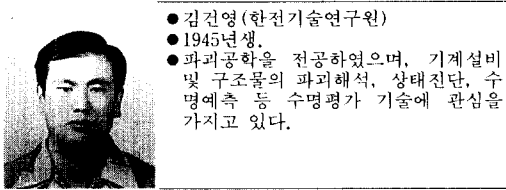


국내 화력발전소 보일러 및 압력용기의 현안과제 및 향후대책

김 건 영

Current Problems and Future Measures of Boiler and Pressure Vessels for Domestic Thermal Power Plants

Kun-Young Kim



1. 머리말

60년대 이후 경제개발과 더불어 건설된 화력발전소는 장기사용 및 주기 운전(cycling operation)에 따라 경년열화가 상당히 진행된 상태로 가동되고 있다.

또한 설비운용 기술도 고장보수(failure maintenance), 예방보수(protective maintenance) 단계를 거쳐 80년대 후반기부터는 예측보수(predictive maintenance)에 주안점을 두게 되었으며 사회변화에 따른 신규 발전설비의 건설부지 확보, 환경 규제의 엄격 등이 당면 과제로 대두되었다. 따라서 경년화력의 장수명화, 고효율, 저공해 발전방식의 실용화 등이 현실적인 대책이므로 경년화력의 정밀진단 및 평가기술의 고도화 신형발전설비의 개발 등이 연구개발의 주축이 되고 있다.

이 글에서는 국내에서 추진되고 있는 이들 기술개발의 현황과 향후계획을 제시하여

산·학·연의 보다 긴밀한 연구활동에 기여하고자 한다.

2. 화력 발전설비의 현황

현재 운용되고 있는 발전설비의 시설 용량은 23,800.1MW(1992. 10. 1 현재)이며, 이의 전원별 구성은 그림 1에 나타낸 바와 같이 화력발전소 9,912.3MW(41.6%), 원자력발전소 7,615.7MW(32.0%), 수력발전소 2,497.8MW(10.5%), 내연발전소 3,774.3MW(15.9%)로 구성되어 있다. 이들 중 화력발전소를 살펴보면 연료별 구성비는 그림 2와 같이 석탄화력이 3,700MW(무연탄 1,020MW, 유연탄 2,680MW)로서 37.3%, 중유와 가스화력이 6,212.3MW(중유 3,274.8MW, 가스 2,937.5MW)로서 62.7%를 차지하고 있으며, 경년 현황을 보면 그림 3과 같이 20년 이상 운전된 발전소가 호기(UNIT)수로는 19기(43.2%), 설비용량으로

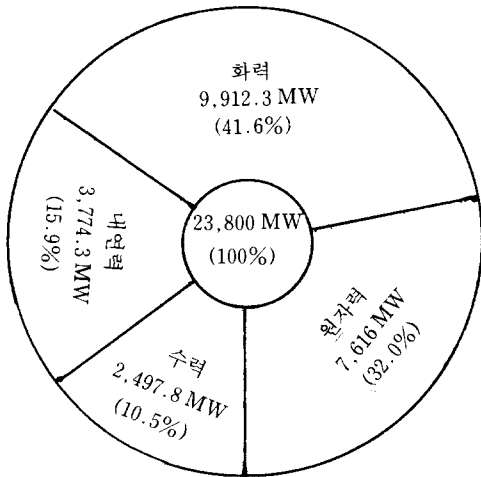


그림 1 전원별 구성비(92. 10. 1)

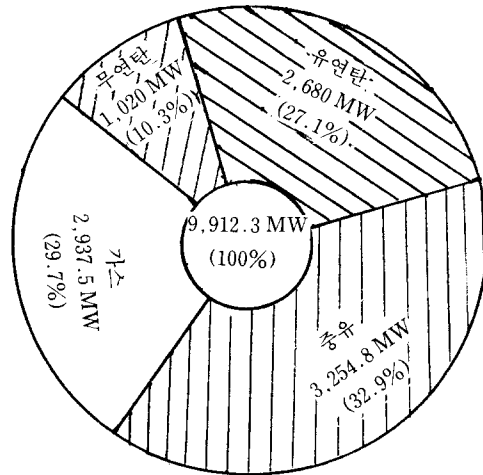
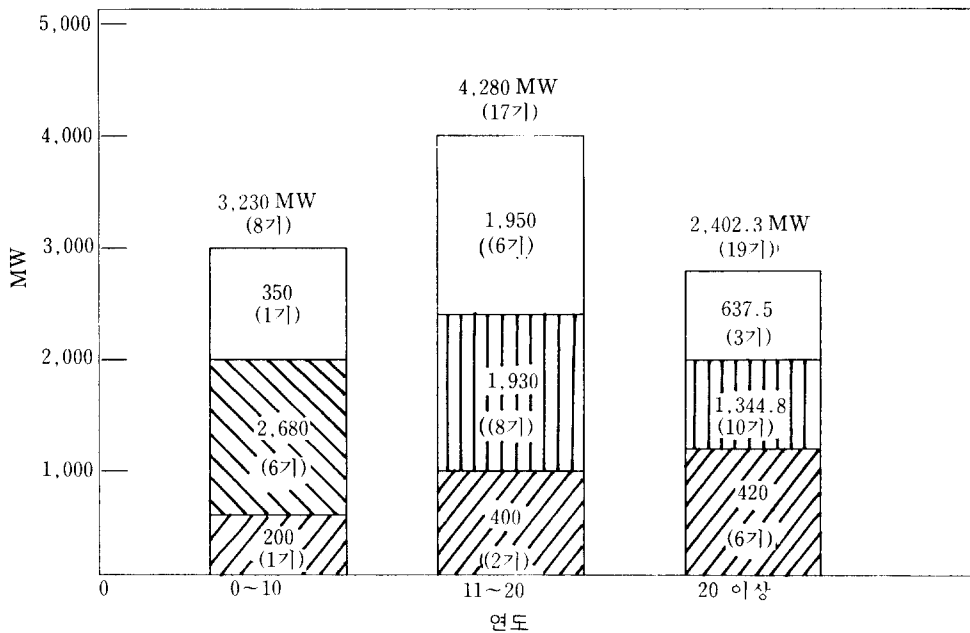


그림 2 화력발전소의 연료별 구성비(92. 10. 1)



▨: 무연탄, ▩: 유연탄, ▧: 중유, □: 가스

그림 3 화력발전소의 경년현황(93. 5. 31)

는 2,402.3MW(24.2%)를 차지하고 있으며 정밀진단이 필요한 10년 이상 운전된 발전소는 36기(81.3%), 설비 용량으로는 6,682.3 MW (67.4%)이므로 대부분의 발전소가 경년열화 정밀진단을 필요로 하고 있다. 경년열화 정밀진단 및 평가기술의 고도화

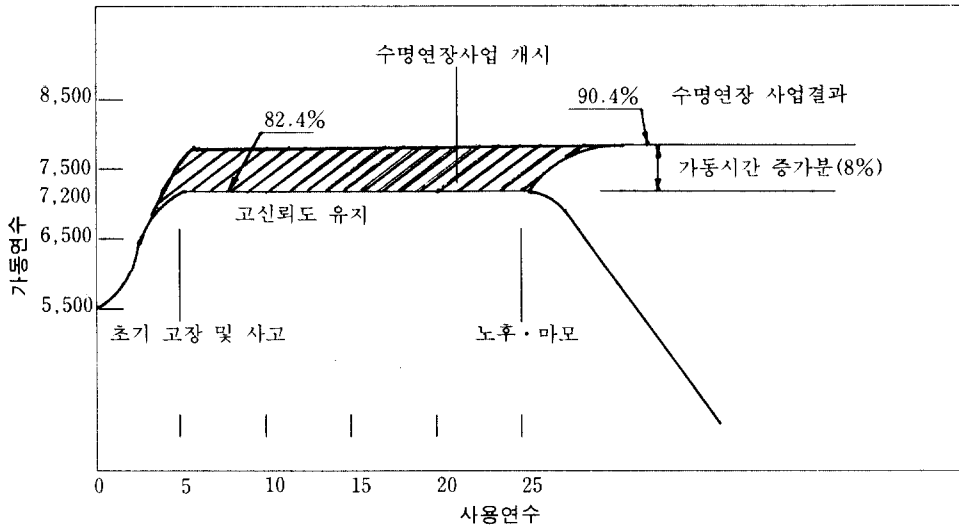


그림 4 수명에 따른 가동률의 변화

가 가능하여 정확도가 향상되고 장수명 기술이 개발된다면 발전설비의 수명은 25년 이상으로 장수명화가 가능하고 이용률도 항상 "82.4~90.4%"를 유지할 수 있어 투자비의 절감은 물론 전원입지 및 송전선 확보에도 이점이 크다. 그림 4는 발전설비의 장수명화를 위한 기술고도화에 의한 가동률의 변화를 나타내었다.

3. 기술개발 실적

국내에서 화력발전소의 장수명화를 위한 연구를 처음 시작한 것은 보일러 및 압력용기에서 가장 고장정지가 많이 발생하는 보일러 절연관(Boiler Tube)을 대상으로 한전기술연구원(KEPCO R&D Center)과 한국과학

표 1 주요연구과제 추진현황

연구과제	기간	주요내용	관련기관
○보일러 튜브의 파열사고 대책에 관한 연구	'77~'79	○보일러 튜브의 경년열화 정도를 측정하여 잔존수명 예측	한전-과기연
○보일러 튜브 관리전산화	'81~'83	○보일러 튜브 교체시기 판정시스템 구축	한 전
○보일러 튜브용 강재의 크리프 시험	'83~'85	○Larson-Miller Parameter 작성을 위한 신재의 크리프 시험	한 전
○터빈로터 수명예측 연구	'85~'87	○운전 유형별 터빈로터의 수명소비율을 계산하여 수명소비 감시 및 평가	한전-과기연
○보일러 후육부 및 고온 배관계 수명예측 연구	'88~'91	○보일러의 주요부위에 대한 수명소비율을 계산하여 수명평가	한 전
○고온사용 설비의 비괴적재 질열화 진단기술 개발	'90~'92	○보일러 터빈 고온부의 재질열화 진단 기술개발	한전-표준연

기술연구원(KIST)이 공동으로 수행한 1977년이 시초이다. 표 1은 1977년부터 시작된 주요 연구과제 추진현황을 나타내었다.

그후 이를 근거로 보일러튜브관리 전산화를 위한 전산시스템 및 미사용강재의 크리프 강도 데이터를 구축하였으며, 기저부하 발전소로 건설된 평택 1, 2호기가 전력계통의 운용형태의 변화로 주기운전으로 전환됨에 따라 빈번한 기동정지를 하게 되어 그 영향 평

가를 위해 터빈 로터, 보일러 후육부 (Drum, Header, 고압고온 pipe 등)의 수명평가를 수행하고 그림 5의 RoLPAS(Rotor Life Prediction Analysis System) 및 BoLPAS (Boiler Life Prediction Analysis System)라 명명된 프로그램을 개발하였다. 이 프로그램은 피로 및 크리프에 의한 균열발생시점을 예측하는데 목적을 두었다.

1991년부터 RoLPAS을 보완하여 균열전

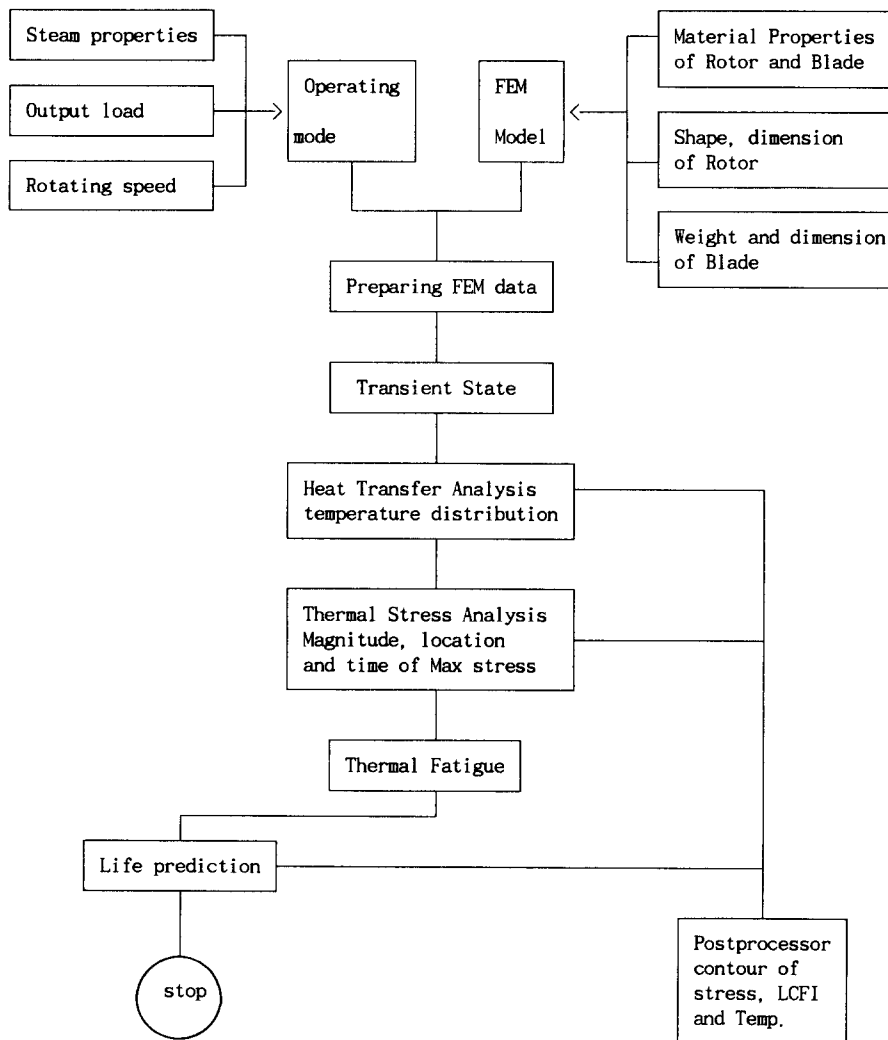


그림 5 ROLPAS의 알고리즘 순서도

표 2 실기 보일러에 적용되고 있는 비파괴적 평가 방법

평가 방법		평가 손상				비고	
		크리프	피로	재질열화	재질취성		
조 직 검 사 법 법	결정립 변형법	크리프에 의한 결정립의 변형정도(변형 계수) 관찰	○	-	-	-	-Replica 채취 -화상해석
	A변수법	관찰 결정입계 총 수에 대한 크리프 기공 발생 입계수의 비(A 변수) 조사	○	-	-	-	-Replica 채취
	크리프 기공 면적률법	관찰면적에 대한 크리프 기공면적의 비 조사	○	-	-	-	-Replica 채취 -화상 해석
	크리프 기공 면밀도법	단위면적당 크리프 기공의 수(크리프 기공 면밀도) 관찰	○	-	-	-	-Replica 채취
	미시 균열법	피로에 의한 미소균열길이(극치 통계에 의한 대표최대균열 길이) 평가	-	○	-	-	-Replica 채취 -화상 해석
	조직 대비법	크리프에 의한 석출물, 탄화물 등의 변화에 착안하여 표준조직과의 대비 또는 변화율 관찰	○	-	-	-	-Replica/추출 -Replica 채취 -미소 시료의 CMA분석
	입계 부식법	내식성 및 화학부식 특성의 변화에 따른 입계부식량(폭, 길이)을 측정	-	-	-	○	시험적용 중
	전기 분극법	재질열화에 따른 부식속도(전류 밀도)를 측정	○	○	○	○	시험적용 중
경도 측정법	크리프에 의한 재질연화에 따라 변화하는 경도 측정	○	○	-	-		

파를 예측할 수 있는 프로그램을 개발 중이며 1993년 12월에 완료 예정이다.

비파괴적으로 재질열화를 진단하는 기술개발을 위하여 한국기술 연구원과 한국표준과학연구원(KRISS)이 공동으로 1990년부터 3년에 걸쳐 "고온 사용 설비의 비파괴재질열화 연구"를 완료하고, 1993년 4월에는 1965년에 준공되어 28년간 운전된 영월화력 2호기에 적용하고 기술의 고도화를 위해 실용성

및 정확도의 향상을 위한 방안을 검토중이다. 표 2는 국내에서 실기에 적용되고 있는 비파괴적 재질열화 진단 기술 내용이다.

4. 향후 계획

중장기적으로 연구 계획을 수립하여 3단계에 걸쳐 수행중이다. 열화진단 및 수명평가 기술분야의 1단계('89~'91)는 각 분야별

요소기술 개발에 주안점을 두었고, 2단계 ('92~'95)는 개발기술의 현장적용, 3단계 ('96~2001)는 기술 표준화·고도화 및 종합

화에 주안점을 두었으며, 신형발전설비의 개발은 선진국의 개발실태를 파악한 후 상세 실행계획을 세워 산·학·연 공동으로 수행

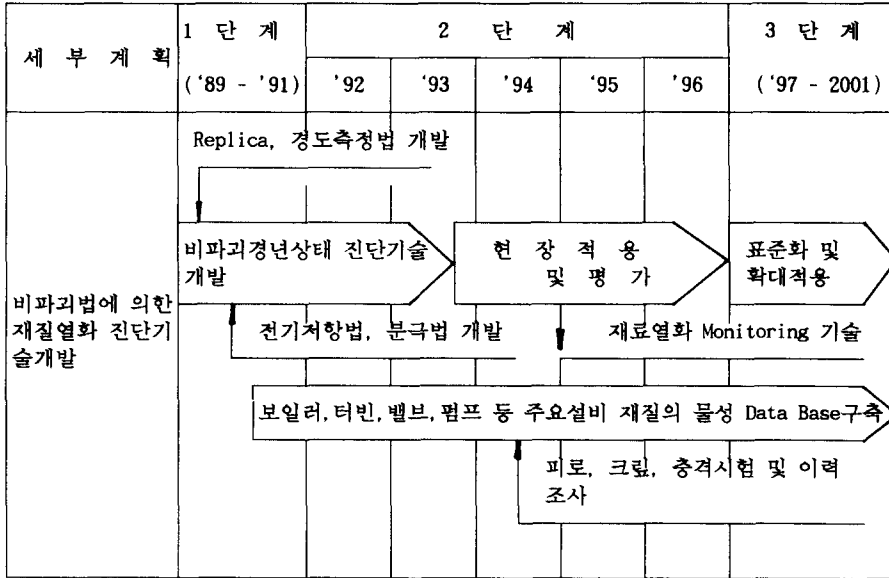


그림 6 재질열화 진단기술 개발계획

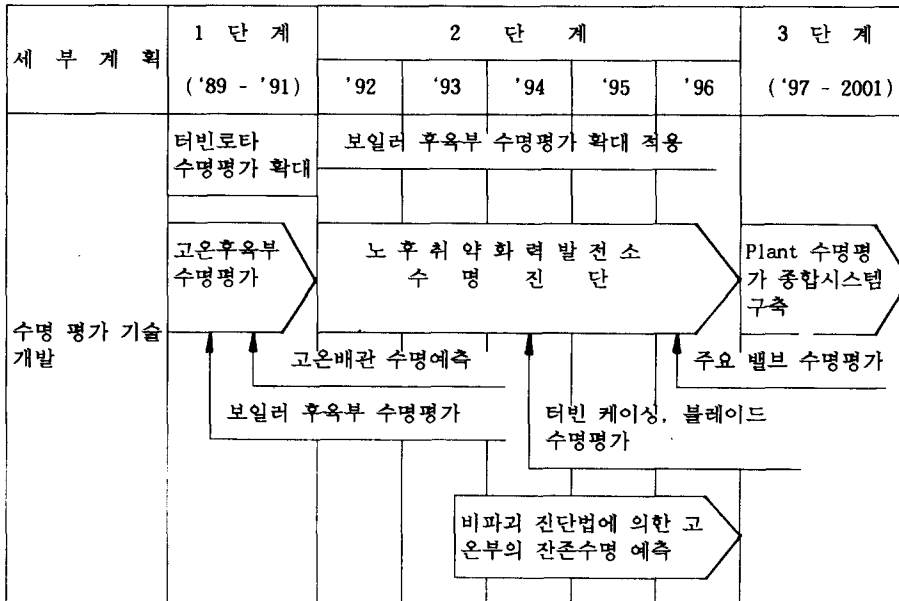


그림 7 수명평가 기술 개발계획

표 3 신형발전설비 개발계획

구 분	1 단 계	2 단 계	3 단 계
-1000MW USC 설비 설계제작 기술	-500MW급 터빈설계 기술	-초초임계압 터빈개념 설계 및 구성 -ST TBN(초초고압터빈) -VHP TBN(초고압터빈) -HP, IP, LP, TBN.	-대용량 초초임계압 설비설계, 제작기술 -초고온고압부의 Compact화 -초고온부의 냉각 -열응력의 제어
-고효율 복합발전기술 개발	-국내외 현황 및 문제점 파악	-1500°C 사용 가스터빈 개발	-최적 열병합 및 복합발전 시스템 구축
-대용량 수차발전 기술	-	-해수양수 발전설비에 관한 기초연구	-해수양수 발전 타당성 검토

할 계획이다.

그림 6, 그림 7 및 표 3은 주요 분야별 연구개발 계획이다.

5. 맺음말

이상 국내 화력 발전소의 현안 과제와 중장기 연구 개발계획을 보일러 및 압력용기를 중심으로 기술하였다. 증가 일로에 있는 경년열화 발전소의 장 수명화를 위한 대책으로는 다음과 같은 사항의 충족이 필요하다.

- 수명 진단 및 평가 기술의 고도화
- 저응력 기계구조 설계

- 내구성이 향상된 재질
- 과도한 운전, 응력 발생이 작은 운전 방법
- 설계성능 보장 및 신뢰성이 높은 정비 기술 개발

신형 발전설비 개발을 위해서는 기계장치의 독자적 설계 기술이 무엇보다도 선행되어야 하므로 산·학·연이 각각 상호 유기적이며 보완적으로 고유업무에 부합되게 기술개발에 적극 참여하여야 할 것이므로 이들 관련 기관의 통합적 기구로서 본 보일러 및 압력용기 위원회의 활동이 기대되는 바 크다.

