

BAF에서 분위기 가스의 수소 성분이 생산성에 미치는 영향

Effect of Productivity on the Hydrogen Content of Atmospheric gas in the BAF

김 순 경(동의공업전문대), 전 언 찬(동아대 공대), 김 문 경(부산대 대학원)

S.K.,Kim (Dong-eui Tech. Jun. College), E.C,Jeon (Dong-A Univ.), M,K,Kim (Graduate School, Pusan Univ.)

Abstract

In recently, annealing process of cold rolled sheet tend to change to continuous annealing process for improving quality, saving yield. In the meantime as demand for various kind and small lot of products has been increasing, batch annealing has been appreciated for its small restriction for the operation. So, we tested on the effect for a hydrogen contents of atmospheric gas at annealing furnace. As a result of several investigation. We confirmed for the following characteristics ; improved productivity, uniform heating, improved surface quality, saving energy. Therefore, the use of hydrogen instead of nitrogen as the protective gas, combined with high convection in batch annealing furnaces, has shown that considerable increases in furnace output and material quality are attainable. Owing to the low density, high diffusion and reducing character of hydrogen, a better transfer resulting in uniform material temperatures and improved coil surfaces can be achieved.

Key words : cold rolled sheet (냉간 압연강판), continuous annealing (연속소둔), improving quality (품질 향상), saving yield (수율 향상), atmospheric gas (분위기 가스), annealing furnace(소둔로)

1. 서 론

자동차, 가전제품 그리고 건축 자재용으로 많이 사용되는 냉간 압연 강판은 냉간 압연 가공중에 발생된 응력을 제거하고 우수한 가공성을 부여하기 위하여 고온에서 소둔 처리를 통해 재결정이 일어나게 한다. 냉연 강판을 열처리하는 소둔 처리는 소품종 대량생산에 적합한 연속 소둔(CAL: Continuous Annealing Line)방법과 다품종 소량생산에 주로 사용되는 BAF(Batch Annealing Furnace)에 의한 Batch소둔 방법으로 분류되며, 최근에 신설되는 소둔 장치는 비철·특수강 등 다품종 소량생산 분야를 제외하면 연속 소둔장치가 주종을 이루고 있으나, 현재까지 국내에서는 BAF가 주종을 이루고 있다.¹⁾ BAF소둔의 문제점으로 대두되고 있는 생산성 향상, 에너지 절감, 수율 향상을 위하여 많은 연구가 진행

되고 있으나 설비상의 문제점을 완전하게 극복하지 못하고 있다.

이와 같은 설비의 문제점을 해결하기 위하여 최근에는 전열성과 환원성이 우수한 분위기 가스의 수소 함량을 증가시키는 방안이 실용화되어 수소 함량의 증가에 따른 생산성 향상에 관한 연구가 부분적으로 진행되고 있다. 특히 자동차 외판용과 가전제품용 강판에서 가장 중요한 판면 청정도의 개선 효과와 사이클 제어 온도가 소둔처리시간에 미치는 영향 등에 대한 연구 결과는 거의 없다.

따라서 본 연구에서는 BAF소둔에서 가장 많이 사용되고 있는 75% H₂ BAF와 HNx BAF를 중심으로 소둔 사이클을 비교하였다. 생산성은 가열과 냉각으로 구분하여 비교하고 강종별 폭별로 구분하여 비교하였다.

2. 실험 장치 및 방법

2.1 실험 재료

본 실험에 사용한 냉연가공 강판은 SAE 1008 이며, 그 화학적 성분과 기계적 성질은 Table 1과 Table 2에 나타냈으며, Table 3은 소둔작업시 사용되는 분위기 가스의 수소와 질소의 성질을 비교하여 나타낸 것이다.

Table 1 Chemical compositions of specimen(wt.%)

Material	C	Si	Mn	Al	Cu
SAE 1008	0.050	0.009	0.250	0.010	0.010

Table 3 Physical properties of hydrogen and nitrogen. (at 250K).

Items	H2 (a)	N2 (b)	a/b
Thermal conductivity (W/m.K)	0.157	0.0222	7
Viscosity (N · s/m ²)	7.89×10^{-6}	15.49×10^{-6}	1/2
Diffusion coefficient (m ² /s)	81.4×10^{-6}	11.48×10^{-6}	7
Density (kg/m ³)	0.097	1.348	1/14

그리고 실험재료인 강판은 냉간 압연 가공후 전해탈시를 한 코일이며, 두께는 1.0 mm이며 폭은 1,219 mm 인 코일을 사용하였다.

2.2 실험 장치

BAF소둔에서 전열은 Fig. 1에서 보는 바와 같이 전도와 대류에 의하여 대부분 이루어지며 복사에 의한 경우는 아주 적다. 전도와 대류 중에서도 대류가 더 큰 변수를 가지고 있으므로 열전달은 분위기 가스의 종류에 따라 크게 변하게 된다. 일반적으로 3AF 소둔에서 분위기 가스는 HN_x BAF와 수소 분위기 가스를 사용하는 H₂ BAF로 구분된다. 최근에 주로 사용되는 100% H₂ BAF 소둔도 있으나 장치는 H₂ BAF와 같다.

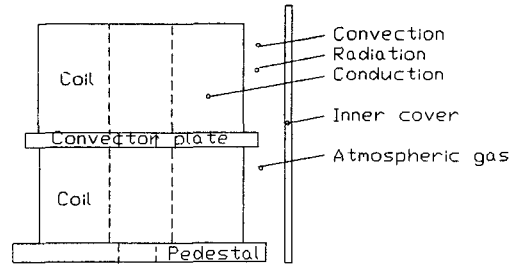


Fig. 1 Schematic diagram for mechanism of heat transfer

따라서 소둔 처리 로의 구성은 Fig. 2에서 보는 바와 같고, 가열장치인 로와 화염이 강판에 직접 닿지 못하게 차단시켜 주는 Inner cover가 있으며, 이와 같은 장치의 받침대 역할과 분위기 가스의 흐름을 원활하게 해주기 위한 Base와 Fan으로 구성되어 있다.

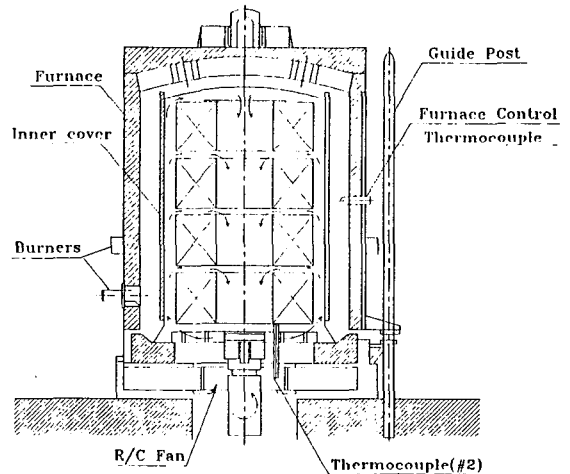


Fig. 2 Schematic diagram of HN_x BAF

BAF에서 HN_x가스를 사용하는 경우 Fig. 2에서와 같이 설치가 용이한 Base에 온도제어용 열전대(#2 TC)를 설치하여 코일온도를 제어하고 냉각시에는 자연냉각에 의존 하지만, Ax나 H₂ 분위기 가스를 사용하는 경우에는 Inner Cover와 코일사이에 설치된 열전대(#11 TC)로 분위기 가스의 온도를 제어하며 냉각시에는 수냉에 의한 강제냉각 방법을 사용하여 냉각시간을 단축시킨다.

2. 3 실험 방법

적입 코일의 열전대 설치 위치는 Fig. 3에서와 같이 코일의 외권부와 중권부에 설치하였다.

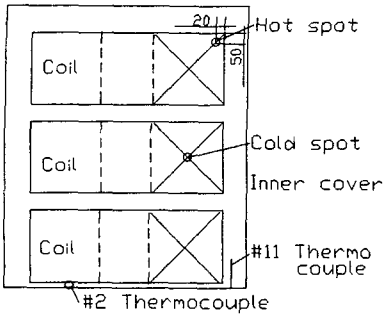


Fig. 3 Thermocouple location diagram of coil.

냉연제품의 가공과정은 Fig. 4에서와 같이 6개 공정으로 구분되어 있으며, 냉연과 전해청정을 한 후 판 면을 깨끗하게 하여 소둔 처리하였다.

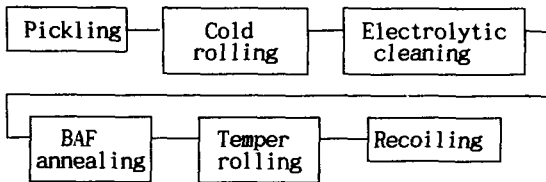


Fig. 4 Process of cold rolling

본 실험은 가장 일반적인 소둔방법을 사용하였으며, HNx 가스와 Ax, H₂ 가스를 분위기 가스로 사용하였을 때 가열 및 냉각시간을 비교하여 BAF 열처리에서 가장 중요한 생산성의 향상에 대하여 조사하되 강판의 종류별, 특별로 구분하여 조사하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

3. 1 소둔 사이클 비교

HNx와 H₂ BAF에서의 소둔 시간을 조사해 본 결과 Fig. 5에서와 같이 HNx가스의 경우는 가열시 저온점이 680℃까지 도달하는데 48시간이 소요되었고 소둔 사이클인 가열 및 냉각시 80℃까지 냉종을 할 경우 약 135시간 정도가 소요되었다. 그러나 Ax가스인 경우는 Fig. 6에서와 같이 가열 및 냉각시간을 포함한 소둔시간은 50시간 소요되어 HNx BAF와 비교하면 2.7배정도 시간이 단축됨을 알 수 있다.

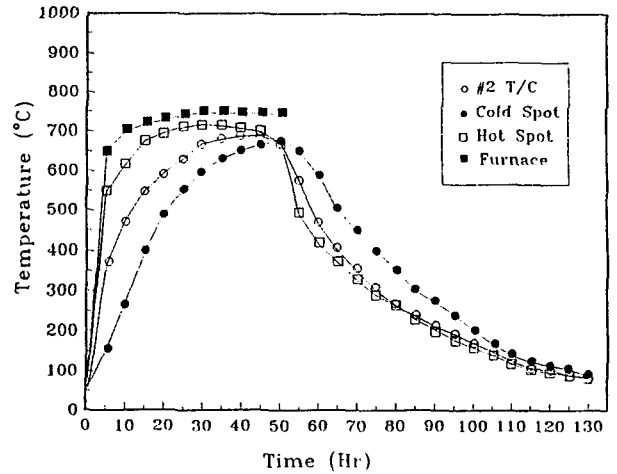


Fig. 5 Relation between annealing cycle time and temperature in the HNx BAF.

이 결과는 수소가 질소에 비하여 열전달계수가 높고 유량이 많기 때문에 감소되며, 공냉방식인 HNx BAF보다 수냉식인 H₂ BAF가 3배이상 빠르게 냉각되기 때문이다.²⁻⁴⁾

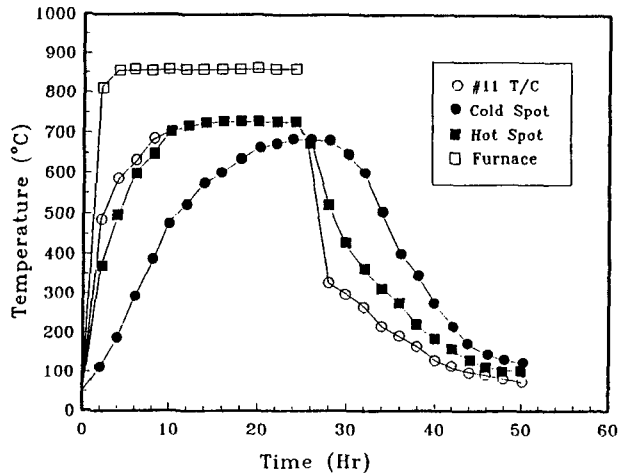


Fig. 6 Relation between annealing cycle time and temperature in the H₂ BAF.

3. 2 BAF별 생산성 비교

냉간 압연제품은 일반적으로 1종(CQ: Commercial quality) · 2종(DQ: Drawing quality) · 3종(DDQ: Deep drawing quality)으로 분류하고 있다. H₂ BAF에서는 수소가 75%인 Ax분위기 가스를 사용하였다.

Fig. 7 에서는 보편적으로 사용되는 1종의 생산성을 가열과 냉각으로 구분하여 비교한 것으로서 가열 시에는 HNx BAF보다 H₂ BAF의 생산성이 1.7배 정도 높고 냉각시에는 약 2.7배 정도 높으며, 전체 사이클을 비교하면 HNx BAF에 대비하여 H₂ BAF의 생산성이 2.2배 정도 높게 나타났다. 이와 같은 현상은 가열시에는 수소가스의 열전달계수가 질소 가스보다 높기 때문이며, 냉각시에는 H₂ BAF의 경우 Cooling cover를 사용하기 때문이라고 생각된다.⁵⁻⁶⁾

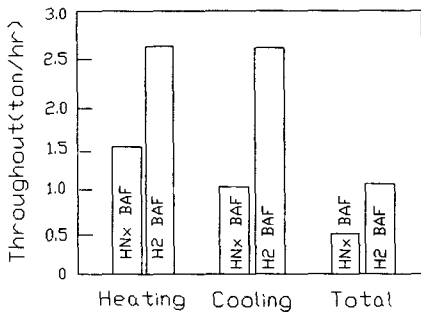


Fig. 7 Comparison of H₂ BAF with HNx BAF on the productivity of commercial quality

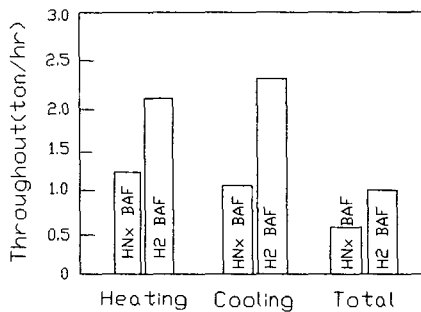


Fig. 8 Comparison of H₂ BAF with HNx BAF on the productivity of drawing quality.

Fig. 8에서와 같이 2종의 경우도 1종과 거의 유사하며 가열시 H₂ BAF의 생산성이 HNx BAF의 1.6 배 정도 높고 냉각시에는 2.3배 정도 높다. 3종 제품의 생산성 향상 정도는 Fig. 9 에서와 같이 가열시 1종과 동일한 1.7배로 그리고 냉각시에는 2.4배 정도로 높게 나타났다.

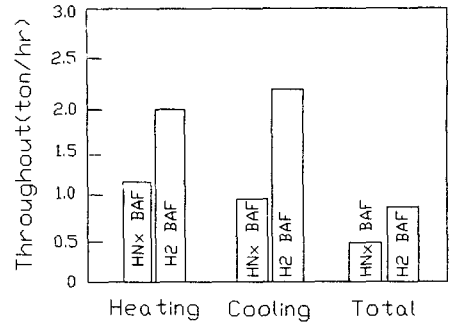


Fig. 9 Comparison of H₂ BAF with HNx BAF on the productivity of deep drawing quality.

3.3 Ax와 H₂ 가스의 생산성 비교

수소가 75%인 Ax가스와 100%인 H₂ 분위기 가스를 사용하는 H₂ BAF에서 온도 편차에 따른 가열 및 냉각시간을 Fig. 10과 Fig. 11에 나타냈다. 여기서 온도편차는 저온점과 고온점의 편차를 의미하며, 일반적으로 CQ는 50℃, DQ는 30~40℃정도가 적당하며 DDQ는 20℃로 정하여 소둔처리를 한다.

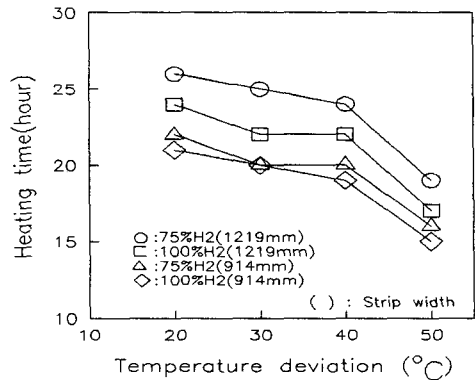


Fig. 10 Relationship between temperature deviation and heating time in the H₂ BAF

가열시에는 온도 편차가 적을수록 가열시간이 많이 소요되나 온도 편차 30~40℃에서는 큰 편차가 없으며, 냉각시에는 전체적으로 큰 차이는 없지만, 편차가 적을수록 시간이 많이 소요됨을 알 수 있다.

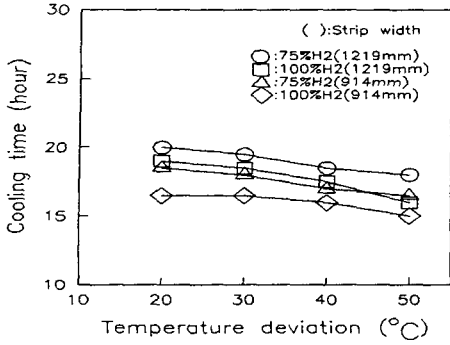


Fig. 11 Relationship between temperature deviation and cooling time in the H₂ BAF

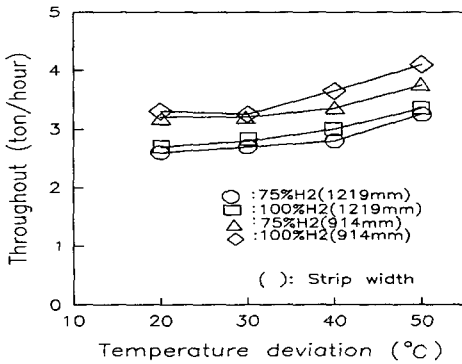


Fig. 12 Relationship between temperature deviation and throughput on the heating time

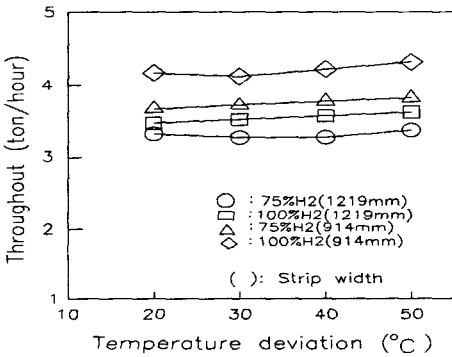


Fig. 13 Relationship between temperature deviation and throughput on the cooling time

Fig. 12와 Fig. 13은 H₂ BAF에서 강종별, 폭별로 생산성을 비교한 것으로서 1종의 생산성이 3종보다 큼을 알 수 있다.

4. 결 론

다품종 소량 생산에 적합한 BAF 소둔처리시 H₂ BAF와 HN_x BAF의 특성에 따른 생산성을 비교 연구한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 가열시간은 75%H₂ BAF가 24시간, HN_x BAF가 48시간 소요되어 H₂ BAF가 2배정도 빠르다.

2) 생산성은 75% H₂ BAF가 HN_x BAF 소둔시에 비하여 1종 제품의 경우는 2.2배, 2종과 3종은 약 2배 정도 높다.

3) H₂ BAF에서 강판이 소폭(914mm)이고 100 수 소 분위기 가스인 경우 소둔 처리시간이 가장 작게 소요되어 생산성이 향상된다.

4) 환원성이 우수한 H₂ BAF에서 냉각시에는 강판의 폭이나 강종에 따른 소둔 생산성의 차이가 거의 없다.

참 고 문 헌

- Mizikar, E. A., Veitch, R. A., and Bresky, N.P.; Improved Quality and Productivity from Batch Annealing, American Iron and Steel Institute Regional Technical Meeting, Nov. 9, pp.125-127, 1972
- Rao.T.R.S, Barth.G.J, Miller.J.R ; Computer Model Prediction of Heating, Soaking and Cooling Times in Batch Coil Annealing, Iron and Steel Engineer, Semp., pp.22-31, 1983
- Perrin, A. R., Guthrie, R., and Stonehill, B.; The Process Technology of Batch Annealing, Iron and Steel Maker, Oct., p28, 1988
- 西野隆夫, 芝下壽夫, 宮崎英明, 齊藤康行 ; 100% 水素爐の設備と操業事項, 住友金屬, vol.44, pp.51-52, 1992
- Heribert L.; The HICON/H₂ bell Annealer of 1989, Iron and Steel Engineer, March, p.43, 1990
- Heribert L.; Annealing Cold Rolled Strip in Hi-Con./H₂ Bell Annealer, Iron and Steel Engineer, vol 4, p.46, 1988