

산업 공정의 電氣化

南 副 熙
(江原大 工大 教授)

■ 차 례 ■

- | | |
|-----------|-------------|
| 1. 자동화 | 3.3 플라이필 |
| 2. 電氣의 특징 | 3.4 마이크로파 |
| 3. 電氣기술 | 4. 電氣化의 문제점 |
| 3.1 유도가열 | 5. 電氣化의 전망 |
| 3.2 레이저 | 참 고 문 헌 |

① 자동화

지난 10년동안 생산의 문제는 국제적인 관심사였다. 생산을 증가시키는 방법중의 하나는 자동화(automation)에 의하여 제조시설을 근대화하는 것이다.

자동화에는 대략 세가지 형태가 있다. 그 첫째는 정유, 제지, 강철 공정 같은 연속 공정 제어 방식으로 대부분 컴퓨터를 사용하기 때문에 최소한의 인간 노동자가 필요하며, 자동화가 가장 잘 되어 있다. 둘째 형태는 여러가지 많은 부품으로 대량생산을 위해 전달 콘베이어(transfer conveyor)방법을 사용하는 것이다. 자동차와 같은 산업에서 미국은 1920년대 이후부터 이 방식을 채택하였다. 셋째 형태는 프로그램 할 수 있는 자동화이다. 컴퓨터로 제어되는 산업기계인 로봇트는 이 범주에 속한다. 로봇트는 적당한 컴퓨터 프로그램만을 간단히 바꾸어 다양한 일을 행하게 할 수 있어 능력과 다양성을 발휘한다.

② 電氣의 특징

미국 산업에서 생산비는 최근에 급격히 증가되었다. 노동, 자본, 에너지, 원료, 공장부지, 환경보호 등에 의해 결정되는 생산가격의 상승을 피하기 위하

여는, 이와 관련된 새로운 기술을 개발하고 상업화하도록 노력하여야 한다. 특히 석탄, 석유등의 직접 화력보다는 電氣에 의존한 혁신적인 기술이 요망된다.

그러나 산업체에서 결코 가격이 싸지않은 에너지를 사용하는 공정으로 전환하여 어떻게 돈을 절약할 수 있는가? 현재 미국에서 電氣는 10⁸Btu當 약 \$ 15이며, 반면에 기름값은 \$ 8이고 가스값은 약 \$ 4이다. 이러한 역설에 대한 답은 다음의 電氣에너지의 고유한 성질로 주어진다.

電氣는 여러 에너지중 가장 高度의 형태이다. 電氣는 유용한 일로 100% 변환될 수 있어 회전자를 움직이고, 금속을 녹이고, 분자구조를 분리시켜 화학변화를 일으키게 한다. 반면에 석유같은 에너지는 일을 하도록 변환될 때 대기중으로 약간의 열에너지가 손실된다.

電氣의 高度의 특성은 여러 중요한 의미를 가진다. 첫째로, 電氣는 에너지 소비가 매우 작은 반면에 그 일의 효율은 보다 크다.

또한 電氣에너지는 종래의 열공정에서는 비교할 수 없는 정확도로 용이하게 제어 될 수 있다. 電氣에너지는 정확한 시간 동안 그리고 정확한 양을 매우 한정된 곳에 인가할 수 있다. 電氣는 용적 에너지 침전(volumetric energy deposition)으로 알려진 산업상 중요한 특징인, 물체 내부에 열을 발생시킬 수

도 있다.

다른 연료에너지는 고유의 물리적 성질 때문에 제한된 온도 밖에 얻을 수 없으나 電氣에는 그러한 제한이 없다. 산업용 연소로는 3000°F (1650°C)의 온도까지 얻을 수 있고, 가장 순수한 수소 연료로도 5000°F (2760°C) 이상의 온도는 얻을 수 없다. 그러나 電氣에너지로는 10,000°F (5540°C) 이상의 온도까지도 쉽게 얻을 수 있다.

종래의 연료의존 산업 공정은 보통 한 종류의 연료만을 사용하게 되어 있다. 최근의 에너지 변환과 환원장치는 비싸면서도 電氣와 같은 유연성이 없는 결함을 보이고 있다. 電氣에 의한 공정은 다른 에너지로부터 발생된 電力에 의존한다. 따라서 연료운반이나 취급문제가 수반되지 아니한다.

끝으로, 電氣는 사용이 깨끗하다. 공정이 가해지는 물질에 찌꺼기나 손상을 입히지 않음은 물론, 산업체에게 건강과 안전과 환경보호법등과 연관된 책임과 돈의 부담을 덜어 준다.

따라서 電氣는 산업상 이용에 유일한 잇점을 가지고 있다. 효율, 제어의 용이, 강도, 유연성 및 환경문제등을 고려하여 사용할 때 모든 에너지가 같은 것은 아니다. 電氣로 발생된 단위 열에너지가 기름이나 가스 또는 석탄에 의해 발생된 단위 에너지에 비해 더 비싸기는 하지만, 모든 제조 공정의 필요조건을 고려 한다면, 아마 가장 경제적인 공정의 선택이 될 것이다.

③ 電氣기술

산업의 電化는 제철, 금속, 자동차, 화공업, 석유 공정, 유리, 제지, 식품가공 및 방직과 같은 국가의 기간산업에서 가장 절실하다.

高温 물질 생산분야에서의 으뜸은 금속, 특히 강철 조각을 녹이는데 電氣 아아크로의 사용이다. 電氣 아아크로에서 열공정의 속도와 강도는 보통의 연소로는 가능하지 않았던 것을 가능하게 하여 준다. 電氣爐로 2시간 이하의 작업량을 연소로로는 8시간 이상 걸릴 것이다. 이러한 시간의 용이함은 철광에서 제강공정까지의 여러가지 값비싼 과정을 제거시켜준다.

소형 제철소는 큰 부지를 필요로 하지 않으므로 제철 시장가까이에 편리하게 자리 잡을 수 있다.

American Iron and Steel Institute는 1988년까지 電氣에 의한 제강능력이 50% 이상 성장할 것으로 기대하여, 종래의 대부분 연료의존시설을 電氣化 할

계획이다. 스웨덴의 SKF 제강회사는 1년에 70,000 ton의 해면철 (sponge iron)을 전기로 생산한다. 이 SKF 방법은 전기적으로 발생된 플라즈마 (高温의 ion化된 가스)에 철광을 노출시켜 매우 빠른 화학반응을 일으키게하여 철광의 찌꺼기를 분리해 내는 것이다. 이러한 플라즈마는 그 외에도 금속을 급속히 자르거나 녹이는데 사용된다.

3.1 유도가열

금속을 유용한 상품으로 제조하는데는 고온의 공정이 요구된다. 유도가열은 금속강판을 버리기전에 유연하게 하는 방법으로 널리 쓰이는 예의 하나이다. 유도가열은 그 이름이 암시하듯이, 가열된 물체와 직접 접촉하여 강편에 열이 전달되는 것이 아니라, 그 강편 내부에 실제로 열이 유도된다. 이 방법은 도전성의 강편을 빠르게 움직이는 자계내에 놓아서 강편 자체에 전류가 유도되어 결과적으로 급속가열을 일으킨다.

유도가열은 철, 알루미늄, 마그네슘, 티타늄을 형성하여, 자동차 엔진에서 피스톤과 크랭크축을 연결하는 강봉과 같은 것을 제조하는데 전형적으로 사용된다. 1981년 미국 산업계에서 주조를 제외한 유도 가열만을 위한 시설용량이 5,000-10,000 MW범위로, 이것은 5~10개의 대형발전소의 연간 출력과 맞먹는다. 이러한 이용의 예상기간 증가는 10~15%, 즉 500~1000 MW나 된다.

3.2 레이저

레이저의 전기기술에서 보다 최근이다. 고체나 가스 (산업용으로는 주로 CO₂)를 전기적으로 여차시켜 고강도의 평행 광선 다발로 발생시킨다. 이 빛 다발은 렌즈 거울을 사용하여 초점을 모아 대상 물질의 표면상의 원하는 곳에 바로 에너지를 집중시킬 수 있다. 레이저 빛 다발의 에너지 밀도는 종래의 레이저격인 산소-아세틸렌 토오치 (oxyacetylene torch)보다 100만 배나 강하게 할 수 있다.

레이저는 연소 토오치보다 더 강하고 더 정확하게 사용된다. 예를들어, 레이저는 皮下바늘 내부에 가느다란 구멍을 뚫는데 사용될 수 있다. 레이저는 강도를 높게하면, 이 레이저가 닿는 물질을 문자 그대로 증발시켜 버린다. 또한 레이저의 강도를 낮게하여 應力을 많이 받는 부품의 표면에 열처리 하는데도 사용된다. 피스톤 막대가 연결하는 크랭크축의 열처리하는 자동차 공업에서 레이저가 많이 사용되고 있는 예의 하나이다. 현재 미국에서는 대략 65~70%의 산업용 레이저가 전자부품 생산에 집중되어있어 매

우 작고 섬세한 부품을 자르고, 구멍을 뚫고, 줄을 굿는데 사용된다. 다른 15%는 자동차와 항공산업에 사용된다. 레이저는 컴퓨터 로봇으로 쉽게 다룰 수 있으므로 제조업에서 레이저 이용의 장래는 무궁무진하다. 현재 미국에는 약 4200 ~ 4600의 재료 공정 레이저가 산업계에서 사용된다고 한다.

3.3 홀라이 휠

레이저외에 동극펄스가열 (homopolar pulsed heating) 방식이 고온 재료 제조에 쓰이는데 산업용으로는 아직 실현이 되어있지 않다. 이 기술은 우리에게 익숙한 에너지 저장 장치인 홀라이 휠 (fly-wheel) 을 이용한 것이다. 무겁고 도전성인 홀라이 휠을 매우 고속으로 했다가 갑자기 자계에 놓으면 이때 저장되었던 운동 에너지가 펄스 전류로 변환된다. 이 방법에 의해서 막대한 양의 저장 에너지가 거의 순간적으로 변환되어 공정부품에 전달된다. Schmidt 氏에 의하여 연소로서 수시간 걸리고 전기 유도로써 수분 걸리는 것이 이 펄스 전류에 의해서는 1초내에 강편을 가열시킬 수 있다고 한다. 그러나 이 기술은 아직 실험단계에 있다.

3.4 마이크로 波

中溫이나 저온으로의 전기사용은 가정에 많다. 가정에서 전기적으로 가열, 냉각, 건조는 마이크로波 오븐, 적외선램프, 열 펌프시스템 등으로 소비자에게 익숙해 있다.

산업에서의 마이크로波 기술은 가정의 마이크로波 오븐과 같은 원리이다. 물 같은 화합물은 분자이며 이를 전계에 놓으면 순간적으로 전류방향으로 분자가 배열된다. 전계의 방향이 바뀌면 분자구조도 거꾸로 배열된다. 이러한 분자의 正·逆배열 운동이 물을 함유한 물체내에서 일어나면 급속한 증발로 요리와 건조를 할 수 있는 열을 발생 시킨다.

마이크로波는 식품 가공법에 널리 쓰이는 외에도 방직과 제지에도 우수한 성능을 가져서 물로 세척한 직물이나 나무펠트의 습기를 제거하는데 쓰인다. 또 마이크로波는 고무가공과 금속 주조에서도 매우 중요한 역할을 하고 있다.

끝으로 전기는 음료 산업에도 쓰인다. 맥주나 소오다 깡통전체를 가열하여 휘발성의 솔벤트에서 코팅한 다음 솔벤트를 없애기 위해 가스 오븐에 넣는다. 그러나 電氣를 사용할 경우에는 깡통을 특수 감광 필름으로 코팅하고, 다음에 표면을 자외선 방사선의 형태인 전자파에 노출 시킨다. 이 방법으로 하

면 가스 오븐인 경우 8분 정도 걸리는 것을 약1초에 표면처리가 된다. 그외에도 전기공정은 가스오븐에 의한 솔벤트 증기와 열이 없는 보다 깨끗하고 안전한 작업 환경을 제공해 준다.

④ 전기화의 문제점

새로운 공정방식을 하루밤 사이에 모두 채용할 수는 없다. 왜냐하면 현재의 공장과 설비에 이미 막대한 투자가 되어 있기 때문이다. 막대한 돈이 기존의 산업 생산방법을 위한 설비와 관련되어있고, 또한 이 설비는 자동차나 타자기나 컴퓨터보다 수명이 더 길어 상당기간 동안 더 사용할 수도 있기 때문이다. 그 예로 연소 보일러의 수명은 보통 10년 단위로 측정된다.

산업에서 아마 더 중요한 것은 혁신적인 기술을 자극하는 경제적 압력은 똑같이 기존의 공정특성도 개선하도록 자극하는 사실이다. 예를들면 1970년대 중반이후 산업용 연소장치는 열 회복 시스템의 부착으로 훨씬 더 효율이 좋아지고 보다 더 좋은 제어특성을 갖게 되었다. 이러한 개선은 새로운 공정방법이 움직이는 목표를 뒤쫓고 있음을 뜻한다. 또한 새로운 공정법을 따를때는 회사의 인사구조와 일의 순서를 재배치해야 하는데 시간이 걸리게 되고, 그에 따른 문제가 야기된다. 따라서 이러한 압초의 공포는 새로운 것을 선뜻 받아들이지 못하게 한다.

다른 사람이 먼저 이런 모험을 해주기를 바라고 있는 것은 사태를 더욱 지연 시킨다. 시장구조가 좋은 산업 구조에서는 더욱 그러하여 “하필 왜 내가?” 라는 질문이 나온다. 현재 회사가 잘 운영되고 있는 한 새로운 공정에 의한 위험을 택하기 보다는 종전처럼 유지시키는 것이 더 쉬운 방법이기 때문이다. 강철이나 화공업과 같은 주기성 산업에서는 앞으로의 수요의 불확실성도 또한 혁신의 방해요소가 될 수 있다.

⑤ 전기화의 전망

모든전기기술이 비용절감을 가져오는 것은 아니다. 때로는 이익이 되지 않을때도 있다. 그러나 모든 생산요인을 고려할때 새로운 전기공정이 많은 분야에서 바람직하게 보인다.

미국의 선도기업중 하나인 GM 社는 산업에 팔리는 전기의 1% 이상을 이미 소비하고 있는데 電化 공정을 서두르고 있다. 이 덩치큰 자동차 메이커는

우선 금속의 용해, 다이 캐스팅 (die-casting), 열처리, 그리고 버리는 것같은 고온공정을 電化하는데 중점을 두고 있으며, 현재의 에너지 사용 비율은 가스가 75%이고 전기가 25%인데 이를 앞으로 10년안에 전기의 비율을 60~70%로 할 계획이다. 이는 재료의 손실과 노동임금을 낮추고 공장 부지도 감소시키며 환경 보호의 이익을 얻게하리라는 전망이다.

電化에서 중요한 역할을 하는 것은 컴퓨터이다. 산업공정을 유도하는 컴퓨터는 판단을 신속하게 할 수 있으므로 電化된 공정은 이 지시에 시간 지연없이 응답한다. 이것은 자연적인 결합이다. 마이크로 프로세서가 電化공정에 매체를 제공하는 것은 물이 물고기에게 매체를 제공하는 것과 같다. 1980년 12월 Time 지에 의하면 일본은 10,000 개의, 미국은 3,000 개의 산업용 로봇을 가지고 있다 한다. 로봇에 대한 과장선전이나 성급한 기대 때문에 일반대중의 로봇에 대한 개념은 환상적이

다. 아직은 그 역할이 기대하는 것보다 훨씬 미흡한 실정이다. 다목적 감각장치를 부착시켜 로봇의 제어 시스템을 완성해야하고 컴퓨터를 다루는 언어를 개발해서 비전문가도 로봇을 움직일 수 있도록 해야하며 로봇이 최소의 생산비로 최선의 효율을 발휘하도록 프로그래밍하기 위해서는 로봇의 운영특성을 해석하고 설계하는 진보된 방법이 공정의 電化에 선행되어야만 한다.

참 고 문 헌

- 1) J. Y. S. Luh ; "An Anatomy of Industrial Robots and their Controls", IEEE Transaction on Automatic Control, Vol. AC-28, No. 2, Feb. 1983.
- 2) IEEE Power Engineering Review, March 1983.