1-3 냉각기구

교육훈련 목 표	· 금형 사양서에 따라 협의를 통해 금형의 냉각 회로를 결정할 수 있다. · 금형 사양서에 따라 협의를 통해 금형의 냉각 부속 부품을 결정할 수 있다. · 금형 사양서에 따라 협의를 통해 금형의 냉각 연결방법을 결정할 수 있다.

1. 온도 시스템

1) 금형온도 시스템의 개요

사출 금형에서 사출 성형품의 생산성을 높이기 위해서는 성형 사이클 단축이 요구된다. 성형 사이클을 줄이는 중요한 요소는 금형온도이다. 그러므로 온도 분포에 있어서 냉각이 잘 이루어지지 않으면 제품 취출 후에 수축이 발생할 가능성이 있기 때문에 금형 표면 온도의 최대값과 최소값을 비교분석하여 성형품의 냉각 불균일성을 해결 할 수 있도록 냉각 시스템 설계 하여야 한다.

2) 금형의 3대 밸런스

(표1-3-1) 에서 보는 바와 같이 유동조절 밸런스와 밀어내기 밸런스 그리고 온도조절 밸런스가 있다. 온도조절 밸런스에는 사용수지에서 보면, 열가소성 수지에는 냉각회로 설계가 필요하며, 열경화성 수지에는 가열체로 회로를 설계하도록 되어 있다.

(표1-3-1) 금형의 3대 밸런스 도표

1	2	3
유동조절 밸런스	온도조절 밸런스	밀어내기 밸런스
사출성형기 호퍼에서 노즐선단부	열가소성 수지 냉각회로	언더컷 없는 제품 밀어내기
로케이트링 스프루 런너 게이트	열경화성 수지 냉각회로	언더컷 있는 제품 밀어내기
캐비티 성형부	⇩	나사언더컷 있는 제품 밀어내기
에어밴트 오버 플로우	생산성 검토	⇩
⇩	⇩	금형내구성 검토
금형 구조 영향 줌	금형 평면크기 영향 줌	금형 두께 영향 줌

3) 금형 온도조절의 필요성

- 금형의 온도조절은 성형품의 성형성, 성형능률, 제품 품질 등에서 대단히 중요한 문제이므로, 금형 설계시에 미리 충분히 검토해 둘 필요가 있다.

(1) 금형온도 제어의 목적

① 성형싸이클의 단축

② 양질제품의 안정생산

- 금형 온도가 낮으면 수지가 빨리 응고되므로 사출 압력을 높게 하여야 한다. 이때 사출 압력에 의해 제품 내부에 응력이 발생한다. 이 응력은 제품이 냉각되어 고화 할 때 내부에 남아 일반적으로 잔류응력이 된다.

③ 성형품의 변형방지와 치수정밀도의 유지

- 제품 두께의 불균일 및 냉각속도 불균일로 인하여 수축이 불균일하게 되면 변형은 피할 수 없게 된다. 즉, 냉각속도에 의한 변형은 온도조절에 의하여 개선이 가능하다.

④ 성형품의 표면상태의 개선

- 일반적으로 금형 온도가 너무 낮으면 제품의 광택이 나빠지고, 플로우 마크나 웰드 라인이 현저하게 발생한다.

⑤ 작업준비시간의 단축

⑥ 금형 교체 시 금형을 사전에 승온하여 작업준비 시간단축

(2) 제품 품질과의 관계

① 제품의 변형

- 제품 두께의 불균일 및 냉각속도 불균일로 인하여 수축이 불균일하게 되면 변형은 피할 수 없게 된다. 즉, 냉각속도에 의한 변형은 온도조절에 의하여 개선이 가능하다.

② 성형 수축률

- 사출 압력이 일정한 조건에서 일반적으로 금형 온도가 높을수록 성형 수축률이 커지는 경향이 있다. 이는 제품이 불량이 되기 쉽고, 비틀림이나 휘어짐 등의 변형을 일으키는 원인이 되기도 한다.

③ 제품의 광택 및 외관

- 일반적으로 금형 온도가 너무 낮으면 제품의 광택이 나빠지고, 플로우마크나 웰드 라인이 현저하게 발생한다.

④ 제품의 물리적 성질

- 금형 온도가 낮으면 수지가 빨리 응고되므로 사출 압력을 높게 하여야 한다. 이때 사출 압력에 의해 제품 내부에 응력이 발생한다. 이 응력은 제품이 냉각되어 고화 할 때 내부에 남아 일반적으로 잔류응력이 된다.

4) 금형 온도조절의 열적 해석

- 성형품 중량 1,000g, 쇼트 수 35 /hr로 성형할 경우에 금형의 냉각 구멍의 전열면적 산출 방법, A의 1,000g 기점과 B의 35/hr 기점을 직선으로 연결하여 C의 교점을 해독하면 3,100㎠가 산출한 전열면이 된다.

(1) 금형 가열 히터의 용량

- PC, PE TP, PPO 등 고점도 수지는 유동성이 나쁘므로 금형 온도를 상승시켜서 성형한다. 금형 가열방법으로 히터를 사용한다.

5) 냉각수로 설계시의 유의점

(1) 금형의 레이아웃을 설계할 때는 밀핀, 기타 핀, 볼트 등의 배치와 더불어 온도저절용 냉각구멍의 배치도 잘 검토해 둔다. 즉, 냉각회로는 밀핀 구멍보다 우선한다.

(2) 냉각회로는 스프루나 게이트 등 금형 온도가 제일 높은 곳에 냉매가 우선 유입하도록 설계한다.

(3) 일반적으로 냉각회로는 제품형상에 따라 설계한다.

(4) 공급하는 수량(水量)이 일정한 경우 냉각수 구멍이 크면 유속이 떨어져 열전도가 나빠지므로 수량 증가 또는 구멍을 조절해서 냉각수의 흐름을 난류(亂類)로 하여 냉각효과를 올린다.

(5) 폴리에틸렌과 같이 성형 수축률이 큰 재료는 수축방향에 따라서 냉각수로를 설치하여 성형품의 변형률 방지한다.

(6) 성형압력의 반복 작용으로 캐비티부가 파손되지 않도록 냉각수 구멍 위치는 성형부에서 최소 10㎜이상 떨어지게 한다.

(7) 직경이 가늘고 긴 코어 핀에서는 물 또는 압축공기를 통과시킨다.

(8) 드릴 가공하는 경우 드릴 구멍 빗나감을 고려해서 설계한다.

6) 냉각수의 누수방지

- 금형 온도조절에는 온수 및 냉수를 온도조절의 효과를 위하여 5~10kg/cmf의 수압으로 순환시 키므로 시일(Seal)이 불완전하면 누수의 원인이 된다. 냉각 구멍의 시일에는 나사로 하는 것이 일반적이고 O링, 가스캐트, 고무 패킹 등이 이용된다.

(1) 나사 시일 방법

① 나사는 관용나사(PT 및 PS)가 사용되며, 냉각 구멍의 직경을 나사의 외경에서 피치를 뺀 치수의 직경으로 하면 가공공수를 적게 할 수 있다.

② 큰 냉각 구멍에서는 누수발생이 쉬우므로 가공정도를 높이거나, 액체 패킹 재를 발라서 나사 끼움을 하면 완전하게 밀봉할 수 있다.

(2) O링 시일 방법

① 금형에는 보통 니트릴 고무로 정도 Hs70 정도 또는 내열성이 좋은 시리콘 고무를 사용한다.

② O링에 의한 시일은 장소를 그다지 점유하지 않고 염가, 내열, 내유, 내마모성이 좋으므로 사용에 매우 편리하다.

2. 금형 온도 회로 설계

1) 사출 금형 캐비티와 코어의 냉각회로

(1) 캐비티부의 냉각회로

① 고정측 형판에 직선 냉각 구멍을 설계한 예로써, 가공이 용이하여 일반적으로 사용하는 방법으로 스프루 위에 가까운 곳에서부터 냉각수를 보낸다. 각진 성형품일 때 적합한 회로이다.

② 원통형 성형품의 바깥 둘레를 직선 냉각회로로 한 설계 예.

③ 캐비티 인서트 원통주위에 냉각 구멍을 설계한 예.

④ 평면형 성형품의 상하하면의 형판에 나선형의 냉각회로를 설계한 예.

(2) 코어부의 냉각회로

① 성형품 형상에 따라 고정측 형판과 코어에 직선 냉각 구멍을 설계한 예.

- 가공이 용이하고 냉각 효과도 좋다. 각진 성형품에 알맞다.

② 코어부에 구멍을 가공하고 버플러 플레이트를 설치하므로 코어 부를 냉각할 수 있다.

③ 코어부에 구멍을 가공하고 구멍 직경보다 적은 파이프를 설치하므로 파이프 내경으로 냉각수가 유입되어 파이프 외측으로 흘러나오도록 한 설계 예.

④ 코어부의 상면을 주로 냉각 시키고자 할 때 특수한 칸막이 판을 사용하여 코어상면부의 냉각효과를 얻는다.

2) 냉각수 채널 설계

(1) 가능한 한 금형 전체를 균일하게 냉각하는 구조로 설계한다.

① 냉각용 구멍의 크기, 수, 위치를 결정

② 냉각수 구멍은 밀핀 구멍에서 최소 8mm 정도 떨어져야 한다.

(2) 냉각수로 설계시의 유의점

① 냉각수 구멍은 이젝터(Ejector) 기구보다 우선한다는 생각으로 설계한다.

② 냉각회로는 스프루나 게이트등 금형온도가 제일 높은 곳에 냉각수가 먼저 유입하도록 설계한다.

③ 고정측 형판과 가동측 형판의 냉각은 별개로 제어 되어져야 한다.

④ 냉각수 입구온도와 출구온도의 차는 적은 것이 바람직하며, 정밀성형의경우 1℃ 이하로 하는 것이 바람직하다.

(3) 냉각수 구멍의 지름

① 성형품의 두께에 따라 구멍의 지름은 다음과 같다.

- 성형품의 평균 두께 2mm까지 : d=6-10mm
- 성형품의 평균 두께 4mm까지 : d=10-12mm
- 성형품의 평균 두께 6mm까지 : d=12-14mm

② 상측 캐비티에서 냉각은 제품외곽에서 5mm 이상 떨어져야 한다.

③ 냉각은 테두리로 회로가 되는 것이 좋다.

- 가운데 부분에 입자나 코어 핀, 그 밖의 가공이 추가 될 수 있다.

④ 원판의 오링 자리를 감안하여 냉각을 설치한다.

- 하측 코어의 입자코어 처리서 하원 판의 오링 자리와 간섭이 생겨서 불량의 요인이 있으므로 주의하여 냉각을 설치한다.

⑤ 조립도에서 원판에 냉각을 설치하여 스프루의 수지를 냉각시켜 주거나 원판을 빨리 냉각시켜 성형 사이클을 줄일 수 있다.

(4) 냉각수 구멍의 위치 및 크기

① 냉각수 구멍의 배치는 두께가 불균일할 때와 균일할 때와 차이가 있다.

② 냉각수 구멍이 원형일 때

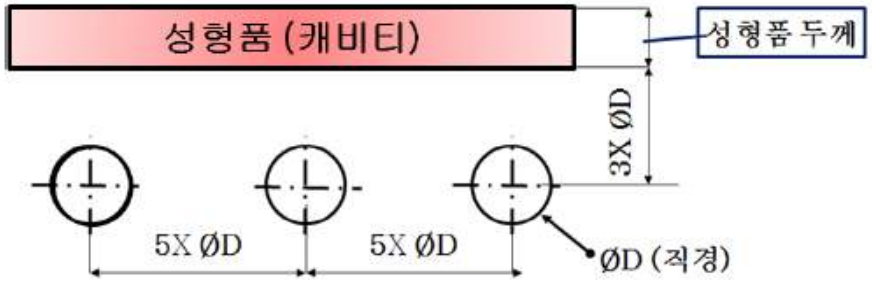
- 냉각수 구멍의 지름은 일반적으로 8 ~ 25mm가 보통이다.
- 가능한 한 10 ~ 12mm로 하는 것이 바람직하다.
- 직경 14mm를 넘으면 단면적이 지나치게 커져 난류가 되기 어렵다.
- 성형품의 평균 두께 2mm 까지 : d = 8 ~ 10mm
- 성형품의 평균 두께 4mm 까지 : d = 10 ~ 12mm
- 성형품의 평균 두께 6mm 까지 : d = 12 ~ 14mm

③ 폴리에틸렌과 같이 성형 수축률이 큰 재료는 수축방향에 따라서 냉각수로를 설치하여 성형품의 변형률 방지한다.

④ 냉각수 구멍 위치는 성형부에서 최소 10mm이상 떨어지게 한다.

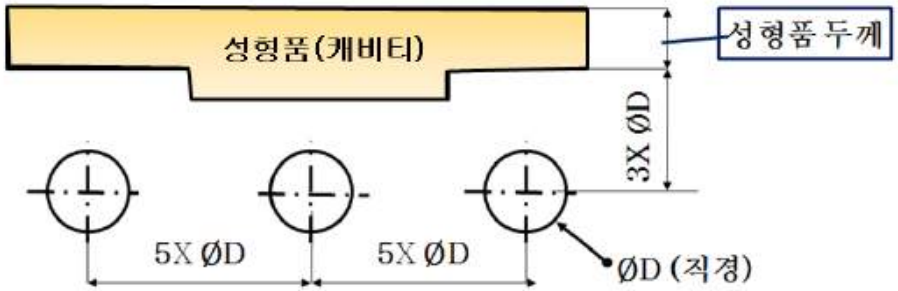
(a) 제품이 평면일 경우

다음 (그림1-3-1) 은 성형품과 냉각수의 관계를 그림으로 나타낸 것이다



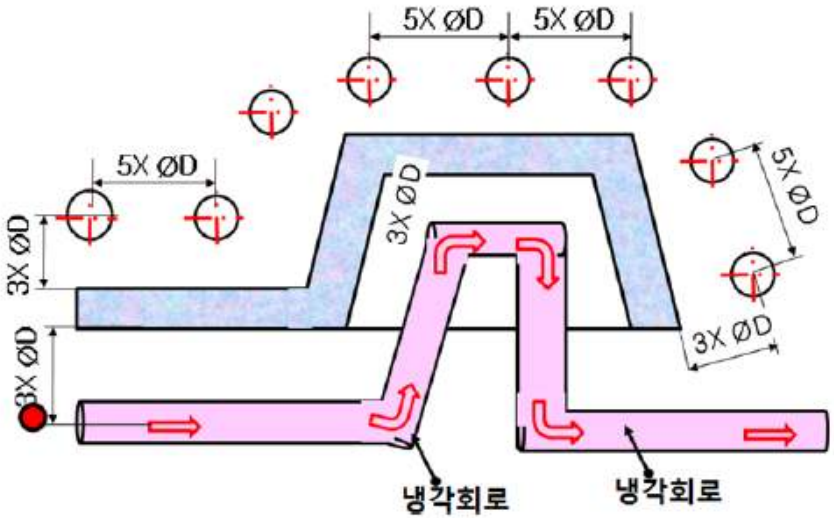
(그림1-3-1) 냉각수 구멍의 크기 및 위치

(b) (그림1-3-1)는 제품이 부분적으로 두꺼울 경우



(그림1-3-2) 냉각수 구멍의 크기 및 위치

© (그림1-3-3) 제품의 형상이 있을 경우



(그림1-3-3) 냉각수 구멍의 크기 및 위치

3) 금형 온도 조절 방법

(1) 직접 냉각 방식 : 냉각효과가 높은 직접냉각방식

① 냉각효과가 간접냉각방식과 비교하여 약 2.5~4.5배 크다.

② 사용매체 : 물(최고사용온도 : 95℃)

③ 한 개의 전자변으로 급수와 냉각을 제어하여 회로가 간단

④ 금형으로 순환되는 매체와 급(냉각)수가 동일 수질이 되므로 매체의 수질관리에 특히 주의가 필요하다.

(2) 간접 냉각 방식

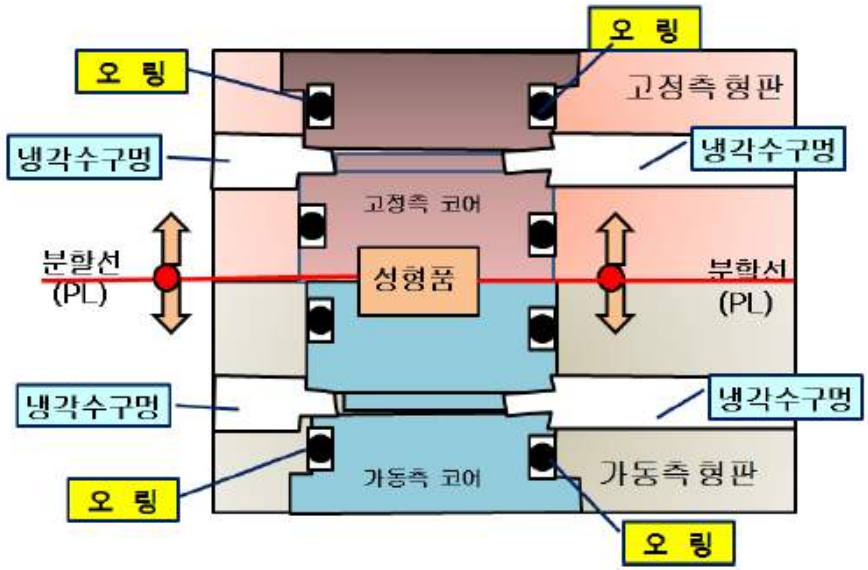
① 사용매체 : 물

② 최고사용온도 : 120℃ (냉각 능력은 냉각수 온도에 따라 제한을 받아 보통은 80℃이상에서 사용)

(3) 인서트 코어의 경우 냉각방식

① 직접 냉각 방식 (그림1-3-4)

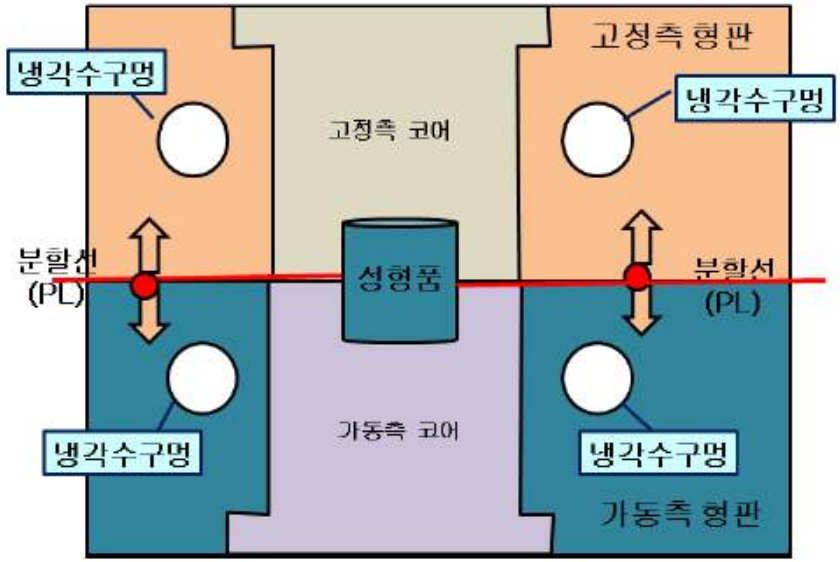
- 인서트에 냉각 수로를 만들어 직접 냉각하는 방식
- 인서트와 형판 사이에 냉각수의 누수를 방지하기 위하여 O 링을 넣는다.



(그림1-3-4) 직접 냉각

② 간접냉각방식 (그림1-3-5)

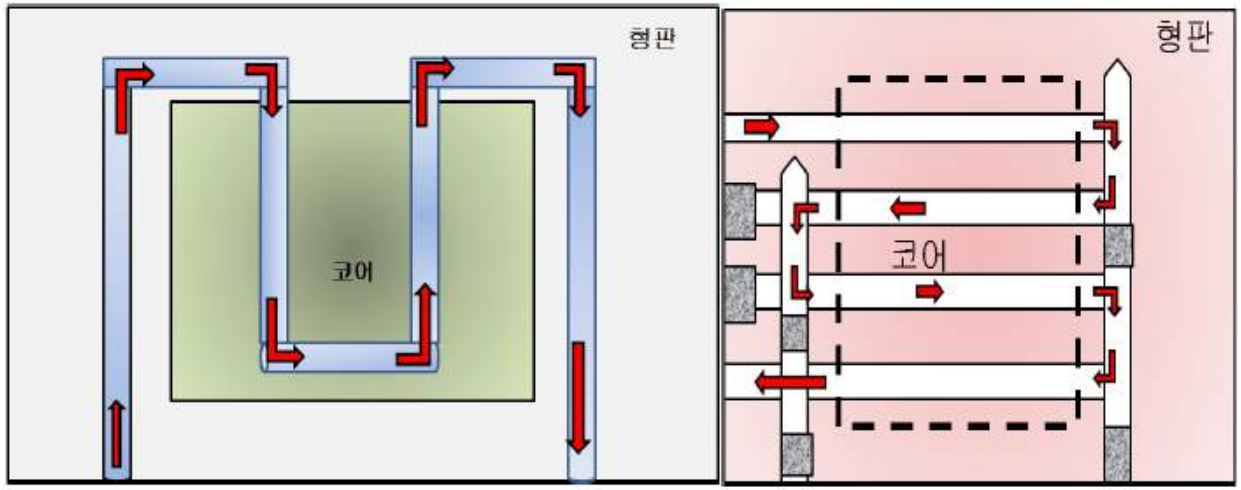
- 형판에 냉각 수로를 가공하여 인서트 캐비티를 냉각시키는 방식



(그림1-3-5) 간접 냉각

4) 냉각 방식의 종류

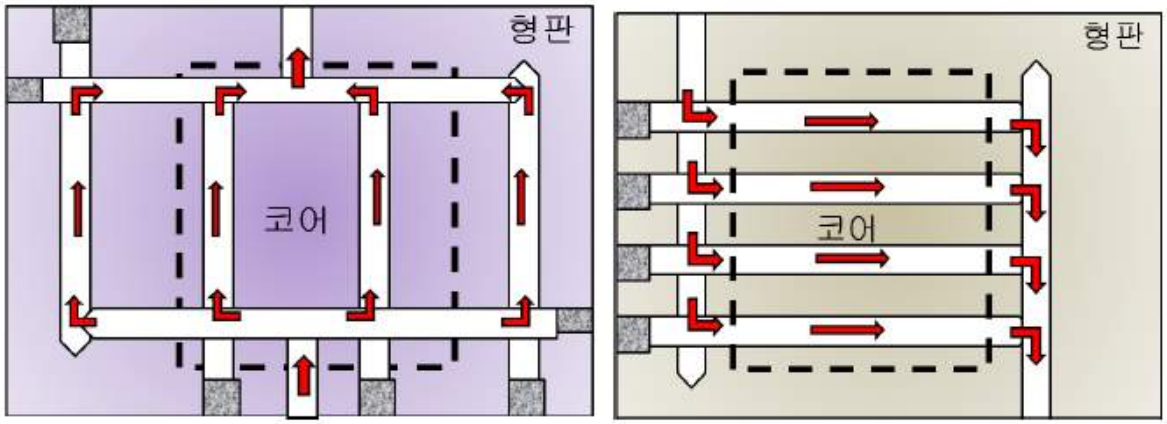
(1) 직렬연결방식(그림1-3-6)



(그림1-3-6) 직렬 순환식 냉각회로

① 냉각수 균일한 흐름양이 좋으나, 압력손실이 많으며, 입 출구부위 온도차가 크다.
② 냉각 구멍을 직선으로 가공하는 회로로 가공이 쉬워 많이 사용
③ 각진 성형품에 적합하고 스프루에 가까운 곳에서부터 냉각수를 보낸다.
④ 냉각채널의 전체 단면을 동일하게 설계하면 채널전체에서 냉각수의 흐름이열 교환을 더 효율적으로 해줄 수 있는 난류(소용돌이 : Turbulent Flow)의 형태를 띤다.
⑤ 냉각수가 냉각채널 전체를 통해 온도를 충분히 낮출 수 있도록 냉각수의온도상승을 최소화하는데 주의한다.
⑥ 일반적으로 냉각수의 유입온도와 배출온도의 차이는 일반 금형의 경우 5℃이내로, 정밀 금형의 경우에는 3℃이내로 유지한다.
⑦ 대형 금형의 경우에는 냉각채널의 온도를 일정하게 유지시켜 결과적으로 냉각이 균일하게 이루어지도록 하기 위해 둘 이상의 직류식 냉각채널이 필요하다.
⑧ 변형을 일으킬 우려가 있는 성형품의 경우에는 성형품의 형상에 따라 냉각채널을 가공하고 냉각수가 금형 내를 순환하도록 하는 직렬 순환식 냉각회로를 사용한다.

(2) 병렬연결방식(그림1-3-7)



(그림1-3-7)병렬 냉각회로

① 압력강하가 적고 많은 양이 사용 가능, 입 출구 온도차가 적다.

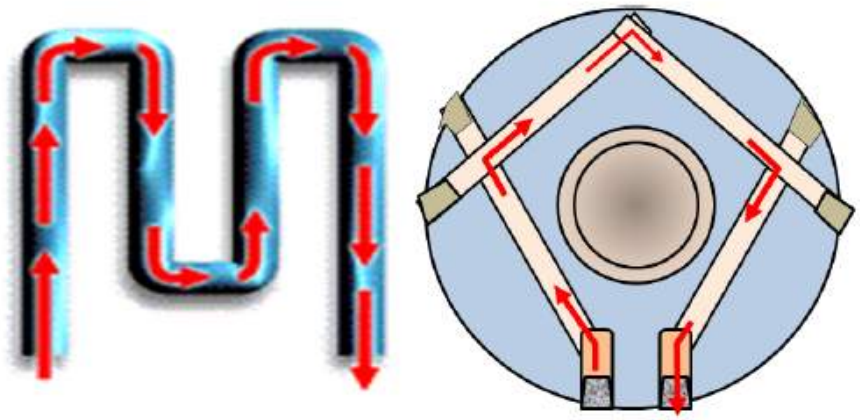
② 각 라인에 균일한 흐름은 불리하고, 일부라인이 막혀도 알기 어렵다.

③ 유속의 차이로 각각 채널에서의 냉각효율이 다름으로 인하여 금형을 균일하게 냉각시키기 어렵다.

④ 일반적으로 금형의 Cavity와 Core는 각각 병렬식 냉각채널을 갖는다.

⑤ 각 시스템의 냉각채널 수는 금형의 크기 및 성형품 형상의 복잡한 정도에 따라 달라진다.

(3) 직류 순환식 냉각회로(그림1-3-8)



(그림1-3-8) 직류 순환식 냉각회로

① 냉각회로가 원판에서 코어로 이동이 가능(오 링 사용)
② 코어의 가공부분 막음이 필요
③ 될 수 있는 한 직선의 회로가 가능
④ 코어의 가공부분 칸막이로서 회전이동이 가능
⑤ 냉각탱크의 크기를 크게 할 수 있다.
⑥ 제품면적이 큰 제품에 사용이 가능하다.

3. 온도조절 기구 부품

1) 니플(Nipple)

(1) 니플의 개요

금형에서 냉각수의 물이 사출 성형기의 메인 펌프에서 금형의 내부로 흘러들어 갈수 있도록 파이프 또는 호스를 연결하는 이음쇠를 말하며, (그림1-3-9)과 같이 호스와 호스, 호스와 기타

다른 기기 및 필터 사이를 연결해 주는 대부분의 장치를 피팅(Fitting)이라 한다. 크기는 일반적으로 사용하는 호스와 같이 Φ6~8 mm가 많이 사용된다.

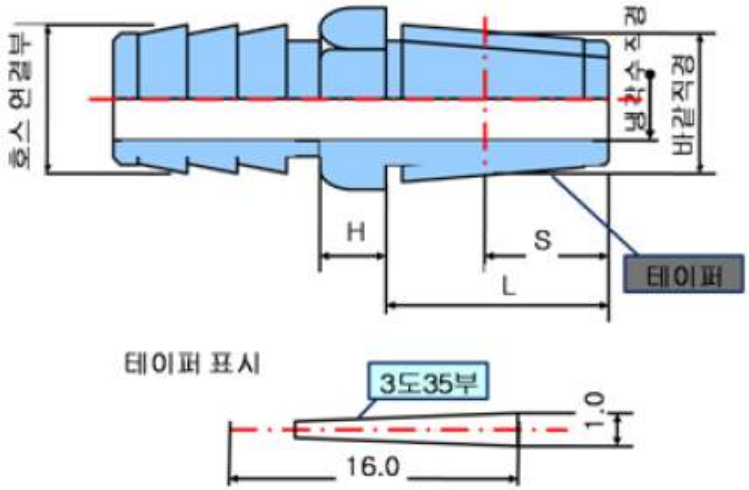
(그림1-3-9) 니플의 종류

(2) 니플 탭의 종류

(그림1-3-10) 는 니플 탭의 규격을 나타낸 것으로 도면에서 보는 바와 같이 테이퍼의 경우에 약 3° 35 ‘로 기울어져 있고, S부 길이의 직경을 측정하여 그 치수를 니플의 규격으로 표시한다.

① PT (Pipe-Taper)형 - 탭핑(Tapping) 부가 경사로 이루어져있어 체결을 함으로써 기밀성은 더욱 좋아 지게하기 위하여 경사로 되어 있는 Nipple

② PS (Pipe-Straight)형 - 탭핑(Tapping)부가 평행하게 되어 있는 니플(Nipple)로 그다지 기밀성을 요구하지 않는 연결부에 사용하는 부품



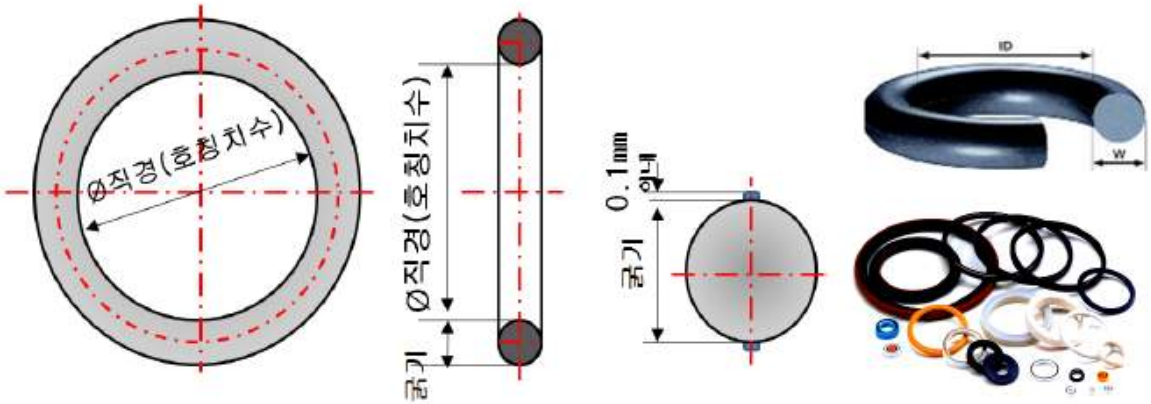
(그림1-3-10) 니플의 탭 규격

2) 오 링 (O-ring)))

(1) 오 링 (O-ring))의 정의

오 링 (O-ring))은 원형의 횡단면을 가진 간단하고도 다양한 Ring모양을 한 봉합재질이다. 오 링 (오 링 (O-ring))은 유동부위나 고정부위에 장착되어 두 표면사이에 가깝게 밀착되면서 유동체가 흘러 들어올 수 있는 통로에 Leak 발생을 막아주는 신뢰성 있는 봉합장치이다.

(2) 오 링 (오 링 (O-ring)) 모양 및 호칭치수(그림1-3-11)



(그림1-3-11) 오링의 형상

♠ 호칭치수 ♠

- 일반적으로는 내경의 치수를 말한다.
  (단, 내경의 크기는 내경치수보다 0.1mm~0.2mm 더한 값을 말한다)
- 금형에서 가공되는 홈의 호칭치수는
  운동용 오 링 (O-ring)) : 내경치수로 표시
  고정용 오 링 (O-ring)) : 외경치수로 표시

(3) 특징

① 씰 중에서 가장 많이 사용

② 가장 기본이 되는 것으로 정확히 숙지하고 사용하면 실질적 경제적 상승은 물론, 수명 연장에도 직접적 효과가 있다.

③ 오링은 고정용, 왕복 운동용, 회전용의 어느 부분에도 적용가능하다.

④ 규격과 재질이 다양하며 경제성이 우수하고, 종류는 무려 4천여 종이 있다.

⑤ 오링의 규격은 내경과 두께를 기준으로 정의하며 밀리미터 또는 인치로 표기한다.

3) 장점

① 가격이 가장 저렴하다

② 장비의 크기를 줄일 수 있다.

③ 설계, 가공 및 조립이 쉽다.

④ 보수 시 대체규격을 쉽게 구할 수 있다.

⑤ 사용 유체에 따른 재질의 종류가 다양하다

⑥ 조건에 맞게 광범위하게 사용할 수 있다

⑦ 규격이 다양하여 원하는 치수로 설계가 가능하다.

(4) 오 링 (O-ring)) 종류와 기호

① 재질에 따른 구별

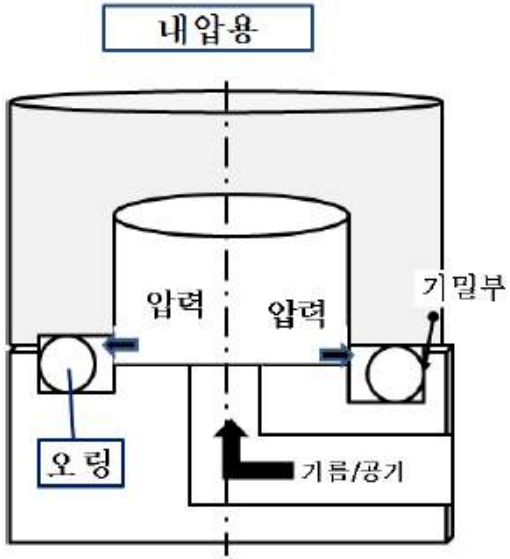
종 류	기 호	설 명
1종A	1A	내광물용 (스프링 경도 Hs 70 인 것)
1종B	1B	내광물용 (스프링 경도 Hs 90 인 것)
2종	2	내가솔린용
3종	3	내동식물용
4종 C	4C	내열용
4종 D	4D	내열용

② 사용에 따른 구분

종 류	기 호	설 명
운동용 (Packing/Piston)	P	동작하는 부위에 들어갈 때에 사용 (자동차 엔진 등에 사용)
고정용 (Gas kit)	G	고정되어 있는 부위에 들어갈 때에 사용 (냉각수 수돗물 등에 사용)
진공용 (Vacuum)	V	진공 상태를 요구하는 부위에 사용

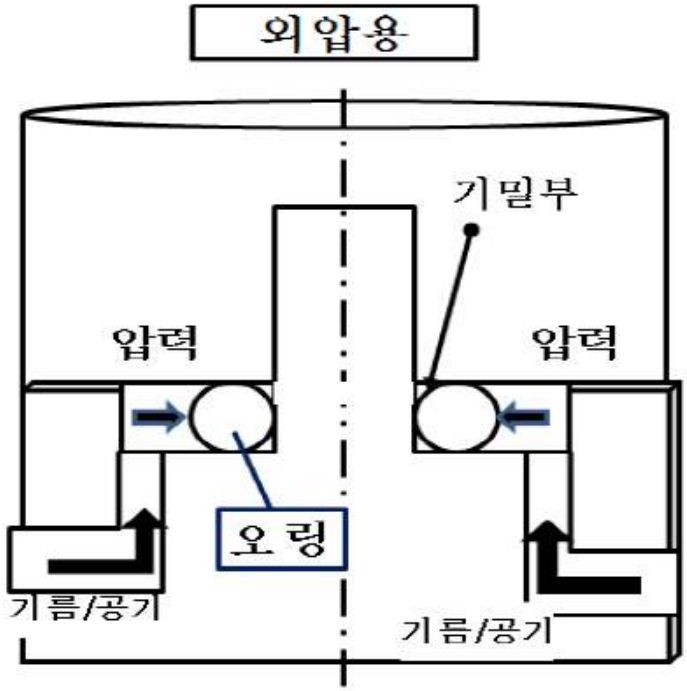
③ 씨일 방식에 따른 구분

㉠ 내압용 오 링 (O-ring)) : 바깥지름으로 씨일 방식을 적용한다. (그림1-3-12)



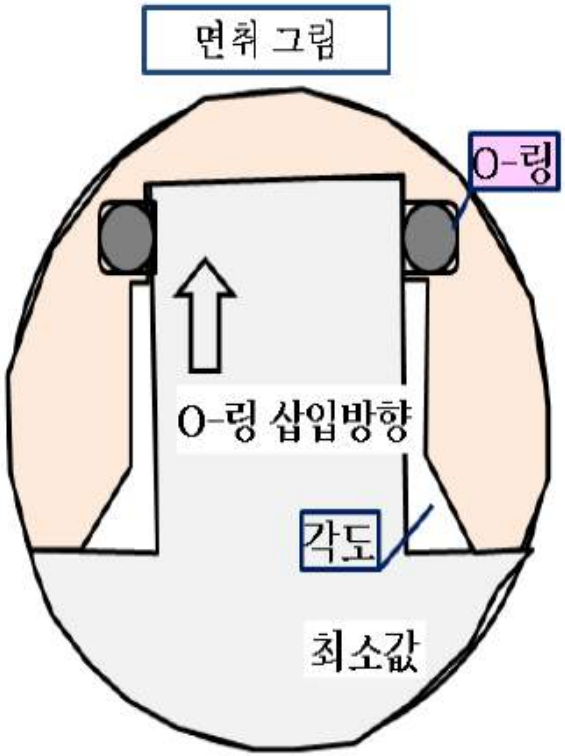
(그림1-3-12) 내경치수 오링

㉡ 외압용 오 링 (O-ring)) : 안지름으로 씨일 방식을 적용한다. (그림1-3-13)



(그림1-3-13) 오링 설치

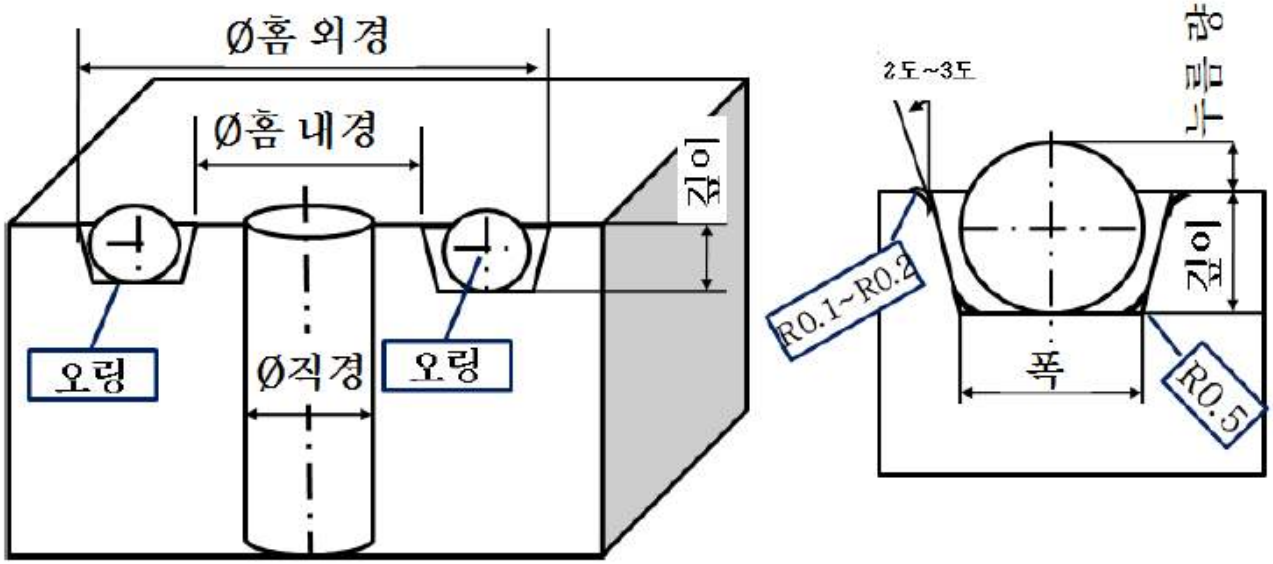
㉣ 오 링 (O-ring))의 장착 시 파손을 방지하기 위하여 아래 그림과 같이 반드시 면취를 하여야 한다. (그림1-3-14)



O-링 호칭번호	O-링굵기	최소 값	구배길이	
			15도	30도
P3 ~P10	1.9±0.07	3.0㎜	4.0㎜	1.6㎜
P11~P22	2.4±0.07	3.5㎜	3.4㎜	1.6㎜
P22A~P50	3.5±0.10	4.5㎜	4.1㎜	1.9㎜
P48A~P150	5.7±0.15	7.0㎜	4.9㎜	2.3㎜
P150A~P400	8.4±0.15	9.5㎜	5.6㎜	2.6㎜
G25~G145	3.1±0.10	4.5㎜	4.1㎜	1.9㎜
G150~G300	5.7±0.15	7.0㎜	4.9㎜	2.3㎜

(그림1-3-14) 오링과 삽입 면취

㉣ 금형에서 오 링 (O-ring))이 들어가는 홈 가공 치수 (그림1-3-15)

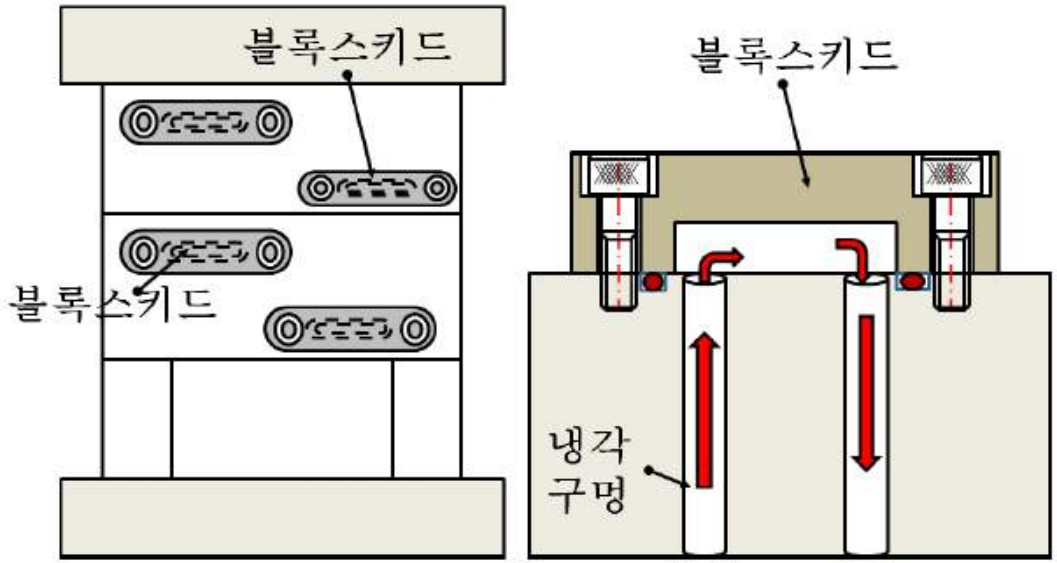


(그림1-3-15) 오링 홈 가공 명칭

- 구멍치수는 냉각수의 구멍치수로서 설계자가 정한다.
- 홈 내경 치수 (I) : 구멍치수 보다 1.5mm~2.0mm 정도 크게 한다.
- 홈 외경 치수(O) : 사용오 링 (O-ring))의 굵기에 의하여 정하든지 혹은 홈 내경치수 + 2 × 굵기 + 2.0mm~2.5mm로 하면 된다.
  (오 링 (O-ring)) 호칭치수 + 2 × 굵기 + 1.0mm~1.5mm가 된다).
- 홈 깊이 치수 : 사용 오 링 (O-ring))의 굵기보다 0.5mm(통상 누름량)만큼 얕게 한다.

3) 블록 스키드(Block Skit)

블록 스키드는 금형에서 냉각수 혹은 오일의 회로 구멍을 연결할 때에 호스가 아닌 블록으로서 연결하도록 만든 부품으로 금형에 적용한 예의 (그림1-3-15) 에서 보는 바와 같이 다음과 같은 효과를 얻을 수가 있다.

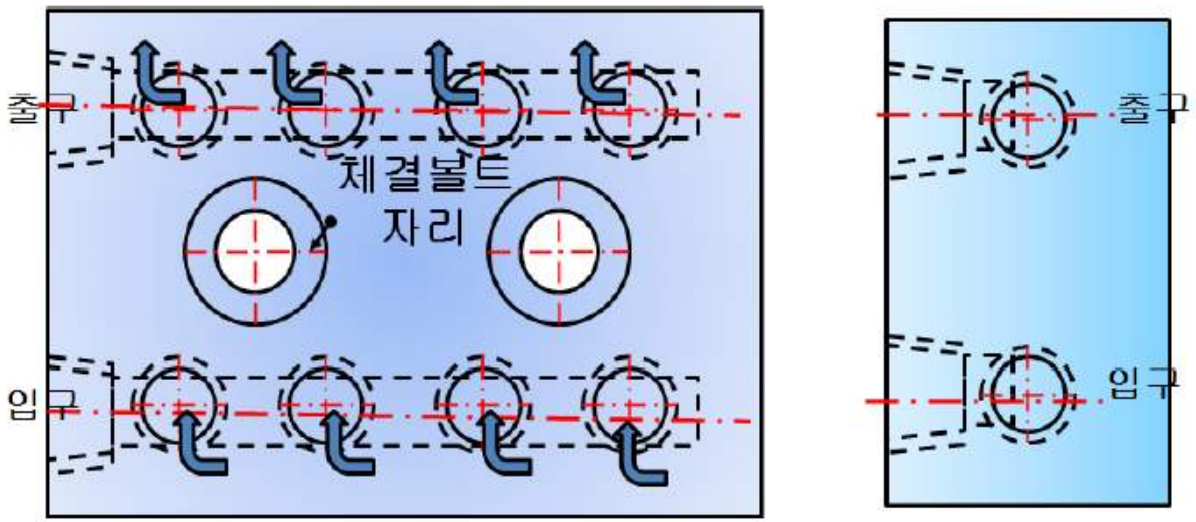


(그림1-3-16) 블록 스키드

① 오일 및 냉각수 회로에서 냉각 구멍 Pitch가 좁아도 서로 연결이 가능 하 다
② 입구나 출구에 호스의 엉클어짐을 없애고 외관을 깨끗하게 정리할 수 있다
③ 분해 조립 시 Nipple의 분해 조립이 불필요하고 한번조립으로 시간단축 및 냉각 누수 등의 염려가 없다.
④ 공간(홈)가공을 냉각 회로에 맞추어 충돌이 없게 가공할 시에는 스키드 부착으로 여러 회로 연결이 가능하다.

4) 분파기

금형에서 냉각수 혹은 오일 (기름)등을 분리하여 동시에 각각의 필요한 회로로 유동될 수 있도록 하기 위한 분리 부품을 말한다.(그림1-3-17)



(그림1-3-17) 분파기

다음 (그림1-3-18) 여러 가지 분파기 예를 나타낸 것입니다.

(그림1-3-18) 여러 가지 분파기 예

(1) 분파기 효과

① 오일 및 냉각수 회로에서 동시에 같은 유량으로 분파할 수 있어 동시 작업이 가능하다.

② 입구 및 출구의 수량이 적은 성형기에서도 많은 회로에 분파가 가능하다.

③ 다수의 냉각회로로 인하여 금형의 외관상 지저분한 경우에 사용하면 외관을 깨끗하게 정리할 수도 있다.

④ 다수의 분파기 사용으로 여러 회로를 설치할 수 있고 분해 조립도 가능하다.(그림 1-3-19)

(그림1-3-19) 실제 금형에 적용한 예