

電 氣 加 熱 (2)

The Elcetric Heating

3. 電氣加熱에서의 에너지節約

전기가열방식의 기본적 특질은 가열요구에 대하여 가장 적절한 에너지 공급 형태를 채택한다. 즉 우수한 에너지 제어성이 있어야 한다. 이 특성은 에너지를 효율적으로 이용하는 점에서도 효과가 크므로 다음에 전기가열에서의 에너지 절약방법에 대하여 살펴보기로 한다.

재래의 고온열원을 이용하는 가열로에서는 공급열에너지가 피가열물 이외에 분산이 되고 또한 열원과 피열물과의 온도차를 이용하기 때문에 열원온도의 제약에서 가열 에너지의 강도에도 한계가 있다. 한편 피열물측으로서는 열전도에 의한 내부의 전열에 상당한 시간이 소요된다.

이상의 사정에서 일반적으로 가열에 시간이 소요되기 때문에 耐火, 斷熱材로 爐室을 구성하여 爐室의 온도를 높혀 가열하는 방식을 채택한다.

따라서 재래의 일반공업로에서의 에너지 절약대책은 단열의 합리화에 의한 방열손실의 방지가 극히 중요한 항목으로 되어 있다.

그러나 에너지의 효율적인 이용을 위해서는 우선 에너지의 공급시점에서 낭비가 없는 공급방법을 선

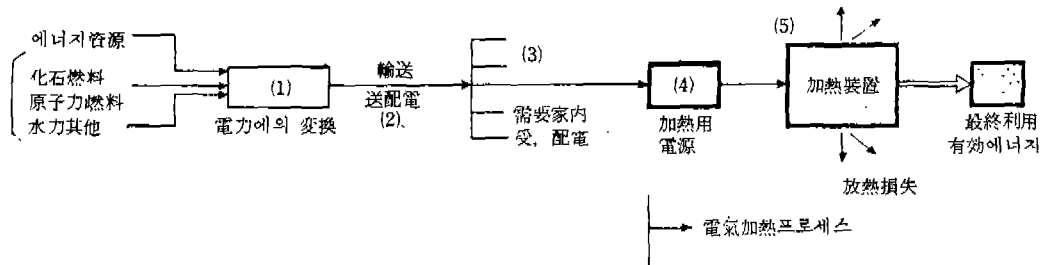
택해야 된다. 즉 被熱材의 가열을 필요로 하는 부분에 가급적 에너지를 집중적으로 공급한다. 그리고 被熱材가 필요로 하는 최소시간 내에 가급적 빨리 가열을 끝내고 방산열량을 최소한으로 억제하는 것이 기본적으로 요망된다.

전기가열방식은 에너지의 필요 극부위의 집중과 높은 에너지 밀도의 공급이 비교적 용이하게 실시되므로 앞에서와 같은 합리적인 에너지 절약방법의 채택이 용이하며 일반적으로 높은 에너지 효율을 얻을 수가 있다. 또한 구체적으로 세부에 결친 에너지 절약대책은 각 전기가열방식에 따라서도 달라지므로 여기서는 생략하고 일반적인 모델케이스에 대하여 알아보기로 한다.

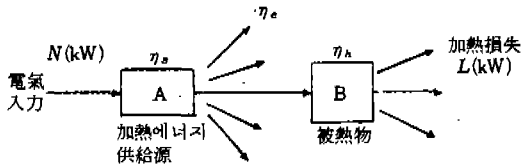
電氣加熱系에서의 일반적인 에너지플로우와 손실 분포는 그림 3 과 같다.

그림의 (1), (2)는 1차 에너지의 전력에의 변환 효율에 관계되는 부분으로 전력의 열변환율로서 2,450 Kcal/Kwh (변환율 = $860/2450 = 0.351$)이 표준이다. (3)은 수용가 내의 배전손실, 직접전기가열에 관계되는 것은 (4), (5)이고 이것을 단순 모델로 표시하면 그림 4와 같이 된다.

그림 4에서 A는 가열 에너지 공급원 (가열장치)



〈그림 - 3〉 電氣加熱系에서의 에너지플로우와 損失分布



- η_e : 에너지 전달효율
- η_h : 피열물의 열효율
- η_s : A의 효율 (변환효율등 장치의 효율)
- N : A에의 평균입력(kW)
- L : 피열물에서의 평균열손실(kW)

〈그림-4〉 電氣加熱프로세스의 모델

으로서 전압조정장치, 주파수변환장치, 역률보상용 캐퍼시터, 제어장치 등으로 그 효율을 η_s라 하고 A에의 평균입력을 N[kW]라 한다. η_e는 A에서 피열물 B에의 에너지의 전달효율(유도로 등에서는 일반적으로 전기효율이라고 한다). L[KW]를 피열물에서의 평균열손실이라 하고 이것을 열효율의 형태로 η_h로 표시하면 그림 4의 전기가열계에서의 에너지 효율 η는

$$\eta = \eta_s \cdot \eta_e \cdot \eta_h \quad (1)$$

여기서 η_h는

$$\begin{aligned} \eta_h &= 1 - \frac{\text{피열물에서의 방열손실}}{\text{피열물에서의 입력}} \\ &= 1 - \frac{L}{N \cdot \eta_s \cdot \eta_e} \end{aligned} \quad (2)$$

따라서

$$\begin{aligned} \eta &= \eta_s \cdot \eta_e \left(1 - \frac{L}{N \cdot \eta_s \cdot \eta_e} \right) \\ &= \eta_s \cdot \eta_e - \frac{L}{N} \end{aligned} \quad (3)$$

에너지 원단위 Q [kWh/kg]는 가열에 요하는 순에너지 W [kWh/kg]라 하면

$$Q = W / \eta \quad (4)$$

또한 가열생산율 P [kg/h]는

$$\begin{aligned} P &= \frac{\text{피열물에서의 입력}}{\text{가열에 요하는 순에너지}} \\ &= \frac{N \cdot \eta_s \cdot \eta_e}{W} \end{aligned}$$

(2)식이 전기가열계에서의 에너지 효율의 관계를 나타내며 제 1항의 η_s · η_e는 수전 후 에너지를 피열물에 전달하기까지의 효율을, 제 2항의 L/N은 열손실율을 나타내고 있다. 에너지 효율은 η_s · η_e가

높을수록, 그리고 L/N가 작을수록 향상된다. 전원 기기의 효율 η_s는 일반적으로 높으며 또한 電磁波 또는 電磁界를 매체로 하는 가열방식에서는 에너지의 지향성 또는 電磁給付度가 매우 높으므로 에너지를 피열물의 필요한 부분에 집중시킬 수가 있고 전달효율 η_e를 매우 높게 할 수가 있다.

가령 마이크로波 加熱에서는 80% 이상 유도가열에서는 80~90%의 전달효율을 얻을 수가 있다. L/N은 각각 단위 표면적당의 전력밀도비(열손실밀도/가열전력밀도)로 표시하면 더욱 명료해지며 전기가열에서는 High Power Density의 공급이 용이하므로 손실율을 최소한으로 억제할 수 있으며 전달효율과 함께 높은 에너지 효율을 얻을 수가 있다.

한편 High Power의 공급은 효율과 함께 가열생산율을 높이므로 근년에 유닛의 고전력화가 매우 진전되고 있으며 앞으로 더욱 추진될 것이다.

고전력, 고전력밀도의 채용으로 인한 가열처리의 신속화는 다품종 소량생산에 대해서도 높은 적응을 나타내며 프로세스의 합리화에 크게 기여한다.

또한 앞에서 실명한 바와 같이 에너지 절약대책으로서 특성이 좋은 단열재의 이용이 일반적으로 중시되고 있는데 가령 고주파열처리와 같이 수조정도의 단시간에 처리가 종료되는 경우에는 단열재의 효과는 적어지므로 장치의 구성요소로서 최소한의 사용에 그치게 하는 것이 보통이고 따라서 신속처리가 가능한 전기가열장치에서는 열용량이 작은 구성을 채택하면 가열특성이 향상된다.

4. 電氣加熱이용에서의 經濟性評價

현재 산업에서의 전열의 이용은 아직 그 일부에 불과하며 한편 앞에서와 같은 여러가지의 특징에서 전열이용에 의하여 熱프로세스의 합리화를 기할 수 있는 수요분야는 상당히 될 것으로 생각된다.

전열방식을 도입할 경우 재래의 방식과는 가열방법이 다르며 또한 필연적으로 가열처리의 질적인 내용도 달라지기 때문에 가열프로세스의 변환으로 되는 경우가 많다.

따라서 경제성 평가에서도 재래식이 주류인 연소 방식과의 대비가 필요해진다.

또한 평가에서는 설비비, 러닝코스트, 생산성 등의 직접 경제성의 평가뿐만 아니라 처리품질면, 이

용자원, 처리성능, 환경조건, 안전성, 관련 프로세스와의 정합성 또한 신제품 개발에의 적성 등 프로세스로서의 종합평가가 극히 중요한데 이들에 대해서는 각 프로세스마다 개별적으로 세부에 걸친 여러가지 조건의 검토를 필요로 하므로 생략하고 다음에 소비 에너지에 관한 연료와 전력의 비교평가법에 대하여 설명하기로 한다.

(1) 가열 프로세스에서 연료를 전력으로 대체할 경우의 1차 에너지 소비비교-대체계수 r 에 대하여 - 연소부하를 전기가열방식으로 전환할 경우의 1차 에너지 소비비교법으로서 EDF(프랑스 전력공사)에서는 대체계수 r 에 의한 평가방법을 제안하고있다. 실제적이고 편리하므로 그 방법을 소개한다.

가열효과, 생산량이 동일하고 연료주체의 가열 라인 A(연소식)를 전열주체의 라인 B로 대체할 경우 r 를 다음 식으로 나타낸다.

$$r = \frac{C_1 - C_2}{E_2 - E_1} \quad (\text{텔미} / \text{kWh})$$

여기서

C_1 : 연소식 부하 A의 연료소비량, 단위 : 텔미 (thermie, 1thermie=1,000keaj, 이하 th로 표시한다)

C_2 : 전열부하 B의 연료소비량 (th.)

E_2 : 전열부하 B의 전력소비량 (kWh)

E_1 : 연소식 부하 A의 전력소비량 (kWh)

또한 A, B는 각각 전력, 연료를 일부 병용하고 있는 경우의 일반관계이고 연료, 전력 전용인 경우에는

C_2, E_1 은 영이 되므로

$$r = C_1 / E_2 \quad (\text{th.} / \text{kwh})$$

와 같이 표시된다.

전력의 열환산으로서 1 kWh=2,450Kcal(=2.45th)가 기준으로 되어 있으므로 $r > 2.45$ 이면 전열에의 전환이 1차 에너지 소비상 유리하다고 평가할 수 있다.

다음에 에너지코스트 비교에 대해서는 단위열량 (1 th.)당의 연료비 B_1 (원/th)과 전력비 B_2 (원/kwh)와의 비율 β ($\beta = B_2 / B_1$)을 구하면 $r > \beta$ 이면 에너지코스트상 전열이 유리하다고 평가할 수 있다.

가령 A중유를 250,000원/kℓ, 발열량 9,200Kcal/ℓ 라하고 전력요금을 21.75원/kwh라 하면

$$\beta_1 = 250\text{원} / 9.2\text{th.} = 27.15(\text{원}/\text{th.})$$

$$\beta = B_2 / B_1 = 108.75 / 27.15 = 20.0(\text{th.} / \text{kwh})$$

가 되므로 $r > 20.0$ 이면 A중유가열보다 전기가열이 코스트면에서 유리한 것으로 판단할 수가 있다.

(2) 연소방식과 전기가열방식의 가열효율상의 비교.

설비계획의 경우 연소식과 전열방식의 효율비에서 1차 에너지 소비 및 에너지코스트비를 시산하면 편리한 경우도 많으므로 부기한다.

연소식 가열로의 효율을 ηF , 전기가열장치의 효율을 ηE (전용전원기기를 포함한 효율), 1차 에너지의 전력에의 변환효율을 η_e 라 하면 에너지 소비량은 에너지 효율에 반비례하므로 1차 에너지 소비비율 (k_1)은

$$k_1 = \frac{\text{연소방식의 에너지 소비량}}{\text{전기가열방식의 1차에너지 소비량}}$$

〈표-3〉 燃焼方式에서 電熱方式에의 代替係數 r 의 數値例

加熱例	에너지別		γ係數
	燃料	電氣	
銅비렛의 加熱	重油	유도가열	5.3~5.8
銅슬라브의 가열	가스	유도가열	2.5
銅線의 열처리	가스	유도가열	10.3
銅의 表面 담금질	가스浸炭	유도가열	6.4
銅合金의 용해	重油	홍형유도로	4.1
알루미늄 용해	가스	저항로	2.4
용융알루미늄유지	가스	저항로	10.7
범랑가열처리	가스	저항로	3.1
銅의 단조가열	重油	직접통전	4.7
도장건조	重油	적외선	2.9
인쇄건조	LPG	원적외선	2.4
섬유건조	보일러 (A중유)	원적외선	3.1
도자기예비건조	동유	마이크로波	3.3
직물건조	보일러 (A중유)	마이크로波	3.9
플라스틱건조	동유, LPG	마이크로波	6.6
식품의 살균	보일러 (A중유)	마이크로波	2.9
포장식품가열	보일러 (A중유)	誘電加熱	2.7
피혁의 건조	熱風	히트펌프	5.8
목재의 건조	熱風	히트펌프	4.4
水産練製品가공	보일러 (A중유)	6 히트펌프	6~12
윈에온실	중유	히트펌프	8.1
溫水풀	중유	히트펌프	5.7
공중목욕탕	중유	히트펌프	5.0
汚泥건조	중유	히트펌프	12.0
염색	중유	히트펌프	5.2

$$= \frac{1/\eta F}{1(\eta_c \cdot \eta E)}$$

$$= \eta_c \cdot \frac{\eta E}{\eta F} = \frac{860}{2,450} \cdot \frac{\eta E}{\eta F} = 2.85 \cdot \frac{\eta E}{\eta F}$$

$k_t > 1$, 또는 $\eta E/\eta F > 2.85$ 이면 전기가열이 에너지 소비면에서 유리하다고 판단할 수 있다. 앞에서 r 표시에서는 $r > 2.45$ 에 상당한다.

다음에 에너지코스트比에 대해서는 R을 단위열량당의 단가비 (R=연료단가[원/th.]/전력단가[원/th.])라 하면 $R \cdot \eta E/\eta F > 1$ 이면 전기가열이 코스트면에서 유리하다고 판단할 수 있다. 앞의 예의 경우는 $R = (50/9.2)/21.75/0.86 = 5.43/25.3 = 1/4.66$ 이 되므로 $\eta E/\eta F > 4.66$ 이 코스트 분기점이 되는 것이다.

표 3에 각 용도, 가열방식에서의 r의 시산치 예를 표시했다. 또한 r치는 가열조건, 생산조건에 따라 달라지므로 표 3은 그 일례를 든 것이다.

5. 電氣加熱設備에서의 구체적인 에너지節約對策

앞에서 전기가열의 특징, 에너지 절약방법 등에 대하여 일반적인 고찰을 했으므로 관점을 바꾸어 전기가열설비에서의 구체적인 에너지 절약대책의 항목을 다음에 종합했다. 또한 가열방식의 종류에 따라 구체적인 내용이 달라지므로 상세한 것은 생략한다.

(106페이지에서 계속)

잘 들어주는 문진과 소위 진찰을 비롯하여 심전도나 렌트젠검사등 환자들에게 부담이 적은 방법을 택하는 것이 바람직하며 무턱대고 입원하는 등의 지나친 검사를 하는 것도 주의를 해야할 것입니다. 요는 평소 무엇이든지 상의할 수 있으며 신뢰할 수 있는 내과의를 가까이 두고 있는 것이 중요합니다.

빈맥의 이야기로 부터 두근두근하는 곳으로 탈선하고 말았는데 이야기를 본길로 옮기기로 합니다. 앞에서도 말한바와 같이 빈맥의에도 동계(動悸)로서 느끼는 不整脈이 있는데, 가장 많은 것은 期外收縮이라고 하여 규칙적이어야할 맥이 가끔 규칙적

《設備上的 에너지節約對策》

- ① 爐에서의 방열손실의 저감
- ② 爐體의 축열량의 저감
- ③ 전기 에너지의 열에의 변환효율의 향상 가령, 저항가열에서는 발열체의 재질, 치수, 배치의 최적화, 유도가열에서는 최적주파수의 선정, 코일의 배치의 적성화 등.
- ④ 전원기기의 효율의 향상
- ⑤ 배선에서의 손실의 저감
- ⑥ 자동온도제어
- ⑦ 부대설비의 에너지 절약(냉각설비, 재료의 핸드링 설비, 기타)
- ⑧ 설비의 고전력화 등

《操業上的 에너지節約對策》

- ① 부하율의 향상
- ② 온도판리의 철저
- ③ 연속운전의 실시
- ④ 다음 공정에의 재료운반의 신속화
- ⑤ 앞의 공정 기타에서의 배열의 이용(재료의 예열, 기타에)
- ⑥ 적정가열재의 선정, 유해불순재의 제거 등
- ⑦ 爐 뚜껑, 문 등의 개방시간의 단축
이상이 주요항목이라 하겠다.

전기가열방식은 근년에 더욱 다양화되고 있으므로 이들을 전기가열로서 일괄하여 고찰하기는 극히 곤란하므로 특성상, 이용면에서 주요한 점에 대해서만 설명을 했다. *

이 못되거나 심장이 덜컹하는 것 같은 느낌으로서 자작되는 일이 많은 것 같습니다. 이 기외수축에는 上室性과 心室性의 두종류가 있는데 어느 것도 원인이 될만한 심장병이 있는지 없는지 또는 치료가 필요한지의 여부에 대한 판단이 필요합니다. 젊은 사람의 기외수축은 거의 염려할 바가 아닌 예가 많으나 최근에는 30대에 있어서도 虛血性心 질환을 볼 수 있으므로 한번쯤은 전문의의 진찰을 받아 보는 것이 좋을 것으로 생각됩니다. 허혈성심 질환의 초기증상이 不整脈이라는 예는 이미 주지의 사실이라 하겠습니다.