

보일러
및
압력용기
기술규격

KEMCO CODE

Vol. III

보일러 및 압력용기 기술규격

Boiler
and
Pressure Vessel
Code

BOILER
AND
PRESSURE VESSEL
CODE

Vol. III

KEMCO CODE

보일러 및 압력용기 기술규격

2003년

**BOILER
AND
PRESSURE VESSEL
CODE**



에너지관리공단

KOREA ENERGY MANAGEMENT CORPORATION

○ 제정경과

『보일러·압력용기 기술위원회』 중 해당분야 분과위원회의 심의를 거쳐, 2003년 11월 총괄위원회에서 승인되었음.

○ 제 정 자 : 에너지관리공단 이사장

○ 제정공표 : 2003년 11월 28일

○ 문 의 처

이 규격에 대한 의견 또는 문의는 에너지관리공단 효율기술처 (전화 031-2604-135~7, 팩스 031-2604-139)로 하기 바람.

◆ 에너지관리공단의 허락없이 무단복제를 금합니다 ◆

보일러 및 압력용기 기술규격

제 정 · 공 표

보일러 및 압력용기 기술규격(KEMCO Code) 중 공통분야
등과 관련된 아래 규격을 보일러·압력용기 기술위원회의
심의를 거쳐 이에 제정공표합니다.

1. 보일러 효율향상기술 규격(KBE)
2. 보수유지관리기술 규격(KRM)
3. 스탬프인증 규격(KSC)

2003년 11월 28일

에너지관리공단

이사장

鄭長燮

총 목 차

보일러 효율향상기술 규격

KBE-0000 일반사항
KBE-1000 보일러의 성능측정
KBE-2000 열정산 계산
KBE-3000 효율향상관리
KBE-8000 보일러 성능시험
KBE-9000 운전성능 검사기준
해설서
참조규격 및 문헌

보수유지관리기술 규격

KRM-0000 일반사항
KRM-1000 기계적 청소작업
KRM-2000 화학적 세관작업
KRM-3000 기기별 본체 정비
KRM-4000 부속장치 및 부속기기의 정비
KRM-5000 보수
KRM-7000 개조검사기준
KRM-8000 설치장소변경검사기준
해설서
참조규격 및 문헌

스탬프인증 규격

KSC-0000 일반사항
KSC-1000 인증기준
KSC-2000 제품의 인증절차
KSC-3000 인증의 표시
KSC-4000 사후관리
KSC-5000 자체검사 등
KSC-6000 기타
해설서
참조규격 및 문헌

보일러·압력용기 기술위원회 위원명단

보일러 효율향상기술 규격

2 · 0 · 0 · 3

K orea

B oiler

E fficiency

Code

KBE 목차

< 제 목 차 례 >

KBE-0000 일반사항	1
KBE-0100 적용범위	1
KBE-0200 용어의 정의	1
KBE-1000 보일러의 성능측정	4
KBE-1100 성능측정 일반사항	4
KBE-1110 적용범위	4
KBE-1120 성능측정 조건	4
KBE-1121 운전시간	4
KBE-1122 운전부하	4
KBE-1123 주변조건	4
KBE-1124 기준온도	5
KBE-1125 시험측정압력	5
KBE-1126 소음	5
KBE-1127 표준구성범위	5
KBE-1130 성능측정 준비사항	6
KBE-1131 계획수립	6
KBE-1132 측정전 준비사항	7
KBE-1133 보일러의 상태 검사 및 정비	9
KBE-1134 측정전 운전조작사항	9
KBE-1135 보일러 운전상황의 조정	10
KBE-1136 블로우다운, 수트블로워, 급수 시료 채취 등	10
KBE-1137 측정의 진행	10
KBE-1138 측정시간 간격	10
KBE-1139 측정값의 변동	10
KBE-1200 항목별 성능측정방법	10
KBE-1210 연료사용량	10
KBE-1211 액체연료	10
KBE-1212 기체연료	11
KBE-1213 고체연료	12
KBE-1220 급수	12

KBE-1221 급수측정 일반사항	12
KBE-1222 급수량의 계산	12
KBE-1230 연소용공기	12
KBE-1231 공기량 측정	12
KBE-1232 예열공기온도 측정	13
KBE-1233 공기의 습도 측정	13
KBE-1240 연료가열용 또는 노내취입증기	14
KBE-1241 연료가열용 증기량 측정	14
KBE-1242 노내취입증기량 측정	14
KBE-1250 발생증기	14
KBE-1251 발생증기량 측정	14
KBE-1252 과열증기 및 재열증기 온도 측정	14
KBE-1253 증기압력 측정	14
KBE-1254 포화증기의 건도 측정	14
KBE-1255 저압증기의 건도 측정	15
KBE-1260 배기(연소)가스	15
KBE-1261 배기가스 온도 측정	15
KBE-1262 배기가스 성분분석	15
KBE-1263 배기가스중의 응축수량 측정	16
KBE-1264 응축형보일러의 배기가스 습도 측정	16
KBE-1270 공기비	16
KBE-1271 유류연료의 공기비 측정	16
KBE-1272 가스연료의 공기비 측정	16
KBE-1273 공기비 계산	17
KBE-1280 송풍압	17
KBE-1281 송풍압측정 일반사항	17
KBE-1282 송풍압의 측정	17
KBE-1283 배기가스의 압력측정	17
KBE-1290 연소잔재물	17
KBE-1291 연소잔재물측정 일반사항	17
KBE-1292 연소잔재물의 양 측정	18
KBE-1293 연소잔재물의 시료채취 및 미연소분의 측정	18
KBE-1294 연소잔재물의 온도 측정	18
KBE-1300 기타보일러의 성능측정조건	18
KBE-1310 폐열보일러	18
KBE-1311 폐열보일러의 측정 일반사항	18
KBE-1312 가스유량 측정	18
KBE-1313 가스온도 측정	18

KBE-1314 가스조성 측정	18
KBE-1320 측정조건이 계속 변화하는 보일러	18
KBE-1321 측정조건이 계속 변화하는 보일러의 성능측정	18
KBE-1330 간접가열식 보일러	19
KBE-1331 간접가열식 보일러의 성능측정	19
 KBE-2000 열정산 계산	20
 KBE-2100 열정산 계산항목	20
KBE-2110 입열량 계산	20
KBE-2111 고체 및 액체연료의 발열량	20
KBE-2112 기체연료의 발열량	20
KBE-2113 연료의 현열	20
KBE-2114 연소용 공기의 현열	21
KBE-2115 노내 분입증기에 의한 입열	23
KBE-2116 폐열보일러의 입열	23
KBE-2120 출열량 계산	25
KBE-2121 계산 일반사항	25
KBE-2122 발생증기의 흡수열(유효출열)	25
KBE-2123 블로우다운 수의 흡수열	26
KBE-2124 배기가스의 현열손실	26
KBE-2125 노내 분입증기에 의한 열손실	27
KBE-2126 불완전 연소에 의한 열손실	27
KBE-2127 연소 잔재물중의 미연분에 의한 열손실	28
KBE-2128 방열에 의한 열손실	28
KBE-2129 기타의 열손실	31
 KBE-2200 보일러의 효율 및 성능값	31
KBE-2210 효율산정	31
KBE-2211 효율산정 일반사항	31
KBE-2212 보일러 효율계산 검증방법	32
KBE-2220 입출열법에 의한 보일러 효율	32
KBE-2230 열손실법에 의한 보일러 효율	32
KBE-2240 보일러의 열출력(용량)	33
KBE-2241 온수보일러 또는 열매체보일러의 용량	33
KBE-2242 증기보일러의 용량(증발량)	33
KBE-2250 기타의 성능값	33
KBE-2251 연소실 열발생률	33

KBE-2252 환산증발량	33
KBE-2253 환산증발 배수	34
KBE-2254 보일러 전열면 환산 증발률 및 열부하	34
KBE-2255 보일러의 부하율	34
 KBE-3000 효율향상관리	 35
 KBE-3100 공기비관리	 35
KBE-3110 저공기비 운전	35
KBE-3111 저공기비 운전 일반사항	35
KBE-3112 적정 공기비	35
KBE-3120 연소 공기량	37
KBE-3121 연소 공기량 제어	37
KBE-3122 배기가스 O ₂ 제어	38
 KBE-3200 배기가스 온도관리	 39
KBE-3210 배기가스 열회수	39
KBE-3211 배기가스 열회수 일반사항	39
KBE-3212 배기가스 배출 열량	39
KBE-3220 부속기기 설치	40
KBE-3221 공기에열기 설치	40
KBE-3222 급수에열기 설치	41
KBE-3230 전열관 관리 합리화	42
KBE-3231 전열관의 그을음부착 제거 관리	42
KBE-3232 전열관의 스케일부착 제거 관리	42
KBE-3233 적정 블로우	43
KBE-3240 전열면 관리 합리화	43
KBE-3241 전열면의 그을음 부착 방지	43
KBE-3242 수트블로워	44
 KBE-3300 설비관리 합리화	 44
KBE-3310 연소장치관리의 합리화	44
KBE-3311 연소장치의 정기적인 점검관리	44
KBE-3312 공기공급 및 배기가스 경로관리	44
KBE-3320 보일러 본체관리 합리화	45
KBE-3321 연소가스 누설방지 및 보온강화	45
 KBE-3400 기타 효율향상관리	 45

KBE-3410 운전관리 최적화	45
KBE-3411 운전방법의 검토	45
KBE-3412 효율적인 증기압력 설정	46
KBE-3420 잠열회수	46
KBE-3430 드레인 회수	46
KBE-3440 블로우수열 회수	47
KBE-3450 효율향상을 위한 자동제어	47
KBE-3451 송풍기 및 펌프의 회전수 제어	47
KBE-3460 시스템 개선	48
KBE-3461 시스템 개선 일반사항	48
 KBE-8000 보일러 성능시험	49
 KBE-8100 강철제보일러	49
KBE-8110 적용범위	49
KBE-8120 성능	49
KBE-8121 부하운전성능	49
KBE-8122 정격용량(출력) 및 시험압력	49
KBE-8123 증기건도	49
KBE-8124 배기가스 성분	49
KBE-8125 배기가스온도	49
KBE-8126 주위벽온도	50
KBE-8127 소음	50
KBE-8128 열효율	50
KBE-8129 소용량보일러의 열효율	50
KBE-8130 시험조건	50
 KBE-8200 주철제보일러	51
KBE-8210 적용범위	51
KBE-8220 성능	51
KBE-8221 부하운전 성능	51
KBE-8222 정격용량(출력) 및 시험압력	51
KBE-8223 증기건도	51
KBE-8224 배기가스 성분	51
KBE-8225 배기가스온도	51
KBE-8226 주위벽온도	52
KBE-8227 소음	52
KBE-8228 열효율	52

KBE-8229 시험조건	52
KBE-9000 운전성능 검사기준	53
KBE-9100 검사의 준비	53
KBE-9110 검사 준비사항	53
KBE-9200 성능검사	53
KBE-9210 성능검사의 방법	53
KBE-9211 성능검사방법	53
KBE-9212 측정부하	53
KBE-9220 성능검사의 결과	54
KBE-9221 열효율	54
KBE-9222 유류보일러로서 증기보일러 이외의 보일러	54
해 설 서	55
참조규격 및 문헌	57

< 표 차 례 >

<표 KBE-1132.1> 설비사항 점검기록표(check sheet)	7
<표 KBE-1132.2> 가스보일러 점검기록표(check sheet)	8
<표 KBE-1132.3> 유류증기보일러 점검기록표(check sheet)	8
<표 KBE-1132.4> 유류온수보일러 점검기록표(check sheet)	9
<표 KBE-1211.1> 액체연료의 종류별 평균비중	11
<표 KBE-1211.2> 연료(중유)의 온도에 따른 체적보정계수	11
<표 KBE-2111> 유종별 평균발열량	20
<표 KBE-2116> Cp계산을 위한 계수	24
<표 KBE-2126> 배기가스중의 CO농도에 따른 열손실(kcal/Nm ³ -LNG)	28
<표 KBE-2128> 보일러 용량에 따른 방열 손실	29
<표 KBE-9211> 유종별 비중	53
<표 KBE-9221> 열효율	54
<표 KBE-9222> 배기가스온도차	54

< 그 림 차 례 >

[그림 KBE-1127] 보일러의 표준적인 구성범위	6
[그림 KBE-1272] 공기비와 CO발생량	16
[그림 KBE-2114] 공기의 절대습도	22
[그림 KBE-2121] 과열기와 재열기가 있는 보일러	25
[그림 KBE-2126] 미연소 손실열량	28
[그림 KBE-2128.1] 열량보정계수	29
[그림 KBE-2128.2] 방열손실 보정계수	30
[그림 KBE-2128.3] 노통연관식보일러의 방열손실	30
[그림 KBE-2128.4] 수관식보일러의 방열손실	31
[그림 KBE-3112.1] 적정공기비	35
[그림 KBE-3112.2] 공기비 조정에 의한 연료절약을	36
[그림 KBE-3112.3] 공기비에 따른 보일러의 효율과 배기가스 온도	37
[그림 KBE-3121] 각종 풍량제어방식의 소비전력 특성	38
[그림 KBE-3122.1] 공기과잉과 열효율/열손실의 관계	38
[그림 KBE-3122.2] 배기가스 O ₂ 제어의 예(전기비례식 연계제어방식)	39
[그림 KBE-3212] 보일러 배기가스 열손실을	40
[그림 KBE-3222] 급수 예열에 의한 연료절약을	41

[그림 KBE-3231] 전열면의 그을음에 의한 연료 손실의 예	42
[그림 KBE-3232] 스케일 부착과 연료증가율	43
[그림 KBE-3233] 블로우에 의한 열손실을	43
[그림 KBE-3321] 노벽으로부터의 방열량	45
[그림 KBE-3430] 드레인에 의한 회수 열량	46
[그림 KBE-3451] 회전수제어와 축동력	48

KBE-0000 일반사항

KBE-0000 일반사항

KBE-0100 적용범위

KBE의 요건은 보일러와 그 부속품 및 보조기기의 효율향상에 관하여 적용한다.

비고 이 규격 중 { }안의 단위, 수치 및 계산식은 MKS단위계에 따른 것으로 참고로 병기한 것이다.

KBE-0200 용어의 정의

보일러 효율향상기술 규격에 사용하는 용어의 정의는 KBM-0400, KBI-0200, KBO-0200 및 다음과 같다.

(1) 가스 크로마토그래프(gas chromatograph)

기체의 시료를 충전제가 들어있는 세관중에 통과시켜 각 성분별로 분리, 정량분석하는 가스분석장치로서 원소분석은 되지 않고 구성성분에 대한 몰%만 분석된다.

(2) 건(습) 배기가스

건가스(dry gas)란 수분이 포함된 가스인 습가스(wet gas)에 대응하는 개념으로서 수분이 포함되지 않은 상태의 가스를 의미한다. 연소생성물인 배기가스중에는 CO₂, SO_x, CO, O₂, N₂, NO_x등 각종 가스류 외에도 수분이 포함되어 있어 습가스를 이루고 있다. 이러한 수분은 연료중의 수소와 공기중의 산소가 반응하여 생성되는 수분, 연료자체의 수분, 연소용 공기중의 수분과 분무용증기(atomizing steam)에 의한 수분 등이 포함된다. 따라서 이들 배기가스중의 수분은 유입 원인에 따라 효율계산을 달리하여야 한다.

(3) 건배기 손실(dry gas heat loss)

보일러에서 연료의 연소로 인하여 발생된 연소생성물은 최종 열회수설비 (공기에열기등)를 거친 후에도 상당한 열량을 보유한 상태로 굴뚝을 나가게 된다. 건배기(dry gas)란 연소생성물중 수분을 제외한 각종 연소가스로서, 이 가스의 최종 출구온도가 보유하고 있는 총열량과 이것이 기준공기온도(reference air temperature)로 냉각되었을 경우 가지게 되는 열량과의 차가 바로 건배기 손실로 되는 것이다. 따라서 이 손실은 순수한 현열손실로만 구성되며, 그 크기는 보일러 출구에서의 배기가스 온도와 가스량에 의하여 좌우된다.

(4) 공기누설(air leakage)

공기에열기의 공기측에서 가스측으로 누설되는 공기량을 말하며, 공기에열기 관련각종 계산식에서는 이 누설공기량은 공기에열기의 전열부를 거치지 않고 공기입구측에서 가스출구측으로 직접 누설되는 것으로 간주한다.

(5) 공기비(air ratio)

이론공기량에 대한 실제 공급된 공기량의 비를 공기비 또는 과잉공기율이라 한다. 연료를 완전 연소시키기 위해서는 실용상 이론공기량만으로 불가능하며 이보다 많은 공기가 필요하다. 실제 공급된 연소공기량과 이론공기량과의 차를 과잉공기(excess air)라 하며 이의 이론공기량에 대한 비를 과잉공기율이라 한다.

(6) 공기에열기(air preheater)

연도에서 배출되는 가스의 여열을 이용해서 연소용 공기를 예열하는 장치

(7) 급수예열기(economizer)

보일러 연소배기가스의 남은 열을 이용하여 급수를 가열하는 장치

(8) 기준 공기온도(reference air temperature)

보일러 효율을 산정함에 있어 열손실 및 부가입열(heat credits) 계측의 기준이 되는 공기 온도를 말한다. 보일러의 열정산을 하려면 보일러 경계면(boundary)내로 출입하는 에너지의 기준점(zero level)이 먼저 확립되어야 하는 바, 이것이 기준공기 온도가 되며 효율산정에 직접적인 영향을 주는 것이다. 기준온도에 대한 각국의 규정은 서로 상이하여 그 적용에 혼선을 초래하고 있는데, 즉 ASME Code는 공기예열기 입구 공기온도, ISO, BS는 공기 흡입구(air intake)입구온도, DIN은 298 K(25 ℃)(실내온도) 또한 KS 및 JIS는 외기온도로 규정하고 있다.

(9) 배기가스 온도(exhaust gas temperature)

실제 측정되는 냉각되어진 출구가스온도를 말한다.

(10) 방열손실

이 손실은 복사 및 대류손실이라고도 하며, 보일러 계통, 즉 본체, 각종 닥트 등의 표면으로부터 대류, 복사, 전도에 의하여 대기로 방출되는 열손실을 의미한다. 이 손실은 실측에 의거 산정하는 것이 바람직하나 그 시험설비의 규모가 엄청나기 때문에 일반적으로 ABMA(American Boiler Manufacturers Association:미국 보일러 제작자 협회)의 [Radiation Loss Chart]상의 곡선(<표 KBE-2128.3>, <표 KBE-2128.4>)을 이용하여 구하도록 되어 있어 보일러의 주요 손실중 시험시의 측정에 의하지 않는 특수손실이다.

(11) 순환열(circulating heat)

보일러에서 발생한 열의 일부를 빼내 다시 보일러에 공급하거나 다른 입열을 가열하는 열을 말하며, 보일러 열정산에서는 이 열을 계산에서 제외한다.(예) 연료가열증기, 분무용증기

(12) 연소공기중의 수분 손실(heat loss due to moisture in the air)

대기중의 공기에는 항상 일정량의 수분이 함유되어 있기 때문에 보일러 설계시에는 이러한 기준습도를 감안하여 통상의 설계조건인 외기온도 293 K(20 ℃), 대기압 1,013 hPa, 상대습도 75 %하에서의 건공기 1 kg에 포함되어 있는 수분함량은 약 0.01 kg이 된다. 이와 같은 연소용 공기중의 수분은 보일러 내에서 연소에 아무런 기여도 하지 못한채 오히려 보일러로부터 열을 흡수한 상태로 건배기와 함께 보일러를 떠나게 되는데 이 열량이 곧 수분손실이 되는 것이다. 그러나 연소용 공기중의 수분은 대기중에서 이미 수증기 상태로 존재하였고 또한 수증기상태로 보일러를 떠나기 때문에 그 현열만이 손실열량이 된다.

(13) 일산화탄소(CO) 생성에 의한 열손실(heat loss-carbon monoxide)

이 손실은 연료중의 가연성 물질의 일부가 산화되지 못함으로 인하여 발생하는 미방출 열에너지손실중, 미연탄소손실을 제외한 CO의 생성으로 인하여 발생하는 열손실을 의미한다. 일반적으로 연소상태가 양호하게 운전되는 보일러에서는 이손실은 거의 무시할 정도로 작은 것이 보통이나 기체연료를 사용하는 보일러에서는 연소상태의 여부에 따라 이 손실이 발생할 소지가 많으므로 성능시험시 반드시 CO 측정을 하여야 한다.

(14) 입열(heat input)

보일러 입열이란 그냥 입력이라고도 하며 보일러에 공급되는 모든 열량의 총계를 의미하며 연료의 화학적 연소열과 더불어 공기, 가스, 물, 연료, 전력 등 외부로부터 보일러 경계면(

boundary)로 들어오는 각종유체가 가지고 들어오는 부가입열(heat credits)을 더하여 준 것이다.

(15) 출열(heat output)

출열 또는 출력이란 작동유체 또는 각종 유체가 보일러에서 유효하게 흡수한 열량을 말하며 총입열에서 보일러 손실열을 빼준 것이다.

KBE-1000 보일러의 성능측정

KBE-1000 보일러의 성능측정**KBE-1100 성능측정 일반사항****KBE-1110 적용범위**

고체, 액체 및 기체 연료를 사용하는 보일러(온수보일러 및 열매체보일러도 포함) 및 폐열보일러의 실용적 성능측정에서 열정산의 일반적 방식에 대하여 규정한다.

KBE-1120 성능측정 조건**KBE-1121 운전시간**

- (1) 보일러의 성능측정은 정상적인 운전상태에서 적어도 1시간 이상의 운전결과에 따라야 하며, 측정은 2~3회로 나누어서 실시할 수 있다.
- (2) 다만, 부득이한 경우에는 최소 30분 이상 측정하여야 하며, 최소시간으로 측정하는 경우에는 그 이유를 분명하게 명기하여야 한다.

KBE-1122 운전부하

- (1) 성능측정부하는 원칙적으로 정격부하로 하며, 필요에 따라서는 75 %, 50 % 및 25 %의 부하로 할 수도 있다.
- (2) 최대출열량을 측정할 경우에는 반드시 정격부하에서 측정한다.
- (3) 측정결과의 정밀도를 유지하기 위하여 급수량과 증기배출량을 조절하여 증발량과 연료의 공급량이 일정한 상태에서 측정하도록 최대한 노력하고, 불가피한 경우에는 급수량과 연료 공급량의 변동을 최소로 하여 실시한다.

KBE-1123 주변조건

- (1) 보일러의 성능측정은 미리 보일러 각 부를 점검하고, 연료, 증기 또는 물의 누설이 없는가를 확인하고, 측정중 실제 사용상 지장이 없는 경우 불로우다운, 그을음 불어내기 등은 하지 않으며, 또 안전밸브는 작동되지 않는 운전상태에서 한다.
- (2) 안전밸브가 열린때는 다시 측정한다.
- (3) 측정대상보일러는 다른 보일러와 무관한 상태이어야 한다.
- (4) 측정보일러와 그 밖의 보일러의 사이에 급수관, 주증기관, 보조증기관, 연료관, 스프레이관, 블로우관, 공기덕트, 배기덕트 등이 각각 서로 연결되어 있는 경우에는 그 연결을 확실하게 차단한다.(최선의 방법으로 연결부를 분리하여 거기에 맹판을 넣는다.)
- (5) 열정산은 사용시의 연료단위량 즉 고체 및 액체 연료의 경우는 1 kg, 기체 연료의 경우는 표준상태(온도 273 K(0 °C), 압력 1,013 mbar)로 환산한 1 Nm³(이하 특히 주석이 없는 경우에는 표준상태로 환원한 값으로 한다.)로 하고 고체, 액체 또는 기체 연료의 구별없이 단위량을 나타내는 경우에는 1 kg(또는 Nm³)으로 기재한다.
- (6) 단위시간당 총입열량(총출열량, 총손실열량)에 대하여 열정산을 하는 경우에는 그 단위를 명확히 표시한다.

- (7) 혼소(混燒)보일러 및 폐열보일러의 경우에는 단위시간당 총입열량에 대하여 실시한다.
- (8) 발열량은 원칙적으로 사용시의 연료의 고위발열량으로 한다. 경우에 따라 저위발열량을 사용하는 경우에는 그 뜻을 명기해야 한다.
- (9) 이 규격에서 공기란 수증기를 포함하는 습공기로 하며, 또 연소가스란 수증기를 포함하지 않는 건배기가스로 하는 경우와 연소에 의하여 발생한 수증기를 포함한 습배기가스로 하는 경우가 있다. 이들의 단위량은 어느 것이나 연료 1 kg(또는 Nm³)당으로 한다.

KBE-1124 기준온도

- (1) 열정산의 기준온도는 측정시의 외기온도를 기준으로 하나, 필요에 따라 주위온도 또는 압입 송풍기 출구 등의 공기 온도로 할 수 있다.
- (2) 온수보일러 및 열매체보일러의 열출력평가지에는 보일러 입구온도와 출구온도의 차에 민감하기 때문에 설계온도와의 차를 $\pm 1 \text{ K}(\text{°C})$ 이하로 조절하고 측정한다.

KBE-1125 시험측정압력

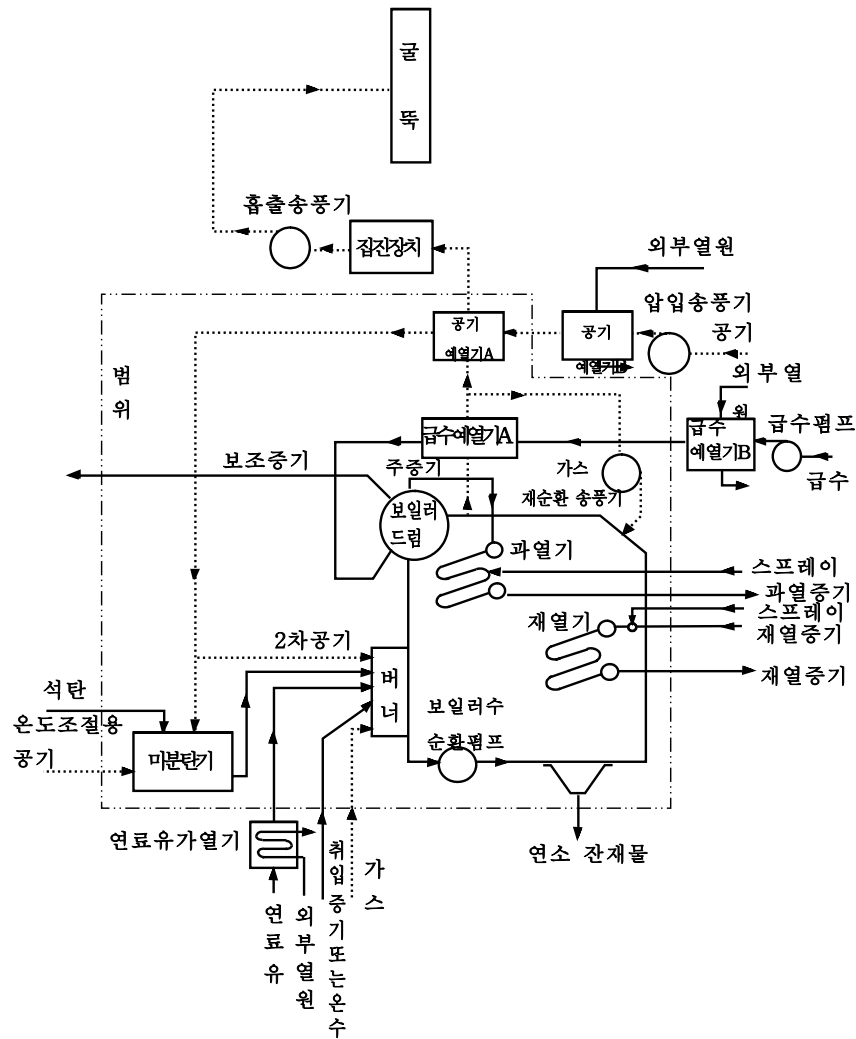
증기보일러의 시험압력은 최고사용압력의 80% 이상을 원칙으로 하고, 시험압력이 80% 미만인 경우에는 분명히 명기한다.

KBE-1126 소음

- (1) 보일러의 소음은 보일러 측면, 후면의 1.5 m 떨어진 곳의 1.2 m 높이에서 측정하여야 하며, 95 dB이하이어야 한다.
- (2) 송풍기의 소음은 송풍기 정면에서 1.5 m 떨어진 곳에서 측정하여야 하며, 95 dB이하이어야 한다.

KBE-1127 표준구성범위

열정산을 하는 보일러의 표준구성범위를 [그림 KBE-1127]에 나타낸다. 과열기, 재열기, 급수예열기 및 공기예열기를 갖는 보일러는 이들을 그 보일러에 포함시킨다.



[그림 KBE-1127] 보일러의 표준적인 구성범위

KBE-1130 성능측정 준비사항

KBE-1131 계획수립

성능측정은 종류 및 목적에 적합하도록 다음사항을 고려하여 사전에 계획을 수립하여야 한다.

- (1) 보일러 효율
 - (a) 성능측정 방법(입출열법 또는 열손실법)
 - (b) 측정해야 할 입출열 항목
 - (c) 측정해야 할 손실항목의 종류
 - (d) 미확정 열손실 적용값
- (2) 보일러 용량 또는 출력 결정방법
- (3) 기타 측정해야 할 운전특성의 종류 및 결정방법
- (4) 측정결과에 영향을 미치는 각종 성능과 운전조건에 대한 책임 분담
- (5) 허용가능 운전조건 성능측정부하의 종류, 측정시간, 측정중 따라할 운전절차 확립
- (6) 측정목적에 적합한 측정 및 기록방법
- (7) 사용할 계측기 및 장비의 종류 계측기의 교정 및 측정방법

KBE-1132 측정전 준비사항

- (1) 측정항목에 따라 계측기를 선정하고, 필요한 경우에는 교정(calibration)을 실시한다.
- (2) 증기, 급수, 공기, 가스등의 누설부는 측정전에 보수한다.
- (3) 측정기록지, 계산기록표(sheet), 교정기록표(calibration sheet), 보정곡선(correction curve)등 측정관련자료를 확보하여야 하며, 설비사항 점검기록표(check sheet)<표 KBE-1132.1>, 가스보일러 점검기록표(check sheet)<표 KBE-1132.2>, 유류증기보일러 점검기록표(check sheet)<표 KBE-1132.3> 및 유류온수보일러 점검기록표(check sheet)<표 KBE-1132.4>는 다음과 같다.

<표 KBE-1132.1> 설비사항 점검기록표(check sheet)

보 일 러		송 풍 기	
종 류		형 식	
형 식		제 조 번 호	
정격용량(/h)		제 조 년 월	
최고압력(MPa{kgf/cm ² })		전 압 (V)	
부속장치 1 (Type)		전 력 (kW)	
부속장치 2 (Type)		풍압(Pa{mmAq})	
부속장치 3 (Type)		풍량(m ³ /min)	
제 조 번 호		회전수(R.P.M)	
제 조 년 월		종 류	
제 조 자		제 조 자	
버 너		펌 프	
종 류		형 식	
호 칭(형 식)		전 압 (V)	
연료소비량(/h)		전 력 (kW)	
전 압 (V)		회전수(R.P.M)	
전 력 (kW)		흡 입 양 정 (M)	
분사압력(Pa{mmAq})		토 출 양 정 (M)	
제 조 번 호		유 량()	
제 조 자		제 조 번 호	
검 사 번 호		제 조 년 월	
회전수(R.P.M)		제 조 자	
수 량 계		오 일(가 스) 미 터	
형 식		형 식	
제 조 자		제 조 자	
사용범위(ℓ/h)		사용범위(ℓ/h)	
최고압력(MPa{kgf/cm ² })		최고압력(MPa{kgf/cm ² })	
최 소 눈 금 단 위		최 소 눈 금 단 위	

<표 KBE-1132.2> 가스보일러 점검기록표(check sheet)

번 호					측 정 일 자					주위벽온도 (K{℃})				운전성능							
측정자					측 정 장 소					소 음	보일러	dB		연료종류							
규 격					상 온					음	송풍기	dB									
시 간 (분)	가 스 량				급 수			동 체		연소공기 온도			배 기 가 스						응 축 수	건도계	
								압 력	수 위				온 도		성 분		1차	2차			
		온 도	압력계	후	량	온 도 (1)	온 도 (2)	량	MPa {kgf / cm ² }	%	상 온	예 열 전	예 열 후	본 체 출 구	공기예열기출구	급수예열기출구	CO ₂	O ₂	CO	pH	K {℃}
00																					
10																					
20																					
30																					
40																					
50																					
60																					
평균																					
기 타 사 항																					

<표 KBE-1132.3> 유류증기보일러 점검기록표(check sheet)

번 호					측 정 일 자					주위벽온도 (K{℃})				운전성능							
측정자					측 정 장 소					소 음	보일러	dB		연료종류							
규 격					상 온					음	송풍기	dB		smoke No							
시 간 (분)	연 료 량				급 수			동 체		연소공기 온도			배 기 가 스						응 축 수	건도계	
								압 력	수 위				온 도		성 분		1차	2차			
		온 도	량			온 도 (1)	온 도 (2)	량	MPa {kgf / cm ² }	%	상 온	예 열 전	예 열 후	본 체 출 구	공기예열기출구	급수예열기출구	CO ₂	O ₂	CO	pH	K {℃}
00																					
10																					
20																					
30																					
40																					
50																					
60																					
평균																					

<표 KBE-1132.4> 유류온수보일러 점검기록표(check sheet)

변 호				측 일 자				주위벽온도 (K{℃})					운전성능				
측정자				측 정 장 소				소	보일러		dB		연료종류				
규 격				상 온				음	송풍기		dB		smoke No				
시 간 (분)	연 료 량		급 수			동체 압력	연소공기 온 도			배 기 가 스						응축 수	온수 온도
	온 도	량	온도 (1)	온도 (2)	량	MPa {kgf/cm²}	상 온	예 열 전	예 열 후	본 체 출 구	공기예열기출구	급수예열기출구	CO₂	O₂	CO		
00																	
10																	
20																	
30																	
40																	
50																	
60																	
평균																	

KBE-1133 보일러의 상태 검사 및 정비

- (1) 보일러는 미리 각 부분을 검사하여, 증기 및 물의 누설(특히 블로우 밸브에서의 누설)이 없도록 정비하고, 내화재, 보온재 그 밖의 파손이 있으면 보수하여 둔다.
- (2) 내부 및 외부의 오염 상황 또는 관리 상황(측정전의 청소 기일, 청소 방법, 청소 후의 운전 상황 및 운전 시간, 보수 상황 등)을 기록한다.
- (3) 운전 장치, 연료 공급 장치, 회처리 장치, 통풍 장치, 급수 장치, 수면계, 자동 제어 장치, 그 밖의 보조기기, 계기류의 기능을 미리 점검 조정하여, 측정중에 고장이 생기지 않도록 정비한다.
- (4) 급수 및 연료의 측정기구에 바이패스가 있는 경우 연결부위에 누설이 없는가 확인한다.

KBE-1134 측정전 운전조작사항

- (1) 측정개시 전에 측정대상보일러는 다른 보일러와 무관한 상태가 되도록 밸브조작을 한다.
- (2) 측정전 스트레이너, 버너팁을 청소한다.
- (3) 측정개시전까지 연료상태 점검 및 조정을 완료한다.
- (4) 측정개시 전까지 배기가스 분석을 실시하고 배기가스중 산소농도(O₂ %)를 규정치로 맞춘다.
- (5) 측정 개시전에 모든 계측기를 사용가능한 상태로 둔다.(switch on)
- (6) 측정 개시전에 가능하면 2시간 이상의 부하안정기간을 두어 전체 시스템이 열적평형상태를 유지하도록 한다.
- (7) 물 및 증기의 샘플링시스템은 평상시와 동일하게 운전한다.

KBE-1135 보일러 운전상황의 조정

보일러를 미리 소기의 운전상태로 조정하고, 보일러의 종류에 따라 적당한 시간 중(일반적으로 1시간 이상) 그 상태를 지속하여, 양호한 운전상황이 지속 될 수 있는지 확인한 다음에 본 측정을 하도록 한다.

KBE-1136 블로우다운, 수트블로워, 급수 시료 채취 등

블로우다운, 수트블로워 및 급수·보일러수, 발생 증기의 시료 채취 등은 측정 시작전에 하고, 본 시험 중에는 하지 않도록 한다.

KBE-1137 측정의 진행

- (1) 측정준비가 되면 통제요원은 측정요원에게 예정시각과 정위치를 알린다.
- (2) 기록시작 5분전부터 카운트다운(countdown)을 시작하여 측정요원을 대기상태로 해둔다.
- (3) 측정진행요원은 현장을 순시하면서 기록의 정확성 및 운전상태의 정상여부를 설계치 데이터 또는 기존 계측기 기록치를 이용하여 비교점검한다.

KBE-1138 측정시간 간격

보일러의 성능측정은 KBE-1121에 따르는 것을 원칙으로 하며, 다음 항목의 경우는 일정시간 간격으로 나누어 측정할 수 있다.

- (1) 증기의 건도 측정은 2회 이상 실시한다.
- (2) 증기의 압력, 온도 및 급수온도는 10~30분마다 측정한다.
- (3) 급수유량은 5~30분마다 측정한다.
- (4) 공기, 배기가스 등의 압력 및 온도는 15~30분마다 측정한다.
- (5) 배기가스의 성분분석은 30분마다 실시한다.

KBE-1139 측정값의 변동

- (1) 측정결과와 정밀도를 유지하기 위하여 시험시 발생증기량, 압력 및 온도는 가능한한 일정하게 유지한다.
- (2) 부득이 발생증기량, 압력 및 온도의 변동이 있는 경우에도 (3)항의 범위를 넘지 않아야 한다.
- (3) 다음 범위를 초과한 경우는 그 상황을 측정결과와 비교란에 기입한다.
 - (a) 발생증기량의 변동 : 평균값의 $\pm 10\%$
 - (b) 증기압력 및 온도의 변동 : 평균값의 $\pm 6\%$

KBE-1200 항목별 성능측정방법**KBE-1210 연료사용량****KBE-1211 액체연료**

- (1) 액체연료는 중량탱크식 혹은 용량탱크식 또는 용적식 유량계로 측정한다. 용적으로 구한 것

은 유량계 통과 온도에 대하여 보정된 연료유의 밀도를 곱하여 질량으로 환산한다. 측정의 허용오차는 원칙적으로 $\pm 1.0\%$ 로 한다.

- (2) 용적식 유량계로 측정한 용적유량은 유량계 가까이에서 측정한 유온을 보정하기 위하여 연료유의 밀도를 곱하여 질량으로 환산한다. 중유의 경우에는 다음과 같이 체적보정계수를 사용하여 질량으로 환산한다.

$$F = d \times K \times V_t$$

여기에서 F : 연료사용량 (kg/h)

d : 연료의 비중

K : 체적보정계수

V_t : 연료사용량 (ℓ /h)

<표 KBE-1211.1> 액체연료의 종류별 평균비중

유 류		유 황 분 (%)	비 중	비 고
경 유		1.2 이하	0.82~0.86(0.83)	
중유	A	0.5~1.5	0.84~0.86(0.86)	
	B	0.5~3.0	0.88~0.92(0.92)	
	C	1.6 이하	0.90~0.97(0.95)	
		1.6 초과 3.5 이하		

()내 비중은 열정산시 기준

<표 KBE-1211.2> 연료(중유)의 온도에 따른 체적보정계수

중유비중 (288 K{15 ℃})	온도범위	K 값
1.000 ~ 0.966	288~323 K{15~50 ℃}	$1.000 - 0.00063 \times (t - 15)$
	288~373 K{50~100 ℃}	$0.9779 - 0.0006 \times (t - 50)$
0.965 ~ 0.851	288~323 K{15~50 ℃}	$1.000 - 0.00071 \times (t - 15)$
	288~373 K{50~100 ℃}	$0.9754 - 0.00067 \times (t - 50)$

KBE-1212 기체연료

- (1) 기체연료는 용적식, 오리피스식 유량계 등으로 측정하고, 유량계 입구나 출구에서 압력, 온도를 측정하여 표준상태의 용적 Nm^3 로 환산한다. 측정허용오차는 원칙적으로 $\pm 1.6\%$ 로 한다.

- (2) 기체연료의 연료량 계산

측정치를 온도·압력에 따라 표준상태(273 K{0 ℃}, 1 ata)로 환산한다.

$$F = V \times \frac{P}{P_0} \times \frac{T_0}{T}$$

여기에서 F : 표준상태에서 연료사용량(Nm^3)
 V : 유량계에서 측정한 연료사용량(m^3)
 P : 연료가스의 압력(mmHg , mbar 등)
 P_0 : 표준상태의 압력(760 mmHg , $1,013 \text{ hPa}\{\text{mbar}\}$ 등)
 T : 연료가스의 절대온도(K)
 T_0 : 표준상태의 절대온도(273 K)

- (3) 측정항목은 가스사용량(가스유량계에서 측정치), 가스의 온도($\text{K}\{\text{℃}\}$) 및 가스의 압력(mbar)이다.

KBE-1213 고체연료

- (1) 고체연료는 측정후의 수분의 증발을 피하기 위해 가능한 한 연소직전에 측정하고, 그 때마다 동시에 시료를 채취한다.
 (2) 측정은 보통저울을 사용하나, 콜미터 그 밖의 계측기를 사용할 때는 지시량을 정확하게 보정한다.
 (3) 측정의 허용오차는 보통 $\pm 1.5 \%$ 로 한다.

KBE-1220 급수

KBE-1221 급수측정 일반사항

급수량은 중량탱크식 또는 용적탱크식으로 측정하거나 KS B 5336(고압수량계) 또는 이와 동등이상의 성능을 가진 수량계를 이용하여 측정한다.

KBE-1222 급수량의 계산

- (1) 온도에 따른 비체적을 증기표에서 찾아 급수량을 중량으로 환산한다.

$$W_1 = \frac{W_0}{V_1}$$

여기에서
 W_1 : 환산한 급수량 (kg/h)
 W_0 : 실측한 급수량 (ℓ/h)
 V_1 : 측정시 급수온도에서 급수의 비체적 (ℓ/kg)

※ 측정 급수온도에서 포화수의 비체적(V_1)은 <표 KPI-7161.1> 및 <표 KPI-7161.2>를 참고하여 구한다.

- (2) 급수의 온도는 절탄기 입구에서 측정하며, 절탄기가 없는 경우에는 보일러 몸체의 입구에서 측정한다.

KBE-1230 연소용공기

KBE-1231 공기량 측정

- (1) 연료의 조성(액체연료와 고체연료는 원소분석치, 기체연료는 성분분석치)에서 이론공기량(A_0)을 계산하고, 배기가스분석결과에 의해 공기비(m)를 계산하여 실제공기량(A)을 계산한다. 공기량의 계산식은 다음 식에 따른다.

$$A = m A_0$$

여기에서 A : 실제공기량(Nm^3/h)

m : 공기비

A_0 : 이론공기량(Nm^3/h)

- (2) 필요한 경우에는 압입송풍기의 출구에서 오리피스, 피토관 등을 사용하여 측정한다. 공기에 열기가 있는 경우에는 그 출구에서 측정한다.

KBE-1232 예열공기온도 측정

공기온도는 공기에열기의 입구와 출구에서 측정한다. 터빈추기 등의 외부 열원에 의한 공기에열기를 병용하는 경우는 그 전후의 공기온도도 측정한다.

KBE-1233 공기의 습도 측정

- (1) 송풍기입구 부근에서 건습구온도계를 이용하여 건구온도와 습구온도를 측정하거나 습도계를 사용하여 상대습도 또는 절대습도를 측정한다.
- (2) 건습구온도계의 측정값의 건구온도 t $^{\circ}\text{C}$ 와 습구온도 t' $^{\circ}\text{C}$ 에서 습공기중의 절대습도 Z 를 다음과 같이 구한다.

$$Z = 0.622 \times \frac{P_w}{P - P_w}$$

여기에서 Z : 절대습도($\text{kg}_{\text{수증기}}/\text{kg}_{\text{건조공기}}$)

P_w : 수증기의 분압

$$P_w = P_s' - \frac{P}{30} \cdot \frac{t - t'}{50}$$

P_s' : 습구온도 t' $^{\circ}\text{C}$ 에서의 수증기의 포화압력

P : 대기압(즉 전압)

t : 건구온도($^{\circ}\text{C}$)

t' : 습구온도($^{\circ}\text{C}$)

- (3) 습도계로 상대습도를 측정한 경우 절대습도는 다음과 같이 구한다.

$$Z = 0.622 \times \frac{\phi P_s}{P - \phi P_s}$$

여기에서 P_s : 공기온도 t $^{\circ}\text{C}$ 에서의 수증기의 포화압력(mmHg)

ϕ : 상대습도(%)

- (4) 습도가 낮아서 습도가 보일러의 효율에 미치는 영향이 미미한 경우 약산을 할 경우에는 생략할 수 있다.

KBE-1240 연료가열용 또는 노내취입증기**KBE-1241 연료가열용 증기량 측정**

연료가열용 증기량은 유량계로 측정하거나 증기트랩이 있는 연료가열기의 경우에는 트랩의 응축수량을 측정할 수 있다.

KBE-1242 노내취입증기량 측정

증기유량계로 측정한다.

KBE-1250 발생증기**KBE-1251 발생증기량 측정**

- (1) 발생증기량은 일반적으로 급수량으로부터 산정하며, 증기유량계가 설비되어 있는 경우에는 그 측정값을 참고값으로 한다.
- (2) 발생증기의 일부를 연료가열, 노내취입, 공기예열기에 사용하는 경우에는 그 증기량을 측정하여 급수량에서 뺀다.
- (3) 재열기 입구 증기량은 주증기량에서 증기터빈의 그랜드 증기량 및 추기증기량을 빼서 구한다.
- (4) 과열기와 재열기 출구 증기량은 그 입구 증기량에 과열저감기에서 분사한 스프레이량을 더하여 구한다.
- (5) 측정의 개시 및 종료 시점에서 보일러의 수면을 측정하여 급수량을 보정한다.

KBE-1252 과열증기 및 재열증기 온도 측정

- (1) 과열기 출구온도는 과열기 출구에 근접한 위치에서 측정하지만, 출구에 온도조절장치가 있는 경우에는 그 뒤에서 측정한다.
- (2) 재열기 출구온도는 재열기 출구에 근접한 위치에서 측정하지만, 출구에 온도조절장치가 있는 경우에는 그 뒤에서 측정한다.

KBE-1253 증기압력 측정

- (1) 포화증기의 압력은 보일러 드럼 또는 그에 상응하는 부분에서 측정한다. 단, 관류보일러는 기수분리기 최종출구에서 측정한다.
- (2) 과열증기 및 재열증기의 압력은 그 온도를 측정하는 위치에서 측정한다.
- (3) 압력취출구와 압력계와의 사이에 높이의 차가 있는 경우는 연결관 내의 수주에 따라 압력 보정을 한다.

KBE-1254 포화증기의 건도 측정

- (1) 포화증기의 건도는 원칙적으로 보일러 드럼 출구에 근접한 위치 또는 그에 상응하는 부분에서 복수 열량계, 교축 열량계 등을 사용하여 측정한다.
- (2) 건도계의 온도측정에는 정밀급 열전대 또는 정밀급 저항온도계, 정밀급 수온봉상 온도계를

사용하여 측정하고, 교축열량계의 경우에는 다음에 의해 건도를 환산한다.

$$x = \frac{[0.46 \times (t_1 - 99.09) + 638.81 - h']}{\gamma} \times 100$$

여기에서 x : 증기건도(%)

t_1 : 건도계 출구 증기온도(℃)

h' : 측정압에서의 포화엔탈피(kcal/kg)

γ : 측정압력에 대한 증발잠열(kcal/kg)

(3) 증기의 건도측정이 불가능한 경우에는 강철제보일러의 건도는 98 %, 주철제보일러는 97 %로 한다. 이 경우에는 측정불가능한 사유를 명기한다.

(4) 건도 98 %이상의 증기는 압력에 따라 다소 차이는 있으나 건도계 출구에서 증기를 육안으로 감지할 수 없는 간격이 하절기 4~5 cm, 동절기에는 2~3 cm 정도이다.

KBE-1255 저압증기의 건도 측정

- (1) 발생증기의 압력이 저압(0.25 MPa{2.5 kgf/cm²}이하)이면, 오리피스 통과직후의 차압이 크지 않기 때문에 교축된 증기의 온도가 373 K(100 ℃)내외로 나타나므로 교축식 건도계로 측정할 수 없다.
- (2) 분리식 건도계 등을 사용하여 습증기를 교축하지 않고 증기와 수분을 분리하는 방법으로 건도를 측정하여야 한다.

KBE-1260 배기(연소)가스

KBE-1261 배기가스 온도 측정

- (1) 배기가스 온도는 보일러의 최종 가열기의 출구에서 측정한다. 가스온도는 통로 중앙의 평균 온도를 구하도록 한다.
- (2) 배기가스중의 수증기 일부가 응축되는 절탄기나 공기예열기의 경우에는 그 전후에서 온도를 측정한다. 또 응축이 일어나지 않는 경우에도 필요에 따라 보일러 몸체 출구 및 과열기, 재열기, 절탄기 및 공기예열기의 입구 및 출구에서도 온도를 측정한다.

KBE-1262 배기가스 성분분석

- (1) 배기가스의 시료채취 위치는 절탄기 출구(절탄기가 없는 경우에는 보일러 몸체 또는 과열기 출구)로 한다. 또한 공기예열기가 있는 경우에는 그 출구에서도 측정한다. 시료채취 방법은 일반적으로 KS M 0021(배기가스 시료 채취방법)에 따른다.
- (2) 배기덤퍼의 조절이 가능한 경우에는 조절하여 배기가스 성분분석을 위한 시료채취 위치에 음압이 걸리지 않도록 한다.
- (3) 배기가스의 성분 분석은 일반적으로 오르자트 가스분석기, 전기식 또는 기계식 가스분석기를 사용한다. 가스분석기는 센서나 시약의 수명관리를 위해 표준가스(standard gas)로 교정하여 사용하여야 한다. 교정을 위한 표준가스는 분석하고자 하는 배기가스의 성분과 유사한 것을 사용하도록 한다.

KBE-1263 배기가스중의 응축수량 측정

- (1) 배기가스중의 수증기가 응축하여 다량의 응축수가 배출되는 경우에는 그 응축수의 배출량을 측정한다. 응축수의 측정을 위해 배기가스가 응축되는 부분에 응축수를 모을 수 있는 배관을 설치하여 응축수를 한곳으로 유도하여 그 양을 측정한다.
- (2) 응축수의 온도를 측정한다.
- (3) 응축수의 pH를 측정한다.

KBE-1264 응축형보일러의 배기가스 습도 측정

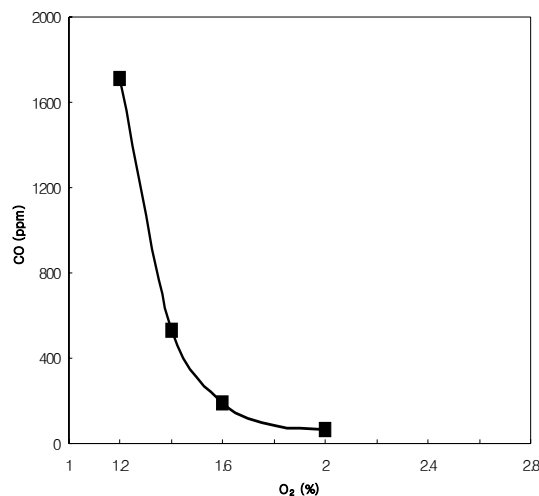
배기가스중의 수증기가 응축하여 다량의 응축수가 배출되는 경우에는 배기가스중의 습도(상대습도 또는 절대습도)를 측정한다.

KBE-1270 공기비**KBE-1271 유류연료의 공기비 측정**

- (1) 연소장치의 공기비를 너무 작게 하면 완전연소가 이루어지지 않아서 미연분이 많이 발생하게 된다. 유류연료의 경우에는 바카라카 스모크No.를 기준하여 공기비를 측정한다.
- (2) 중유를 사용하는 설비에서는 바카라카 스모크 No. 4일 때의 배기가스중의 O_2 농도나 CO_2 농도로 공기비를 측정하고, 경유의 경우에는 스모크 No. 3을 기준으로 한다.

KBE-1272 가스연료의 공기비 측정

- (1) 가스연료를 사용하는 설비에서는 공기비가 적절하지 못한 경우에 분진이 발생하기 전에 CO가 먼저 발생하기 때문에 CO의 농도를 기준으로 한다.
- (2) 공기비에 따른 배기가스 중의 CO농도를 [그림 KBE-1272]에 도시한다. 배기가스 중의 CO농도는 100 ppm부근에서부터 공기비의 감소에 따라 급격히 증가하기 때문에 100~200 ppm일 때의 배기가스중의 O_2 농도나 CO_2 농도를 기준으로 하여 공기비를 측정한다.



[그림 KBE-1272] 공기비와 CO발생량

KBE-1273 공기비 계산

공기비의 계산은 다음에 따른다.

- (1) 배기가스 중의 산소(O_2)농도에 의한 계산

$$m = \frac{21}{21 - (O_2)\%}$$

m : 공기비

O_2 % : 건배기가스중 산소(O_2)의 vol %

- (2) 배기가스 중의 탄산가스(CO_2)농도에 의한 계산

$$m = \frac{(CO_2)_{\max}}{(CO_2)}$$

m : 공기비

$(CO_2)_{\max}$: 건배기가스중 탄산가스(CO_2)의 최대 vol %

(CO_2) : 건배기가스중 탄산가스(CO_2)의 vol %

- (3) 주요 연료의 $(CO_2)_{\max}$ 는 다음과 같다.

등 유 : 15.13 %	B-C유 : 15.7 %
경 유 : 15.16 %	L N G : 12.04 %
B-A유 : 15.6 %	L P G : 종류따라 다름

KBE-1280 송풍압**KBE-1281 송풍압측정 일반사항**

성능측정시 측정하는 풍압은 정압(static pressure)이어야 한다. 정압측정 방법은 KS B 6311(송풍기의 시험 및 검사방법)에 따른다.

KBE-1282 송풍압의 측정

송풍압은 수주압력계 등을 사용하여, 압입 송풍기 토출구에서 측정한다. 필요에 따라 공기에열기의 입구 및 출구 또는 버너 윈드박스 등에서도 측정한다.

KBE-1283 배기가스의 압력측정

배기가스의 압력은 수주 압력계 등을 사용하여, 최종가열기를 나온 위치에서 측정한다. 필요에 따라 노내, 보일러 몸체 출구, 절탄기, 공기에열기, 흡출 송풍기의 입구 및 출구에서도 측정한다.

KBE-1290 연소잔재물**KBE-1291 연소잔재물측정 일반사항**

액체연료나 기체연료의 경우에는 연소잔재물이 미량이기 때문에 무시할 수 있고, 고체연료의 경우에는 다음에 따른다.

KBE-1292 연소잔재물의 양 측정

연소잔재물의 양은 연료의 사용량, 연료중의 회분 및 연소잔재물중의 미연소분의 비율로부터 산정한다. 연소잔재량을 실측할 수 있는 경우는 그에 따른다.

KBE-1293 연소잔재물의 시료채취 및 미연소분의 측정

연소잔재물의 시료채취는 KS E 3702(석탄류 및 코크스류의 샘플링 방법 및 전수분·습분 측정 방법)에 따른다. 미연소분 측정은 KS E 3705의 4.(회분정량 방법)에 따른다.

KBE-1294 연소잔재물의 온도 측정

연소잔재물이 다량인 고체연료의 경우에는 잔재물에 의한 열손실을 고려할 수 있도록 잔재물의 배출온도를 측정한다.

KBE-1300 기타보일러의 성능측정조건**KBE-1310 폐열보일러****KBE-1311 폐열보일러의 측정 일반사항**

- (1) 폐열보일러의 경우에는 보일러의 입열량 계산을 위해 유입되는 가스의 유량, 온도, 압력 및 그 조성을 측정한다.
- (2) 폐열보일러에 유입되는 가스를 발생하는 장치에서 가연성물질을 소각하여 폐가스가 발생하여 그 가연성물질의 원소분석 또는 성분분석을 실시하는 경우에는 그 분석치를 이용하여 반응식에 의해 가스량과 가스조정을 계산할 수 있다.

KBE-1312 가스유량 측정

- (1) 가스 유량 측정 방법은 KS B 6311 (송풍기의 시험 및 검사 방법)의 유량측정법에 따른다.
- (2) 표준상태로의 용적 유량 환산은 KBE-1212에 따른다.

KBE-1313 가스온도 측정

가스온도측정은 보일러 입구와 출구에서 가까운 위치에서 측정한다. 온도측정위치 단면에서 온도 구배가 있는 경우에는 온도측정치가 단면평균온도가 되도록 여러 점에서 측정하여 평균한다.

KBE-1314 가스조성 측정

가스 조성은 가스크로마토그래프와 같은 가스분석기를 이용하여 측정한다.

KBE-1320 측정조건이 계속 변화하는 보일러**KBE-1321 측정조건이 계속 변화하는 보일러의 성능측정**

- (1) 측정결과의 정밀도를 유지하기 위하여 급수량과 증기배출량을 조절하여 증발량과 연료의

공급량이 일정한 상태에서 측정을 실시하도록 최대한 노력하고, 변동이 불가피한 경우에는 급수량과 연료공급량의 변동을 최소로 하여 실시한다.

- (2) 급수량과 연소량은 비교적 일정한 경우에도 증기의 응축수를 회수하는 난방용 증기 보일러 시스템과 같이 운전이 간헐적이고 운전시간이 짧으면서도 응축수회수에 의해 급수온도가 계속적으로 변화하는 보일러의 성능측정시에는 자료측정시스템(Data Logging System) 혹은 기록식 계기를 사용하여 각부 온도의 평균치를 계산하여 사용한다. 이 경우 평균치를 계산할 때는 운전 초기의 측정치와 운전 종료 직전의 측정치는 버리도록 한다.
- (3) 회분식 소각로와 함께 설치되는 폐열보일러와 같이 입열량이 주기적으로 크게 변화하는 경우에는 1회분 전기간에 걸쳐 누적치를 사용하여 성능평가를 실시한다.

KBE-1330 간접가열식 보일러

KBE-1331 간접가열식 보일러의 성능측정

진공온수보일러, 대기개방형온수보일러, 중탕형온수보일러 등과 같은 연소가스에 의해 열매를 가열하고 그 열매와 급수와의 열교환에 의해 온수를 발생하는 간접가열식 보일러의 경우에는 열매가 보유하고 있는 열량이 비교적 크기 때문에 온수발생량, 연소량, 순환수량을 조절하여 버너, 순환펌프가 단속운전되지 않는 상태에서 측정을 실시한다.

KBE-2000 열정산 계산

KBE-2000 열정산 계산

KBE-2100 열정산 계산항목

KBE-2110 입열량 계산

KBE-2111 고체 및 액체연료의 발열량

- (1) 고체 및 액체연료에 있어서 원소분석을 하지 않는 경우에는 w 는 0으로 하고, h 는 등유, 경유, 원유일 때 13 %, 중유일 때는 평균 12 %(B-A유 13 %, B-B유 12 %, B-C유 11 %)로 하여 계산한다.

$$H_h = H_l + 25(9h + w) \text{ kJ/kg} \quad \{ H_h = H_l + 5.9(9h + w) \text{ kcal/kg} \}$$

여기에서 H_h : 고위발열량(kJ/kg{kcal/kg})
 H_l : 저위발열량(kJ/kg{kcal/kg})
 h : 연료중의 수소함량(wt %)
 w : 수분의 양(wt %)

- (2) 유종별 발열량은 <표 KBE-2111>에 따르되 실측이 가능한 경우 실측치에 따른다.

<표 KBE-2111> 유종별 평균발열량

종 류	평균고위발열량	평균저위발열량	종 류	평균고위발열량	평균저위발열량
등 유	46,398 kJ/kg {11,100 kcal/kg}	43,472 kJ/kg {10,400 kcal/kg}	B-B유	44,099 kJ/kg {10,550 kcal/kg}	41,382 kJ/kg {9,900 kcal/kg}
경 유	45,980 kJ/kg {11,000 kcal/kg}	43,054 kJ/kg {10,300 kcal/kg}	B-C유	43,472 kJ/kg {10,400 kcal/kg}	40,755 kJ/kg {9,750 kcal/kg}
B-A유	45,520 kJ/kg {10,890 kcal/kg}	42,636 kJ/kg {10,200 kcal/kg}	L N G	43,890 kJ/Nm ³ {10,500 kcal/Nm ³ }	39,877 kJ/Nm ³ {9,540 kcal/Nm ³ }

KBE-2112 기체연료의 발열량

$$H_h = H_l + 590 \left(-\frac{D}{G_f} \right) \text{ kcal/Nm}^3$$

여기에서 D : 고위발열량 측정의 실제 열량계의 배기 드레인량 (kg)
 G_f : D 를 측정한 시간 중에 연소한 연료가스량 (Nm³)

KBE-2113 연료의 현열

- (1) 연료가 외부 열원에 의해 예열되는 경우 연료의 현열은 다음 식을 이용하여 구한다. 이때 각 연료의 비열 C_f 를 실측하지 않는 경우는 (3)에 따른다.

$$Q_1 = C_f (t_f - t_0) \text{ kJ/kg} \{ \text{kcal/kg(또는 Nm}^3 \} \}$$

여기에서 Q_I : 연료의 현열, kJ/kg (또는 Nm^3){ kcal/kg (또는 Nm^3)}

C_f : 연료의 평균 비열, kJ/kg (또는 Nm^3)K { kcal/kg (또는 Nm^3) $^{\circ}\text{C}$ }

t_f : 보일러 입구의 연료 온도 K{ $^{\circ}\text{C}$ }

t_o : 외기온도 K{ $^{\circ}\text{C}$ }

(2) 보일러 증기의 일부로 연료를 예열하는 경우는 그 열량을 순환열로 취급하고 연료의 현열량에 포함시키지 않는다.

(3) 연료의 비열은 실측하지 않는 경우 다음 값으로 한다.

석탄 : $1.05 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$ { $0.25 \text{ kcal/kg} \cdot ^{\circ}\text{C}$ }

중유 : $1.9 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$ { $0.45 \text{ kcal/kg} \cdot ^{\circ}\text{C}$ }

등유, 경유 및 원유 : $2.0 \sim 2.1 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$ { $0.48 \sim 0.50 \text{ kcal/kg} \cdot ^{\circ}\text{C}$ }

도시가스 : $1.4 \text{ kJ/Nm}^3 \cdot \text{K}$ { $0.34 \text{ kcal/Nm}^3 \cdot ^{\circ}\text{C}$ }

LNG : $1.6 \sim 1.8 \text{ kJ/Nm}^3 \cdot \text{K}$ { $0.38 \sim 0.42 \text{ kcal/Nm}^3 \cdot ^{\circ}\text{C}$ }

LPG(조성에 따라) : $2.9 \sim 4.2 \text{ kJ/Nm}^3 \cdot \text{K}$ { $0.7 \sim 1.0 \text{ kcal/Nm}^3 \cdot ^{\circ}\text{C}$ }

KBE-2114 연소용 공기의 현열

(1) 공기의 현열 Q_2 는 공기의 평균비열에 온도차를 곱하여 얻어지며 이를 식으로 표시하면 다음과 같다.

$$Q_2 = A \cdot C_a (t_a - t_o) \text{ kJ/kg(또는 Nm}^3\text{) } \{ \text{kcal/kg(또는 Nm}^3\text{)} \}$$

여기에서 A : 연료 1 kg (또는 Nm^3)당 공기량(수증기를 포함) Nm^3/kg (또는 Nm^3)

C_a : 수증기를 포함한 공기의 평균 비열 $\approx 1.30 \text{ kJ/Nm}^3 \cdot \text{K}$ { $0.31 \text{ kcal/Nm}^3 \cdot ^{\circ}\text{C}$ }

t_a : 보일러 입구의 공기 온도 K{ $^{\circ}\text{C}$ }

t_o : 외기온도 K{ $^{\circ}\text{C}$ }

(2) A 는 연료 1 kg (또는 Nm^3)의 연소에 필요한 공기량으로 이를 식으로 표시하면 다음과 같다.

$$A = m A_o (1 + 1.61Z) \text{ Nm}^3/\text{kg(또는 Nm}^3\text{)}$$

여기에서 A_o : 이론(건조) 공기량

$$m : \text{공기비, 약산할 경우 } m = \frac{21}{21 - (O_2)\%}$$

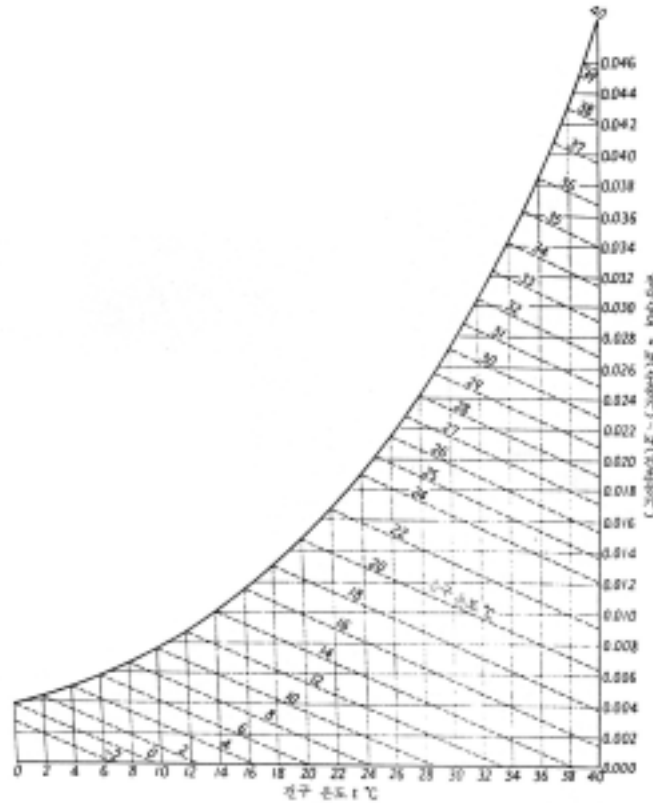
(O_2) : 건배기가스중 산소(O_2)의 vol %

Z : 외기의 절대습도($\text{kg}_{\text{수증기}}/\text{kg}_{\text{건조공기}}$)로 KBE-1233 또는 [그림 KBE-2114]로부터 구한다.

$$\text{건조공기 } 1 \text{ m}^3\text{당의 수증기량(m}^3\text{)} : \frac{v_w}{v_a} \times Z = 1.61Z$$

여기에서 v_w : 수증기의 비용적 m^3/kg

v_a : 건조공기의 비용적 m^3/kg



[그림 KBE-2114] 공기의 절대습도

(3) A_0 는 연료의 종류에 따라 다음과 같이 구한다.

(a) 고체 및 액체의 경우

$$A_0 = \frac{1}{100} [8.89 C_1 + 26.7(H - \frac{O}{8}) + 3.3S] \text{ Nm}^3/\text{kg}$$

여기에서 C_1 : $C-C_2$ 로 실제 연소한 탄소분(wt %)

C_2 : $au/(100-u)$ 로 미연소 탄소분(wt %)

a : 사용연료중의 회분(wt %)

u : 연소 잔재물 중의 평균 미연소 탄소분(wt %)

C : 연료중 탄소의 함유율(wt %)

H : 연료중 수소의 함유율(wt %)

S : 연료중 유황의 함유율(wt %)

액체 연료의 경우는 $C_2 = 0$ 즉 $C_1 = C$ 로 할 수 있다.

(b) 기체 연료의 경우

$$A_0 = \frac{1}{21} [\frac{1}{2} CO + \frac{1}{2} (H_2) + \sum (x + \frac{y}{4}) C_x H_y - O_2] \text{ Nm}^3/\text{Nm}^3$$

여기에서 CO : 기체연료중의 일산화탄소분(vol %)

(H_2) : 기체연료의 수소함유율(vol %)

$C_x H_y$: 기체연료중의 각종 탄화수소분(vol %)

O_2 : 기체연료의 산소함유율(vol %)

(4) 이론공기량 A_0 는 연료의 성분 분석을 하지 않는 경우에는 각 연료의 종류에 따른 발열량에서 다음과 같이 개략적으로 구할 수 있다.

(a) 석탄의 경우

$$A_0 = 0.241 \frac{H_l}{1,000} + 0.56 \text{ Nm}^3/\text{kg} \quad \{ A_o = 1.01 \frac{H_l}{1,000} + 0.56 \text{ Nm}^3/\text{kg} \}$$

(b) 액체의 경우

$$A_0 = 2.96 \frac{H_l}{10,000} - 1.36 \text{ Nm}^3/\text{kg} \quad \{ A_o = 12.38 \frac{H_l}{10,000} - 1.36 \text{ Nm}^3/\text{kg} \}$$

(c) 기체 연료의 경우

$$A_0 = 2.68 \frac{H_l}{10,000} \text{ Nm}^3/\text{Nm}^3 \quad \{ A_o = 11.20 \frac{H_l}{10,000} \text{ Nm}^3/\text{Nm}^3 \}$$

여기에서 H_l : 저위발열량(kJ/kg{kcal/kg})

(5) 연료별 이론공기량(A_0)은 다음에 따른다.

등 유 : 11.51 Nm ³ /kg	B-B유 : 10.9 Nm ³ /kg
경 유 : 11.39 Nm ³ /kg	B-C유 : 10.71 Nm ³ /kg
B-A유 : 11.27 Nm ³ /kg	L N G : 10.59 Nm ³ /Nm ³

KBE-2115 노내 분입증기에 의한 입열

(1) 외부열원에 의한 증기의 노내 분입이 있는 경우 입열 Q_3 는 다음 식에 따라 구한다.

$$Q_3 = W_b (h_b - h_s) \text{ kJ/kg(또는 Nm}^3\text{)} \{ \text{kcal/kg(또는 Nm}^3\text{)} \}$$

여기에서 W_b : 연료 1 kg(Nm³)마다의 노내 분입증기량, kg/kg(또는 Nm³)

h_b : 노내 분입증기의 엔탈피, kJ/kg{kcal/kg}

h_s : 외기 온도에 있어서의 증기 엔탈피, kJ/kg{kcal/kg}

증기의 경우 $\approx 2,500 \text{ kJ/kg}\{600 \text{ kcal/kg}\}$

온수의 경우 $\approx 4.18 t_w \text{ kJ/kg}\{t_w \text{ kcal/kg}\}$

(2) 보일러의 발생증기의 일부를 노내에 분입하는 경우, 그 열량은 순환열로 취급하고 입열량에 포함시키지 않는다.

KBE-2116 폐열보일러의 입열

(1) 폐열보일러의 총입열량은 다음 식에 의해 계산한다.

$$Q_R = G_R C_{PR} (t_{gi} - t_o)$$

여기에서 Q_R : 폐열보일러의 총입열량(kJ/h{kcal/h})

G_R : 폐열보일러에 유입되는 가스량(kg/h)

C_{PR} : 폐열보일러에 유입되는 가스의 비열(kJ/kgK{kcal/kg℃})

t_{gi} : 폐열보일러 입구에서 가스온도(K{℃})

t_o : 외기온도(K{℃})

(2) 폐열보일러에 유입되는 가스는 CO₂, H₂O, SO₂, O₂, N₂, HCl, Ar 등의 성분으로 구성되는 혼합가스이다. 실제로는 CO, NO_x 등의 가스성분이 함유될 수 있으나, 대부분의 경우에 비열 C_{PR} 에는 큰 영향을 미치지 않을 만큼 미소량이 함유되기 때문에 물성치를 계산할 때에는 이러한 미소성분들을 무시한다.

(3) 임의의 온도 t ℃에서 혼합가스에 포함된 각각의 가스성분 및 공기의 C_{PR} 은 다음과 같이

계산할 수 있다.

$$C_p = a_0 + a_1 t + a_2 t^2 + a_3 t^3 + a_4 t^4$$

여기에서 C_p : 가스의 비열(kJ/kgK{kal/kg℃})

t : 가스의 온도(℃)

윗 식의 각 계수 $a_0 \sim a_4$ 는 <표 KBE-2116>에 나타난다.

저온 t_1 에서 고온 t_2 의 온도범위에서의 평균비열은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\overline{C_p} \Big|_0^{t_0} = a_0 + \frac{1}{2} a_1 t + \frac{1}{3} a_2 t^2 + \frac{1}{4} a_3 t^3 + \frac{1}{5} a_4 t^4$$

$$\overline{C_p} \Big|_{t_1}^{t_2} = \frac{\overline{C_p} \Big|_0^{t_0} \cdot t_2 - \overline{C_p} \Big|_0^{t_0} \cdot t_1}{t_2 - t_1}$$

여기에서 $\overline{C_p} \Big|_0^{t_0}$: 온도 0~ t ℃ 사이의 평균 C_p

$\overline{C_p} \Big|_{t_1}^{t_2}$: 온도 $t_1 \sim t_2$ 사이의 평균 C_p

폐열보일러에 유입되는 가스는 대부분이 여러 종류의 가스들로 구성된 혼합가스이다.

이 혼합가스의 평균비열은 다음 식을 사용한다.

$$C_{PR} = \sum_{i=0}^n X_i \overline{C_{pi}}$$

여기에서 C_{PR} : 혼합가스의 $\overline{C_p}$

$\overline{C_{pi}}$: 가스성분 i 의 $\overline{C_p}$

X_i : 가스성분 i 의 질량 비율

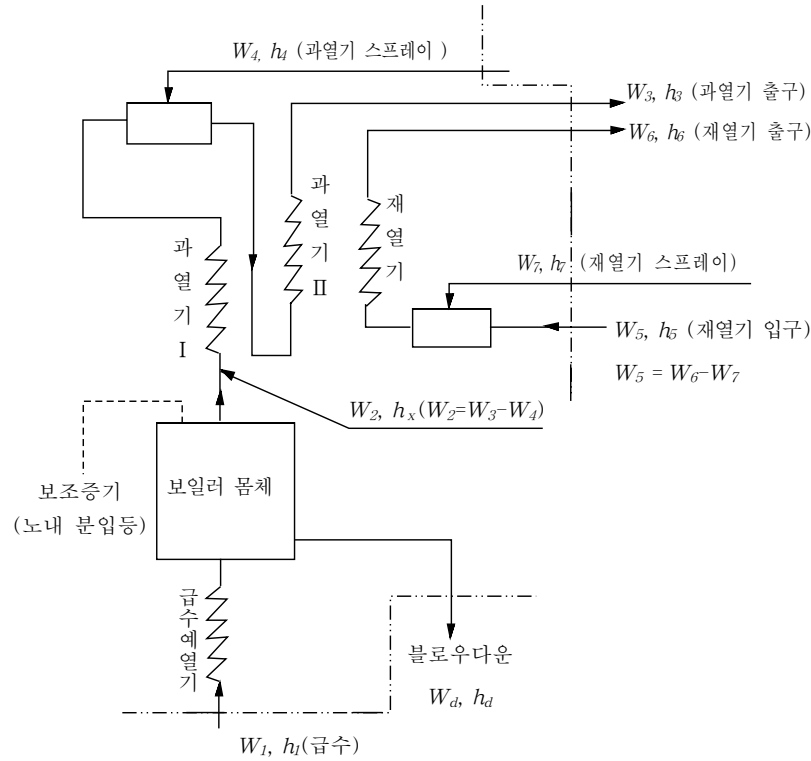
<표 KBE-2116> C_p 계산을 위한 계수

성분	계수	a_i	성분	계수	a_i
N ₂	0	2.476665E-01	H ₂ O	0	4.419652E-01
	1	6.651189E-06		1	6.888865E-05
	2	9.385640E-08		2	1.705510E-07
	3	-7.493527E-11		3	-1.165057E-10
	4	1.719795E-14		4	2.254588E-14
O ₂	0	2.155417E-01	SO ₂	0	1.416151E-01
	1	8.630266E-05		1	1.524335E-04
	2	-3.925719E-08		2	-1.477642E-07
	3	5.164899E-12		3	6.762300E-11
	4	8.460184E-16		4	-1.174159E-14
CO ₂	0	1.978131E-01			
	1	2.344043E-04			
	2	-1.887007E-07			
	3	7.844009E-11			
	4	-1.305536E-14			

KBE-2120 출열량 계산

KBE-2121 계산 일반사항

- (1) 출열량은 유효출열량과 열손실량을 포함한다.
- (2) 출열계산은 연료 단위량(1 kg 또는 1 Nm³)당으로 계산한다.
- (3) 보일러 본체 과열기, 재열기 등의 배치도는 [그림 KBE-2121]에 따른다.



[그림 KBE-2121] 과열기와 재열기가 있는 보일러

KBE-2122 발생증기의 흡수열(유효출열)

- (1) 과열기가 없는 보일러의 경우

$$Q_{SI} = W_2 \times (h_x - h_l) \text{ kJ/kg(또는 Nm}^3\text{)} \{ \text{kcal/kg(또는 Nm}^3\text{)} \}$$

여기에서 W_2 : 연료 1 kg당 증기발생량(kg/kg-연료)으로 급수량 W_1 으로부터 결정(보정)한다.

h_l : 급수의 엔탈피, kJ/kg{kcal/kg}

h_x : 발생증기의 엔탈피, kJ/kg{kcal/kg}

발생증기가 습증기인 경우의 엔탈피(h_x)는

$$h_x = i + x \times r$$

i : 발생증기 압력에서 포화수의 엔탈피, kJ/kg{kcal/kg}

x : 증기의 건도

r : 발생증기 압력에서 증발잠열, kJ/kg{kcal/kg}

※ 포화수의 엔탈피와 증발잠열의 계산은 <표 KPI-7161.1> 및 <표 KPI-7161.2>에 따른다.

- (2) 과열기가 있는 보일러의 경우로 과열증기 온도의 조절을 스프레이 이외의 방법으로 실시하는 경우

$$Q_{S2} = W_3 \times (h_3 - h_l) \text{ kJ/kg(또는 Nm}^3\text{)} \{ \text{kcal/kg(또는 Nm}^3\text{)} \}$$

여기에서 W_3 : 연료 1 kg당 증기발생량(kg/kg-연료)으로
 급수량 W_1 으로부터 결정(보정)함
 h_3 : 과열증기의 엔탈피, kJ/kg{kcal/kg}
 h_l : 급수의 엔탈피, kJ/kg{kcal/kg}

※ 과열증기 및 급수의 엔탈피의 계산은 <표 KPI-7161.1> 및 <표 KPI-7161.2>에 따른다.

(3) 과열기가 있는 보일러의 경우로 과열증기온도의 조절을 스프레이에 의하여 실시하는 경우

$$Q_{s3} = W_2 \times (h_3 - h_l) + W_4 \times (h_3 - h_4) \text{ kJ/kg(또는 Nm}^3\text{) } \{ \text{kcal/kg(또는 Nm}^3\text{)} \}$$

여기에서 W_2 : ($W_3 - W_4$) : 급수량 kg/kg(또는 Nm³)
 W_4 : 스프레이량 kg/kg(또는 Nm³)
 h_4 : 스프레이 물의 엔탈피, kJ/kg{kcal/kg}
 W_3, h_3 및 h_l 은 (2)에 따른다.

(4) 과열기 및 재열기가 있는 보일러의 경우

$$Q_{s4} = W_2 \cdot (h_3 - h_l) + W_4 \cdot (h_3 - h_4) + W_5 \cdot (h_6 - h_5) + W_7 \cdot (h_6 - h_7) \text{ kJ/kg(또는 Nm}^3\text{) } \{ \text{kcal/kg(또는 Nm}^3\text{)} \}$$

여기에서 W_5 : $W_6 - W_7$ 로 재열기 입구 증기량 kg/kg(또는 Nm³)
 W_6 : 재열기 출구 증기량 kg/kg(또는 Nm³)
 W_7 : 재열 온도 조절용 스프레이량 kg/kg(또는 Nm³)
 h_5 : 재열기 입구 증기의 엔탈피, kJ/kg{kcal/kg}
 h_6 : 재열기 출구 증기의 엔탈피, kJ/kg{kcal/kg}
 h_7 : 재열기 스프레이 물의 엔탈피, kJ/kg{kcal/kg}
 W_2, W_4, h_l, h_3 및 h_4 는 (3)에 따른다.

※ 입출구에서 증기엔탈피의 계산은 <표 KPI-7161.1> 및 <표 KPI-7161.2>에 따른다.

KBE-2123 블로우다운 수의 흡수열

시험중에는 블로우다운을 피하는 것이 바람직하나, 블로우다운을 하는 경우에는 블로우다운 수 열교환기의 냉각수 유량과 냉각수의 온도 상승에서 블로우다운 수량을 구한다. 블로우다운의 흡수열 Q_d 는 다음과 같다.

$$Q_d = W_d (h_d - h_l) \text{ kJ/kg(또는 Nm}^3\text{) } \{ \text{kcal/kg(또는 Nm}^3\text{)} \}$$

여기에서 W_d : 연료 1 kg(또는 Nm³)당 블로우다운 수량 kg/kg(또는 Nm³)
 h_d : 블로우다운(드럼수)의 엔탈피 kJ/kg{kcal/kg}
 h_l : 급수 엔탈피 kJ/kg{kcal/kg}

KBE-2124 배기가스의 현열손실

(1) 배기가스의 현열손실은 다음에 따른다.

$$L_1 = G \times C_g \times (t_g - t_o) \text{ kJ/kg(또는 Nm}^3\text{) } \{ \text{kcal/kg(또는 Nm}^3\text{)} \}$$

여기에서 L_I : 배기가스의 현열손실, $\text{kJ/kg}\{\text{kcal/kg}\}$
 G : 연료 1 $\text{kg}(1 \text{ Nm}^3)$ 당 실제 배기가스량(Nm^3/kg)
 C_g : 배기가스의 평균비열($1.38 \text{ kJ/Nm}^3\text{K}\{0.33 \text{ kcal/Nm}^3\text{ }^\circ\text{C}\}$)
 t_g : 배기가스온도($\text{K}\{^\circ\text{C}\}$)
 t_o : 외기온도($\text{K}\{^\circ\text{C}\}$)

(2) 실제 연소가스량의 계산은 다음에 따른다.

$$G = G_{ow} + (m - 1) \cdot A_o + G_{wl} \text{ kJ/kg(또는 Nm}^3) \{ \text{kcal/kg(또는 Nm}^3) \}$$

여기에서 G : 연료 1 $\text{kg}(1 \text{ Nm}^3)$ 당 실제 배기가스량(Nm^3/kg)
 G_{ow} : 이론 습배기가스량(Nm^3/kg)
 m : 공기비
 A_o : 이론공기량(Nm^3/kg)
 G_{wl} : 연소용 공기중의 습분에 의한 수증기량(Nm^3/kg)
 $G_{wl} = 1.61 \cdot Z \cdot m \cdot A_o$
 Z : 절대습도(수증기 kg/kg -건조공기)

(3) 연료의 이론 습배기 가스량(G_{ow})은 다음과 같다.

등 유 : $12.47 \text{ Nm}^3/\text{kg}$	B-B유 : $11.68 \text{ Nm}^3/\text{kg}$
경 유 : $12.31 \text{ Nm}^3/\text{kg}$	B-C유 : $11.44 \text{ Nm}^3/\text{kg}$
B-A유 : $12.15 \text{ Nm}^3/\text{kg}$	L N G : $11.66 \text{ Nm}^3/\text{kg}$

KBE-2125 노내 분입증기에 의한 열손실

(1) 외부열원에 의해 증기를 분입하는 경우

$$L_2 = W_b \times (h_g - h_s) \text{ kJ/kg(또는 Nm}^3) \{ \text{kcal/kg(또는 Nm}^3) \}$$

여기에서 L_2 : 노내 분입증기에 의한 열손실, $\text{kJ/kg}\{\text{kcal/kg}\}$
 W_b : 연료 1 kg 당 분입증기량(kg/kg)으로, 버너제조자의 사양서에 따른다.
 h_g : 배기가스 온도에서 증기의 엔탈피, $\text{kJ/kg}\{\text{kcal/kg}\}$
 h_s : 외기온도에서 증기의 엔탈피, $\text{kJ/kg}\{\text{kcal/kg}\}$

(2) 자체 발생 증기를 분입하는 경우

$$L_2 = W_b \times (h_g - h_l) \text{ kJ/kg(또는 Nm}^3) \{ \text{kcal/kg(또는 Nm}^3) \}$$

여기에서 h_l : 급수의 엔탈피, $\text{kJ/kg}\{\text{kcal/kg}\}$

KBE-2126 불완전 연소에 의한 열손실

(1) 불완전 연소에 의한 열손실은 다음 식에 따른다. 다만, CO의 1 Nm^3 의 연소열을 $12,610 \text{ kJ}\{3,010 \text{ kcal}\}$ 로 한다.

$$L_3 = 126.1[G_o + (m-1)A_o](\text{CO}) \text{ kJ/kg(또는 Nm}^3)$$

$$\{L_3 = 30.1[G_o + (m-1)A_o](\text{CO}) \text{ kcal/kg(또는 Nm}^3)\}$$

여기에서 L_3 : 불완전 연소에 의한 열손실, kJ/kg{kcal/kg}

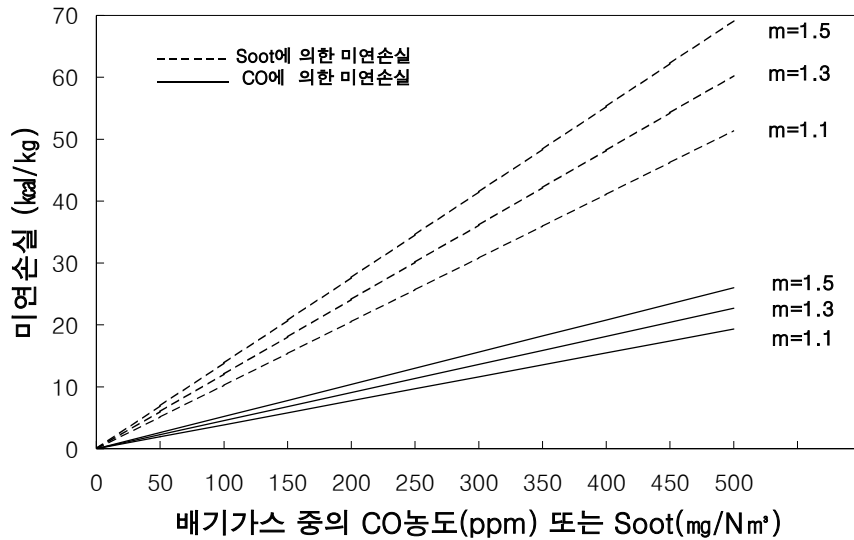
G_o : 이론 건배기가스량(Nm³/kg)

m : 공기비

A_o : 이론공기량(Nm³/kg)

(CO) : 배기가스중 CO가스의 vol %

- (2) 배기가스중의 CO농도 또는 Soot에 따른 미연손실은 [그림 KBE-2126]에 따르며, 배기가스 중의 CO농도에 따른 열손실은 <표 KBE-2126>에 따른다.



[그림 KBE-2126] 미연소 손실열량

<표 KBE-2126> 배기가스중의 CO농도에 따른 열손실(kcal/Nm³-LNG)

공기비 \ CO	50 ppm	100 ppm	150 ppm	200 ppm
m = 1.0	1.78	3.56	5.34	7.12
m = 1.1	1.94	3.88	5.82	7.76
m = 1.2	2.10	4.21	6.31	8.41
m = 1.3	2.26	4.53	6.79	9.06
m = 1.4	2.43	4.85	7.28	9.70

KBE-2127 연소 잔재물중의 미연분에 의한 열손실

액체 및 기체 연료인 경우 C_2 는 미량이므로 무시한다.

$$L_4 = 339 \times C_2 \text{ kJ/kg} \quad \{L_4 = 81 \times C_2 \text{ kcal/kg}\}$$

여기에서 L_4 : 연소 잔재물중의 미연분에 의한 열손실, kJ/kg{kcal/kg}

C_2 : 연료 1 kg당 미연탄소의 중량비(wt %)

(C의 발열량 = 8,100 kcal/kg)

KBE-2128 방열에 의한 열손실

- (1) 방열에 의한 손실은 다음 식에 따른다.

$$L_5 = 1/100 \times \ell_r \times H_l \text{ kJ/kg(또는 Nm}^3\text{)} \{ \text{kcal/kg(또는 Nm}^3\text{)} \}$$

여기에서 L_5 : 방열에 의한 열손실, kJ/kg{kcal/kg}

ℓ_r : 저위발열량(H_l)에 대한 방열, 전도, 기타손실로써 보일러의 종류, 구조, 용량에 따라 다르지만 통상 1~5 % 범위내 임.

(2) 보일러의 용량에 따른 최대부하시의 방열 손실율은 <표 KBE-2128>과 같다.

<표 KBE-2128> 보일러 용량에 따른 방열 손실

보일러의 용량(t/h)	5	10	50	100	500	1,000
방열 손실율(%)	2.0	1.4	0.8	0.5	0.3	0.2

(3) ABMA(The American Boiler Manufacturers Association)의 자료에 의한 방열손실의 계산

$$Q_R = 0.66 \times f_H \cdot W \times 10^6$$

$$L_R = f_L \cdot L'_R$$

여기에서 Q_R : 방열에 의한 열손실(kJ/h{kcal/h})

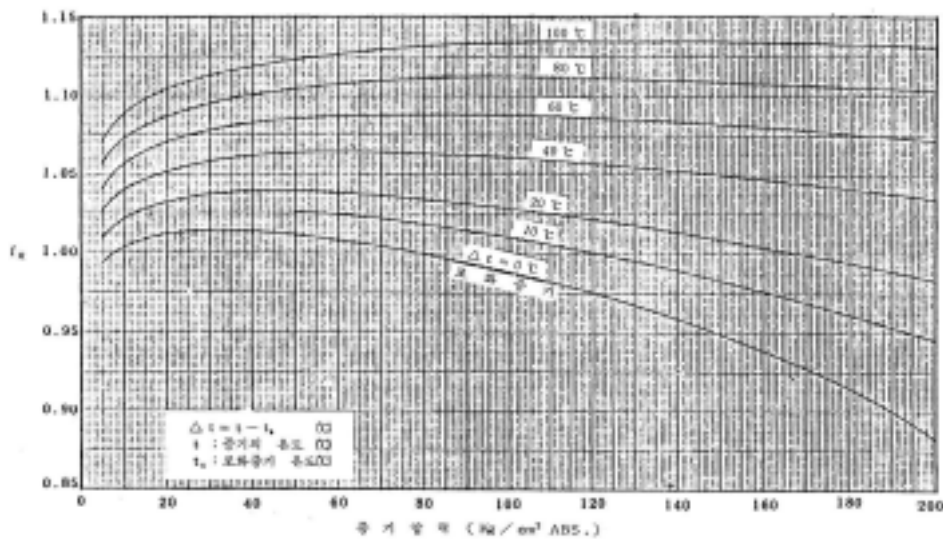
W : 보일러의 용량(t/h)

f_H : 열량보정계수([그림 KBE-2128.1])

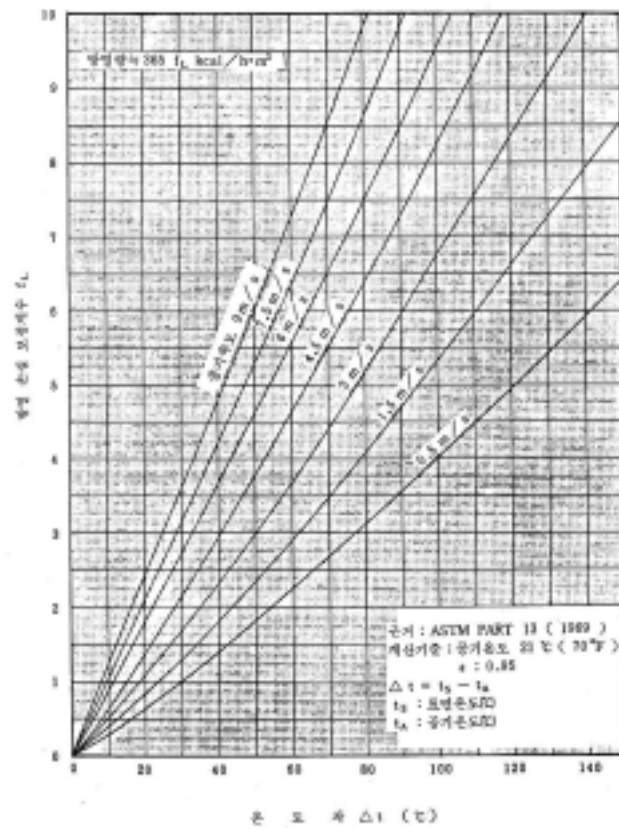
L_R : 방열손실(%)

f_L : 방열손실 보정계수([그림 KBE-2128.2])

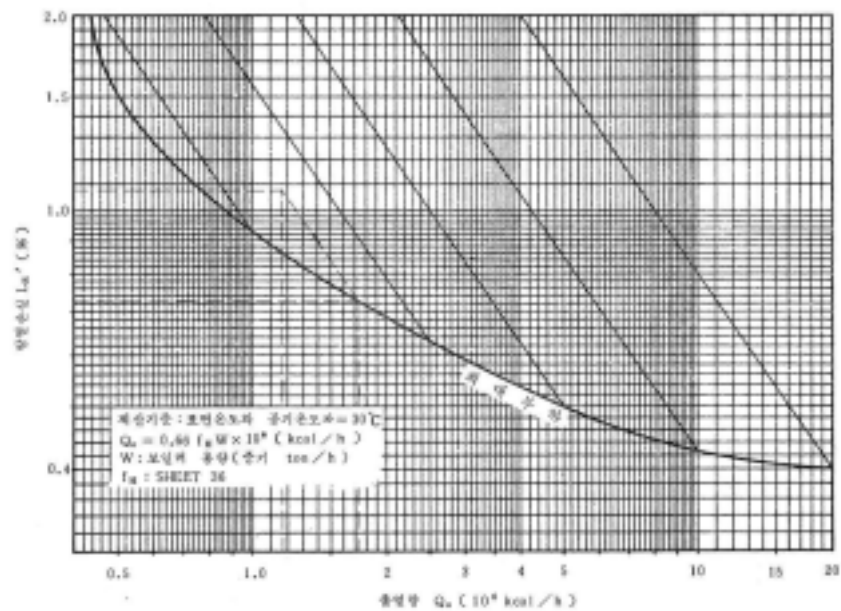
L'_R : 방열손실([그림 KBE-2128.3] 또는 [그림 KBE-2128.4])



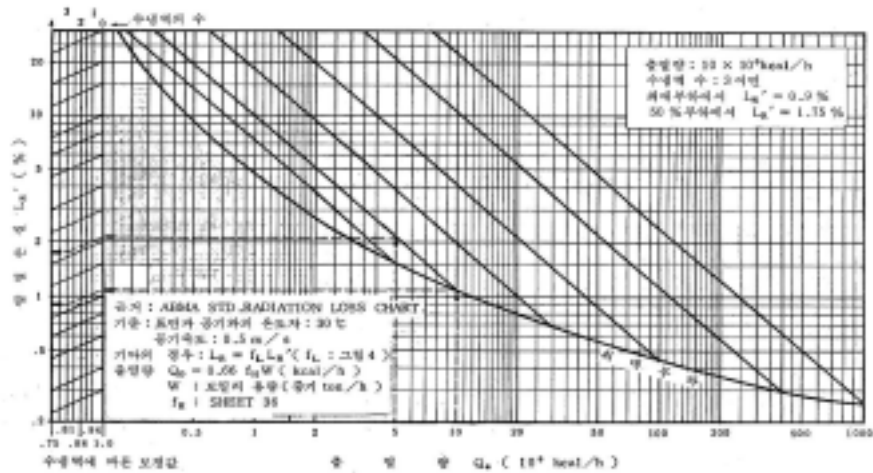
[그림 KBE-2128.1] 열량보정계수



[그림 KBE-2128.2] 방열손실 보정계수



[그림 KBE-2128.3] 노통연관식보일러의 방열손실



[그림 KBE-2128.4] 수관식보일러의 방열손실

KBE-2129 기타의 열손실

- (1) 열손실에는 $L_1 \sim L_5$ 외의 열손실도 있으므로 이것을 일괄하여 기타의 손실 L_6 로 취급한다.
- (2) 정격 이상의 연소로 불안정한 연소가 일어날 때나, 여러 가지 원인에 의해 부수적인 열손실이 발생할 수 있는데, 일반적으로 이러한 열손실의 총합은 1 %이하로 매우 작게 나타난다.
- (3) 입출열법으로 열정산하는 경우의 방열 및 기타손실은 다음 식과 같다.

$$L_5 + L_6 = Q_i - (Q_s + L_1 + L_2 + L_3 + L_4)$$

여기에서 L_5 : 방열에 의한 열손실, $\text{kJ/kg}\{\text{kcal/kg}\}$

L_6 : 기타의 열손실, $\text{kJ/kg}\{\text{kcal/kg}\}$

Q_i : 총입열 합계, $\text{kJ/kg}\{\text{kcal/kg}\}$

Q_s : 발생증기의 흡수열, $\text{kJ/kg}\{\text{kcal/kg}\}$

L_1 : 배기가스의 현열손실, $\text{kJ/kg}\{\text{kcal/kg}\}$

L_2 : 노내 분입증기에 의한 열손실, $\text{kJ/kg}\{\text{kcal/kg}\}$

L_3 : 불완전 연소에 의한 열손실, $\text{kJ/kg}\{\text{kcal/kg}\}$

L_4 : 연소 잔재물중의 미연분에 의한 열손실, $\text{kJ/kg}\{\text{kcal/kg}\}$

KBE-2200 보일러의 효율 및 성능값

KBE-2210 효율산정

KBE-2211 효율산정 일반사항

- (1) 보일러의 효율산정방식은 입출열법 및 열손실법으로 실시하고, 이 두 방법에 의한 효율의 차가 과대한 경우에는 시험을 재실시한다. 단, 입출열법과 열손실법중 어느 하나의 방법에 의하여 효율을 측정할 수 밖에 없는 경우에는 그 이유를 분명하게 명기하여야 한다.

- (2) 온수보일러 및 열매체보일러의 열정산은 증기보일러의 경우에 준하여 실시하되, 불필요한 항목(증기의 건도 등)은 고려하지 아니한다.
- (3) 폐열보일러의 열정산은 증기보일러의 경우에 준하여 실시하되, 입열량을 보일러에 들어오는 폐열과 보조연료의 화학에너지로 하고, 단위시간당 총입열량(총출열량, 총손실열량)에 대하여 실시한다.

KBE-2212 보일러 효율계산 검증방법

계측오차 및 계기상의 오작동으로 인하여 효율계산이 부정확할 수 있으므로 입출열법에 의한 열정산시에는 반드시 열손실법에 의한 간이검증을 실시한다.

KBE-2220 입출열법에 의한 보일러 효율

입출열법에 의한 보일러 효율(η_l)은 일반적으로 다음 식에 따라 구한다.

$$\eta_l = \frac{(\text{유효출열})}{(\text{총입열량})} \times 100 = \frac{Q_s}{H_h + Q} \times 100 (\%)$$

여기에서 $H_h + Q$ 는 입열합계 즉, 연료 및 연소용 공기쪽에서 발생 또는 가해진 열량의 합계로서 다음에 따른다.

$$H_h + Q = H_h + Q_1 + Q_2 + Q_3 \text{ kJ/kg(또는 Nm}^3\text{)} \{ \text{kcal/kg(또는 Nm}^3\text{)} \}$$

여기에서 Q_s : KBE-2122에 따라 Q_{s1} , Q_{s2} , Q_{s3} , Q_{s4} 중 적합한 값, kJ/kg(또는 Nm³){kcal/kg(또는 Nm³)}

$$Q : Q_1 + Q_2 + Q_3, \text{ kJ/kg(또는 Nm}^3\text{)} \{ \text{kcal/kg(또는 Nm}^3\text{)} \}$$

Q_1 : KBE-2113에서 구한 연료단위량당의 연료현열에 의한 입열

Q_2 : KBE-2114에서 구한 연료단위량당의 공기현열에 의한 입열

Q_3 : KBE-2115에서 구한 연료단위량당의 노내취입증기 또는 온수에 의한 입열

KBE-2230 열손실법에 의한 보일러 효율

열손실법에 의한 보일러 효율(η_2)은 다음 식에 따라 구한다.

$$\begin{aligned} \eta_2 &= \left(1 - \frac{\text{열손실합계}}{\text{총입열량}} \right) \times 100 \\ &= \left(1 - \frac{L_T}{Q_i} \right) \times 100 \end{aligned}$$

여기에서 $L_T : L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L_5 + L_6$, kJ/kg(또는 Nm³){kcal/kg(또는 Nm³)}

L_1 : KBE-2124에서 구한 배기가스의 현열손실

L_2 : KBE-2125에서 구한 노내 분입증기에 의한 열손실

L_3 : KBE-2126에서 구한 불완전 연소에 의한 열손실

L_4 : KBE-2127에서 구한 연소 잔재물중의 미연분에 의한 열손실

L_5 : KBE-2128에서 구한 방열에 의한 열손실

L_6 : KBE-2129에서 구한 기타의 열손실

KBE-2240 보일러의 열출력(용량)**KBE-2241 온수보일러 또는 열매체보일러의 용량**

$$Q_0 = Q_s \times F \quad (\text{유류보일러})$$

$$Q_0 = Q_s \times V_0 \quad (\text{가스보일러})$$

여기에서 Q_s : Q_{s1} , Q_{s2} , Q_{s3} , Q_{s4} 중에서 시스템에 적합한 값,
kJ/kg(또는 Nm³){kcal/kg(또는 Nm³)}

Q_0 : 온수보일러의 출열량(kJ/h{kcal/h})

F : 유류연료 소모량(kg/h)

V_0 : 가스연료 소모량(Nm³/h)

KBE-2242 증기보일러의 용량(증발량)

$$G_s = (W_1 + W' - W_s) / 1,000$$

여기에서 G_s : 보일러의 증발량(ton/h)

W_1 : 환산한 급수량(kg/h)

W' : 수위보정량(kg/h)

W_s : 자체 분입증기량(kg/h)

KBE-2250 기타의 성능값**KBE-2251 연소실 열발생률**

연소실 열발생률(H_m)은 다음 식에 따라 구한다.

$$H_m = \frac{F \cdot (H_h + Q)}{V_f} \quad \text{kJ/m}^3\text{h} \{ \text{kcal/m}^3\text{h} \}$$

여기에서 F : 연료 사용량, kg(또는 Nm³)/h

Q : $Q_1 + Q_2 + Q_3$, kJ/kg(또는 Nm³) {kcal/kg(또는 Nm³)}

Q_1 : 연료의 현열, kJ/kg(또는 Nm³) {kcal/kg(또는 Nm³)}

Q_2 : 연소용 공기의 현열, kJ/kg(또는 Nm³) {kcal/kg(또는 Nm³)}

Q_3 : 노내 분입증기에 의한 입열, kJ/kg(또는 Nm³) {kcal/kg(또는 Nm³)}

V_f : 연소실 체적, m³

KBE-2252 환산증발량

환산 증발량(W_e)은 다음 식에 따라 구한다.

$$W_e = \frac{W_3 \times F \times (h_3 - h_1)}{2,257} \text{ kg/h} \quad \{ \quad W_e = \frac{W_3 \times F \times (h_3 - h_1)}{539} \text{ kg/h} \}$$

여기에서 W_3 : 과열기 출구 증기량(과열기가 없는 경우는 W_2), kg/kg(또는 Nm³)
 W_2 : 연료 1 kg당 발생증기량, kg/kg(또는 Nm³)
 F : 매시 연료 소비량, kg(또는 Nm³)/h
 h_3 : 과열기 출구 증기의 엔탈피(과열기가 없는 경우는 h_x), kJ/kg{kcal/kg}
 h_l : 급수의 엔탈피(절탄기가 있는 경우는 그 입구의 값), kJ/kg{kcal/kg}

KBE-2253 환산증발 배수

환산증발 배수(γ_e)는 다음 식에 따라 구한다.

$$\gamma_e = \frac{W_e}{F} \text{ kg/kg(또는 Nm}^3\text{)}$$

여기에서 W_e : 매시 환산 증발량, kg/h
 F : 매시 연료 소비량, kg(또는 Nm³)/h

KBE-2254 보일러 전열면 환산 증발률 및 열부하

(1) 보일러 전열면 환산 증발률(B_e)은 다음 식에 따른다.

$$B_e = \frac{W_2 \times F \times (h_x - h_e)}{2,257 \cdot S_b} \text{ kg/m}^2 \cdot \text{h} \quad \{ \quad B_e = \frac{W_2 \times F \times (h_x - h_e)}{539 \cdot S_b} \text{ kg/m}^2 \cdot \text{h} \}$$

여기에서 W_2 : 연료 1 kg당 발생증기량, kg/kg(또는 Nm³)
 F : 매시 연료 소비량, kg(또는 Nm³)/h
 h_x : 발생증기의 엔탈피, kJ/kg{kcal/kg}
 h_e : 보일러 몸체 입구에서 급수의 엔탈피, kJ/kg{kcal/kg}
 (절탄기가 있는 경우는 그것을 통과한 후의 값)
 S_b : 보일러 증발 전열면적(m²)
 (절탄기, 과열기의 전열면은 제외)

(2) 보일러 전열면 열부하(H_b)는 다음 식에 따른다.

$$H_b = \frac{W_2 \times F \times (h_x - h_e)}{S_b} = 2,257 \cdot B_e \text{ kJ/m}^2 \cdot \text{h} \quad \{ = 539 B_e \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{h} \}$$

여기에서 W_2 : 연료 1 kg당 발생증기량, kg/kg(또는 Nm³)
 F : 매시 연료 소비량, kg(또는 Nm³)/h
 h_x : 발생증기의 엔탈피, kJ/kg{kcal/kg}
 h_e : 보일러 몸체 입구에서 급수의 엔탈피, kJ/kg{kcal/kg}
 (절탄기가 있는 경우는 그것을 통과한 후의 값)
 S_b : 보일러 증발 전열면적 (m²)
 (절탄기, 과열기의 전열면은 제외)

KBE-2255 보일러의 부하율

보일러의 부하율(L_f)은 다음 식에 따른다.

$$L_f = \frac{W_2}{W_m} \times 100$$

여기에서 W_2 : 측정시 발생증기량, kg(또는 ton)/h
 W_m : 보일러 최대연속 증발량, kg(또는 ton)/h

KBE-3000 효율향상관리

KBE-3000 효율향상관리

KBE-3100 공기비관리

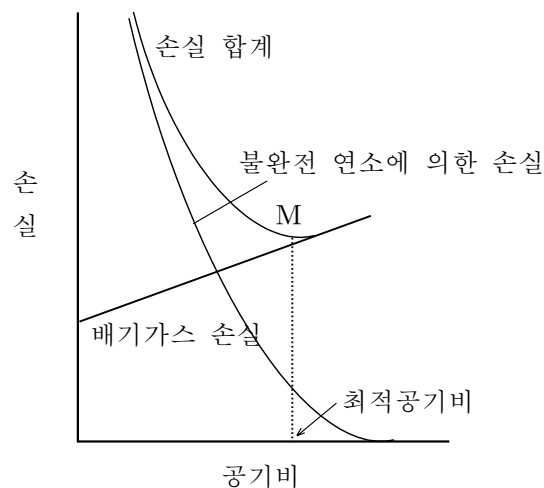
KBE-3110 저공기비 운전

KBE-3111 저공기비 운전 일반사항

- (1) 연료를 효율 좋게 연소시키고자 할 때, 연소용 공기량을 적정치로 조정하는 것이 에너지절약의 기본이다.
- (2) 공급하는 공기량이 부족하면 불완전연소가 되어 미연가스나 그을음이 발생하기 때문에 열손실이 커진다. 또한 발생한 그을음이 전열면에 부착하여 전열량의 저하를 초래하기 때문에 보일러에서는 특히 불완전연소를 일으키지 않도록 주의할 필요가 있다.
- (3) 공급하는 공기량이 과잉일 때는 동일 연소량에 대한 배기가스량이 증가하여 배기가스와 함께 굴뚝으로 배출되는 열량이 증가하여 배기가스 열손실(배기가스에 의해 보일러에서 방출되는 열량)이 커진다.

KBE-3112 적정 공기비

- (1) [그림 KBE-3112.1]을 보면 공기비를 1.0에서 증가시키면 따라 처음은 공기비와 함께 손실열 합계가 감소하지만, 어떤 특정 공기비에서 최소가 되며 그 후 증가한다. 가장 효율이 좋은 연소 상태는 이들 손실의 합계가 최저일 때이므로 이 공기비에서 운전하면 최고의 효율로 운전할 수 있게 된다.

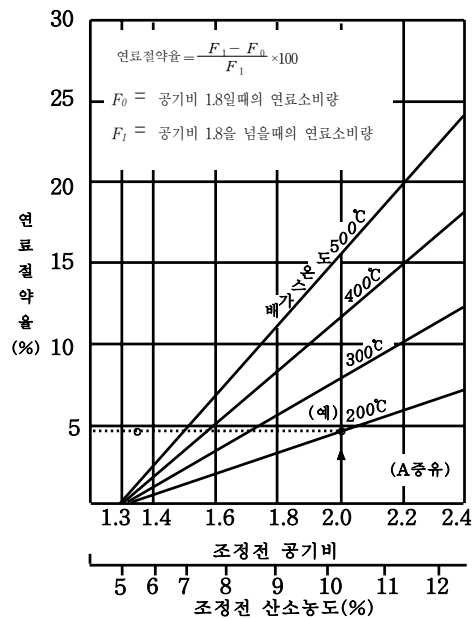


[그림 KBE-3112.1] 적정공기비

- (2) 불완전연소에 의한 손실이 미미하고, 배기가스의 손실도 비교적 작은 공기비에서 보일러효율이 최대가 된다. 이와 같이 보일러 효율이 최대가 되는 공기비를 적정공기비라 한다. 이 적정 공기비는 연료의 종류, 버너의 종류, 연소실의 구조 등에 따라 다를 뿐만 아니라 동일한 보일러와 버너에서도 운전부하에 따라 다르기 때문에 각각의 보일러에 대해 적정공기비를 찾아 관리할 필요가 있다.
- (3) 공기비가 적정인가 조사하려면, 보일러출구에서 배기가스의 성분을 분석하여 KBE-1273에 따라

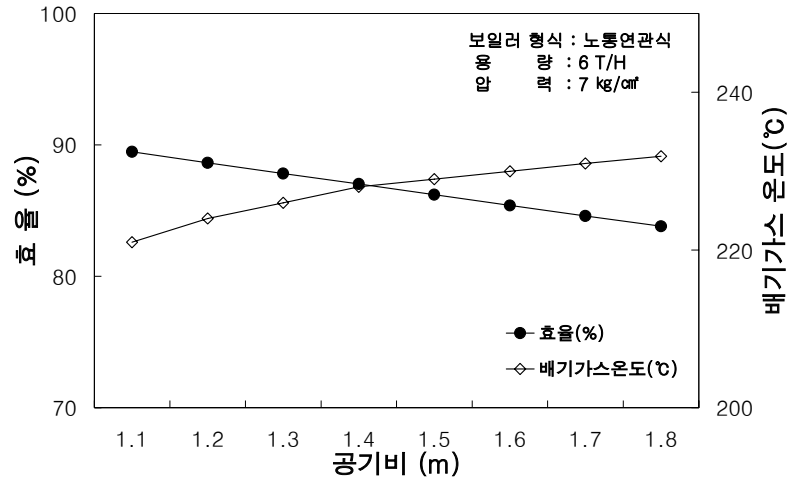
공기비를 계산한다.

- (4) 배기가스 분석 결과에서 얻어진 공기비를 그 보일러에 대한 최적 공기비와 비교함으로써 공급되고 있는 공기량이 적정인가를 판단할 수 있다. 단, 배기가스를 채취하는 장소에 대해서는 충분히 주의할 필요가 있다. 압입통풍방식의 보일러라도 연도 부근에서는 부압이 되는 경우가 있기 때문에 배기가스 채취할 때에는 공기 누입이 없도록 충분히 주의할 필요가 있다. 화염 관찰 결과를 참고로 하여 공기비의 측정치를 판단하면 공기의 누입이 있는 경우에도 곧 발견할 수 있다.
- (5) 배기가스 분석 결과, 공급되고 있는 공기량이 과잉인 것으로 판명되었을 때는 공기량을 조절하여 적정공기비가 되도록 한다. 공기비를 조정함으로써 연료사용량이 어느 정도 감소하는가를 계산하면 [그림 KBE-3112.2]와 같이 된다. 배기가스 온도가 473 K(200 ℃)이고 현상태의 공기비가 2.0일 때, 공기비를 1.30까지 저하시키면 연료사용량을 약 4.6 % 절약할 수 있다.



[그림 KBE-3112.2] 공기비 조정에 의한 연료절약율

- (6) 공기비 개선 전후의 과잉공기량 변화와 배기가스온도 변화에 따라 보일러의 배기가스 손실율을 계산할 수 있다. 배기가스중의 산소농도가 6 %이고, 배기가스 온도가 573 K(300 ℃)로 운전되고 있는 보일러를 산소농도 2 %로 운전하면 배기가스 손실열이 약 3 %정도 감소되어 보일러의 효율이 약 3 % 향상된다.

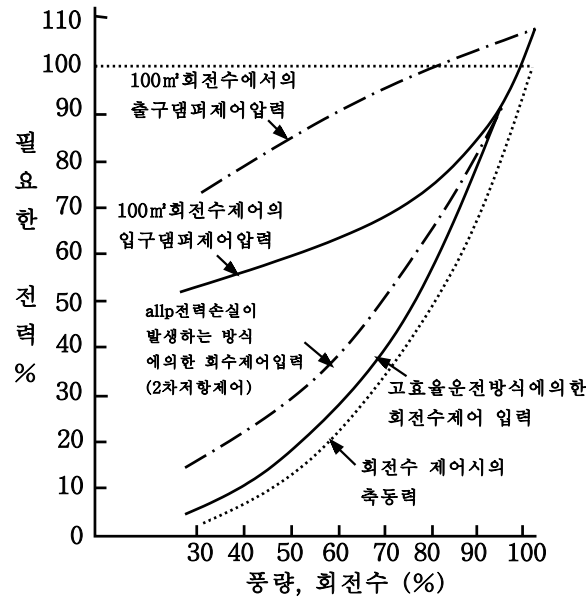


[그림 KBE-3112.3] 공기비에 따른 보일러의 효율과 배기가스 온도

KBE-3120 연소 공기량

KBE-3121 연소 공기량 제어

- (1) 연소용 공기량 조정에는 송풍기와 버너 사이에 있는 댐퍼를 사용하는 것이 일반적이다. 댐퍼의 열림 정도는 유량과 직선적으로 비례하지 않으며, 댐퍼 열림이 비교적 큰 곳에서는 공기량이 완만히 변하지만, 열림이 적으면 약간의 조작으로 공기유량은 급격히 변화된다.
- (2) 보일러에서는 증기발생량에 따라 연소량을 조절하고 있는데, 연소량이 작은 곳에서는 공기량을 세밀하게 제어하여 공기비를 일정하게 유지하는 것은 매우 어렵다. 이 때문에 부하가 감소하면 불완전연소로 그을음이 발생하는 것을 방지하기 위해 적정공기비보다 큰 과잉공기량으로 운전하게 된다.
- (3) 이와 같은 결점을 피하기 위해 댐퍼의 열림 정도로 공급공기량을 조절하는 대신에 송풍기의 회전수를 제어함으로써 조절하는 경우가 있다. 이것은 가변전압가변주파수전원장치 회전수(VVVF)방식이라 불리우며, 모터에 공급하는 전원의 주파수를 변화시킴으로써 송풍기로부터의 풍량을 조절하는 것이다.
- (4) 송풍기로부터의 유량은 날개의 회전수에 비례하기 때문에 구동용 모터의 회전수를 연속적으로 변화시킬 수 있으면 송풍기로부터의 유량을 자유로이 조절할 수 있게 된다. 또한 송풍기를 구동하기 위한 필요 전력은 [그림 KBE-3121]에 나타낸 바와 같이 송풍기의 회전수 3제곱에 비례하기 때문에 이 방식을 사용하여 풍량을 조절하면 모터에서 소비하는 전력도 절약할 수 있다. 특히 저부하 운전시간이 길고 필요한 풍량이 적은 때에는 댐퍼로 유량을 조절하는 경우에 비해 사용전력량을 대폭적으로 저감할 수 있다. 또한 송풍기로부터의 풍량을 모터의 회전수로 조정하기 때문에 유량의 전범위에 걸쳐 보일러에 공급하는 공기량을 정확히 조절하는 것이 가능하게 된다.

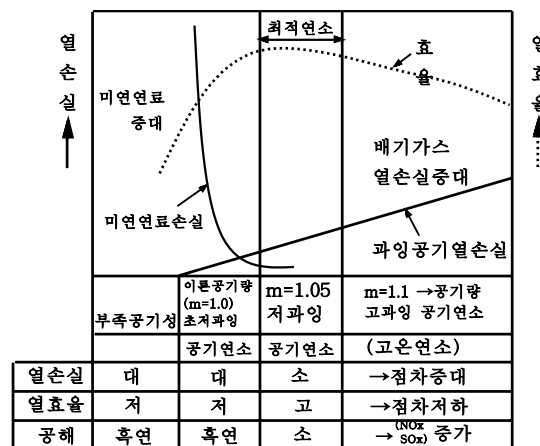


[그림 KBE-3121] 각종 풍량제어방식의 소비전력 특성

- (5) 대형 보일러에는 연도중에 지르코니아식의 가스분석계를 삽입하여 배기가스중에 포함되어 있는 산소의 체적 비율을 연속적으로 측정함으로써 산소농도가 항상 일정하게 되도록 송풍기의 회전수를 자동적으로 제어하는 방식이 이용되고 있다.

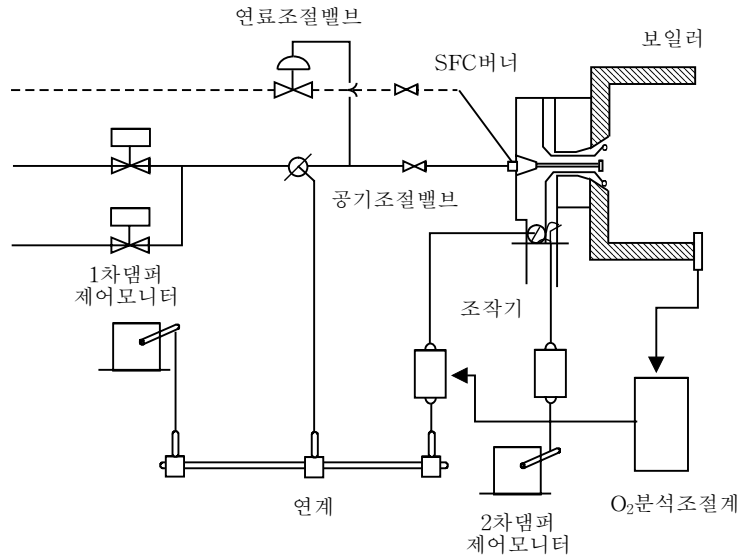
KBE-3122 배기가스 O₂ 제어

- (1) 보일러의 열손실은 배기가스 열손실, 방열 손실, 미연 손실 등이며 이들 중에서도 배기가스 열손실이 큰 몫을 차지한다. 저과잉 공기를 이용한 연소는 이와 같은 배기가스 열손실을 적게 하기 위한 하나의 방법이다.
- (2) 배기가스의 열손실은 연소 가스량이 적을수록 적어지지만, 반대로 미연 손실은 증대한다. 따라서 저 과잉공기연소 영역은 보일러의 열효율이 높은 최적의 영역이다.



[그림 KBE-3122.1] 공기과잉과 열효율/열손실의 관계

- (3) 배기가스 O₂제어는 배기가스중의 O₂ 농도를 측정하여 연소공기의 양을 제어하여 보일러의 부하에 따라 적정한 배기가스 O₂%를 보정하는 방식이다.



[그림 KBE-3122.2] 배기가스 O₂ 제어의 예(전기비례식 연계제어방식)

KBE-3200 배기가스 온도관리

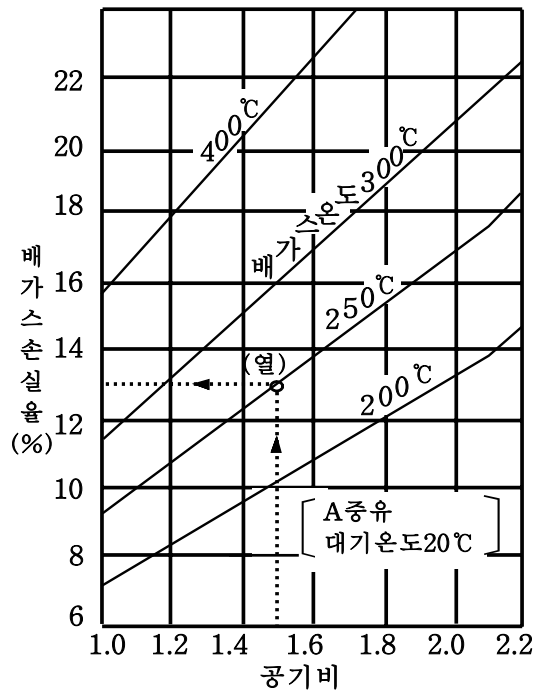
KBE-3210 배기가스 열회수

KBE-3211 배기가스 열회수 일반사항

- (1) 보일러의 열손실 중 그 대부분은 배기가스에 의한 것이다. 배기가스가 갖는 열량을 어떤 방법으로 회수할 수 있다면 보일러 효율은 향상된다.
- (2) 보일러의 배기가스 온도는 발생하는 증기의 포화온도 이하로는 낮출 수 없기 때문에 증기 압력이 높아질수록 배기가스 손실도 크게 된다. 배기가스가 갖는 열량을 회수하는 방법으로서는 보일러에 들어가기 전의 급수를 예열하는 것과 연소용 공기를 예열하는 것을 고려할 수 있다.
- (3) 일반적으로 배기가스가 갖는 열량을 회수하여 배기가스 온도를 20 ~ 25 K{℃} 저하할 때마다 보일러의 효율은 1 % 상승하게 된다.

KBE-3212 배기가스 배출 열량

- (1) 배기가스 열손실율은 [그림 KBE-3212]와 같이 배기가스온도 및 공기비에 따라 달라진다.



[그림 KBE-3212] 보일러 배기가스 열손실율

- (2) [그림 KBE-3212]은 액체연료에 대해 열손실율을 계산하여 나타낸 것으로, 기타 연료에 대해서도 거의 같은 결과가 얻어진다. 배기가스 손실열량의 비율은 공기비에 대해 직선적으로 변화하며, 배기가스 온도가 높을수록 그 경사는 커지게 된다.
- (3) 배기가스 열손실율을 작게 하려면 배기가스온도를 낮게 하든지, 공기비를 작게(1.0에 근접) 할 필요가 있다. 공기비가 너무 작은 경우에는 불완전연소로 인하여 그을음과 미연가스가 발생할 수 있다. 불완전연소에 의해 연소효율이 낮아지면 불완전연소에 의한 손실이 커지게 된다.

KBE-3220 부속기기 설치

KBE-3221 공기에열기 설치

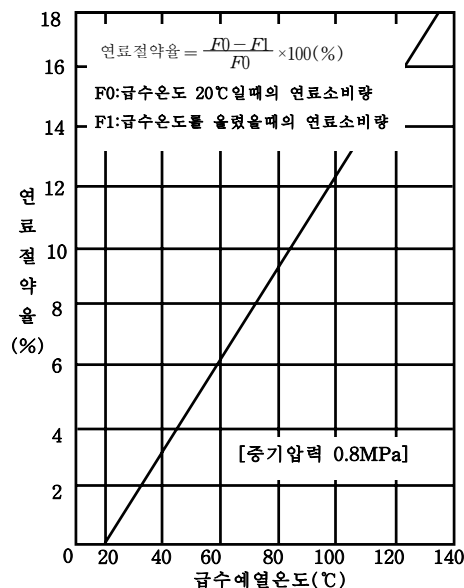
- (1) 배기가스에 의해 연소용공기를 예열한 후 연소실로 들여보내는 것이다. 공급하는 공기의 온도가 높아지게 되기 때문에 연소가스온도가 상승하여 연소가스에서 물로의 전열량이 증가한다.
- (2) 연소과정은 화학반응이기 때문에 온도에 의해 반응속도는 크게 영향을 받는다. 예열한 공기를 공급함으로써 연소시간이 단축되어, 동일 연소실에서의 연소량을 증가시키는 것도 가능하게 된다. 공급하는 연소용 공기의 체적도 증가되기 때문에 연료와 공기의 혼합이 촉진되어 공기 예열을 하지 않는 경우에 비해 적은 과잉공기로 완전 연소시키는 것도 가능하게 된다.
- (3) 배기가스를 사용하여 공기 예열을 함으로써 배기가스 온도를 저하시키고 배기가스량도 줄일 수 있기 때문에 배기가스에 의한 손실열을 크게 줄일 수 있다.
- (4) 공기에열기는 기체로 기체를 가열하는 열교환기이므로 동일 열교환량에 대해 급수예열기에 비해 대형이 된다. 공기에열기는 배기가스 유로와 연소용 공기의 유로에 걸쳐 설치되기 때

문에 배기가스측만이 아니라 연소용 공기측의 유동저항이 증가된다. 이 때문에 연소용 공기의 송풍기를 교환하거나 공기유로를 개조하는 것이 필요하게 되는 경우도 있다.

- (5) 일반적으로 연소가스의 최고온도가 상승하면 질소산화물의 발생량이 증가하는 경향이 있기 때문에 연소용 공기를 예열함으로써 질소산화물의 배출량도 증가하는 경우가 있다. 질소산화물에 대한 규제가 심한 지역에서는 공기 예열에 의해 질소산화물이 어느 정도가 되는가를 미리 검토하여 둘 필요가 있다. 규제치를 넘을 것이 예상되는 경우에는 저NO_x버너를 설치하거나 배기가스 재순환연소나 물 또는 증기분사법 등의 대책을 검토하여야 한다.

KBE-3222 급수예열기 설치

- (1) 급수예열기를 사용하여 배기가스 보유열로 보일러에 들어가는 급수를 예열하는 것이다. 배기가스를 열원으로 하여 액체를 가열하기 위한 열교환기로 전열효과가 뛰어나 공기를 가열하기 위한 열교환기에 비하여 전열면적이 적어도 좋다. 다만, 급수예열기에 들어가는 급수는 가압되어 있기 때문에 관 및 이음 부분은 내압 구조로 할 필요가 있다. 이 때문에 급수예열기에 비해 설비비용이 고가이다.
- (2) 급수예열기에서 급수를 예열함으로써 보일러 본체 입구의 급수온도가 올라가기 때문에 증기를 발생하려면 보일러 본체에서 가열하는 열량이 감소한다. 급수예열에 의한 효과를 연료절약율로 나타내면 [그림 KBE-3222]과 같이 되며, 급수온도를 293 K(20 ℃)로부터 353 K(80 ℃)까지 올림으로써 연료사용량은 약 9 % 절약할 수 있다.



[그림 KBE-3222] 급수 예열에 의한 연료절약율

- (3) 급수예열기 구조상 핀튜브식, 이중관식, 히트펌프식 등이 있다.
- (4) 연료중에 유황분을 포함하는 연료를 사용하는 보일러에서는 급수예열기 전열면의 부식에 주의하여야 할 필요가 있다. 연료중의 유황은 연소에 의해 연소가스중의 수증기와 반응하여 황산증기가 되는데, 황산증기를 포함하는 증기가스는 온도가 낮은 전열면에 접촉하면 응축하여 황산액이 되어 전열면을 심하게 부식시킨다. 배기가스중에 황산가스가 포함될 때의 응축온도를 산로점이라고 부르며, 황산증기를 포함하지 않을 때의 노점이 323 K ~ 333 K(50 ℃ ~ 60 ℃)인데 비해 산로점은 393 K(120 ℃)까지 상승한다. 열회수 장치로서 급수예열기를

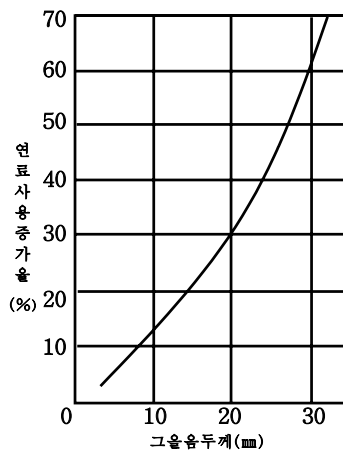
사용할 때는 전열면 온도가 산로점 이상이 되도록 주의하여야 한다.

- (5) 공기에열기와 급수 예열기가 동시에 있는 경우 유황분의 경우 노점이하로 떨어지지 않도록 운전하여야 한다.

KBE-3230 전열관 관리 합리화

KBE-3231 전열관의 그을음부착 제거 관리

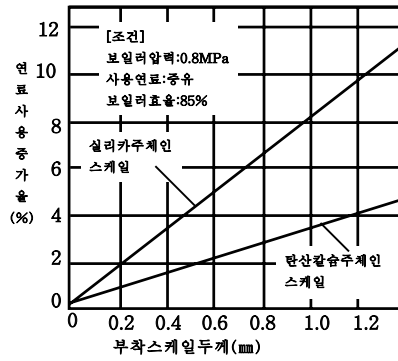
- (1) 불완전연소로 그을음이 발생하면 그 일부는 전열관의 연소가스측에 부착된다.
- (2) 그을음의 열전도율은 매우 작아 보온재의 열전도율과 거의 같기 때문에 [그림 KBE-3231]에서 나타낸 바와 같이 아주 조금 부착된 것만으로도 연료사용량은 대폭적으로 증가하므로 정기적으로 청소하여 그을음을 제거하여야 한다.
- (3) 전열관에 그을음이 부착되면 연소가스에서 물로의 전열량이 저하되기 때문에 연소가스온도가 충분히 저하되지 않은 채 보일러 본체를 빠져나오게 되어 배기가스 온도의 상승을 초래하게 된다. 보일러 출구의 연도에 배기가스 온도계를 설치하여 배기가스 온도를 연속적으로 측정하면 배기가스온도의 상승으로 전열관에 그을음이 부착되는 상황을 알 수 있어 청소할 시기를 잡을 수 있다.



[그림 KBE-3231] 전열면의 그을음에 의한 연료 손실의 예

KBE-3232 전열관의 스케일부착 제거 관리

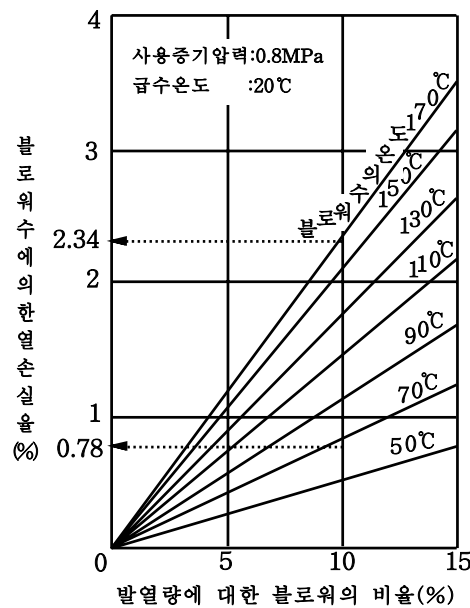
- (1) 스케일은 강관에 비해 열전도율이 상당히 작기 때문에 증발관에 부착되면 연료사용량은 증가한다. 부착된 스케일의 두께와 연료사용량의 증가율 관계를 [그림 KBE-3232]에 나타낸다. 또한 급수중에는 소량의 불순물이 포함되어 있기 때문에 전열관내에서 증기가 발생하면 이들이 농축되어 물 측에 스케일이 부착된다.
- (2) 그을음이 부착된 경우에 비해 연료사용량의 증가율은 작지만 그을음이 부착된 경우와는 별개의 문제가 발생한다. 스케일은 전열관의 내면에 부착되기 때문에 전열관의 온도가 상승하여 전열관 자체의 과열을 일으키는 경우가 있다.
- (3) 스케일의 부착으로 물의 유로면적이 감소되어 저항이 증가하므로 순환 장애가 발생하여 전열관이 파손되는 경우도 있다.



[그림 KBE-3232] 스케일 부착과 연료증가율

KBE-3233 적정 블로우

- (1) 블로우량이 적은 때는 전열면에 스케일이 부착하여 전열을 방해하고 과열되어 사고의 위험을 초래하게 되고 블로우량이 과잉일 때는 블로우수가 갖고 사라지는 열량이 증가하게 된다.
- (2) 열손실율은 블로우 비율에 비례하여 증가하기 때문에 보일러 급수로서 사용하는 물을 분석하여 보일러에 적합한 블로우량을 결정하여야 한다.



[그림 KBE-3233] 블로우에 의한 열손실율

KBE-3240 전열면 관리 합리화

KBE-3241 전열면의 그을음 부착 방지

- (1) 버너 상태의 불량, 연소 공기의 부족 등으로 불완전연소가 되면 그을음이 발생, 전열면에 부착하여 열 전달을 방해하여 배기가스온도를 높게 하여 배기 손실을 가중시키고, 그 미연소 탄소분에 의한 불완전연소 손실을 일으키게 된다. 뿐만 아니라, 매연을 발생시켜 환경이 오염되며 이로 인한 공해방지 설비를 가동하게 되어 새로운 에너지를 소비하게 되는 원인이 되기도 한다.

- (2) 이 불완전 연소를 방지하려면 버너 상태의 점검, 배기가스 분석에 의한 공기비의 측정, 연료유 계통의 점검(온도, 압력 등)을 철저히 할 필요가 있다. 또 수트블로워의 적절한 시행, 전열면 내외의 정기적인 청소를 시행해야 할 것이다.
- (3) 정상적으로 운전되고 있는 유류보일러에서 연소효율의 향상에 따른 에너지절약은 아주 미미하다고 할 수 있다. 연소효율은 100에서 미연손실율을 뺀 값이기 때문에 환경기준치이내로 정상 운전되고 있는 보일러의 경우 미연손실율은 0.5 % 이하이다.

KBE-3242 수트블로워

- (1) 그을음 제거 회수는 연료의 종류, 부하의 정도, 수트블로워의 위치 증기온도 등의 조건에 따라 다르다.
- (2) 그을음을 제거하는 시기는 부하가 가벼운 시기를 선택하고 소화한 직후의 고온 연소실 내에서는 하여서는 안된다.
- (3) 그을음제거는 흡출 통풍을 증가 시킨후 실시한다. 연소량을 줄이고 하는 것은 불이 꺼지는 경우가 있으므로 피한다. 자동연소제어장치는 제조자의 의견에 따르는 것이 좋다.
- (4) 그을음을 제거하기 전에 반드시 드레인을 충분히 배출하는 것이 필요하다.
- (5) 한 장소에 장시간 불어대지 않도록 한다.

KBE-3300 설비관리 합리화

KBE-3310 연소장치관리의 합리화

KBE-3311 연소장치의 정기적인 점검관리

- (1) 연소장치에서는 버너의 보수가 특히 중요하다. 액체연료를 사용하는 연소장치에서는 장시간 사용하면 버너의 끝부분에 카본이 부착되게 되며, 이 때문에 연료의 무화상태가 나빠지게 된다. 따라서 정기적으로 버너를 청소하는 것이 필요하다.
- (2) 공기 공급량은 일정하여도 그을음이 발생하거나 연소상태가 나빠질 때는 버너의 무화상태가 나빠지고 있는 것이 원인일 경우가 많다. 이와 같은 경우에는 버너 청소를 먼저 실행해야 한다.
- (3) 버너의 끝부분에 부착되어 있는 카본량이 이전보다 늘어난 때에는 그 원인을 조사해 볼 필요가 있다. 연료온도, 연료분출압력, 무화용 1차공기량 등이 적정치로 되어 있지 않기 때문이다.

KBE-3312 공기공급 및 배기가스 경로관리

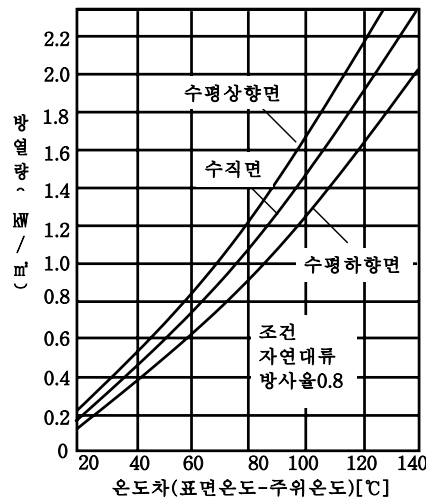
- (1) 공기공급 경로와 배기가스 경로에 대해서도 이상이 없는가를 정기적으로 점검할 필요가 있다. 송풍기 흡입구나 회전날개에 먼지가 쌓이면 성능이 저하되고 공급공기량이 감소하기 때문에 정기적으로 청소하여야 한다. 또한 공기량 조절용 댐퍼가 바른 위치에 있고, 덕트 도중에 누설이 없는가도 조사할 필요가 있다.
- (2) 배기가스 경로에는 노압조절용 연도댐퍼가 고온가스에 노출되어 있어 손상되기 쉽기 때문에 특히 주의한다. 또한 굴뚝 아래 부분은 부압이 되는 경우가 많아 이 부분에 설치되어 있

는 청소구멍에 틈새가 있으면 외기를 흡입하여 연소용 공기의 공급량이 감소하는 경우가 있다.

KBE-3320 보일러 본체관리 합리화

KBE-3321 연소가스 누설방지 및 보온강화

- (1) 보일러 본체로부터의 연소가스 누설이나 보온재의 손상이 있으면 발견하자마자 곧 수리한다. 연소가스의 누설은 노벽 등의 파손이 원인으로 가능한 빠른 시기에 수리한다. 연소가스는 고온이기 때문에 보온재나 외판에 직접 접촉하면 부재를 손상시키며 또한 배기가스가 외부에 분출되면 보일러실의 환경을 악화시키게 된다.
- (2) 보일러 본체 외면의 보온재에 손상이 있으면 외표면 온도가 상승하며, 본체 표면으로부터의 방열량은 표면온도로부터 계산할 수 있으며 [그림 KBE-3321]과 같다.



[그림 KBE-3321] 노벽으로부터의 방열량

KBE-3400 기타 효율향상관리

KBE-3410 운전관리 최적화

KBE-3411 운전방법의 검토

- (1) 보일러는 연속운전에서는 비교적 효율이 높아도 증기사용량이 적어져 간헐운전이 되면 효율은 급격히 저하된다. 특히, 보유 수량이 많은 보일러를 단시간 운전하면 연료사용량의 대부분이 보일러 보유수의 가열에 사용되어 큰 손실이 된다.
- (2) 보일러 운전 시간은 될 수 있는 한 짧게 하고, 증기를 집중 사용하면 효과적이다.
- (3) 보일러 용량에 비해 증기사용량이 적은 경우에는 버너 연소량을 조절하여 될 수 있는 한 연속운전 하도록 한다.
- (4) 여러 대의 보일러를 병렬로 운전하는 경우에는 증기사용량에 따라 각각의 보일러를 운전할 수 있도록 미리 운전계획을 세워두어야 한다.

KBE-3412 효율적인 증기압력 설정

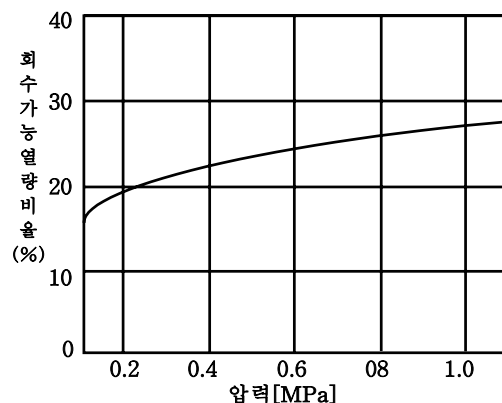
- (1) 보일러 운전압력은 안전 운전의 면이나 에너지관리 측면에서 아주 중요한 관리 항목이다. 보일러의 압력조절범위와 증기배관의 압력손실 등을 고려하여 보일러로부터의 송출압력은 적정 수치로 설정하면 좋다. 송출증기의 압력을 낮추면 증기온도가 저하되기 때문에 증기수송배관으로부터의 방열량도 감소하게 되나 배관의 설치비용은 증가하게 된다.
- (2) 증기 압력이 높을수록 온도는 높게 되고 피가열물과의 온도차가 크게 되기 때문에 가열시간의 단축 및 전열면적을 적게 할 수 있다. 그러나 증기압력이 높게 될수록 가열에 이용할 수 있는 응축잠열이 적어지게 되기 때문에 일정한 가열량을 얻기 위해 필요한 증기는 많아진다. 또한 열효율면에서 볼 때 불필요하게 압력을 높게 운전하면 증기온도와 열가스 온도차가 적어져 열가스의 열전달이 충분히 이루어지지 않으므로 불리하게 된다.
- (3) 따라서 보일러의 정격압력은 사용설비에서 필요로 하는 범위에서 가능한 낮은 운전압력으로 선정할 필요가 있다.

KBE-3420 잠열회수

- (1) 가스를 사용하는 보일러의 경우에 배기가스 통로에 노점보다 온도가 낮게 되는 열교환기를 두면 수증기의 일부가 응축한다. 수증기가 응축될 때 대량의 열이 발생되기 때문에 배기가스중의 수증기가 응축되는 온도까지 냉각하게 되면 배기가스의 현열 뿐만이 아니라 수증기의 응축잠열까지도 회수할 수 있다.
- (2) 가스연료의 경우 발열량에 대해 약 10 %가 수증기의 응축잠열이다. 이 때문에 응축잠열까지 회수하면 배기가스온도 저하에 의한 효과는 더욱 증가된다.
- (3) 배기가스중의 수분이 응축된 응축수는 pH가 4~6정도이다. 배기가스중의 잠열까지 회수할 때에는 재료 선정에 주의하여야 하며 또한 응축수 중화처리 설비를 구비하여야만 한다.

KBE-3430 드레인 회수

- (1) 증기는 가열에 사용된 후 응축되어 포화액이 되는데 일반적으로 이것을 드레인이라고 부른다. 드레인은 증기사용설비 중에서는 더 이상 가열에 사용할 수 없기 때문에 스팀 트랩에 의해 외부로 배출되는데, 이 온도는 포화온도이기 때문에 대량의 열을 갖고 있다.
- (2) 드레인의 열량은 증기압력에 따라 다르며, 포화증기가 갖는 열량에 대한 포화액의 열량 비율을 계산하여 나타내면 [그림 KBE-3430]와 같이 된다.



[그림 KBE-3430] 드레인에 의한 회수 열량

- (3) 포화증기가 갖는 열량은 보일러에서 증기 발생을 위해 사용되는 열량과 거의 같기 때문에 압력이 높은 때에는 보일러에서 가한 열량의 30 % 가까운 열량이 드레인과 함께 배출되게 된다. 고압의 드레인은 이와 같이 대량의 열을 포함하고 있으며, 온도도 높기 때문에 가열용 열원으로서 충분히 사용할 수 있게 된다. 또한 고압의 드레인을 저압으로 방출하면 그 일부는 증발하여 저압의 증기를 발생하고 남은 것은 포화수가 된다. 이와 같이 하여 발생하는 증기를 플래쉬증기라고 부른다.
- (4) 저압의 증기를 사용하는 장소에서 고압의 드레인으로부터 발생한 플래쉬증기를 사용함으로써 보일러로부터의 증기를 절약할 수 있게 된다. 플래쉬증기의 발생량은 드레인의 압력 및 전후의 압력에 의해 크게 변화되며, 이 압력차가 클수록 증기 발생량은 많아진다. 발생량은 드레인 질량의 10 %정도이기 때문에 플래쉬증기를 사용할 수 있는 장소는 한정된다.
- (5) 드레인 자체는 불순물을 포함하고 있지 않은 물이기 때문에 그대로 급수로서 사용하는 것이 가능하다. 드레인을 급수로서 사용하면 열량적으로는 배기가스에 의한 급수 예열과 같은 효과가 있다. 급수로서 그대로 사용할 수 있으면 급수의 용수비 및 처리나 약제 주입에 필요한 경비가 절약된다. 드레인에 불순물이 포함되어 있고 그대로 급수로서 사용할 수 없을 때에는 열교환기로 급수를 예열하면 급수 예열 효과는 얻을 수 있다.

KBE-3440 블로우수열 회수

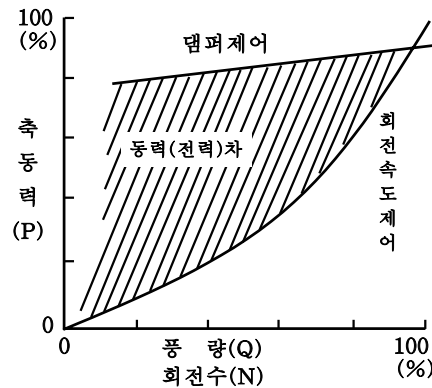
- (1) 급수의 수처리를 충분히 하여도 불순물의 일부는 급수와 함께 보일러로 들어간다. 이 때문에 보일러수중의 불순물 농도가 일정치를 넘으면 보일러수를 블로우함으로써 이들 불순물을 배출할 필요가 있다.
- (2) 보일러수는 발생증기의 압력에 대한 포화온도이기 때문에 그대로 버리면 열손실이 크다. 블로워의 회로에 열교환기를 설치하고 보일러 급수를 예열하면 이 열량을 회수할 수 있다. [그림 KBE-3234]에 나타난 바와 같이 발열량에 대한 블로워의 비율은 같아도 열교환기로 보일러 급수를 예열하면 열손실율을 대폭적으로 저감할 수 있다. 블로워의 비율이 10 %이어도 급수와 열교환으로 블로워의 온도를 343 K{70 ℃}까지 저하하면 열손실의 비율을 2.34 %에서 0.78 %까지 저감할 수 있음을 알 수 있다.
- (3) 간헐블로우에서는 블로워의 회수가 한정되어 있으며, 연속블로우에서는 급수와 연동하여 블로우가 이루어지기 때문에 간단한 열교환기에서의 급수 예열이 가능하게 된다.

KBE-3450 효율향상을 위한 자동제어

KBE-3451 송풍기 및 펌프의 회전수 제어

- (1) 일반적으로 회전 기기의 부하 특성에서 Q =유량, H =압력, N =회전수, P =축동력이라고 하면, $N \propto Q$, $H \propto Q^2$, $P \propto Q^3$, $P \propto N^3$ 의 관계가 있다.
- (2) [그림 KBE-3451]과 같이 송풍기를 예로 들면 출구 댐퍼의 풍량제어에서는 댐퍼를 전폐하여 풍량을 0으로 하여도 전동력은 65 %정도를 필요로 한다. 풍량을 1/2로 만들고자 하여 댐퍼로 조정하면 축 동력은 $65 \% + 35 \% \times 1/2 = 82.5 \%$ 된다. 그러나 가변속운전을 시행하여 회전 속도를 변화시켜 소요의 풍량을 얻기 위한 축동력은 $\left(\frac{1}{2}\right)^3$ 즉, 12.5 %가 되어 이

두 경우의 차 ($82.5\% - 12.5\% = 70\%$)만큼의 동력을 절감할 수 있다.



[그림 KBE-3451] 회전수제어와 축동력

- (3) 회전수 제어 방법에는 전동기와 부하 사이에 미끄럼장치(슬라이드)를 만들어 이의 미끄럼을 가변시킴으로써, 부하측의 회전수를 제어하는 방식으로 유체 커플링에 의한 방식, 와전류 이음에 의한 방식 등이 있으며 교류 전동기의 입력 전원 주파수를 변경시켜서 전동기 자체의 회전수를 가변하는 방식으로 전압 또는 전류 제어형의 가변전압가변주파수전원장치 회전수제어(VVVF)방식이 있다.
- (4) 전압 또는 전류 제어형의 가변전압가변주파수전원장치 회전수제어(VVVF)방식을 할 때는 다음과 같은 사항에 주의해야 한다.
 - (a) 제어의 특성상 전력 절감의 효과는 부분 부하 운전시에 현저하다. 일반적으로 고부하에서 운전되는 경우에는 효과가 없다.
 - (b) 특히 압입 송풍기에 적용하는 경우 저부하에서는 제어가 불안정한 상태로 되기 쉽다. 미끄럼 방식의 경우는 댐퍼방식과 공용하는 방식을 이용하면 이 문제를 해결할 수 있다.

KBE-3460 시스템 개선

KBE-3461 시스템 개선 일반사항

- (1) 보일러 효율은 일반적으로 비교적 높아 연소관리 등의 기본적인 대책을 철저히 하여도 비약적인 효율향상은 그다지 기대할 수 없다. 또한 효율향상이 가능하다고 해도 실시하기 위해서는 많은 투자가 필요하게 된다.
- (2) 보일러는 정격증발량 가까이에서 연속운전하고 있을 때에는 효율이 매우 높지만, 간헐운전으로 연소와 정지를 반복하게 되면 효율이 급격히 저하한다. 공장 전체에서의 증기사용량을 될 수 있는 한 시간적으로 평준화할 수 있도록 협력이 이루어지면 보일러의 평균적인 효율을 대폭적으로 향상할 수 있다.
- (3) 증기 발생만이 아니라 증기가 어떻게 사용되고 있는가에 대해 관심을 갖고 증기를 유효하게 사용하기 위한 대책을 사용처와 서로 협의하여 증기사용방법까지도 관리하는 것이 향후 효율을 더욱 향상시킬 수 있다.

KBE-8000 보일러 성능시험

KBE-8000 보일러 성능시험**KBE-8100 강철제보일러****KBE-8110 적용범위**

본 규격의 적용범위는 주철제보일러를 제외한 육용강제보일러에 대하여 적용한다.

KBE-8120 성능

보일러의 성능시험은 정상적인 운전상태에서 적어도 1시간 이상의 운전결과에 따라야 한다.

KBE-8121 부하운전성능

부하율 30 %이상에서 이상진동과 이상소음이 없고 각종기계 및 부속품의 작동이 원활하여야 한다.

KBE-8122 정격용량(출력) 및 시험압력

- (1) 증기보일러는 정격용량 이상의 능력을 갖추어야하며 시험압력은 최고사용압력의 80 %이상이어야 한다.
- (2) 온수보일러 및 열매체보일러는 부하운전 성능시험 후 20분간 연소시켰을 때 당해 연료의 고위발열량과 연료소비량(kg/h)을 곱한 값이 정격출력의 120 %이상이어야 하며, 시험압력은 80 %이상이어야 한다.

KBE-8123 증기건도

증기보일러는 건도 98 %이상이어야 한다.

KBE-8124 배기가스 성분

- (1) 유류(중유, 경유) 및 가스를 사용하는 보일러는 CO₂, O₂의 성분은 다음과 같아야 한다.

구 분	정격부하시(90±5)		저부하시(45±5)	
	CO ₂ (%)	O ₂ (%)	CO ₂ (%)	O ₂ (%)
중 유	12.7이상	3.7이하	12.0이상	5.0이하
경 유	11.0이상	4.0이하	10.0이상	5.0이하
가스(LNG, LPG)	10.0이상	3.7이하	9.5이상	3.5이하

- (2) 중유를 사용하는 설비에서는 바카라카 스모크 No. 4일 때의 배기가스중의 O₂농도나 CO₂농도로 공기비를 측정하고, 경유의 경우에는 스모크 No. 3 이하이어야 한다. 다만 기타 연료용보일러는 제외한다.
- (3) 가스보일러의 경우는 CO농도가 200 ppm이하이어야 한다.

KBE-8125 배기가스온도

- (1) 유류용 및 가스용보일러 출구에서의 배기가스온도는 외기온도와의 차이가 정격용량에 따라

다음 값 이하이어야 하며, 공기예열기 및 절탄기가 있는 보일러는 그 출구에서 배기가스 온도를 측정한다.

- (2) 다만 열매체보일러의 배기가스온도는 열매 출구온도와의 차이가 150 K{℃}이하이어야 한다.

보일러용량(t/h)	배기가스온도 K{℃}
~ 1.0이하	573{300}이하
1.0초과 ~ 5.0이하	523{250}이하
5.0초과 ~	473{200}이하

비고: 보일러용량이 kcal/h로 표시되었을 때는 60만 kcal/h를 1 t/h으로 환산한다.

KBE-8126 주위벽온도

보일러 표면온도는 외기(실내)온도와의 차가 30 K{℃}이하이어야 한다.

KBE-8127 소음

- (1) 보일러의 소음은 보일러 측면, 후면의 1.5 m 떨어진 곳의 1.2 m 높이에서 측정하여야 하며, 95 dB이하이어야 한다.
- (2) 송풍기의 소음은 송풍기 정면에서 1.5 m 떨어진 곳에서 측정하여야 하며, 95 dB이하이어야 한다.

KBE-8128 열효율

유류보일러의 열효율은 정격부하(정격용량) 및 저부하(부하율 45±5 %)에서 다음값 이상이어야 한다. 다만 온수보일러 및 열매체보일러는 제외한다.

보 일 러 용 량(t/h)	정격부하열효율(%) (고위발열량기준)	정격부하열효율(%) (저위발열량기준)	저부하열효율(%) 고위{저위}발열량기준
~ 0.5 이하	78	84	-
0.5 초과 ~ 1.5 이하	79	85	-
1.5 초과 ~ 3.0 이하	80	86	-
3.0 초과 ~ 5.0 이하	81	87	-
5.0 초과 ~	83	88	79{85}

KBE-8129 소용량보일러의 열효율

소용량보일러란 최고사용압력 0.35 MPa{3.5 kgf/cm²} 이하로서 전열면적이 5 m² 이하인 보일러로서 열효율은 표시정격용량 이상의 부하에서 75 %(고위발열량기준)이상이어야 한다.

KBE-8130 시험조건

- (1) 혼소보일러의 사용연료 혼소비율은 사용연료 고위발열량의 합을 기준하여 1개연료 발열량 합이 70 %를 초과할 수 없다.
- (2) 겸용보일러는 사용연료별로 각각 시험을 하여야 한다.

KBE-8200 주철제보일러**KBE-8210 적용범위**

- (1) 본 규격의 적용범위는 주철제 보일러에 한한다.
- (2) 주철제보일러중 온수보일러는 온수의 온도가 393 K(120 ℃)이하이어야 한다.

KBE-8220 성능

보일러의 성능시험은 정상적인 운전상태에서 적어도 1시간 이상의 운전결과에 따라야 한다.

KBE-8221 부하운전 성능

부하율 30 % 이상에서 이상진동과 이상소음이 없고 각종기계 및 부속품의 작동이 원활하여야 한다.

KBE-8222 정격용량(출력) 및 시험압력

- (1) 증기보일러는 정격용량 이상의 능력을 갖추어야 하며, 시험압력은 최고사용압력의 80 % 이상이어야 한다.
- (2) 온수보일러는 부하운전 성능시험 후 20분간 연소시켰을 때 당해 연료의 고위발열량과 연료 소비량(kg/h)을 곱한 값이 정격출력의 120 % 이상이어야 하며, 시험압력은 80 % 이상이어야 한다.

KBE-8223 증기건도

증기보일러는 건도 97 % 이상이어야 한다.

KBE-8224 배기가스 성분

- (1) 유류(중유, 경유) 및 가스를 사용하는 보일러는 CO₂, O₂의 성분은 다음과 같아야 한다.

구 분	CO ₂ (%)	O ₂ (%)
중 유	12.7 이상	3.7 이하
경 유	11.0 이상	4 이하
가 스	9.5 이상	3.5 이하

- (2) 중유를 사용하는 설비에서는 바카라카 스모크 No. 4일 때의 배기가스중의 O₂농도나 CO₂농도로 공기비를 측정하고, 경유의 경우에는 스모크 No. 3 이하이어야 한다. 다만 기타 연료용보일러는 제외한다.

KBE-8225 배기가스온도

유류용 및 가스용보일러 출구에서의 배기가스온도는 보일러 주위온도(연소용 공기 입구 온도)와의 차가 300 K(℃)이하이어야 한다.

KBE-8226 주위벽온도

보일러 표면온도는 보일러 주위온도와의 차가 30 K{℃}이하이어야 한다.

KBE-8227 소음

- (1) 보일러의 소음은 보일러 측면, 후면의 1.5 m 떨어진 곳의 1.2 m 높이에서 측정하여야 하며, 95 dB이하이어야 한다.
- (2) 송풍기의 소음은 송풍기 정면에서 1.5 m 떨어진 곳에서 측정하여야 하며, 95 dB이하이어야 한다.

KBE-8228 열효율

유류보일러의 열효율은 정격용량에서 다음값 이상이어야 한다. 다만 온수보일러는 제외한다.

보 일 러 용 량 (t/h)	정격부하열효율(%) (고위발열량기준)	정격부하열효율(%) (저위발열량기준)
~ 0.5 이하	78	84
0.5 초과 ~ 1.0 이하	79	85
1.0 초과 ~	80	86

KBE-8229 시험조건

- (1) 혼소보일러의 사용연료 혼소비율은 사용연료 총발열량의 합을 기준하여 1개연료 발열량 합이 70 %를 초과 할 수 없다.
- (2) 겸용보일러는 사용연료별로 각각 시험을 하여야 한다.

KBE-9000 운전성능 검사기준

KBE-9000 운전성능 검사기준**KBE-9100 검사의 준비****KBE-9110 검사 준비사항**

- (1) 보일러를 가동중이거나 운전할 수 있도록 준비하고 부착된 각종 계측기는 검사하는데 이상이 없도록 정비되어야 한다.
- (2) 정전, 단수, 화재, 천재지변, 가스의 공급중단 등 부득이한 사정으로 검사를 실시할 수 없는 경우에는 재신청없이 다시 검사를 하여야 한다.

KBE-9200 성능검사**KBE-9210 성능검사의 방법****KBE-9211 성능검사방법**

보일러의 성능검사방법은 KBE-1000, KBE-2000 및 다음에 따른다.

- (1) 유종별 비중은 <표 KBE-9211>에 따르되 실측이 가능한 경우 실측치에 따른다.

<표 KBE-9211> 유종별 비중

유	종	경	유	B-A유	B-B유	B-C유
비	중	0.83	0.86	0.92	0.95	

- (2) 유종별 발열량은 KBE-2111에 따른다.
- (2) 증기건도는 다음에 따르되 실측이 가능한 경우 실측치에 따른다.
 - (a) 강철제 보일러 : 0.98
 - (b) 주철제 보일러 : 0.97
- (3) 측정시간은 1시간을 원칙으로 하고, 측정은 2~3회로 나누어서 할 수 있으며, 부득이한 경우에는 최소 30분 이상 측정하여야 하며, 최소시간으로 측정하는 경우에는 보일러 운전일지 등을 참고하여 계산에 활용할 수 있다.
- (4) 수위는 최초 측정시와 최종측정시가 일치하여야 한다.
- (5) 측정기록 및 계산양식은 검사기관에서 따로 정할 수 있으며, 이 계산에 필요한 증기의 물성치, 물의 비중, 연료별 이론공기량, 이론배기가스량, CO₂ 최대치 및 중유의 용적보정계수 등은 검사기관에서 지정한 것을 사용한다.

KBE-9212 측정부하

사용부하에서 해당사항에 대한 검사를 실시하여 적합하여야 한다.

KBE-9220 성능검사의 결과

KBE-9221 열효율

유류용 및 가스용 증기보일러의 열효율은 <표 KBE-9221>을 만족하여야 한다.

<표 KBE-9221> 열효율

용 량(t/h)	1이상 3.5미만	3.5이상 6미만	6이상 20미만	20이상
열효율(%)	75이상	78이상	81이상	84이상

KBE-9222 유류보일러로서 증기보일러 이외의 보일러

유류보일러로서 증기보일러 이외의 보일러는 배기가스중의 CO₂ 용적이 증유의 경우 11.3 % 이상, 경유 및 보일러 등유의 경우 9.5 % 이상이어야 하며 출구에서의 배기가스온도와 주위온도와 차는 <표 KBE-9222>를 만족하여야 한다. 다만, 열매체보일러는 출구 열매유 온도와 차가 150 K{℃} 이하이어야 한다.

<표 KBE-9222> 배기가스온도차

보일러용량(t/h)	배기가스온도차(K){℃}
5 이하	315 이하
5 초과 20 이하	275 이하
20 초과	235 이하

- 비고 1. 폐열회수장비가 있는 보일러는 그 출구에서 배기가스온도를 측정한다.
2. 보일러용량이 MW(kcal/h)로 표시되었을 때에는 0.70 MW(600,000 kcal/h)를 1 t/h로 환산한다.
3. 주위온도는 보일러에 최초로 투입되는 연소용공기 투입 위치의 주위 온도로 하며, 투입위치가 실내일 경우는 실내온도, 실외일 경우는 실외온도로 한다.

KBE 해설서 및 참조규격

해 설 서

- 보일러 효율향상기술 규격 -

보일러 효율향상기술 규격(Korea Boiler Efficiency Code)은 보일러 효율관리에 대한 체계적인 규정을 마련하기 위해 보일러의 성능시험과 성능계산에 대한 기술요건을 제시하였고, 보일러 효율향상 관리방법에 대하여 세부적으로 규정함으로써 관련업무 종사자들이 활용할 수 있도록 기술위원회를 통해 제정된 자율기술규격이다.

본 규격은 현행 에너지이용합리화법에 의해 관리되고 있는 KS규격 및 검사기준을 보완하고, 일본의 관련 규격을 참조하여 국내현실에 부합되도록 제정하였으며, 관련 학계, 연구계 및 업계 등의 전문가로 구성된 기술위원회에서 검토하여 이를 제정하였다.

본 규격은 보일러의 성능을 평가할 수 있는 열정산 방식과 효율향상을 위한 관리방법에 대하여 규정한 기술지침서로 주요내용은 보일러의 성능측정 조건, 항목별 성능측정방법 및 열정산 계산에 대하여 기술하고 있다. 특히 기준발열량은 고위발열량으로 하였고, 효율 계산방법은 입출열법과 열손실법을 병용하여 사용할 수 있도록 함으로써 현장에서 실무자들이 손쉽게 계산할 수 있도록 하였으며, 성능평가방법을 성능시험(열출력(용량)평가)과 열정산계산으로 구분하여 제조된 보일러의 열출력과 사용중인 보일러의 효율을 모두 측정할 수 있도록 하였다. 또한, 보일러 효율향상방안을 강구하기 위하여 공기비 제어, 배기가스 온도관리 및 설비관리 합리화방법 등을 상세히 설명하였다.

본 규격의 주요 제정경과는 다음과 같다.

- (1) 산업기술시험원에서 2000년도에 국내의 KS규격, 일본의 관련 규격 등을 벤치마킹하여 초벌을 개발하였으며,
- (2) 이 초벌을 이용하여 실무자로 구성된 공단 운영사무국에서 국내 환경과 부합되도록 현행 검사기준, KS규격, 일본의 관련규격, 효율향상 관련자료 등을 참고로 하여 초안을 작성하였다.
- (3) 작성된 초안에 대하여 경험 많은 공단 검사원을 대상으로 검토회의를 개최하여 내용

의 합리성, 현실과의 정합성 등을 검토, 수정 및 보완하였다. 이 때, 검토된 주요 내용은 다음과 같다.

- 보일러 성능측정시간을 2시간 → 1시간으로 수정
- 증기압력 측정방법중 저압증기의 측정방법에 관한 내용추가
- 성능시험의 정격용량을 90 % → 80 %로 하향조정하여 고효율에너지기자재의 기술기준과 통일시킴
- 보일러 용량에 따른 배기가스온도차를 세분화

(4) 학계, 업계 및 연구계 등의 전문가로 구성된 보일러·압력용기 기술위원회의 배관(부품)분과위원회에서 본 규격에 대하여 이론적이고 실무적인 검토와 심의를 하여 보완하였으며, 특히 심도 있게 검토되었던 내용은 다음과 같다.

- 용어정의 중에서 본 규격에 언급되지 않은 용어정의는 삭제하기로 함.
- 용어정의 중에서 (4) 건/습가스에서 배기가스중 SO_x 와 NO_x 의 연소생성물을 추가하기로 함.
- 용어의 정의에 급수가열기, 급수예열기에 대한 정의를 신설하기로 함.
- 공기의 습도측정은 건습구 온도계를 이용하여 절대습도만 측정하고 있는데 상대습도를 측정할 수 있는 규격내용을 추가하기로 함.
 - 상대습도를 측정한 경우에 절대습도로 변환하는 계산식 추가.
- 증기압력의 측정에서 관류보일러의 포화증기압력 측정위치를 본문내용에 추가하기로 함.
 - 관류보일러의 포화증기압력은 기수분리기 최종출구에서 측정
- 성능측정 계획수립에서 측정해야할 'Heat Credit'의 표기방법을 '입출열'로 수정하기로 함
- 포화증기의 건도측정시 건도표기 방법을 변경하기로 함.
 - 0.98 → 98 %, 0.97 → 97 %로 변경
- 유류보일러 점검기록표는 온수보일러와 증기보일러 점검기록표로 이원화하기로 함.
- 배기가스가 가지는 열량 회수시의 보일러 효율이 1 % 상승하는 배기가스 온도를 20 K{℃}로 규정하고 있으나 온도범위를 확대하기로 함.
 - 20 K{℃} → 20 ~25 K{℃}로 확대

참조규격 및 문헌

KS B 6205 육용 보일러 열정산 방식
 KS B 8109 가스 온수보일러
 KS A 4000 열 수지 계산 방법 통칙 해설
 열사용기자재의 검사 및 검사면제에 관한 기준, 산업자원부 고시 2001-147, 2001
 육용강제보일러 형식승인 기준, 동력자원부 고시 제86-40호, 1986
 소용량보일러 및 소형관류보일러 형식승인 기준, 동력자원부 고시 제90-39호, 1990
 주철제보일러 형식승인 기준, 동력자원부 고시 제90-38호, 1990
 강철제보일러 형식승인 기준, 동력자원부 고시 제90-37호, 1990
 온수보일러 형식승인 기준, 동력자원부 고시 제90-18호, 1990
 형식승인 성능시험 실무가이드, 에너지관리공단, 1988
 고효율에너지기자재 보급촉진에 관한 규정, 산업자원부 고시 제2003-28호, 2003.3.12.
 가정용 가스보일러 효율향상방안 연구, 한국에너지기술연구원, 1999
 산업용 보일러의 성능평가 표준화 기술, 한국에너지기술연구원, 2003
 열정산방법, 공업진흥청, 1973
 열정산, 에너지관리공단, 1994
 국어대사전, 김민수외 3, 금성출판사, 1993
 기계공학대사전, 도서출판 집문사, 1995
 JIS B 8222 陸用ボイラの熱勘定方式 解説, 1975
 陸用中小容量 ボイラの 熱勘定方式, 社團法人 日本ボイラ協會, 1978

보일러 · 압력용기 기술위원회

총괄위원회

	성명	소속	직위
(위원장)	신백식	에너지관리공단	본부장
(위원)	이근오	서울산업대학교	교수
	박상흡	천안공업대학	교수
	김종진	한국에너지기술연구원	선임연구원
	이우섭	산업기술시험원	팀장
	김용수	한국안전전문기관협의회	회장
	전대천	산업자원부 자원기술과	과장
	최용원	한국보일러공업협동조합	이사장
	신현석	한국난방시공협회	회장
	백두인	(사)한국열관리사협회	회장
	김철경	녹색미래 환경연구소	소장
	박재천	특허청	과장
	박인석	한국에너지기술연구원	센터장
	권오형	에너지관리공단	처장

설계분과위원회

	성명	소속	직위
(위원장)	이근오	서울산업대학교	교수
(위원)	김혁주	한국에너지기술연구원	팀장
	오시덕	(주)효성 중공업연구소	팀장
	백운봉	한국표준과학연구원	연구원
	최상민	한국과학기술원	교수
	기호충	한신보일러(주)	상무이사
	김정태	두산중공업(주)	실장
	김태국	중앙대학교	교수
	성두용	대경기계기술(주)	상무이사
	공타광	에너지관리공단	처장

용접분과위원회

	성명	소속	직위
(위원장)	박상흡	천안공업대학	교수
(위원)	박은수	서울산업대학교	교수
	오화중	에너지테크(주)	대표이사
	전인규	부스타보일러	상무이사
	이관종	일성엔지니어링(주)	부장
	유탉인	한국산업기술대학교	교수
	손창식	에너지관리공단	지사장

배관분과위원회

	성명	소속	직위
(위원장)	김종진	한국에너지기술연구원	선임연구원
(위원)	김광수	서울산업대학교	교수
	나천만	인천기능대학	교수
	최기환	대한주택공사	처장
	오병덕	서울정수기능대학	교수
	김경남	(주)대열보일러	이사
	서중현	한국스파이크스사코(주)	상무이사
	전성기	한국염색기술연구소	실장
	김경엽	한국산업기술대학교	교수
	이지영	한국산업인력공단	책임연구원
	최상도	에너지관리공단	처장

사고조사분과위원회

	성명	소속	직위
(위원장)	김용수	한국안전전문기관협의회	회장
(위원)	백수곤	(주)한발	대표이사
	정황규	천수산업	대표
	권오승	방재시험연구원	이사
	윤기봉	중앙대학교	교수
	박형석	에너지관리공단	단장
	김대룡	에너지관리공단	팀장

보수유지관리분과위원회

	성명	소속	직위
(위원장)	이 우섭	산업기술시험원	팀장
(위원)	이 승학	대덕대학	교수
	백 관현	두원공과대학	교수
	진 종수	UNIONSTEEL(前)	기성
	인 석윤	(주)이안	대표이사
	이 의호	이의호 방식기술 컨설팅	대표
	금 동옥	삼경	대표
	김 찬오	서울산업대학교	교수
	송 근영	(주)한수	소장
	박 재언	(주)수국	전무이사
	이 창언	인하대학교	교수
	원 유필	(주)동원FEP	대표이사
	이 인영	에너지관리공단	처장

운영사무국

	성명	소속	직위
(사무국장)	권 오형	에너지관리공단	처장
(간사)	남 기웅	에너지관리공단	팀장
	김 종호	에너지관리공단	
	서 선기	에너지관리공단	
	김 호연	에너지관리공단	

에너지관리공단의 허락없이 무단복제를 금합니다.

보일러 및 압력용기 기술규격 Vol.III
(KEMCO CODE)

2003년 12월 초판 발행

발행처 에너지관리공단

경기도 용인시 풍덕천2동 1157

전 화 (031) 260-4135~7

홈페이지 www.kemco.or.kr

- 배관 분과위원회 심의 필
 - 보수유지관리·사고조사 분과위원회 심의 필
 - 설계·용접 분과위원회 심의 필
 - 총괄위원회 승인
-