

技術資料

鑄物の 含浸技術

崔 昌 鈺

Impregnation of Castings

C. O. Choi

1. 序 言

鑄物은 일반적으로 내부에 각종 형상의 결함을 갖은 일부 有孔性物體이다. 알루미늄합금의 다이캐스팅제품을 예로 들면 알루미늄합금의 용탕은 응고에 있어서 액상으로부터 고상으로 상변화 만으로 5% 전후의 체적수축을 수반하기 때문에 수축공을 생성하는 이외에 용탕 중에 용해되어 있던 수소가스를 방출하여 기포를 생성하고 동시에 가스 방출공을 생성한다.

이와 같이 응고에 있어서 수축과 가스방출과 관련하여 파이프, 대형수축공, 소형핀홀, 입계균열, 수축성다공질 등 각종 결함을 발생하는 것으로 생각한다. 이와 같은 결함은 결정입계에 수소화물이나 산화물($Al_2O_3, Al_2O_3 \cdot MgO, SiO_2$ 등)이 모여 있는 것으로 이와 같은 결함을 갖은 다이캐스팅제품이 한쪽면으로부터 다른쪽면까지 결함이 관통되어 있는 경우는 양면간에 압력차가 존재하면 누수현상이 생긴다. 이들 결함을 갖은 주물품에 함침처리(Impregnation)를 하면 관통결함이 밀폐되어 종래 불량품으로 채용해 하던 것을 정상품으로 취급할 수 있어 생산성의 향상과 생산비의 절감을 동시에 할 수 있다. 또한 주물품에 전기도금이나 화학도금을 하는 경우 주물표면에 노출되어 있는 결함으로부터 내부에 도금 전 처리액이나 도금액이 침입하여 도금 후 도금층의 탈락과 부식을 야기 시킨다. 그러므로 사전에 함침처리를 하므로 표면에 노출되어 있는 결함을 밀폐하므로 도금층의 탈락과 부식을 방지 할 수 있다.

이와 같이 주물의 결함을 어느 정도 보수 할 수 있는 효과를 갖은 함침기술에 대하여 기본 개념을 소개 하고자 한다.

2. 함침기술의 역사

함침기술은 1930년대 부터 미국에서 처음으로

실시하였으며 당시에는 금속 함침제(metallic sealant)를 사용한 내부가압방식이 일반적이었다. 1940년대 후반에는 진공가압방식이 개발 되었다. 1951년 미국에서 함침물의 내구성시험법이 명시된 MIL-I-6869A 규격이 제정되어 세계에서 처음으로 함침기술이 규격화 되었다. 또한 1956년 MIL-STD-276이 제정되어 A법(내부가압방식), B법(진공가압방식)의 두가지 함침방법이 명확하게 규격화 되었다. 이와 같이 미국 육군규격의 제정에 의해서 함침기술이 널리 일반화되어 군수품, 항공기부품, 자동차부품 등에 적용하게 되었다.

일본에서는 1960년대부터 플라스틱함침제로 폴리에스텔, 지아릴후타레이트 등을 사용하기 시작 하였으나 사용방법 등이 불편한 점이 많아서 1975년까지 전 함침시장의 10% 정도 지나지 않았다. 1970년대에 들어와 종래의 폴리에스텔, 지아릴후타레이트계 함침액에 비하여 사용방법이 현저하게 개량된 아크릴계 플라스틱함침액이 개발되어 1980년대에 들어서는 플라스틱함침액의 주류는 거의 대부분 아크릴계로 되어 현재에 이르고 있는 것으로 알려지고 있다.

국내에서는 언제부터 함침기술을 이용한 지는 알 수 없으나 현재 다이캐스팅제품은 생산하는 주물공장에서 일본 등 외국으로부터 함침제를 도입, 사용하고 있는 것으로 알려지고 있다.

3. 함침적용주물 및 시기

함침을 실시하는 鑄物の 종류를 재질별로 표시하면 다음과 같다.

- ① 알루미늄합금
- ② 아연합금
- ③ 마그네슘합금
- ④ 동합금
- ⑤ 연합금

⑥ 철합금

등 그의 모든 주물에 적용을 하며 주물 이외에 흑연제품이나 나무제품에도 함침을 실시한다.

또한 함침을 실시하는 鑄物에 대하여 용도별로 보면 다음과 같다.

- ① 항공기부품
- ② 자동차부품
엔진부록, 실린더헤드, 메니폴드, 카부레이터, 미손케이스, 토르콘케이스 등
- ③ 가스계기부품, 콤푸레터부품, 액량계부품, 파이프, 파이프류.
- ④ 일렉트로닉스, 관련부품
- ⑤ 기타 내압성을 필요로 하는 제품 등.

鑄物品에 있어서 함침공정의 적용시기는 다음과 같이 구분한다.

- ① 기계가공 전에 함침공정을 들 경우
기계가공을 함으로써 내부결합이 기계가공면에 새롭게 발생하지 않거나 발생하더라도 통관 결합으로는 되지 않고 압력에 의한 누수 원인이 되지 않을 때에 기계가공 전에 소위 소재 그대로 함침을 실시한다.
- ② 기계가공 후에 함침공정을 들 경우
일반적으로 기계가공을 함으로써 내부결합이 기계가공면에 새롭게 발생한다. 따라서 기계가공면에 누수가 발생하거나 기계가공 후에 표면처리(도장, 도금 등)에 악영향이 발생하는 경우에는 기계가공 후에 함침을 한다.
- ③ 표면처리 전에 함침공정을 들 경우
피함침물의 표면에 결합이 존재하면 도장이나 도금처리한 후 부풀림이나 박리가 일어나기 쉽다. 또 표면처리액이 결합공속으로 침입하여 부식의 원인이 되기 때문에 일반적으로 표면처리 전에 함침을 한다.
- ④ 표면처리 후에 함침공정을 들 경우
표면처리를 하여도 표면처리액이 결합공속으로 침입하지 않고 부식은 발생하지 않았으나 표면처리중에 핀홀이 존재하여 후에 부식을 발생시킬 것으로 생각되는 경우에는 표면처리 후에 함침을 하여도 문제는 되지 않는다. 경우에 따라서는 약간의 표면색의 변화가 나타날 수 있으므로 미리 확인하는 것이 바람직하다.

4. 함침방법

함침방법은 함침하고자 하는 제품의 크기와 가압 또는 진공에 의하여 다음과 같이 분류하고 있다.

1) 침적함침법

액체-고체간의 계면장력을 이용한 함침법이다. 예로써 가열한 tar중에 주강관을 침적하여 내부결합을 어느 정도 매우고 동시에 표면에 어떤 종류의 방청도장을 실시하는 것이다.

2) 내부가압 또는 내부진공함침법(A법)

주로 대형주물에 대하여 실시하므로 개개의 제품에 적용한다.

내부가압함침법은 제품내부에 함침액을 넣고 가압하여 내부로부터 외부로 향하여 결합을 매우는 방법이다. 제품 내부에 함침액을 가압하면서 순환하는 내부순환방식을 채용하는 경우도 있다.

또한 내부진공함침법은 함침액이 들어 있는 함침탱크에 제품을 넣고 제품을 진공으로 하므로 함침액이 외부로부터 내부로 향하여 결합을 매우는 방법이다. 이를 그림 1에 나타내었다.

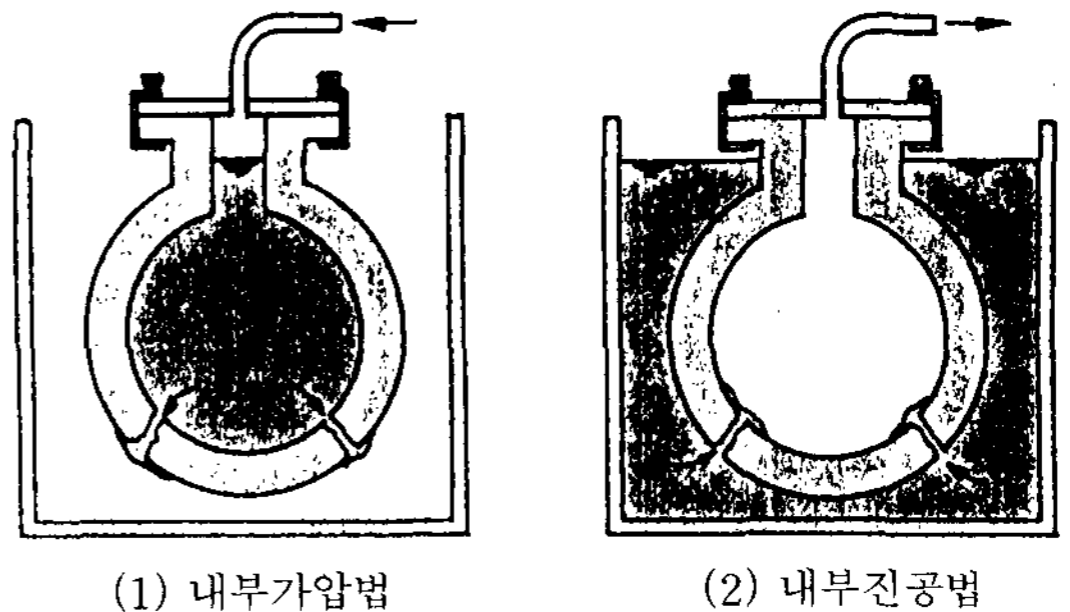


그림 1. 내부가압 및 진공 함침법

3) 진공-가압함침법(B법)

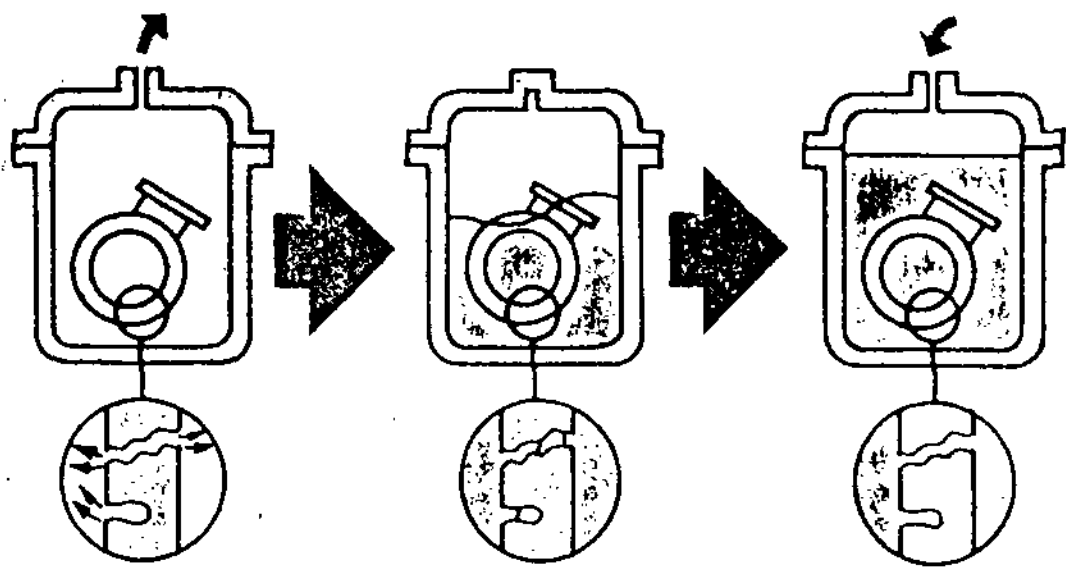
함침하고자 하는 제품을 함침탱크에 넣고 먼저 한번 진공상태로 하고 다음 함침액을 함침탱크에 흡입하면서 가압하여 제품의 결합에 함침액을 함입하는 방법이다.

그림 2는 진공-가압함침법의 방법을 나타내었다.

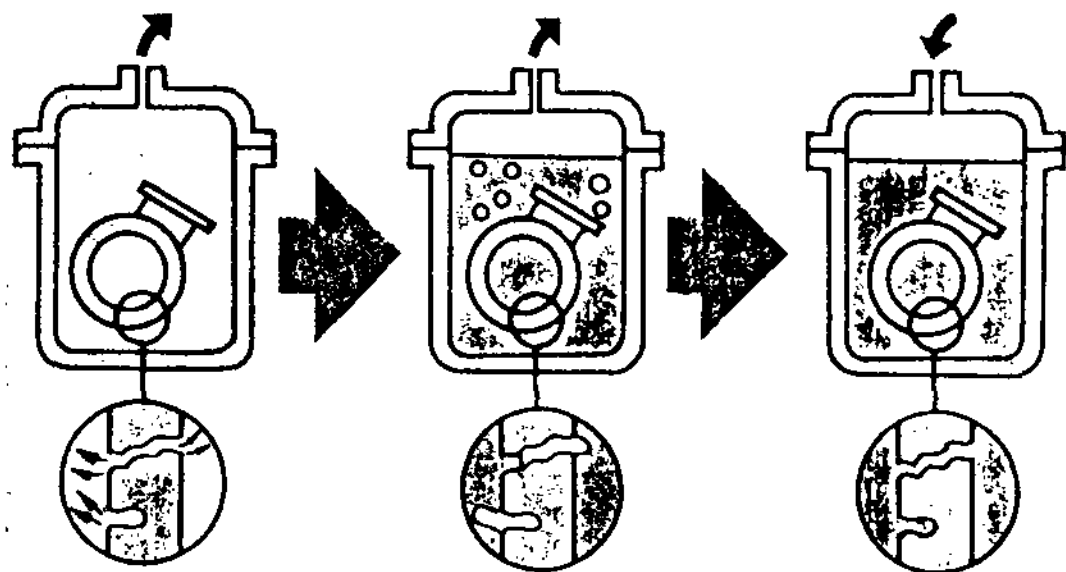
4) 진공함침법

함침하고자 하는 제품을 함침탱크에 넣고 가압 없이 진공만을 침적하는 방법이다. 진공함침법의 방법을 그림 3에 나타내었다.

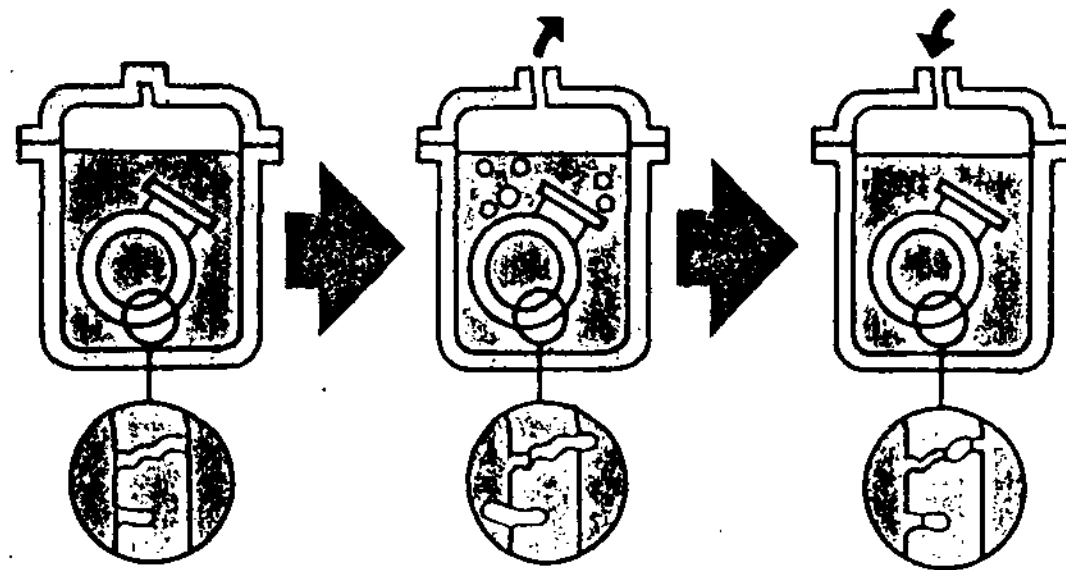
5. 함침제



(a) 진공후 침적하여 계속가압 함침

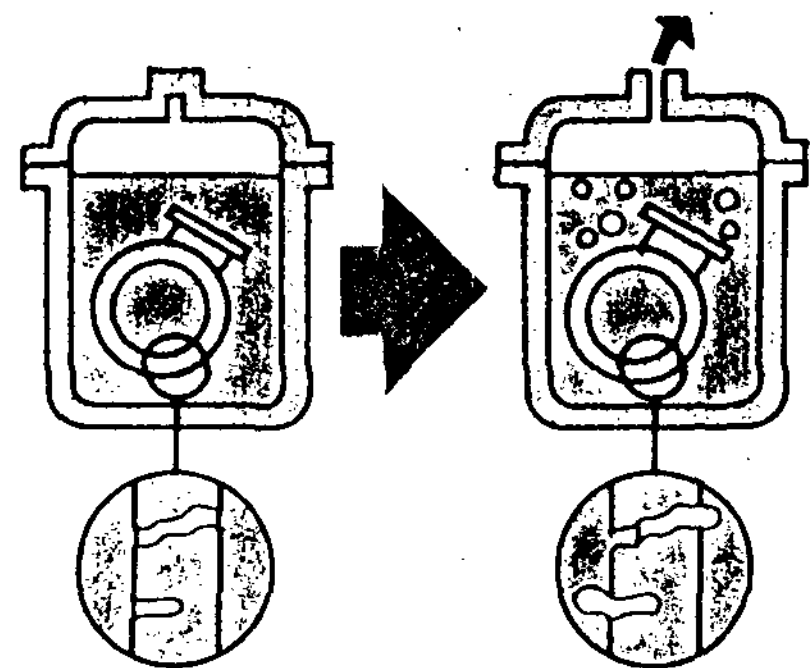


(b) 진공후 침적 재진공후 가압함침

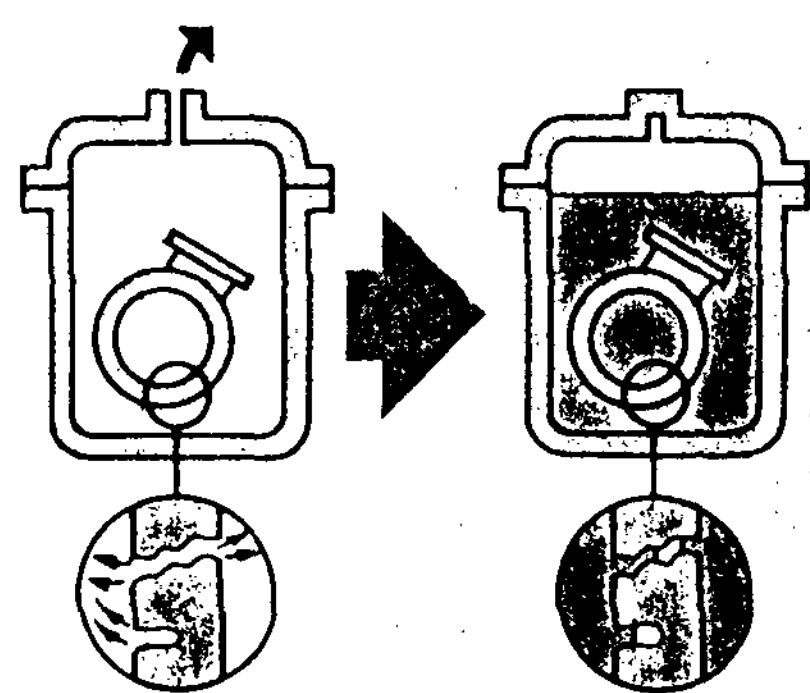


(c) 침적후 진공으로 하여 계속 가압함침

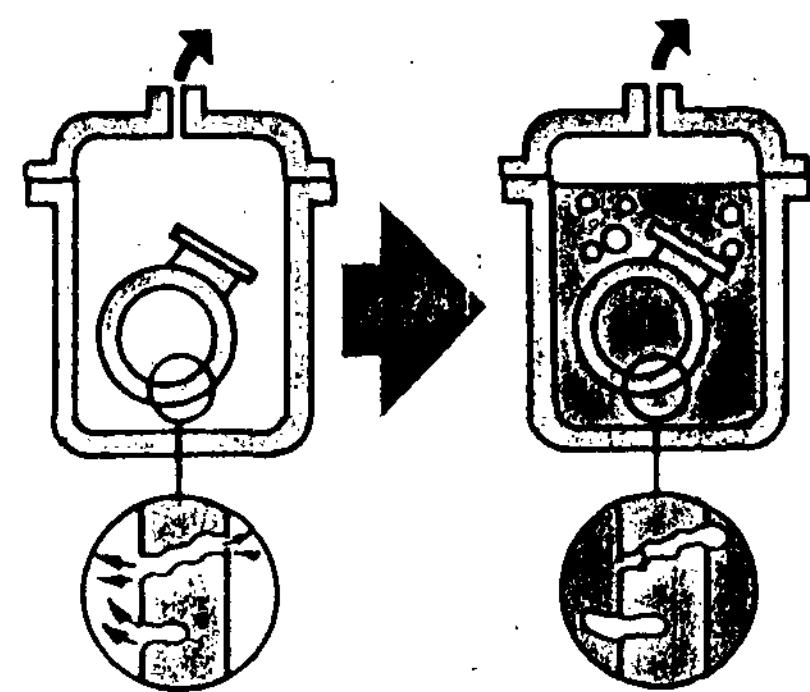
그림 2. 진공-가압 함침법



(a) 침적후 진공함침



(b) 진공후 침적함침



(c) 진공후 침적 재진공함침

그림 3. 진공함침법

함침제(또는 밀봉제)를 대별하면 유기계함침제와 무기계함침제가 있다.

함침에 의한 封孔의 방법에는 2대방식이 있다. 하나는 결함공전체를 함침액으로 충전한 후 경화 밀봉하는 것으로 세정과정중에 함침액이 유출되지 않은 범위의 결함공이면 확실히 封孔의 할 수 있다. 이 방식에는 유기계함침이다. 다른 방식은 함침액이 결함공의 내벽에 부착반응경화하여 누수를 방지한다. 적은 결함공에 대하여 극히 유효하다. 일반적으로 무기계함침이 여기에 해당한다.

1) 유기계함침제

열경화성프라스틱액, 유지류 등이 사용된다. 가장 많이 사용되고 있는 대표적 프라스틱은 다음과 같은 것이 있다. 현재는 거의 대부분이 아크릴계

수지계의 함침액이다. 유기계함침액의 특징은 공경(pore size)의 범위가 무기계함침제와 비교하여 넓고(최대 500 μ m 정도), 경화성이 우수하며 내충격성이 큰 것이다. 한편 단점으로는 내열성이 낮고 가격이 비싸다는 것을 들 수 있다.

유기계함침제의 종류는 표 1과 같다.

2) 무기계함침제

현재 각종 무기미분말을 무기고분자인 규산소오다($XSiO_2 \cdot YNa_2O$)수용액에 분산시킨 함침제

표 1. 유기계 합침제의 종류

종 류	특 징
폴리 에스테르 수지	프라스틱으로서 가격이 저렴하나 작업성이 나쁘고 경화시 체적수축이 크다.
디알릴프탈레이트 수지	경화시 체적수축이 적고 내열성이 양호(200°C)하나 작업성이 나쁘다.
아크릴수지	경화시 체적수축이 적고 침투성이 양호하고 작업성도 대단히 좋다. 프라스틱합침의 주류가 된다.

가 많이 사용되고 있다. 그러나 무기미분말의 종류, 입도, 결정형, 양 등의 선택이 적당하지 않으면 반드시 높은 합침효과를 얻어지지 않는다. 규산소오다의 선택법(SiO₂와 Na₂O의 몰비 X/Y)도 중요하다. 역사적으로 최초 규산소오다 단독으로 사용하였으나 금속 미분말을 물에 분산한 합침제도 검토되었으나 가격문제가 있어서 실제로는 전혀 사용되지 않고 있다.

무기계합침제의 큰 특징은 내열성이 크고 배수 처리가 용이하며 비교적 값이 저렴하다는 것이다. 한편 단점으로는 강알칼리성이기 때문에 알루미늄의 부식 위험성이 있고 건조시에 미경화합침액이 유출할 위험성이 있으며 경화고 취약한 특성을 가지고 있기 때문에 충격에 약하다는 것이다.

6. 진공-가압합침법의 공정과 조작

현재 가장 신뢰하는 합침법은 진공-가압 합침법이다. 이에 대한 작업공정과 조작은 다음과 같다. 그림 4는 작업공정도를 표시한다.

1) 합침전의 가공, 세척, 건조

합침조작은 통상, 기계가공, 표면의 화성처리 후에 실시한다. 도금은 합침 후에 실시하는 것이 보통이다. 합침 전에 실시하는 경우도 있다. 더욱이 기계가공에 의한 새로운 관통결함을 나타내는 경우가 많으므로 합침처리는 기계가공 후에 실시하는 것이 유리하다. 이 경우는 기계가공시에 절삭유 등의 절삭조제가 제품의 표면에 부착, 제품의 결함내부도 침입하므로 세척하여 이를 제거해야 한다. 이 경우는 세척제가 결함내부에 침입하기 때문에 세척 후 제품은 한번 가열건조(100~150°C, 30~60분)해서 결함내부로부터 세척용제 등을 잘 추출하지 않으면 양호한 합침효과를 얻을 수 없다. 예를 들면 알루미늄합금주물을

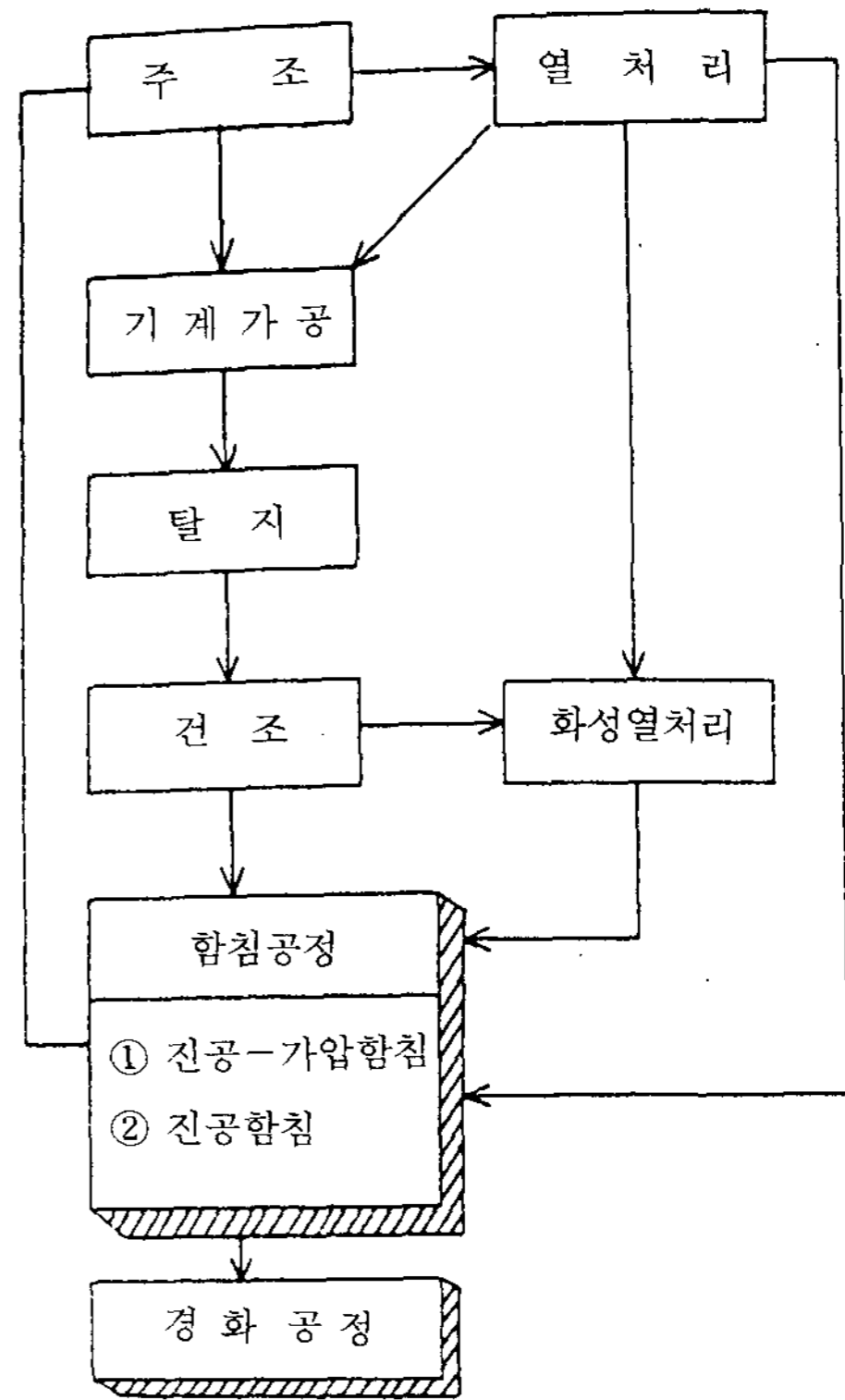


그림 4. 진공-가압합침법의 작업 공정도

도리쿠로루치렌으로 세척한 경우 결함 내부에 도리쿠로루치렌이 침입하여 알루미늄합금과 서서히 반응해서 가스를 발생하기 때문에 합침액을 압입하여도 압출되어 버린다.

2) 진공(감압)공정

시판되는 합침장치는 보통 합침액저장조, 합침탱크, 진공펌프, 세척조로 구성되어 있다. 여기에 호이스트를 설치하는 것이 보통이다. 공장내에 압축공기가 없는 경우는 콤프레샤를 설치한다.

빈 합침탱크에 합침하고자 하는 결함을 갖인 제품을 넣고 뚜껑을 덮고 진공펌프를 작동하여 합침탱크내를 진공(감압)으로하여 10~20분간 유지한다.(유기계합침의 경우는 5mmHg 이하, 무기계합침의 경우는 20mmHg 이하로 한다) 이와 같이 제품을 한번 진공중에 방치하는 이유는

- (a) 결함내부의 공기를 제거하여 합침액이 들어가기 쉽다.
- (b) 결함내부에 침입한 소량의 용제나, 물 등의 휘발성물질을 제거한다.

3) 가압함침공정

함침탱크중의 제품을 진공중에 방치하면서 함침액을 함침탱크중에 흡입하여 더욱이 압축공기 또는 가스압을 이용하여 5~10kg/cm² 정도 가압하여 10~20분 가압상태에서 방치한다. 함침액이 결합에 압입되는 속도는 함침액의 점도의 평방근에 반비례하여, 가압시간의 평방근과 압력의 평방근에 정비례 한다.

4) 세척공정

함침탱크중의 함침액을 함침저조에 옮기고 압력을 정압으로 하여, 탱크의 뚜껑을 개방하여 함침한 제품을 세척조에 옮겨 세척한다. 세척은 냉수로서도 좋으나 온수의 경우가 세척이 빠르고 동시에 세척 후 물이 잘 빠지고, 나중 건조의 경우도 좋다.

유기계함침의 경우에는 용제세척을 실시하는 경우도 있다. 세척의 정도는 제품에 어떠한 처리를 후에 실시하는가 혹은 상품가치 등의 점을 고려하여 결정한다.

함침액이 소량이라도 남아있지 않게 하는 경우는 세척조를 복수로 하여 철저히 세척을 한다.

5) 경화공정

경화방법은 함침액의 종류에 따라서 각조건을 설정하여야 한다.

- ① 자연방치
- ② 열풍가열경화
- ③ 열수침적경화

④ 가압가열경화

이들의 어느 방법이라도 온도, 시간 기타 등 설정해서 실시한다.

알루미늄합금, 아연합금, 철합금 등은 물에 젖어 있으면 중성부근이라도 부식이 일어나므로 가능한 빠르게 표면을 건조하는 것이 바람직하다.

6) 함침설비

진공-가압함침법에 의한 설비는 다음과 같은 종류가 있다.

(1) Bath 방식-Hoist type(manual, semi-auto batch type)

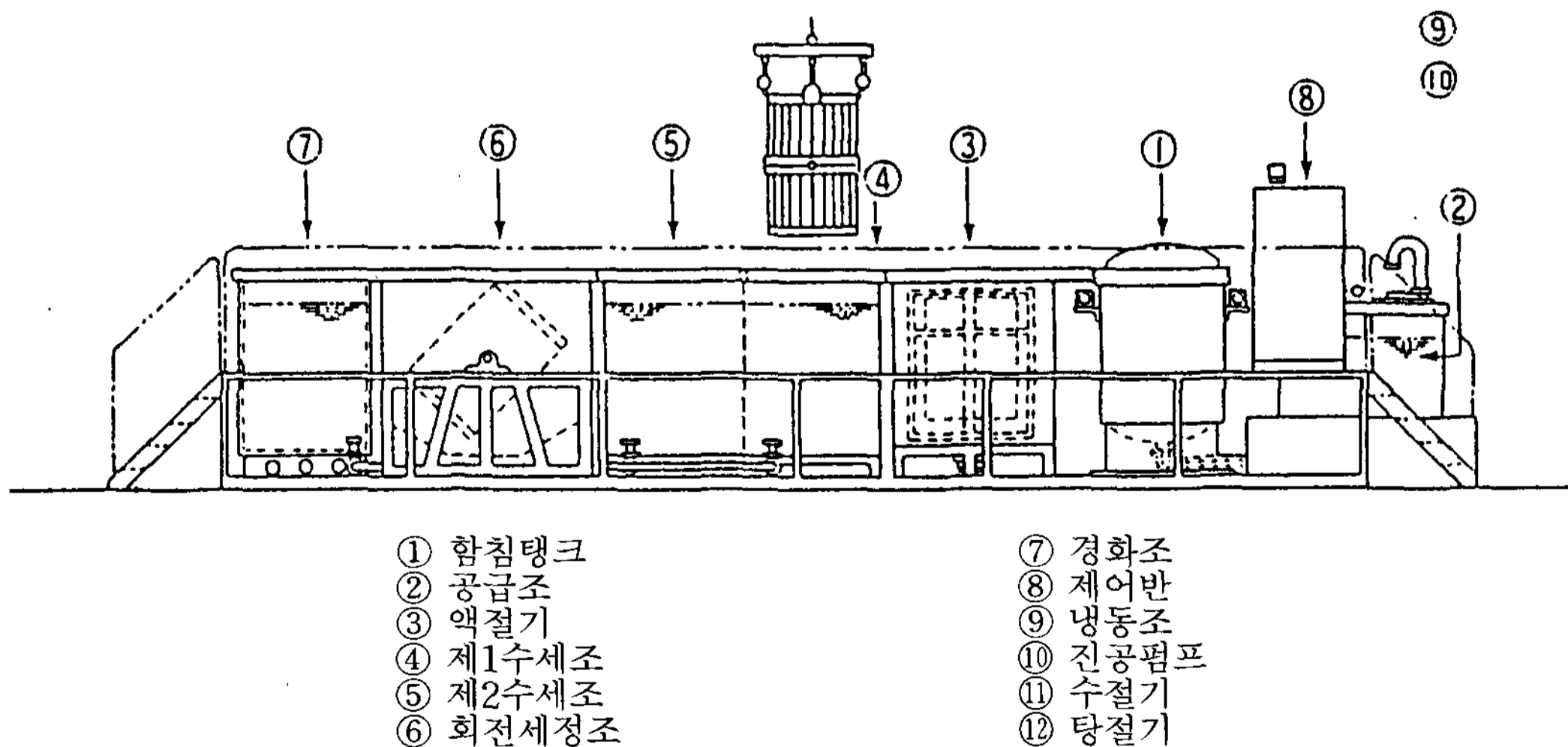
각 처리조의 위에 호이스트의 레일을 설치하고 제1의 처리가 끝나면 호이스트를 이용하여 다음의 처리조에 이동시켜 처리하는 것이다. 이 방법의 잇점은 물건의 종류가 변하여 문제없이 대응할 수 있으며 한번에 많은 물건을 처리할 수 있는 것이다.

(2) Batch 방식-Carrier type(full-auto batch type)

호이스트의 작동을 자동적으로 하여 함침의 전 공정을 무인화시킨 것이다. 이것의 잇점은 호이스트 type과 비교하여 설치공간이 비교적 적어도 되며 시스템화가 용이한 점을 들수 있다.

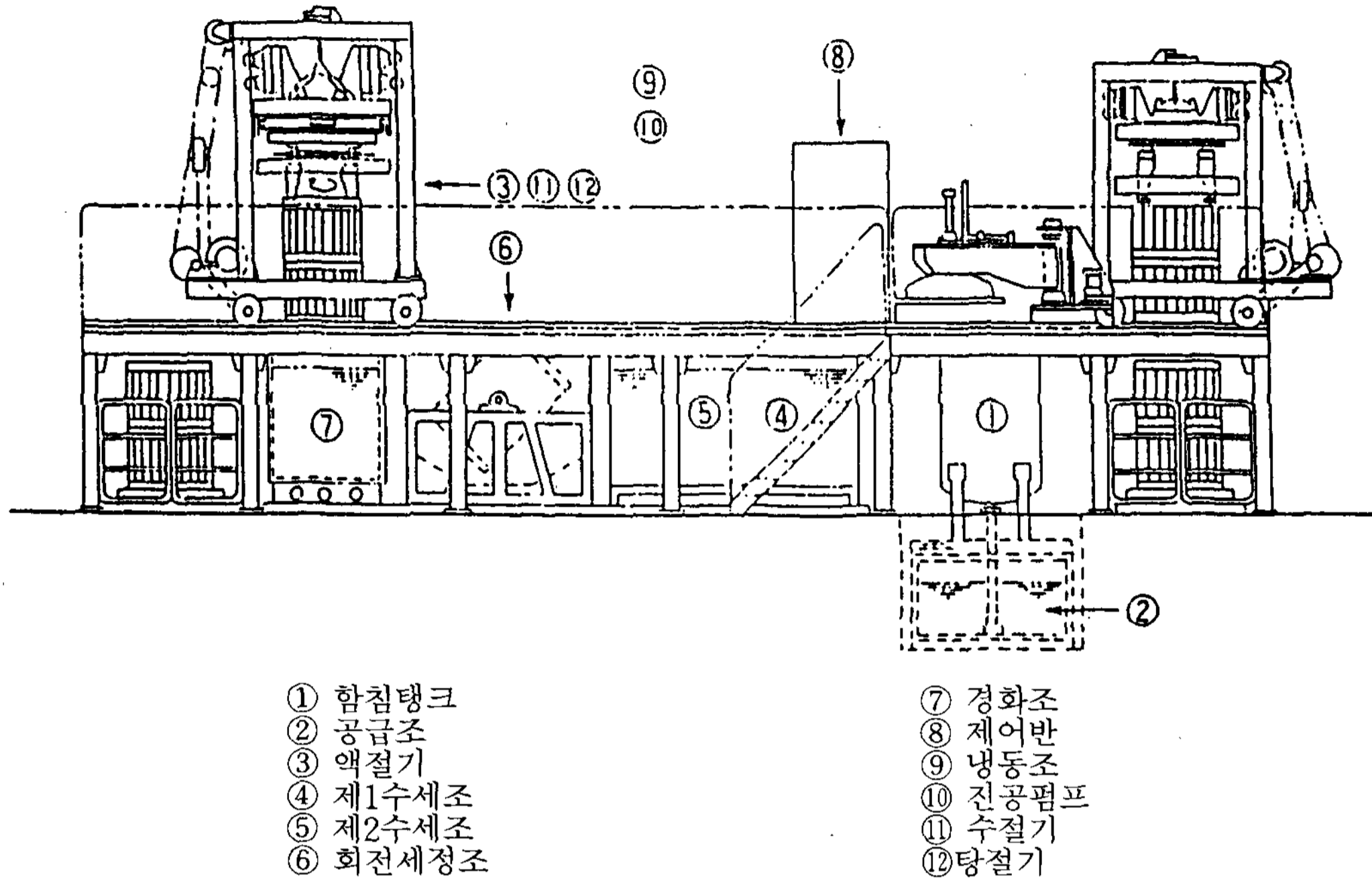
(3) In-Line 방식(full-auto in-line type)

주물부품제조·가공정중에 함침공정을 넣기 위하여 발전된 방식으로써 단품종다량처리, 단시간처리, 무인화처리가 가능하다. 기본적으로는 1개



- | | |
|---------|--------|
| ① 함침탱크 | ⑦ 경화조 |
| ② 공급조 | ⑧ 제어반 |
| ③ 액절기 | ⑨ 냉동조 |
| ④ 제1수세조 | ⑩ 진공펌프 |
| ⑤ 제2수세조 | ⑪ 수절기 |
| ⑥ 회전세정조 | ⑫ 탕절기 |

그림 5. Batch식-Hoist Type의 실예



- | | |
|---------|--------|
| ① 함침탱크 | ⑦ 경화조 |
| ② 공급조 | ⑧ 제어반 |
| ③ 액절기 | ⑨ 냉동조 |
| ④ 제1수세조 | ⑩ 진공펌프 |
| ⑤ 제2수세조 | ⑪ 수절기 |
| ⑥ 회전세정조 | ⑫ 탕절기 |

그림 6. Batch방식 - Carrier Type의 실예

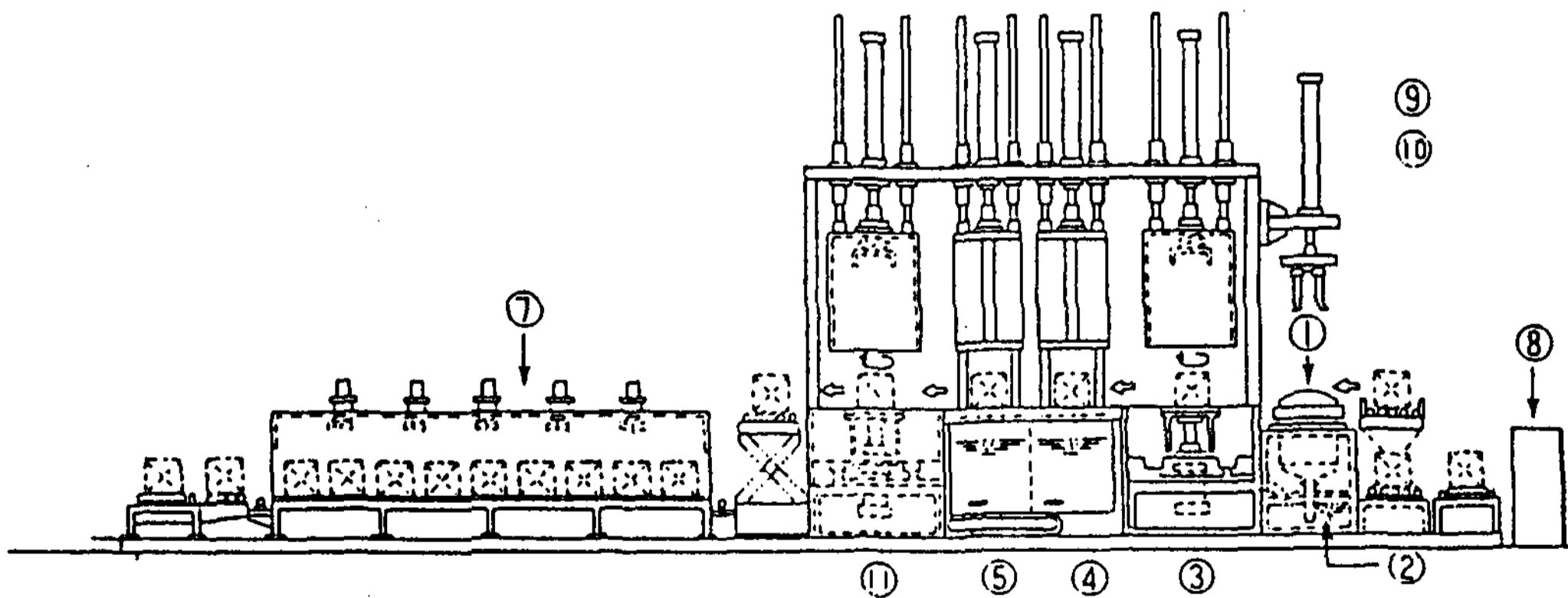


그림 7. In-Line 방식의 실예

1개를 개별로 함침하는 방식이다.

7. 結 言

내압성을 요구하는 주물에 수축공, 편홀, 브로

홀, 사흔입, 슬랙흔입 등 결함이 있으면 기름이나 물이 새는 경우가 많다. 광범위하게 결함이 있는 경우나 기계가공을 한후 발견되는 결함은 용접, 땀질 또는 금속용사에 의한 보수가 곤란하다. 이와 같은 경우에 실시하는 보수법으로서 함침법이

있다. 함침법은 주물품의 용도에 따라서 필수적으로 실시하여 주물품의 불량을 감소하고 생산성을 증대시켜 제조원가를 절감시키는데 필요한 방법이라고 사료된다.

지금까지 실시하지 않는 기업체에서는 한번 검토 해 볼수 있는 자료로서 보탬이 되기를 바라는 마음 간절하다.

참 고 문 헌

1. (株) 中央發明研究所 : 含浸技術概論
2. 한국주조공학회 : 1991년도 추계학술 및 기술강연 개요집
3. (주) 중앙발명연구소 : 슈퍼·셀 자료
4. 日本주물협회 : 주물용어사전