

# 유도가열방식 히팅 롤 기술

박 희 창 / 한국기계연구원 지능형정밀기계연구본부, 책임연구원

## 히팅 롤 개요

윤전기식 가공기계에서 생산하는 과자나 식음료의 포장재, 섬유류, 문구 등을 제작할 때 원단을 코팅(coating)하거나, 자기 테이프나 부직포의 라미네이팅(laminating)이나 열융착 가공 시에는 원단이 닿는 실린더 롤(roll) 표면에 필요한 열을 가하고, 열이 원단에 전달되도록 하여야 한다. 또는 인쇄원단이나 섬유류의 카렌다(calender), 시즈닝(seasoning) 등의 열처리 공정에서도 실린더 롤 표면에 일정한 열을 가하여 원단에 열을 전달할 필요가 있다. 이와 같이 열을 가하는 실린더 롤을 히팅 롤이라고 하고, 대부분 히팅 롤에 원단이 감겨 지나갈 때 다른 롤에 의해 압착하면서 원단에 필요한 압력을 가하는 경우가 많다. 지금까지 사용되고 있는 히팅 롤에 열을 가하는 방법으로는, 실린더 내부를 오일이 순환할 수 있게 하고 그 오일을 외부의 보일러에 의해 가열하는 방법과, 실린더 내부에 히터를 삽입하고 전기를 공급하여 내부 히터에 의해 실린더 표면이 열을 전도시키는 방법이 있다. 그림 1에 히팅 롤이 현재

산업계에서 사용되고 있는 예를 나타낸다. 그러나 오일을 순환시키는 방법은 보일러 및 배관 등 설비가 복잡하고, 배관에 의한 누수 때문에 설비 주위가 지저분해지는 단점이 있다. 내부 히터 삽입 방법은 높은 온도를 얻기 위해서 히터를 여러 개 삽입해야 할 뿐만 아니라, 실린더 표면의 온도 분포를 고르게 하기 위해서 내부 히터의 배치에 상당한 주의를 기울여야 하고, 온도분포를 고르게 하는 것에도 한계가 있다. 실린더 표면의 온도분포가 고르지 못하면 원단에 가해지는 열량이 위치에 따라 달라 원단에 주름이 가거나 품질이 균일해지지 못하는 결점이 있게 된다.

## 유도가열방식 히팅 롤 기술

유도가열방식 히팅 롤은 그림 2와 같은 구조와 원리로 되어 있다. 즉, 유도코일에 교류 전류를 흘리면 코일을 관통하는 방향으로 자

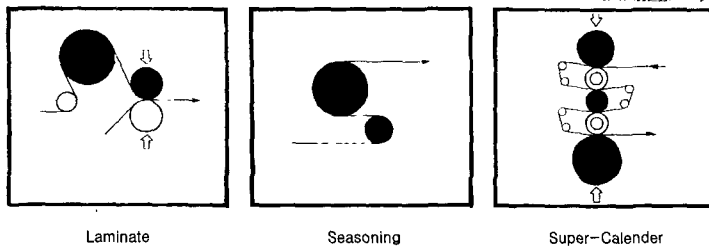


그림 1 히팅 롤의 용도

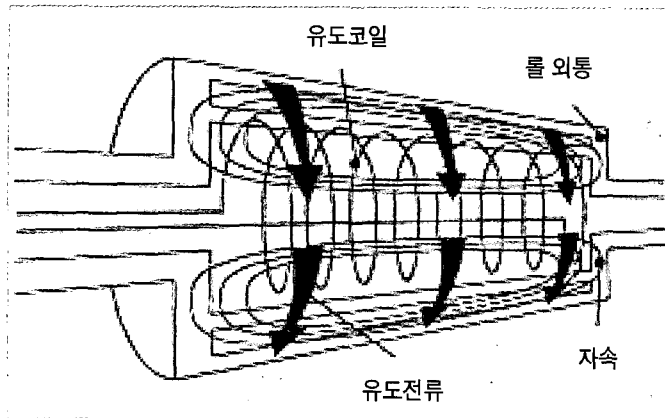


그림 2 유도가열 히팅 롤의 원리

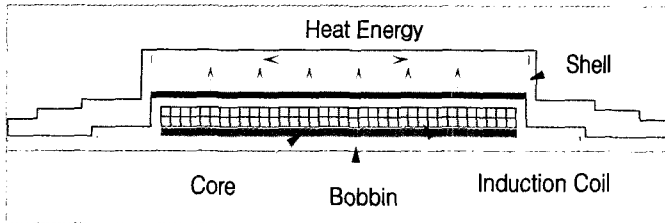


그림 3 유도가열 히팅 롤의 단면도

속이 발생하여, 측면의 공극을 건너서 바깥 부분의 자성체인 히팅 롤 외통 부분을 통하여 이동하면 이 자속을 직각으로 쇄교하는 방향으로 전류가 유기되는데, 이 전류와 외통의 저항에 의하여 히팅 롤 외통에 열이 발생한다. 이 때, 원단과 접촉하는 외통이 회전을 하고 원단에 열을 전달하여 일정온도로 가열되도록 한다. 유도코일의 내부에는 자속의 포화를 막고 저항을 줄이기 위하여 고무 자을 재료로 된 규소강판 코어를 삽입하여 자기회로를 구성한다. 따라서 유도코일에 의하여 발생된 자속은 코일 내부의 코어를 통과하여 외통을 거쳐 회전하게 된다. 유도코일에 인가하는 전류는 교류전류이기 때문에 교류가 흐르는 방향에 따라 자속도 크기와 방향을 바꾸며, 외통에서 시간에 따라 변화

하는 자속과 직각으로 쇄교하는 방향으로 전류가 유도된다. 이것을 유도전류라고 한다. 그림 3에는 유도가열 히팅 롤의 단면도를 보였다. 외통과 유도코일 부분은 분리되어 있으며, 외통은 회전하나, 유도코일, 코어, 보빈은 회전하지 않는다. 시간에 따라 변화하는 자속은 교류이기 때문에 표피효과(skin effect)에 의해 대부분 유도코일의 내향면인 외통의 내표면을 통과하여 흐르게 된다. 따라서 유도전류도 외통의 내표면에 따라 발생하므로 열도 내표면에서 발생한다. 발생한 열은 재질이 일반철인 외통의 바깥으로 전도되며 동시에 좌우로도 퍼져 외통의 외표면에 전달하여 원단과 닿게 된다. 이 때 롤은 구조상 좌우에 브라켓 구조를 이루고 있으므로, 발생한 열은 이곳으로 많이 전도되어 열손실을 일으키며, 표면의 중앙

부위보다 가장자리의 온도가 현격하게 저하하게 되어 표면온도 분포특성을 나쁘게 하고 있다. 좌우 브라켓 구조에 의한 열손실도 있지만, 유도전류의 발생도 중앙 부위가 가장 자리보다 밀도가 높아 더욱더 열의 차이가 발생한다. 이 표면온도 분포특성을 균일하게 하기 위한 보상방법으로는, 외통의 외곽부분에 열확산매체인 히트 파이프를 삽입하여 확산시키는 방법이 있다. 그림 4에는 이 분야에서 세계적 기술을 보유하고 있는 일본의 도꾸덴 사의 유도가열 자켓 롤 구조를 보였다. 이 제품의 경우에는 히트 파이프를 사용하지 않고 롤의 외통 내부 전체를 자켓으로 만들고 히트 파이프 처리한 것이 특징으로 표면의 온도편차가 매우 작은 것이 장점이다.

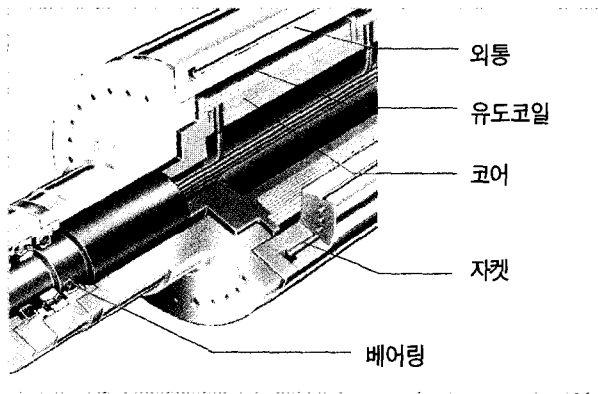


그림 4 일본 도꾸멘 사의 자켓롤

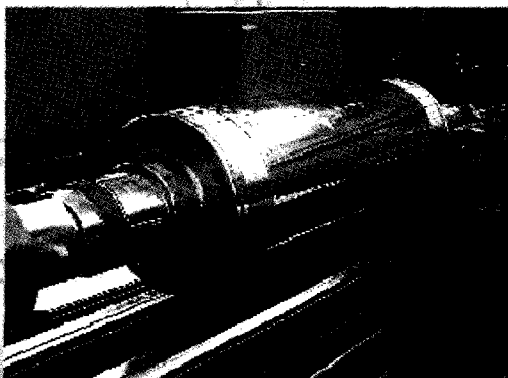
### 유도가열방식 히팅 롤 시제품

비디오 테이프의 열처리 코팅에 사용되는 용도로 유도가열방식 히팅 롤의 시제품을 설계, 제작하였다. 직경  $\phi 345\text{mm}$ , 전체 길이  $1,970\text{mm}$ , 롤 길이는  $880\text{mm}$ 이다. 원단이 달는 유효길이는  $730\text{mm}$ 이며, 이 구간은 두께를  $2.5\text{mm}$  더 주어 이 부분의 코팅 유지 보수작업을 지속적으로 수행할 수 있도록 하였다. 투입전원은  $220\text{V}$ ,  $60\text{Hz}$ 이며, 용량은 약  $30\text{KVA}$ 로 목표 표면온도는  $140^\circ\text{C}$ 이다. 롤의 하중은  $450\text{kg/cm}$  등분포하중이며, 표

면 코팅은 경질크롬도금  $200\mu\text{m}$  이상과 표면조도  $0.1\text{s}$  이하로 제작하였다. 성능시험은 선반형태의 회전시험대를 제작하여 여기에 히팅 롤을 장착하고, 히팅 롤을 회전시키면서 온도를 측정하였다. 표면 온도 확산을 위한 히트 파이프는, 직경  $\phi 22.2\text{mm}$  히트 파이프를 20개 삽입하여 시험한 결과는 온도편차가  $\pm 1$ 도였으며, 여기에 다시 직경  $\phi 12.7\text{mm}$  히트 파이프를 20개 더 보강하여 시험하여 본 결

과로는 온도편차가 매우 균일하여 유효장 이내에서는  $150$ 도 목표온도에서 편차가  $\pm 0.5$ 도 이내에 들어와 요구사항을 충분히 만족시킬 수 있었다. 그림 5는 현재 현장에서 운용 중인 유도가열방식 히팅 롤의 사진이다.

나노산업 및 정보통신 산업의 발달로 특수 필름의 개발과 수요가 증가하고 있어서, 기존의 단순 열처리 공정에서 청정환경에서의 초정밀 온도분포에 의한 열처리공정 수요가 증가함에 따라 이러한 특징이 있는 유도가열방식 히팅 롤의 수요는 크게 증가할 것으로 전망된다. ▶ 박중호 위원 : jhpark@kimm.re.kr



현장에서 운용 중인 유도가열 히팅 롤 시제품

