

기름절약 너나없고 전기절약 밤낮없다

•特輯• 에너지節約의 基礎

電氣加熱 (1)

The Elcetric Heating

「전기가열」에서는 닉로드 등에 의한 가열을 연상할 것이다.

실제로 약 140년전쯤에는 Joule에 의하여 저항발열의 법칙이 발견된 것이 전열이용의 루트이고 그 이후 현재까지 가장 널리 이용되어 온 것도 저항가열이며 그 하나는 1906년의 Heroult의 공업화 개발에 관계되는 전기제강용 아크爐일 것이다.

1930년대에 들어선 후 고주파유도가열법의 공업화가 추진되어 새로운 가열법으로서 각광을 받게되어 주로 고급금속재료의 용해, 정련 또한 열처리용으로서 세계적으로 이용이 확대되었다. 근년에 이르러 고주파전계를 이용하는 유전가열방식이 추가되어 최근에는 마이크로波, 레이저, 공업용 프라즈마, 遠赤外線의 이용 등 종례에 우리들이 경험하지 못한 새로운 가열방법이 차례로 공업화 개발되어 현재 「電熱」에 대한 이미지도 크게 달라져가고 있다.

이들 새로운 가열방법은 인류가 불의 이용을 알게 된 이후 불을 태워 그 열로 직접 또는 간접적으로 물체를 외부에서 덥게하는 우리들이 극히 오랜 기간에 걸쳐 가지고 있던 가열의 상식과는 전혀 다른 방법을 제공한다.

가령 물체의 내부를 직접 가열하거나 물체의 꿰요한 국부에 고밀도의 에너지를 단시간에 집중 투여하거나 $10,000^{\circ}\text{C}$ 를 초과하는 초고온 가열처리가 되는 등 지금까지의 가열방법으로는 손이 미치지 못했던 새로운 가열분야가 전개되어가고 있다.

이같은 혁신적 기술방식에 의하면 장에너지에 의

한 신속가열처리를 하기 때문에 에너지 절약효과가 높을 뿐만 아니라 가열 프로세스의 합리화, 처리품질의 향상, 초고온처리에 의한 신재료의 개발, 열프로세스의 고도의 자동화 등 질적인 면에서의 베리트가 크며 산업의 각 분야에서 가열방법의 혁신기를 맞이하고 있다고 하겠다.

이상과 같이 전열에 의한 베리트가 크기 때문에 국제적으로도 석유계 연료의 해외의존도가 높은 선진공업제국에서는 산업에서의 열수요를 석유소비의 절감, 에너지 사용의 효율화의 중점적인 대상으로서 취급하여 산업열 프로세스의 전력에의 전환(전열화)을 목적달성을 기본으로 강력히 추진되고 있는 것이 현상이다.

현재 전기가열방식은 극히 다양화되고 있으므로 여기서는 전열 전반에 대한 응용의 현상을 소개하고 전기 가열방식의 기본적 특성 및 에너지 절약의 방법등에 대하여 해설하기로 한다.

1. 電氣加熱方式의 종류와 應用分野 의 개관

표 1에 전기 가열방식의 가열원리에 의거한 종류, 가열방식 및 각각의 대표적 응용례 등에 대하여 주요사항을 종합하여 일괄하여 표시했다.

표와 같이 전기 가열에는 각종 방식이 있으며 각각 특유의 기능, 특성을 갖추고 있으며 가열목적,

〈표-1〉 電氣加熱方式의 종류 와 용도의 개관

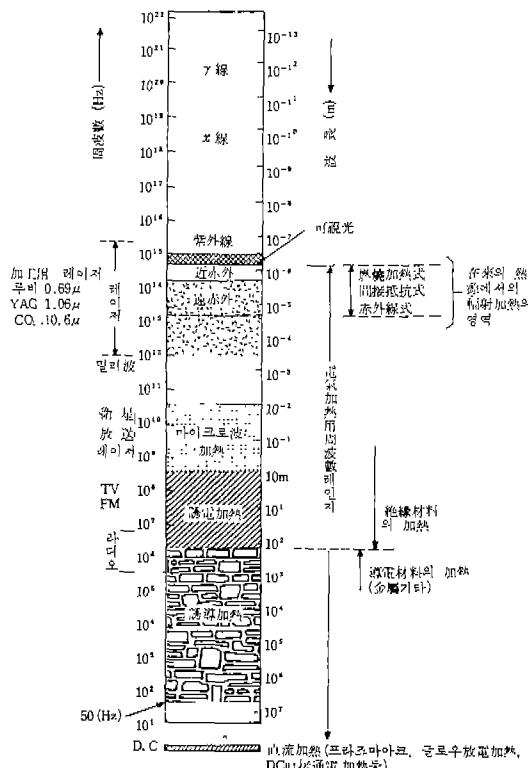
가 열 원 리	가열방식(전기에너지의 열에의 변환방식)		주 요 용 도 또는 장 치 예
	가 열 방 식	종 류	
고온열원의이용 (저항발열체, 아크, 프라즈마등) 및 직접불然의 이용	저 항 가 열	간접 저항가열 (50 / 60Hz)	저항발열체를 사용하는 각종 열처리爐, 燒結爐, 擴散爐, 납땜爐 및 塩浴爐, 流動床加熱, 열풍건조 기타
		직접 저항가열 (50 / 60Hz)	금속의 직접통전가열, 黑鉛化爐, 글라스용해로, ESR燒동
	적 외 선 가 열	근적외선가열 (0.76~ 2 μm)	도장면의소부, 건조, 플라스틱의 성형가공
		원적외선가열 (2 ~25μm)	650°C이하의 가열용, 도장의 건조, 소부, 수지경화 가공, 식품가공, 난방, 식물육성
	아크가열 (50/60Hz DC)		제강, 내화물의 용해, 진공아크용해, 금속화합물의 세련(세련로)
	프라즈마가열(저온프라즈마) (DC. 50/60Hz, 1~27MHz)		내열강, Ni합금강, 고용접금속, 합금의 용해정련, 고용접화합물의 용해, 광석의 환원, 기타고온열화학반응 프로세서에의 이용
	유도가열(표면가열방식)	유 도 가 열 (50/60Hz~2MHz)	금속, 합금의 용해, 열기공용 가열, 금속의 열처리
		저주파유도가열 (50/60Hz)	주철의용해, 대형강재의 가열
전자유도작용의 이용	유도가열(트랜스버스 플렉스방식) (50 / 60Hz~10kHz)		비철금속, 스테인리스 등의 박판의 가열
	유도가열(단락가열방식)	금속의 용해 (50 / 60Hz)	흡형용해로(비철금속재, 주철의 용해), 금속용탕의 승운, 유지
		금속의 가열 (50/60Hz)	금속부품의 압축끼워 맞춤
고주파전계의 이용	유 전 가 열 (2 ~수10MHz)		목재의 건조, 식물, 피혁, 섬유, 약품, 합성수지 등의 건조·가열처리, 목재의 접착, 합성수지의 용접 등
전자, 이온류의 충격에 의한 발열	전자빔가열(DC)		금속의 증간, 고용접금속의 용해, 금속 미세가공등
	이온·이온빔가열, 가공(DC)		이온浸炭, 窖化, 표면피복처리, 반도체의 에칭, 이온 플레이팅, 기타 표면처리
	클로우 방전가열 (DC)		금속의 표면처리, 금속의 가열등
전자파의 이용	레이저가열, 가공(0.12~11μm)		난가공재의 공명가공, 금속재료의 용접, 열처리, 절단, 전자부품의 용접, 가공
	マイ크로파 가열(915, 2,450MHz)		식료류의 조리, 건조, 열가공, 해동, 살균, 목재, 세라믹의 건조, 고무의 加硫
전동기계력의 이용	히트펌프방식	민 간 용	냉, 난방, 금탕, 빌딩 공조
		공 업 용	식품, 목재, 피혁등의 건조, 증류, 농축, 기타 배열의 유효한 이용

각각의 열 프로세스의 필요에 따라 최적의 방식을 자유롭게 선택할 수 있는 것이 전열 이용상의 큰 이점으로 되어 있다.

전기가열방식은 化石燃料 기타의 에너지 자원을 전력이라는 순수한 “소프트에너지의 형태로 변환, 순화한 것으로 가령 전자파의 형태로서 또는 電·磁界, 아크, 라즈마, 電子빔 등 필요에 따라 각각 독자적인 기능을 가진 여러 가지의 에너지 형태로서 이용할 수 있는 점에서 화석연료 등과는 본질적으로 다른 에너지이며 앞으로 전열 독자의 응용분야의 전개도 이 기본적 특질에 기인하고 있다.

이상 각각의 전기가열방식의 기능은 사용하는 주파수대에 의존하는 요소가 극히 강하므로 그림 1에 주파수대별로 각 방식을 분류 표시했다. 표 2는 그 주파수 범위를 세분하여 표시한 것이다.

그림 1과 같이 전자계를 이용하는 가열방식은 대체로 1~2MHz를 경계로 하여 가열대상이 크게



〈그림-1〉 電氣加熱과 利用周波數帶

〈표-2〉 電氣加熱方式과 利用周波數域

加热方式	名稱	周波數 또는 波長範囲	
		周 波 數	波 長
誘電加熱	低周波誘電加熱	50 / 60Hz	
	中周波 "	60Hz < ~ < 10kHz	
	高周波 "	10kHz ~ 3 MHz	
誘電加熱 및 マイクロ波 加热	誘電加熱 (리디오周波)	3 MHz (*)	100m
	マイクロ波 加热	-300MHz	— 1m
	マイクロ波 加热	300MHz (*)	1m
	マイクロ波 加热	-30GHz	— 1cm
赤外線加热	近赤外線加热	$3 \times 10^{11} - 4 \times 10^{12}$ Hz	0.76~1.5~2μm
	中赤外線 "	1.5~2~4~5.6μm	
	遠赤外線 "	4~5.6~25~(1,000)μm	

* 공정기밀용은 다음의 ISM밴드가 국제적으로 확장되어 있다.
주파수공용 : 13.56, 27.12, 40.68MHz, 마이크로파 가열용 : 2,450MHz
(915MHz), () 내는 조건부로 허용된다.

구분된다.

이보다 높은 주파수대는 주로 고주파에 의한 誘電損失을 가열에 이용하는 것으로 식품, 석유, 목재, 고무, 세라믹 등 유도성 물질은 대상으로 하는 가열분야이며 또한 이보다 낮은 주파수대는 주로 금속등의 도전성 재료가 대상이 된다.

또한 전자계를 이용하는 이같은 가열방식은 전자계의 被熱物 내부에의 침투 특성에서 주파수가 높을수록 가열층은 외주부로 집중하기 때문에 표면가열처리에 적합하다.

한편 주파수가 낮을수록 가열층은 물체의 내부에 깊이 침투되어 가므로 내부가열에 적합하게 된다.

공업분야에서의 고온영역의 재래의 연소가열방식은 주파수대에서 보면 적외선의 파장역을 이용하는 방사가열(부사가열)에 속한다고 하겠다.

보통 적외선의 영역에서도 최근의 전열방식에서는 被熱物의 흡수특성에 적합한 파장영역을 선택, 이용하는 경향에 있으며 또한 單色으로 집광성이 강한 레이저에 의한 고에너지의 금속가공에의 응용등 새로운 분야가 개발되고 있다.

한편 위에 기술한 것보다 주파수가 낮은 영역에서는 마이크로波 가열, 誘電加熱, 유도가열 그리고 DC의 이용에 걸친 광범위한 응용분야가 전개되는 데 모두가 재래의 연소방식에서는 손이 미치지 못했다. 電熱 독자적인 기능, 특성을 가진 분야이며 그 대부분은 최근의 공업개발에 관계되는 것으로서

앞으로 산업의 고도기술화가 진행됨에 따라 전열의 이용은 각 분야에 걸쳐 확대되어 갈 것으로 예상된다.

현재 공업화 개발이 추진되고 있는 공업용 热プラズ마의 이용은 혁신적 초고온처리 프로세스로서 초합금강의 용해, 정련, 전기제강, 직접환원 프로세스, 페로어로이, 초미분공업, 고온열 화학반응 프로세스 등 앞으로 야금, 화학, 세라믹 공업, 기타에서의 재료의 제조, 가공 프로세스에 혁신적 방법을 제공할 것으로 크게 기대가 되고 있다.

한편 전기가열의 대표라고도 할 수 있는 저항가열로는 정밀온도제어기술의 진보와 분위기제어의 이용의 확대, 초고온용 저항발열체의 개발에 의하여 세라믹 기타 각 분야에의 이용이 확대되어 가고 있다.

이상은 한 두가지 예에 불과한데 전열방식이 가진 기능의 이용으로 재래의 가열기술로는 손이 미치지 못했던 새로운 응용분야가 차례로 전개되고 있다.

한편 전열이용에서는 에너지코스트면에서 부담이 증가되는 경우도 많다. 따라서 응용에서는 전열방식이 가진 메리트를 최대한으로 이용하는 배려가 필요하며 질적 메리트의 활용이 전열응용개발의 키포인트가 될 것이다.

또한 전열이용에서는 각각의 용도에 대한 전열의 이용기술의 개발이 극히 중요하며 이용자족, 장치, 에이커, 전력공급자의 상호협조가 요망된다.

2. 電氣加熱方式의 特質과 利點

전열가열방식의 특징은

(1) 1차 에너지원을 전력이라는 순수한 에너지 형태로 변환하여 열은 소프트에너지를 사용하는 가열방식이다.

(2) 전기 에너지의 속성으로서 電子 이온 등 荷電粒子의 거동에 의거한 전기에너지 독자적인 제기능을 가지고 있다.

의 두가지 점에서 전기가열의 대부분의 특징도 여기에 기인하고 있으며 에너지의 제어성이 매우 높다

는 것이 기본적 특징이다.

다시 말하면 가열요구에 따라 에너지의 상태를 자유롭게 제어하고 응용할 수 있다는 점에 있다.

가령 공급 에너지를 적외선, 레이저, 마이크로波電·磁界, 편광 등을 매체로 하여 공급 또는 被熱物에 직접 대전류를 통전하는 등 가열목적에 최적의 형태로 가열 에너지를 공급할 수 있다.

그리고 각 공급형태가 가진 제기능에 따라 가열온도, 가열 패턴(표면가열, 내부가열, 국부가열 등) 가열 에너지의 강도, 가열시간, 분위기조건(진공처리 포함) 기타 가열조건을 자유롭게 제어할 수 있다는 것이 큰 이점으로 되어 있다. 그 결과 에너지 이용효율의 향상(필요한 장소에 에너지를 집중공급 할 수 있다는 것, 신속가열이기 때문에 열용량이 극히 적은 가열장치가 된다는 등에 의하여), 생산성의 향상을 도모할 수 있을 뿐만 아니라 프로세스의 혁신화, 처리품질의 향상 및 신재료의 개발에 대해서도 새로운 사열방법을 제공하는 것으로서 최근 전기가열이 관심을 모으고 있다.

전력에 의존하기 때문에 클린하임을 할 수가 있고 작업조건, 안전성에서도 당연히 우위성을 갖추고 있다.

기능적으로도 전력은 에너지 매체로서의 작용과 기능매체로서의 작용의 양면을 가지고 있는데 기술의 발달과 함께 단지 에너지원으로서의 이용에서 기능면의 이용을 중시하는 방향으로 비중이 옮겨가고 있는데 전열에서도 단지 열원으로서의 이용에서 가열에서의 세기능을 최대한으로 이용하는 방향으로 앞으로 전열이용이 전개될 것으로 예상되며 또한 전열을 기술적, 경제적으로 유효하게 이용하기 위한 조건이라고 하겠다. 전기가열방식의 기본적 특징은 위와 같은 점에 있는데 구체적 특징으로서 다음과 같은 점을 들 수 있다.

2-1 필요에 따라 적절한 加熱方式을 선택 할 수 있다는 것

앞에서 설명한 바와 같이 파장이 짧은 레이저, 적외선의 이용에서 마이크로파, 誘電加熱, 誘導加熱, 편광, DC이용 등에서 각각 특성, 기능을 달

리하는 가열방법을 적절하게 선택, 이용할 수 있다.

2-2 에너지의 필요한 장소에의 集中供與 와 高密度 에너지의 供給

電磁波 또는 交番電磁界를 에너지의 전달매체로 함으로써 열에너지를 被熱物의 필요한 장소에 집중시킬 수가 있다. 에너지의 집중공여는 에너지 이용효율을 높일뿐만 아니라 처리품질의 향상 또한 전자부품 기타의 미세정밀 가공처리를 가능케 한다.

또한 앞에서도 설명한 바와 같이 물체를 내부에서 가열한다는 혁신적 가열방법은 電磁波, 전자제를 매체로 하는 에너지의 공급방법(유도가열, 마이크로파, 유전가열, 원자력선의 이용 등)에 의하여 가능해졌다.

재래식의 외부에서의 가열방법에서는 내부의 가열, 승온은 열전도에 의존하기 때문에 均熱化에 오랜 시간을 필요로 했는데 내부 가열방법의 채용으로 가열시간이 대폭적으로 단축되었다.

가령 슬라브, 비렛, 바 등 금속재료의 단조, 압연용 전체가열에 이용되고 있는 것은 주지하는 바와

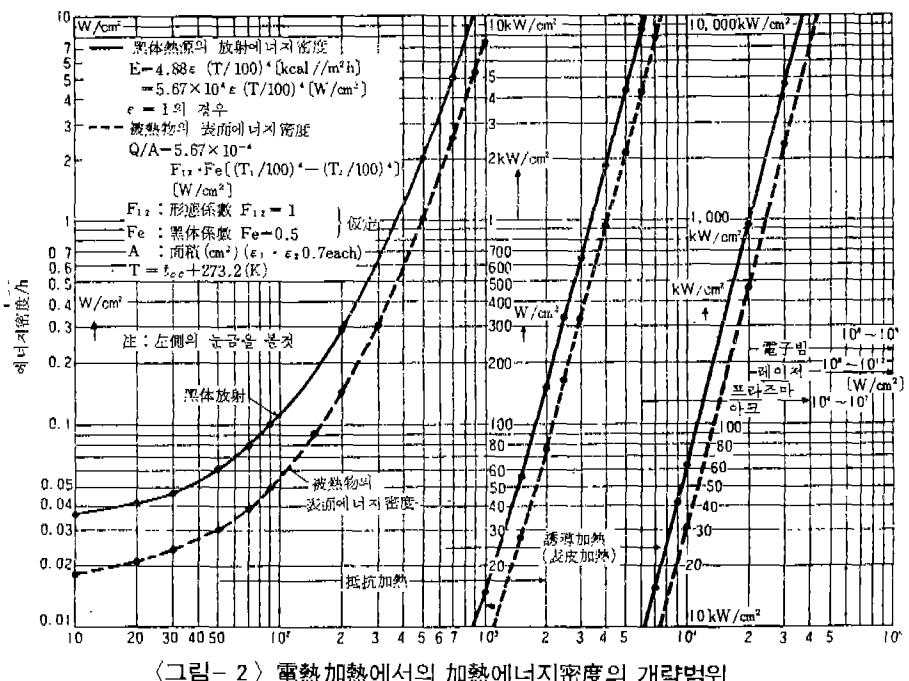
같다.

또한 硬化處理의 경우에는 내부 가열기능에 의거한 가열층(경화층) 재어의 이동이 크고 고주파표면燒入에서 압연용률 등 깊은 경화층의 열처리까지 널리 이용되고 있다.

한편 목재, 식품, 섬유, 수지 등의 건조, 가열가공처리의 경우에는 대상이 열의 불량도체이기 때문에 내부까지의 가열에 장시간을 요하며 또한 내부까지 깊이 가열처리를 하는 것은 곤란한데 유전가으로서 가령 유도가열에서의 1 KW/cm^2 의 고주파표면전력밀도의 가열은 약 $4,000^\circ\text{C}$ 의 고온열원에 의한 것으로 가정한 경우와 동등하게 된다.

재래의 고온열원을 이용하는 가열방식(연소식 또는 저항발열방식 등)은 피열체와의 온도차를 이용하기 때문에 實技上 열원온도에 제약이 있으며 가열에너지강도(통상 물체의 단위표면적당의 인푸트로 표시된다)에 한계가 있다.

전기 가열방식(가령 유도가열, 電子빔, 레이저 등) 열, 마이크로파 가열 등의 이용으로 건조 등의 경우 내부가열에 의하여 수분의 외부에의 이동이 용



〈그림-2〉 電熱加熱에서의 加熱에너지密度의 개략범위

이하게 되어 합리적인 조건을 시킬 수가 있다.

또한 각종 열가공처리 프로세스에서도 우수한 기술방법을 제공하는 것으로서 산업의 각 분야에서 이용이 확대되어 가고 있다.

다음에 전기 가열방식에서는 고에너지 밀도의 열을 용이하게 할 수 있다는 이점이 크다.

그림 2는 천열에서의 가열전력밀도(Heating Power Density)의 개략치를 고온열원에 의거한 것으로 가정한 경우의 等價熱源溫度와 대비하여 도시한 것에 의하면 열로서의 에너지 공급방식과 다른 종류의 공급형태를 취하기 때문에 앞에서 설명한 에너지의 집중기능과 함께 열원방식보다 훨씬 고에너지 밀도의 가열이 가능해진다.

이 기능은 재래의 방식으로는 불가능했던 초고온 가열, 미세가공처리, 국부단시간처리, 가열 프로세스의 신속처리화에 또한 처리품질의 향상, 앞으로의 새로운 재료의 개발에도 크게 기여할 것으로 예상되며 또한 에너지의 절감, 생산의 페리티의

향상에 큰 효과를 가져올 것이다.

2 - 3 零圍氣條件의 高精度制御

재료의 품질의 고도화, 신소재의 개발에는 고도의 처리분위기의 제어가 불가결이며 필요에 따라 전공처리(감압상태), 무산화분위기 또는 고순도 가스분위기 속에서의 처리 등을 필요로 한다.

전기 가열방식에서는 순수하게 열에너지만을 독립하여 공급할 수 있으므로 고도의 분위기제어의 적성이 높은 장치의 제작이 용이하며 정도가 높은 온도의 제어성과 함께 고품질의 재료의 개발, 생산에서의 수요는 증대될 것으로 예상된다.

금속재료, 세라믹 재료의 소결, 무산화 열처리, 플렉스레스 납땜 또는 화학재료, 식품 등의 가열가공처리 등 새로운 수요분야가 상정된다.

이상 전기 가열방식의 개요와 응용분야의 개관 및 재래의 가열방식과 다른 기본적 특징에 대하여 해설했다.

*

(87페이지에서 계속)

要點	내용의 대략
정전작업	정전작업을 할 때에는 계폐기로 전기를 끊은 후 다음의 조치를 취해야 된다.
정전시의 조치	(1) 계폐기에는 다음의 어느 조치를 취할 것 <ul style="list-style-type: none"> 1. 작업종 시정조치를 한다 2. 통전금지에 관한 소요사항을 표시해둔다. 3. 감시인을 배치한다.
시정	(2) 전력케이블, 전력 콘센서회로등이 때에는 전류전하를 확실히 방전시킬 것
감시인	(3) 고압, 특별고압의 전로를 열었을 때에는 경전기구로 정전을 확인하고 또한 단락점지기구로 확실히 단락점지를 한다.
잔류전하	통전을 개시할 때에는 다음 사항을 확인할 것 <ul style="list-style-type: none"> (1) 작업원이 감전의 위험성이 있는 위치는 떠났다는 것 (2) 단락점지기구를 제거했다는 것
단락점지	
통전전의 확인	

(b) 기계기구는 지표상 5m 이상의 높이로 시설하고 충전부분의 지표상의 높이를 표 3의 값 이상으로 하고 또한 사람이 접촉될 위험성이 없도록 시설한다.

등이 있으려 이들의 기계기구나 전로에 접근하여 작업할 경우에는 작업의 내용을 고려하여 작업자의 동작폭에서 충분히 이격하여 작업하는 것이 가장 좋은 안전대책이라고 할 수 있다.

또한 표 4, 표 5는 안전작업의 일례와 보호구, 방구의 내압구격이다.

고압 및 특별고압은 저압에 비하여 한층 더 위험하다. 전기를 취급하는 작업자의 설치한 안전관리를 실시함으로써 채택하는 미연에 방지할 수가 있는 것이다.

전기 안전의 지식을 충분히 인식하고 재해방지에 노력해야 된다.

*