

유럽의 최근 플라스틱 가공

韓國科學技術研究所

合成樹脂研究室 金 殷 泳

1. Structural Foams

Structural foams이란 발포 플라스틱의 일종으로서 다음 그림 1에서 볼 수 있는 바와 같이 표피는 매우 단단한 층으로 되어 있고 内部는 다공성 구조로 되어 있는 플라스틱 성형품을 말한다.

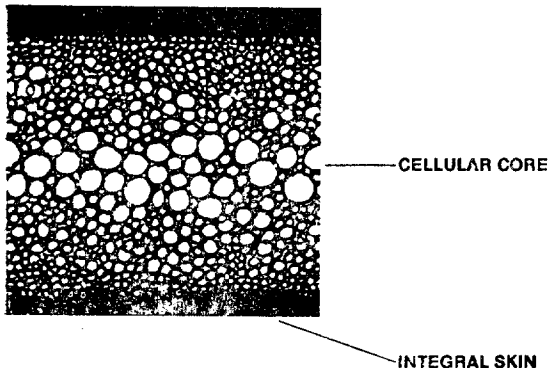


그림 1. Structural foam의 구조

이것은 천연목재의 성질과 흡사하므로 일명 合成木材로 불리고 있다. 특히 木材나 재래 플라스틱製品에 비해 여러가지 장점을 가지고 있어 가구, 전기전자製品分野에 많이 이용되고 있다.

가. Structural foam의 長點

(1) 견고도(stiffness)가 높다.

그림 2에서 볼 수 있는 바와 같이 두께(kg), 길이(l), 폭(d)이 각각 동일하나 A빔은 structural foam 제품이기 때문에 비중이 0.5, 두께가 $2t$, B빔은 재래 플라스틱 製品이므로 비중이 1, 두께가 t 인 두 빔이 있을 경우 비중이 0.5, 두께가 $2t$ 인 A빔이 비중이 1, 두께가 t 인 B빔보다 4배나 높은 견고도(stiffness)

를 갖는다.

반대로 동일한 견고도를 얻기 위해서는 적은 양의 발포제품을 쓸 수 있다.

(2) Sinkmark가 없다

발포제가 포함되어 있지 않은 플라스틱은 冷却될 때 수축하므로 rib가 많이 나와 있는 후면에는 sinkmark가 크게 나타난다. 그러나 structural foam 성형에서는 冷却될 때 内部 가스 壓力때문에 수축이 방지된다.

(3) Clamping force가 적다

금형내의 壓力이 매우 낮으므로 높은 clamping force가 必要없이 재래식 사출기보다 경제적이다. 또 금형은 알루미늄과 같은 연질 금속으로 값싸게 製造될 수 있다.

(4) 材料節減

경질 플라스틱 비중의 1/3까지 임의의 비중을 가진 製品을 만들 수 있다. 실제 많이 쓰이는 structural foam의 비중은 0.7로서 플라스틱 原料를 節減할 수 있다.

(5) 木材나 金屬과 比較

복잡한 형태의 製品을 생산하는데 있어 디자인을 自由로 할 수 있고 또한 많은 勞動力을 節減할 수 있다. 또한 나무와는 달리 品質의 均一性을 기할 수 있다.

나. 성형과정

Structural foam 성형에는 저압에서 발포하는 공정과 高壓에서 발포하는 공정이 있다. 오늘날 모든 사출기 메이커는 고유한 structural foam 성형기를 개발하

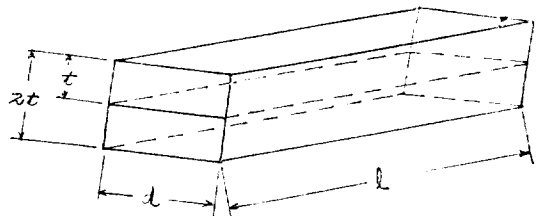


그림 2. 견고도 계산을 위한 프로파일

어 공급하고 있으므로 실제 공정에 따라 분류하면 매우 많은 편이다. 그러나 본고에서는 대표적인 공정만을 다룰 것이며 최근 각광을 받고 있는 ICC와 Hanning 샌드위치 성형에 관해서도 설명하고자 한다.

(1) 저압발포

저압 발포성형의 원리는 발포제가 포함된 용융수지를 몰드에 부분적으로 채우고 저압하에서 발포시키는 것이다. 사출속도를 빠른 재래식 사출기로 저압 발포가 가능하며 accumulator가 부착된 Union Carbide Co., Krauss-Maffei 공정 등도 많이 이용되고 있다.

고속 사출성형기

재래식 사출성형기에 질소가스 가속장치가 부착된 것으로 原來 얇은 벽의 製品을 성형하거나 사출시간을 단축하기 위하여 開發된 것이다.

오늘날 structural foam 성형에 많이 이용되고 있으며 大部分의 사출성형기 製造會社들이 供給하고 있다. 이와같은 사출기의 價格은 재래식 보다 約 10% 더 비싸다.

UCC 공정 ;

발포제가 함유된 수지를 압출기에 넣고 용융시키면 발포제로부터 가스가 발생된다.

다음 그림 2에서 보는 바와 같이 이 용융물을 accumulator에 넣고 2000—3000 psi에서 저장한다. accumulator에 일정한 양이 저장되면 밸브를 열고 몰드를 충전시킨다.

몰드의 압력은 낮으므로 수지는 몰드내에서 발포된다. 이 공정의 長點은 accumulator의 수 및 크기에 따라 사출량을 임의로 조절할 수 있는 것이다. 따라서 UCC 공정은 대형제품 성형에 알맞으며 무게가 30 kg 되는 製品 성형도 可能하다.

Krauss-Maffei 공정 ;

그림 3에서 보는 바와 같이 발포제가 함유된 수지를 extruder에서 용융시키고 이것을 accumulator에 이송한다.

다음 노즐 밸브를 열고 질소가속장치로 용융수지를 몰드로 사출한다.

UCC 공정과 같이 몰드내의 압력이 낮으므로 용융수지는 몰드내에서 발포한다. 기계구조상 accumulator 크기가 제한되어 있고 한개이므로 UCC 공정과 같이 사출량을 무제한 늘릴 수 없다. 그러나 사출성형기 자체를 대형화 할 수 있으므로 大部分 製品은 이 공정으로 성형이 可能하다.

위에서 설명한 저압발포공정의 長點은 몰드내의壓力이 낮으므로 몰드의 재질을 값싼 cast 알루미늄등으로 선택할 수 있고 또한 clamping force가 낮으므로

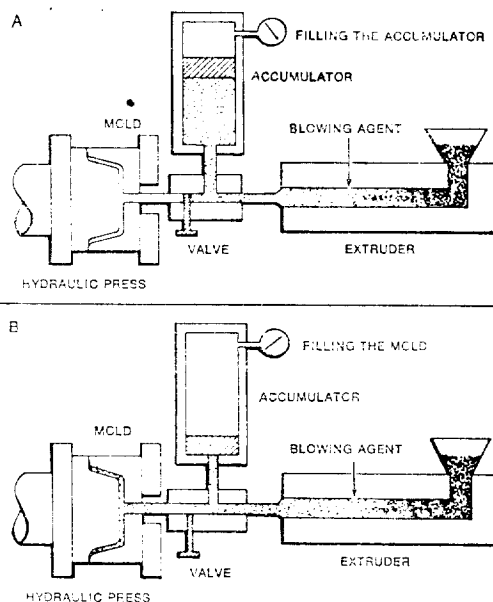


그림 3. UCC Structural foam 성형원리

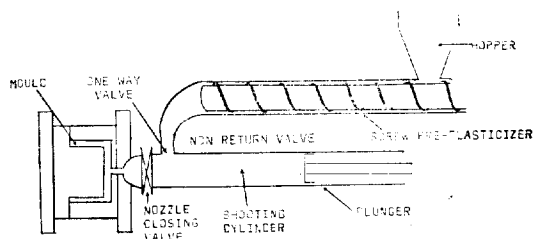


그림 4. Krauss-Maffei structural foam 성형원리

성형기 자체의 價格이 저하된다는 것이다. 그러나 반대로 저압발포製品의 표면과 색상은 경질 플라스틱에 비하여 매우 불량하므로 sanding, painting, hot-stamping과 같은 후처리공정이 마르므로 製品의 값이 상승한다.

(2) 고압발포

몰드내壓力이 높아짐에 따라 발포製品의 표면이나 색상이 비발포製品과 같아지므로 painting과 같은 후처리 공정이 생략된다. 이 고압발포의 代表的인 공정은 다음 그림 5에서 볼 수 있는 바와 같이 USM 공정으로 재래식 사출장치와 거의 동일하다.

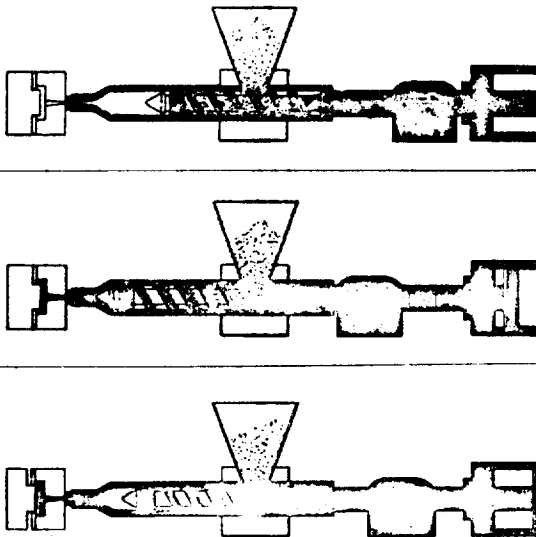


그림 5. USM Structural foam 성형원리

A: 수지의 가소화 B: 사출 C: 급형의 팽脹

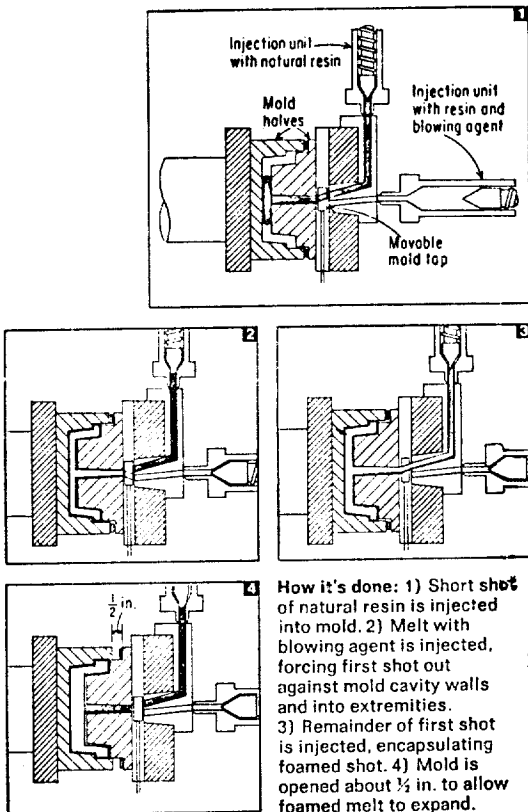


그림 6. ICI Sandwich 성형

발포제를 함유한 수지를 써린다에서 용융시킨후 고압하에서 몰드를 완전히 채운다. 다음 몰드를 서서히 팽脹시켜 内部 수지가 발포하도록 한다.

이 공정에서 성형 및 Clamping 壓力은 재래식 사출 성형기의 80% 정도이며 저압발포성형보다 約 10 倍 된다. 이 고압성형은 대개 5kg 未滿 製品 성형에 適合하다.

(3) ICI 공정

ICI 샌드위치 공정에서는 그림 6에서 볼 수 있는바와 같이 2가지 수지가 분리된 사출기로부터 차례로 몰드내로 사출된다.

먼저 외피가 되는 수지가 사출되고 다음 内部가 되는 수지(발포수지)가 사출된다. 끝으로 다시 외피가 되는 수지가 사출되어 스프루 절단부분에 내수지가 노출되지 않도록 한다. 사출이 끝나면 몰드를 팽脹하여 내부수지가 발포되도록 한다.

内部에 발포수지를 넣지 않고 값싼수지로 대체하여 sandwich 구조를 갖는 製品도 이 공정으로 製造될 수 있다. 이 공정의 長點은 外部 표피가 一般 플라스틱 製品과 同一하므로 표면의 성질과 색상이 우수하며 후처리 공정이 필요없는 것이다.

그러나 施設投資가 많고 技術料가 많은 것이 결점이다.

(4) Hanning 공정

다음 그림 7에서 보는 바와 같이 2개의 사출기가 나란히 있고 ICI 공정과 같이 스위치 발브가 없으며 특수한 노즐장치를 가지고 있다.

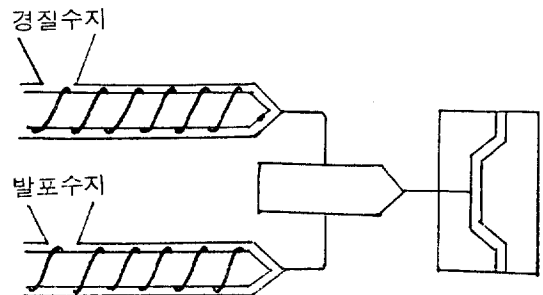


그림 7. Hanning sandwich 성형

사출과정을 보면 처음 경질수지가 사출되는 도중 약간의 時間 差異를 두고 발포수지 사출이 뒤따르며 끝으로 소량의 경질수지가 사출된다. 이와같은 작동을 쉽게하는 노즐장치의 구조는 위에 그림 8과 같다. 주 경질수지는 노즐의 벽쪽으로 이동하고 발포수지는 노즐의 内部로 이동하면서 사출된다. 그리고 처음과 마지막에 경질수지를 사출하므로 내부수지의 外部노출이

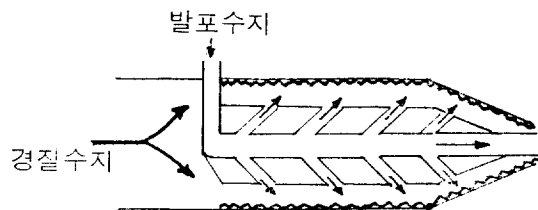


그림 8. Hanning 공정의 노즐구조

방지된다.

여기서도 발포수지는 발포제를 포함하고 있다. 이 공정의 長點은 표면과 색상이 均一한 製品을 얻어 後處理가 必要없다. ICI 공정에 비해 施設費가 적은 것이 큰 長點으로 앞으로 이 공정은 매우 유망할 것으로 사료된다. 더우기 Hanning group은 화학발포제 대신 값이 싼 질소가스를 直接 발포제로 使用하는 공정을 開發중이다.

다. Polyurethane 계 structural foam

獨逸을 위시한 구라파 지역에서 많이 발달된 製品으로 열가소성수지계 structural foam과 競爭的으로 利用되고 있다. 성형원리는 Polyol, Diisocyanate, Freon 11 등을 混合하고 금형에 casting 한다. 일정한 時間이 되던 물드내에서 수지混合物은 발포한다. 따라서 폴리우레탄성형에는 mixing 및 casting 하는 장치가 있어야 하며 금형이 딸린 장치가 必要하다.

폴리우레탄 발포제품은 폴리스티렌계 저발포성형품보다 표면성질이 우수하여 後處理 공정이 간소화된다.

단, 이 성형에서는 이형제를 쓰기 때문에 이형제 제거공정이 따른다.

一般的으로 칼라 T.V, 캐비넷, 가구 등을 위시하여 소량 생산에 適合한 공정이다.

2. Pipe & Profile extrusion

가. PE-pipe

구라파에서 수도용으로 使用되는 파이프에는 경질 PVC와 PE pipe가 있다. PVC는 一般的으로 直徑이 크며 주수도관으로 使用되고 PE는 주수도관에서 各各 집으로 연결되는 소직경 수도 관으로 利用된다.

이 PE 파이프의 長點은 임의의 길이로 製造해서 輸送할 수 있으므로 PVC 관에서 必要한 연결관이 必要없다.

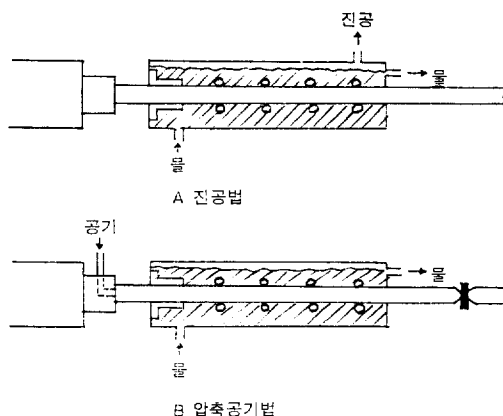


그림 9. PE 파이프 제조 공정

이와 같은 PE 파이프 製造에는 다음 그림 9에서 보는 바와 같이 압축공기를 利用하는 方法과 진공 싸이징을 利用하는 方法이 代表的으로 利用되고 있다.

나. PVC-파이프

大部分의 水道用 파이프는 PVC가 使用되고 초대형 수도관인 경우 콘크리트나 철관이 使用된다.

PVC-파이프 제조공정은 우리나라에서 택하고 있는 공정과 同一하다. 즉 수지를 dry blending 한 후 twin screw 압출기로 압출한다. 이때 使用되는 싸이징은 plug system이다.

파이프를 서로 연결하기 위하여 우리나라에서는 파이프 끝을 가열한 후 점착제를 바른 다른 파이프 끝을 밀어 넣는다. 구라파에서도 이와 같은 방법을 과거에 使用하였으나 오늘날에는 다음 그림 10과 같이 파이프 한 끝을 제조과정 중에 성형하고 여기에 고무링을 넣

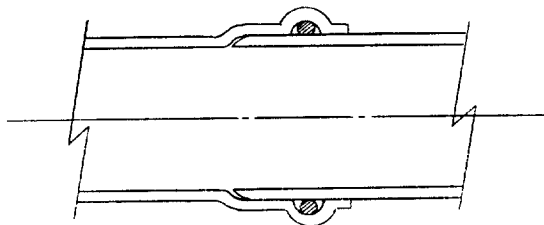


그림 10. PVC 파이프연결

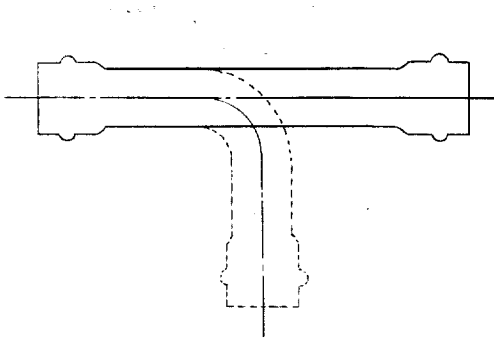


그림 11. 연결관의 성형

은 후 다른 파이프 끝을 밀어 넣는다. 이와 같은 구조를 텍하드로서 熱膨脹에 의한 파이프의 파열을 막을 수 있다고 한다.

연결부분을 성형하기 위해 10m 길이로 파이프가 절단되면서 가열성형이 연속적으로 이루어진다. 특히 直徑이 큰 파이프인 경우 엘보우와 같은 연결관은 사출 성형이 되지 않고 그림 11과 같이 양쪽이 성형된 파이프내에 가열된 모래를 넣고 성형한다.

다. 프로파일

구라파에서 가장 많이 발달된 것이 PVC window frame 용이다. 현재 PVC window frame은 전 window frame 시장의 10%—15% 정도를 점유하고 있다.

1980年度에는 50% 정도 점유할 것이며 나머지가 알루미늄, 나무 등으로 점유되리라 추측한다. PVC 나 내충격 PVC는 機械的인 강도가 우수하기 때문에 profile 製造에 많이 利用되고 있다.

실제로 profile extrusion에 제일 重要的 것은 die의 설계와 sizing part의 設計이다. die 設計에 있어서는 용융수지가 die를 나오면서 swelling되는 현상이 있으므로 실제 제품보다 die의 모든 치수가 10% 정도 적다. 또한 押出된 profile의 끝부분은 一般的으로 빨리 冷却되므로 많이 수축하는 것도 設計에서 고려되어야 한다(그림 12 參照).

Profile extrusion에 많이 쓰이는 sizing은 주로 vacuum sizing이다. 복잡한 구조를 가진 profile 押出에는 内部 part의 冷却이 오래 걸리므로 sizing unit가 길어지며 押出速度도 普通 1m/min 以內로 느려진다.

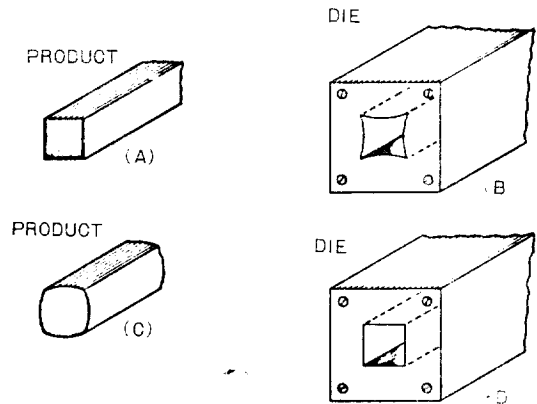


그림 12. Profile 압출시 다이 및 製品

3. Rotational Molding

이 성형에는 단회전 金屬 금형이 使用되며 이 금형은 서로 직각이 되는 2축으로 서서히 돈다. 回轉速度는 대개 30 rpm 이고 2축으로 도는 속도는 대개 製品에 따라 다르나 10:1에서 1:10 정도이다.

여기에 사용되는 原料는 분말상태의 高分子物質이거나 페이스트 등이다. 최근에 이르러 lactam 모노머를 直接 使用하는 方法이 開發되었다. 분말상태의 高分子物質을 使用할 때 그 용융온도는 300—450°C이다. 따라서 금형을 처음 가열하고 수지가 융합되면 다시 冷却시켜야 한다. 그리고 가열하는 medium은 普通 空氣, 기름, 직화 등이다. 空氣로 300°C 以上 溫度까지 올릴 수 있으나 control하기 힘들다. liquid medium을 利用할 경우 control이 용이하고 300°C까지 可能하다.

로테이션 몰딩은 큰 플라스틱 성형품을 經濟的으로 生産할 수 있다. 열가소성 분말수지로 10,000 l까지의 용기제조가 可能하며 두께는 1.5cm까지 可能하다.

그 외에 부의, 소형배, 工業用 용기, 포장용 펠렛, 가구 등이 製造된다.

이 성형의 큰 長點은 1,000 l 용량의 용기를 製造할 때 blowmolding 方法보다 施設費가 25—30% 정도 節減되는 것이다. 금형의 재질도 철, 동, 브라스관 등으로 可能하면 두께는 2—4 mm가 適合하다. 그 以外에도 스프루나 후레쉬의 손실이 없어 原料가 節約된다. 특히 우리나라에서 利用될 分野는 큰 용기 및 대형 부의 등의 製造分野이다.

4. FRP

(1) Filament winding 에 의한 대형 container 제조
直徑을 임의로 變更시킬 수 있는 씨린더 위에 glass-roving 을 連續적으로 winding 하며 폴리에스터수지를 스프레이 한다. 원래 glass-roving 만 쓰면 한 방향의 힘이 약하다.

그래서 winding 되기 직전에 glass-roving 위에 일정한 크기의 chopped strand 를 뿌린다. winding 과 동시에 폭 7 cm 정도의 cellophane film 을 감고 경화시킨다. 일정한 크기의 씨린더가 製造되면 아래 위 두껍을 別途로 製造하여 접착한다.

여기서 製造되는 container 의 크기는 直徑 1—3.5m, 높이 10m 정도이고 포도주 저장용으로 供給되기 때문에 tempering 공정이따른다. tempering 조건은 90°C 에서 6時間동안이며 미반응수지 등이 완전히 반응하므로 인체에 해롭지 않은 製品이 된다.

(2) Centrifugal casting 에 의한 silo 製造

오지리의 Koloseus 사에서 개발된 공정으로 현재 BASF 와 공동으로 더욱 개발될 예정이다.

이 공정에 필요한 주요장치를 보면 씨린더형의 회전금형, 수지 및 절단 유리섬유공급기 등으로 되어 있다

성형과정을 보면 회전금형 끝에 두껍이 될 부분을 설치한다. 금형을 50 RPM 정도로 회전시키면서 수지 및 절단 유리섬유를 均一하게 공급한다. 이 纖維와 樹脂는 원심력에 의하여 壓力을 받는 상태에서 경화된다 直徑 3.5 m, 높이 10m 정도의 silo 製作에 必要한 時間은 2時間이다.

이 공정에 의하여 製造된 용기는 filament winding 方法보다 普通 20% 싸다.

그러나 concrete 製品보다 2 倍나 비싸다.

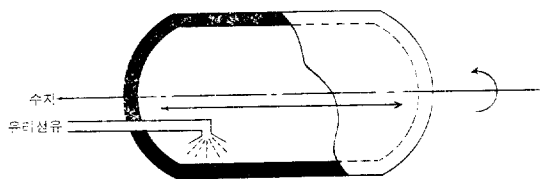


그림 13. Centrifugal casting 의 원리