항성이 높아지는 등 양호한 기계적 특성을 얻을 수 있다. 또한 링 롤링 가공 전 업셋팅과 코킹공정을 통해 충분한 단조비를 가하기 때문에 요구 물성치를 만족시키기 위한 품질열처리가 용접방식에 비해 간단한 장점이 있다.



그림 6. 강 파이프식 타워



그림 7. 풍력발전용 타워 플랜지

타워 플랜지는 S355NL과 같은 저합금강이 주로 사용되며 그림 8과 표 2에 미세조직과 기계적 특성을 나타내었다.



그림 8. 타워 플랜지 소재의 광학 현미경 사진 (S355NL steel)

표 2. 타워 플랜지 소재의 기계적 특성

	Tensile				Impact at -50°C
	Y.S	T.S	E.L	R.A	
	N/mm ²		%		J
spec.	295	450 ~ 600	21	-	min. 50
*test specimen	327.1	513.4	33.2	74.6	98.3

*test specimen : 링롤링 가공후 normalizing한 실제품

3. 풍력발전 시장 현황과 전망

3.1 풍력발전 시장의 현황

2005년에 새로이 신설된 풍력발전은 11,407MW에 달한다. 그림 9에서 보듯이 유럽이 6,372MW로 가장 많은 신규설비를 설치하였고, 그 다음이 미국과 캐나다의 북미지역, 인도와 중국을 포함한 아시아 지역 순으로 풍력발전에 투자하였다. 2005년 말 기준으로 전 세계 누적용량은 59,264MW이며 유럽이 약 41,000MW로 대부분을 차지하고 있다. 그림 10은 2005년도 풍력터빈 제조업체 중 상위 10개사의 점유율을 나타내었다. 2004년도 3위 업체였던 미국의 GE wind energy사가 2위로 부상하였으며 이는 작년 한 해 미국의 신설용량(2,431MW)이 크게 증가한데 따른 것으로 보인다.

원소재 값의 상승으로 인해 풍력터빈의 값이 상승하여 2005년도 시장규모는 약 16조 8천억원에 달하고, 급격한 시장 성장에 따라 풍력발전 각 부품의 품귀현상에 따라 부품제조업체들이 특수를 맞이하였다. 단조업체들 역시 공급부족에 따라 새로운 시설 투자를 계획하는 등 시장 변화에 대처하는 모습을 보이고 있다.

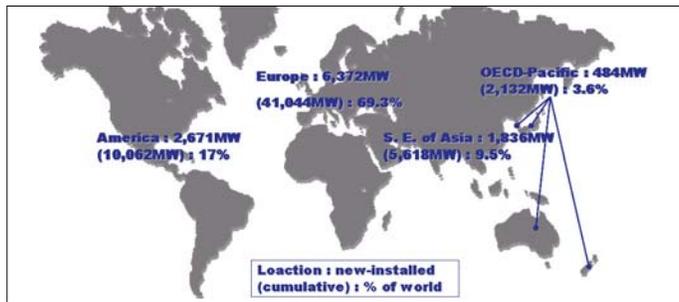


그림 9. 2005년도에 새로이 신설된 풍력발전용량과 2005년도 말까지 설치된 풍력발전용량

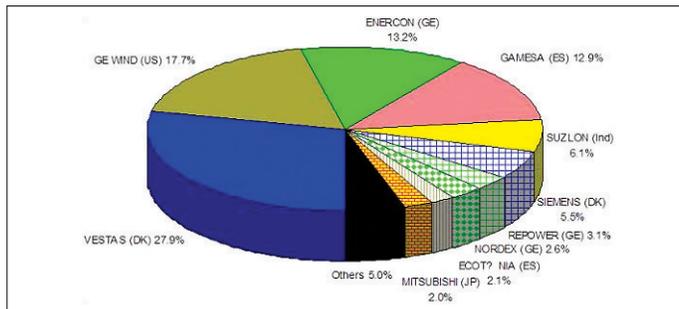


그림 10. 2005년도 세계 10대 풍력터빈 공급처

3.2 풍력발전 시장의 향후 전망

세계풍력협회 등의 자료를 보면 향후 풍력발전 시장은 매년 16% 정도씩 성장할 것으로 보고 있다. 고유가시대와 맞물려 교토의정서의 발효와 함께 각국은 신재생에너지 개발을 위해 많은 연구와 투자를 하고 있으며, 특히 상업적으로 풍력발전이 가장 활발한 움직임을 보이고 있다. 그림 11에서 보듯이 2015년까지 풍력발전시장은 꾸준

한 성장세를 보일 것으로 전망되며, 해상풍력발전이 점차 늘어날 것으로 예측된다. 육상 풍력발전단지의 경우 비싼 토지비용과 발전기의 대형화에 따른 소음문제 등에 따라 이 같은 문제를 해결할 수 있는 해상풍력단지가 늘어날 것으로 보인다.

표 3은 2015년까지 매년 신설되는 풍력발전 용량을 예측한 자료이다. 이를 토대로 풍력발전용 단조부품시장을 예측하여 그림 12에 나타내었다. 로터 회전축과 타워 플랜지의 부품시장 전망은 2005년도 풍력터빈 평균용량을 매년 신설되는 용량으로 나누어 구하였다.

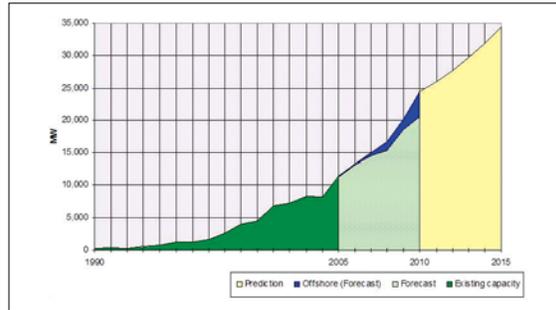


그림 11. 세계의 풍력발전 시장의 현황 및 전망(actual 1990-2005, forecast 2006-2010, prediction 2011-2015)

표 3. 2006-2015년까지 매년 신설되는 풍력발전 용량의 예측 자료 (단위: MW)

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
신설용량	11,407	13,300	15,000	16,625	20,190	24,415	34,000
누적용량	59,264	72,564	87,564	104,189	124,379	148,794	297,544

※2005년도 신규설치 wind turbine 수

$$= \frac{11,407MW}{1,282MW} = 8898units$$

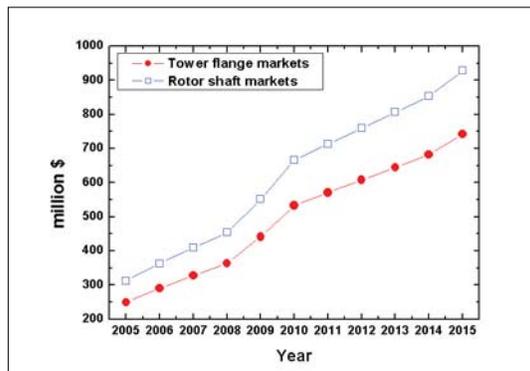


그림 12. 2006-2015년까지 풍력발전용 로터 회전축 및 타워 플랜지 시장의 예측자료

2005년도 로터 회전축과 타워 플랜지의 시장규모는 각각 3억불과 2억 5천만불로 추정되며, 풍력시장의 성장과 함께 2010년에는 풍력발전용 단조부품시장은 약 12억불, 2015년에는 16억불에 달할 것으로 예상된다.

4. 국내 단조업체의 풍력발전용 단조부품 시장 참여 현황

현재 세계 풍력시장은 유럽 각국이 주도하고 있으며, 최근에는 미국과 중국 그리고 인도 등이 많은 투자를 하고 있다. 표 4는 2010년까지 국내 풍력발전 개발 예상치를 나타내었다. 2005년 말까지 89MW가 설치되어 있으며 2010년까지 750MW가 신설될 것으로 예상하고 있다.

표 4. 2010년까지 국내 풍력발전 개발 예상치 (단위: MW)

	2005	2006	2007	2008	2009	2010
신설용량	20	100	100	150	200	200
누적용량	89	189	289	439	639	839

풍력발전용 단조부품시장 역시 유럽 단조업체들이 대부분의 시장을 차지하고 있는 실정이다. 국내 단조업체의 경우 대부분이 금형가공을 위주로 하고 있으며, 자유형 단조업체의 경우 조선산업에 치우친 경향을 보이고 있다. 국내 자유형 단조업체들은 2003년도부터 업종다변화 노력으로 풍력단조품 시장에 참여하기 시작하여 로터 회전축과 타워 플랜지 등을 생산 수출하기 시작하였다. 2005년도 한해 풍력발전 단조부품분야에서 약 6천 6백만불을 수출하였으며 매년 증가 추세에 있다. 그림 13에 국내 단조업체의 풍력발전용 단조부품 시장 전망을 나타내었다. 풍력발전 시장의 지속적인 성장과 더불어 국내 단조업체들 역시 과감한 시설투자과 원가 절감 노력을 통해 풍력단조품 시장 점유율을 높이고자 노력하고 있으며, 2006년에는 약 1억 4천만불 매출을 올릴 것으로 예상되고 있다. 2010년에는 약 2억 7천만불 매출을 목표로 세계시장 점유율 23%로서 세계 1위의 풍력단조품 공급국으로 도약할 것으로 기대된다.

풍력발전 시장의 급격한 성장에 맞춰 단조부품을 포함한 풍력부품 수급에 어려움이 많아 실질적인 가격 결정권을 풍력터빈 업체가 아닌 부품공급사가 주도하는 형국이다. 높은 성장가능성을 보이는 풍력발전 시장에 많은 신규 업체들이 참여하고 있어 앞으로의 시장여건은 악화될 것으로 보인다. 또한 향후 풍력발전 시장은 현재보다 대형화되는 추세이다. Vestas사의 V100 (2.75/3.0MW), GE사의 3.6MW등의 차세대 풍력발전기가 있으며 Enercon사의 E-112의 경우 4.5MW용량에 로터 크기가 114미터에 이르는 대형풍력발전기이다.

풍력발전 대형화에 따라 기존설비로는 한계에 이르고 있으며 시장변화에 발맞춰 국내 단조업체는 5,000ton 이상의 대형 단조프레스와 6,000mm 이상의 대형 링 롤링밀 등의 설비를 구축하고 있다. 또한 치열한 시장에서 점

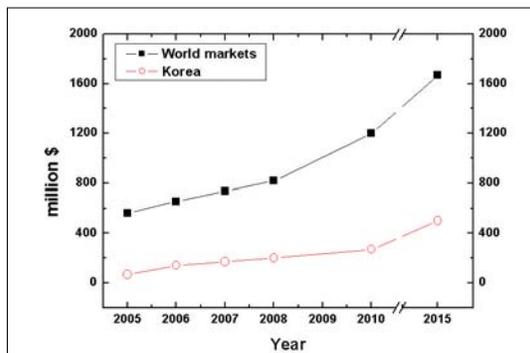


그림 13. 국내 단조업체의 풍력발전용 단조부품 시장 전망

유율 확대와 지속적인 성장을 위해 기존공정 개선과 프로파일 링(profile ring) 공정 등 새로운 아이디어를 통해 소재절감과 제조시간 단축, 가공량의 절감을 통한 가격 경쟁력 확보에도 만전을 기하고 있다.

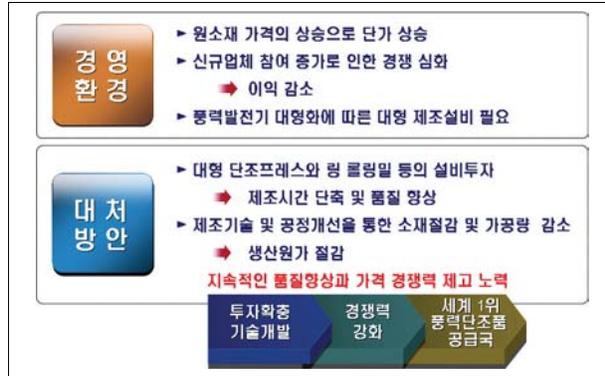


그림 14. 풍력발전용 단조부품 생산의 국내 경영환경과 대처방안

5. 결론

오늘날 석유, 석탄, 천연가스 등의 화석에너지를 이용하는 산업구조에서 발생하는 환경과 경제상의 문제점을 해결하고자 각국은 신재생에너지에 대한 관심과 이용기술 확보를 위한 노력을 경주하고 있다. 풍력발전은 현 단계에서 기술적으로나 상업적으로 큰 성공을 거두고 있으며 앞으로도 지속적인 성장이 기대되는 분야이다. 2005년도 풍력발전 시장규모는 약 16조 8천억원에 달하며 유럽과 미국의 기업들이 주도하고 있는 실정이다. 국내 풍력발전 관련 기업들은 이제 막 시장에 첫발을 내딛고 있다. 지난 몇 해 동안 국내 단조업체들은 풍력발전용 단조부품 시장 개척과 과감한 설비투자를 통해 외국 단조업체들이 독점하고 있던 풍력발전용 단조부품 시장에서 소기의 성과를 얻을 수 있었다. 이에 만족하지 않고 끊임없는 노력이 이루어진다면 2010년에는 세계 1위의 풍력발전용 단조부품 공급국으로 도약할 수 있을 것으로 기대된다.

❁ 참고 문헌

- [1] Global wind energy council, "Global Wind 2005 Report", 2006
- [2] BTM consult ApS, "International Wind Energy Development World Market Update 2005", 2006
- [3] KOSEN Expert Review, "풍력에너지의 진행 및 최근 동향", 2004
- [4] 대체에너지산업보고서, "신재생에너지 혁명의 시대", 2005



황 창 룰

- (주)태웅 생산부 상무이사
- 관심분야 : Ti/Ni 단조부품 제조기술,
풍력발전 단조부품 국산화
- E-mail : changyull.hwang@taewoong.com



김 종 식

- (주)태웅 기업부설연구소 사원
- 관심분야 : Ti/Ni 단조부품 제조기술,
풍력발전 단조부품 국산화
- E-mail : jongsik.kim@taewoong.com



염 종 택

- 한국기계연구원 소재성형연구센터 선임연구원
- 관심분야 : 니켈 및 타이타늄합금의 TMP기술,
내열합금의 조직제어 및 수명예측
- E-mail : yjt96@kmail.kimm.re.kr



김 국 주

- (주)태웅 기업부설연구소 대리
- 관심분야 : Ti/Ni 단조부품 제조기술,
풍력발전 단조부품 국산화
- E-mail : kookjoo.kim@taewoong.com



최 승 식

- (주)태웅 생산부 전무이사
- 관심분야 : Ti/Ni 단조부품 제조기술,
풍력발전 단조부품 국산화
- E-mail : seungsik.choi@taewoong.com