

技術資料

自動車用 알루미늄製 熱交換器의 熔接

芮 秉 浚

Brazed Aluminium Heat-Exchanger for Automobile Applications

B. J. Ye

1. 개 요

1-1 열교환기(熱交換器)

自動車에는 엔진, 오일의 냉각과 에어컨용으로 여러 가지의 열교환기가 사용된다. 열교환기는 우선 熱交換性能이 좋을 필요가 있기 때문에 熱傳導性이 좋은 구리나 알루미늄이 주로 사용된다. 콘덴서 (Condenser) 나 이바퍼레이터 (Evaporator) 등에는 전부터 알루미늄을 사용해 왔으나 輕量化를 目的으로 라디에터 (Radiator)도 알루미늄으로 바꾸어 가고 있다. 따라서 새로운 材料에 따른 새로운 工法의 採用이 부득이다.

自動車の 熱交換器는 表 1에 分類되어 있다.

表 1. 熱交換器의 種類

| 媒 體        | 熱 交 換 器      | 用 途        |
|------------|--------------|------------|
| 물 ↔ 공기     | RADIATOR     | 엔진 냉각      |
|            | HEATER CORE  | 실내 난방      |
| FREON ↔ 공기 | CONDENSER    | 실내 열의 방출   |
|            | EVAPORATOR   | 실내 냉방      |
| OIL ↔ 공기   | OIL COOLER   | 각종 OIL의 냉각 |
| 공기 ↔ 공기    | INTER COOLER | 연소용호흡공기의냉각 |

이중에서 Condenser, Evaporator, Oil-cooler 등은 알루미늄製가 사용되어 왔다. 라디에터에는 초기에 알루미늄製가 쓰이다가 그후 구리 또는 黃銅製가 오랫동안 사용되어 왔다. 근래 약 5년전부터 다시 알루미늄製로 점차 바뀌어 가고 있다.

Heater Core에도 현재 일부 차종에 사용되고 있지만 알루미늄製의 비율이 라디에터의 그것에 비해 떨어진다. Radiator와 Heater Core의 알루미늄化가 유

럽에서 일찍 시작되었고 미국에서도 급격히 추진되고 있다. 더구나 최근의 Inter-Cooler도 알루미늄으로 만들어졌다.

1.2 材 料

알루미늄 열교환기의 재료는 熱交換性能, 耐食性, 耐壓性, 加工性등을 고려해서 선택되어진다. 表 2는 Radiator, Condenser, Evaporator의 代表的 材料의 使用例를 보여준 것이다. A3003, A1050이 주로 많이 사용된다. 耐食性의 면에서는 A3003이 좋고 압출가공성은 A1050이 좋다.

表 2. 各種熱交換器의 材料

| 熱 交 換 器    | FIN    | TUBE   | 座 板  |
|------------|--------|--------|--|
| RADIATOR   | A 3003 | A 3003 | A 3003<br>A 6951<br>Zn Plated<br>Steal Plate |
|            | A 6951 | A 3203 |  |
|            | A 1050 |        |  |
| CONDENSER  | A 3003 | A 1050 |  |
| EVAPORATOR | A 3003 | A 1050 |  |
|            |        | A 3003 |  |

1.3 工 法

自動車 部品은 量産性을 고려하지 않을 수 없는데 이를 위해 여러가지 방법의 接合法이 개발되었다.

그림 1은 그중 브레이징방법의 종류를 나타낸다.

浸漬 brazing은 flux를 용융시켜 그 안에 부품을 넣고 접합시키는 方法이다.

이 방법은 量産性이 낮고 flux의 소모가 많은 결함이 있어 현재는 거의 사용하지 않는다.

爐中 brazing은 flux를 接合部品에 도포하여 그것을 爐中(空氣中)에서 加熱시켜서 접합하는 方法으로 Condenser, Radiator 등에 사용한다.

調整雰圍氣 brazing 은 flux 를 사용해서 불활성가스 中에서 접합시키는 방법이다. 최근 Condenser 등에 채용되는 Nocolok 法이 있다.

眞空 brazing 은 브레이징材에 들어있는 마그네시움을 진공중에 증발시켜 알루미늄의 산화피막을 파괴시켜 접합하는 방법으로 각종 알루미늄熱交換器의 제조에 많이 쓰이고 있다.

不活性가스분위기 brazing 은 질소가스중에서 행하며 VAW法이라고도 한다. VAW法은 유럽에서 Radiator에 채용되고 있다.

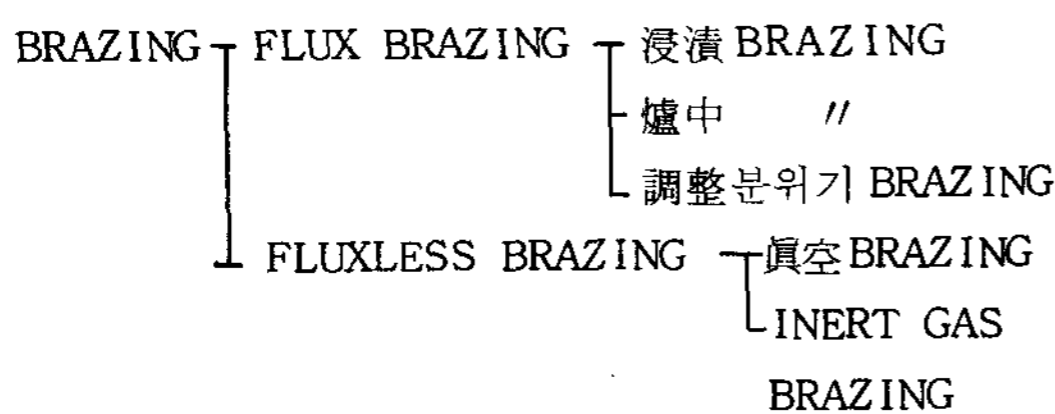


그림 1. 알루미늄 熱交換器의 BRAZING 法

1.4 耐食性

알루미늄열교환기에서 특별히 주의를 요하는 부분은 내식성이다. 알루미늄은 표면에 산화피막 ( Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> )이 형성되어 그 피막이 파괴될 때 부식이 발생한다. 그 피막의 파괴요인이 여러가지가 있다고 보고되어 있는데 자동차용 열교환기로서는 Cl<sup>-</sup>, So<sub>4</sub><sup>-</sup>, Cu<sup>++</sup> 등이 주요 원인으로 꼽혀진다. Condenser, Oil-Cooler 등에서는 외면이 문제이다. 그 이유는 이런 열교환기의 내면에 흐르는 열교환매체가 Freon 또는 Oil로서 보통 내면의 부식은 문제가 되지않는다.

Radiator 등에서는 냉각수로부터 내면부식의 문제가 있으므로 내면, 외면 모두의 내식성에 주의가 필요하다.

외면부식은 지역에 따라 크게 다르다. 특히 미국의 북부, 유럽, 일본의 북해도등 겨울철 路面凍結防止劑 (NaCl, CaCl<sub>2</sub>)를 많이 사용하는 경우와 해안지방에서는 부식의 정도가 다른 지역에 비해 월등히 심하다. 현대의 차중에서도 열교환기의 부식환경은 그 차의 레이아웃 (layout)에 따라 다르다. 일반적으로 엔진의 전면에 나가있는 라디에타와 콘덴서등이 부식환경의 영향을 많이 받는다.

라디에터와 히터코아는 냉각수에서 오는 내면부식의 문제가 있다. LLC (long life coolant)는 冷却水의 凍結防止등의 목적외에 부식방지의 목적이 있으므로 각종 부식방지제 (inhibitor)가 들어 있다. LLC의 농도가 충분히 높으면 냉각수의 수질이 어느정도 나빠도

부식을 방지할 수 있다.

外面의 부식방지에는 두가지 방법이 있다. 그중 하나는 fin材에 tube材보다 電位가 낮은(부식이 쉬운) 아연 또는 주석을 첨가한 알루미늄합금을 使用하는 방법이다. 다른 한가지 방법은 tube表面에 tube의 芯材(안쪽재료)보다 전위가 낮은 Al-Zn 合金層을 만드는 방법이다.

2. Nocolok 공법

2.1 장단점

代表的인 브레이징공법의 각 기능별 비교가 表 3에 잘 나타나있다. 그중 Nocolok Flux Brazing 방식은 Aluminum Co. of Canade, Ltd.에서 개발한 방식으로 현재 미국을 비롯하여 영국, 서독, 일본등지에서 사용되어지고 있다. 이 방식은 flux를 사용하는 방식의 결점인 부식성 잔류물 (corrosive residues)이 없다는 장점이 있다. 비록 불활성 분위기를 사용해야 하지만 fluxless brazing process에 비해 爐내의 분위기 조절이 훨씬 용이하다는 장점이 있다. 그림 2에 이 공법의 장점들이 요약되어 있다.

ADVANTAGES OF NOCOLOK PROCESS

PROCESSING ADVANTAGES

- FLUX EASILY APPLIED
- LESS CRITICAL FURNACH ATMOSPHERE
- EQUIPMENT REQUIREMENTS SIMPLE
- FLUX RESIDUE REMOVAL NOT REQUIRED
- EASY EFFLUENT TREATMENTS
- FLUX STORAGE SIMPLE

TECHNICAL ADVANTAGES

- FLUX IS INERT AND NON CORROSIVE
- GOOD TOLERANCE TO FII-UP IMPERFECTIONS
- GOOD GAP FILLING
- HIGHER CORROSION RESISTANCE
- ALLOY COMBINATTONS
- ZINC PRECIPITATION TREATMENT
- BRAZED SURFACE SUITABLE FOR CHROMATE / PAINTING

그림 2. NOCOLOK 공법의 장점들

2.2 FLUX

그림 3에 Nocolok flux의 성분에 관한 상태도를 보여주고 있는데 이것은 흰색의 200 mesh보다 고운 분

말로 되어 있고  $K_3AlF_6$  와  $KAIF_4$  의 공정 혼합물이다. 이것은 브레이징용도의 용융온도 바로 아래에서 녹기 시작해서 브레이징온도에서는 완전히 녹은 상태이다. 그 녹은 flux는 표면의 산화알루미늄 ( $Al_2O_3$ ) 과 반응하여 이것을 제거시켜 브레이징이 잘 되게 하지만 고체상태 또는 녹은상태의 알루미늄과 반응을 하지는 않는다. 이 flux는 브레이징前後에 불활성이어서 수분을 흡수하지 않아 무한정 계속해서 사용 가능하다.

이 flux는 aqueous slurry (걸쭉한 혼합물)로 준비되어 침적(담그기), 띄우기, 또는 분사등의 방법으로 제품에 적용된다. 침적(浸漬: immersion)방식은 가장 간편한 방법이다.

flux를 적용하고나서 브레이징하기 전에 오븐(oven)에 넣어 말려야 한다. 조금만 붙어 있으면 되므로 접착력의 문제는 없다.

2.3 브레이징

브레이징은 수분의 분압이 낮고 산소의 양이 적은 수소 또는 다른 불활성기체의 분위기 속에서 행하여진다. 이때 기체의 내용이 부실하면 flux의 양을 늘려야 하는데 이것은 바람직하지 못하다. 브레이징온도는 600 °C 전후가 적절하다.

2.4 합금의 選擇

염욕의 brazing 공법에 적합한 합금들은 Nocolok 공법에도 적합하다. 그러나 마그네시움의 함량이 0.5%까지 별다른 문제를 일으키지 않으므로 가장 많이 쓰이는 A3003 뿐만 아니라 A3105 또는 A3005 등도 사용가능하다. 보다 높은 강도가 요구 될 때에는 열처리 가능한 A6951 같은 것도 사용가능하다. 브레이징 합금은 보통 7~10%의 Si 을 함유한다. 表 3에 몇 가지 합금의 화학성분을 例示하였다.

2.5 BATCH 생산

Batch 생산은 다중소량의 생산에 적합한 방식이다.

표 3. 알루미늄합금의 화학성분

| Alloy | Si        | Fe   | Cu        | Mn      | Mg       | Cr        |
|-------|-----------|------|-----------|---------|----------|-----------|
| 3003  | 0.6       | 0.7  | 0.05-0.02 | 1.0-1.5 | -        | -         |
| 6005  | 0.6-0.9   | 0.35 | 0.10      | 0.10    | 0.40-0.6 | 0.10      |
| 6061  | 0.4-0.8   | 0.7  | 0.15-0.40 | 0.15    | 0.8-1.2  | 0.04-0.35 |
| 6063  | 0.2-0.6   | 0.35 | 0.10      | 0.10    | 0.45-0.9 | 0.10      |
| 4343  | 6.8-8.2   | 0.8  | 0.25      | 0.10    | -        | -         |
| 4047  | 11.0-13.0 | 0.8  | 0.30      | 0.15    | 0.10     | -         |

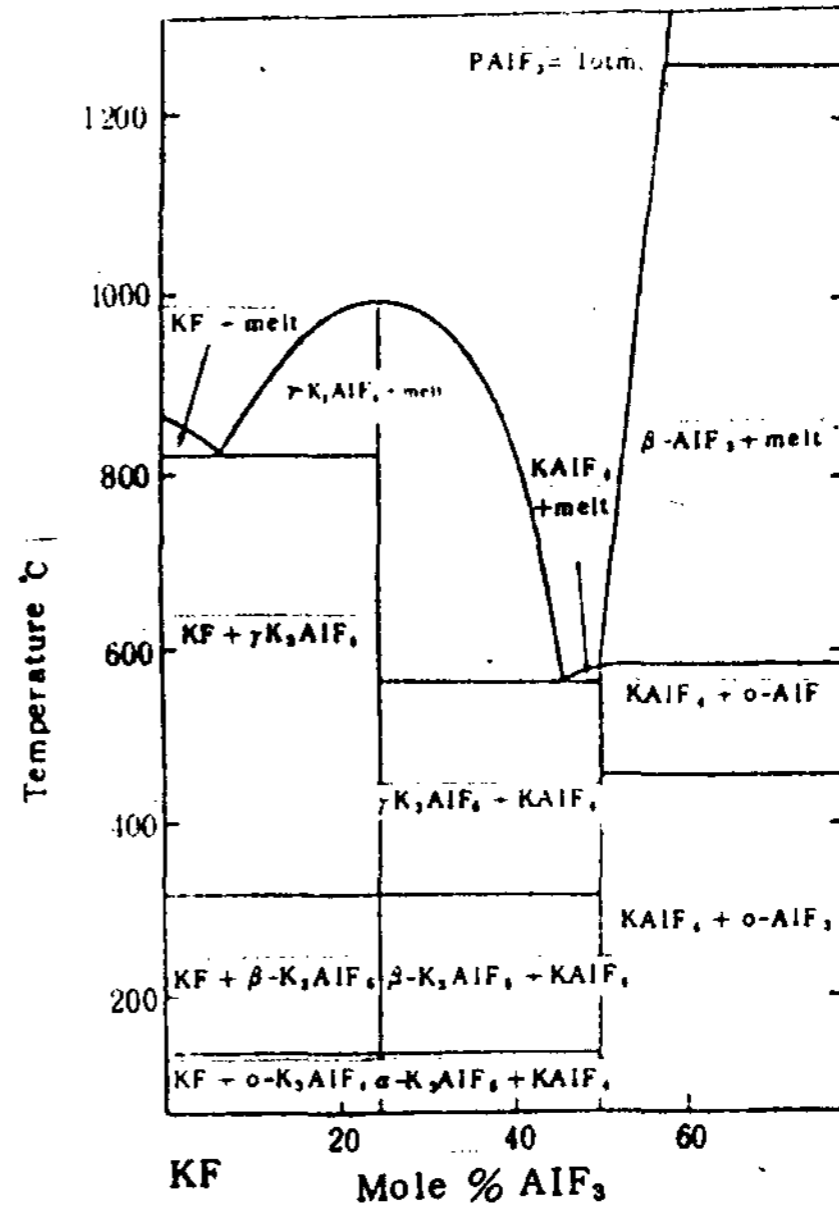


그림 3. KF 와  $AlF_3$  의 상태도

필요한 장비는 간단하며 (a)탈지 (vapour degreasing) 탱크 (b) flux 적용기계 (c)수분 건조기 (d) 브레이징爐로 구성된다. 이 공법의 공정 순서를 그림 4에 보여준다.

2.6 연속생산 (continuous production)

연속생산 방식은 비슷한 크기의 물건을 대량생산하는데 필요한 공법이다. 작업은 batch로 할 때와 같으나 장비가 상당히 다른데 다음과 같이 구성된다: (1)콘베이어 부착된 탈지장비 (2)조립단계 (3)콘베이어 부착된 FLUX 적용장비 (4)콘베이어 건조기 (5)철망 콘베이어 브레이징爐. 그림 5에 콘베이어 위에서의 분무 (spray) 장치를 보여준다. 그림 6은 연속브레이징爐의 개요를 나타낸 것이다.

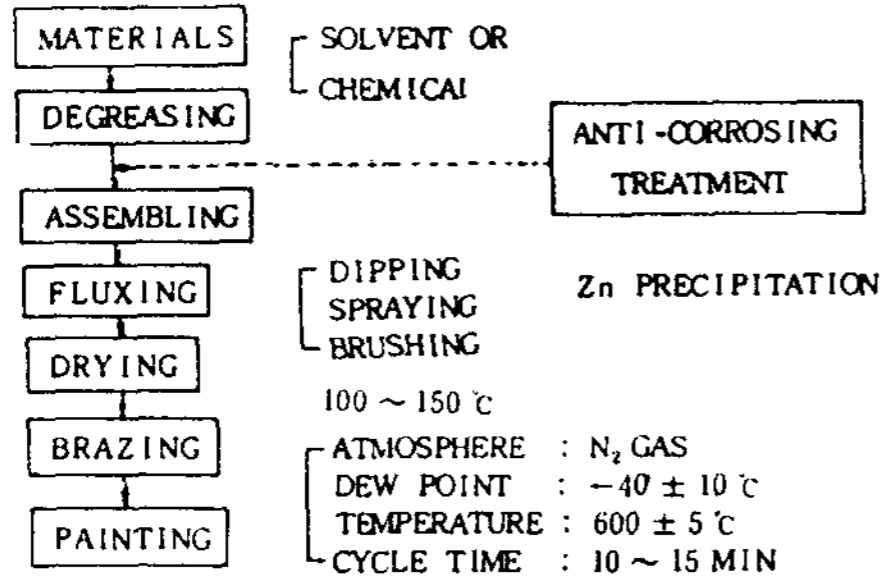


그림 4. NOCOLOK BRAZING 공정도

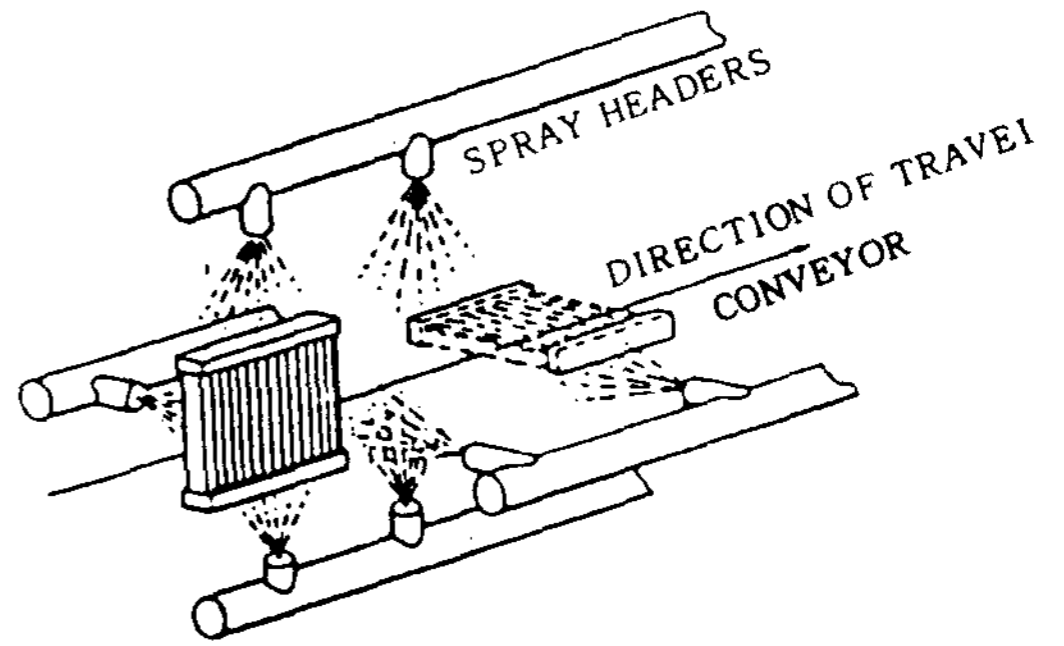


그림 5. 전형적인 FLUX 분부장치

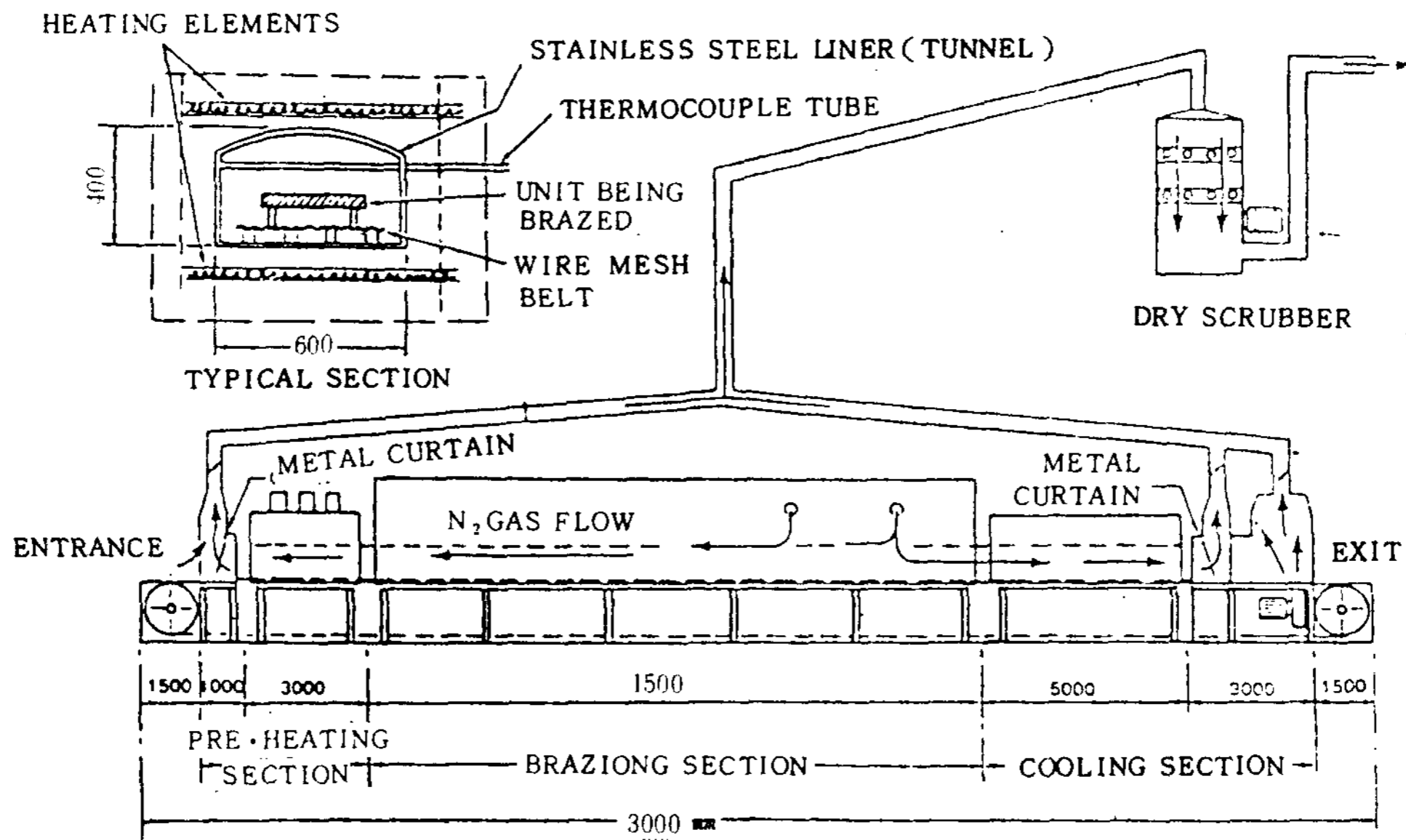


그림 6. 연속적 NOCOLOK Brazing 로의 개요도

참고 문헌

1. 大塚雅彦, 戸人 “自動車用 : 熱交換の現状” 自動車技術 Vol. 39 No. 8, 1985, P. 892-896.
2. D. Claydon and A.Sugihara, “Brazing Aluminum Automotive Heat Exchange Assemblies Using Non-Corrosive Flux Process,”
3. W.E. Cooke and H. Bowman, “Tunnel Furnace Brazing of aluminum Using a Non-Corrosive Flux,” Welding Journal, Oct. 1980.
4. W.E. Cooke, T.E.Wright and J.A.Hirschfield, “Furnace Brazing of Aluminum with a Non-Corrosive Flux,” SAE No. 780300.