

고무용 금형 일반

육 정 권

1. 고무 재질별 적정 금형재료 선택

1.1 금형 재료가 고무 제품에 미치는 영향

- 고무 재료(CR, ACM, EPDM)에 따른 금형 부식으로 제품 외관 영향
- 금형 재료 특성에 따른 가공면이 제품 외관 영향(NAK55 방전면-외관제품 부적합)
- 제품 특성(Seal류-경면 Move Camera 의 Eye Cap-부식성 등)에 따른 영향
- 특수 재료의 경우 재료의 특성에 맞는 금형재료 선택

1.2 금형 재료의 선정

- 금형의 재료는 균일한 제품을 장기간 동안 얻을 수 있고 장기간 동안 Burr 사상성이 쉬워 후 공정 처리가 용이 해야 하나
- 장기간 사용 시 금형의 청소(사상, 샌딩) 시 Tear Trim 부가 손상되어 일정 기간 이후에는 사상이 어려워 지고 제품의 외관상 파팅 라인부가 깨끗하지 않으므로,
- 초기 금형 제작 시 제품의 맞는 금형 재료를 선택함 매우 중요하다.
- 금형 재료는 강도(경도 Hrc)가 높을수록 수명이 길어 지나 금형 재료에 따라 경도가 높으면 취성이 높아져 쉽게 파손 되는 재료(공구강)도 있다.
- 금형 재료는 열처리 후 경도가 높을 경우 가공성이 떨어지고 가공 후 열처리를 하면 정교히 가공된 제품부 치수들이 열처리 변형으로 사용이 어렵게 된다.(고속가공기를 적용할 경우

는 Hrc 60 정도도 가공이 가능하다).

○ 통상 생산 수량이 적은 경우 SM45C 재료를 사용하나 이 경우에는 사용할수록 Burr 가 두꺼워 지거나 길어져 Burr 가 있어 제품의 기능에 영향을 주는 경우에는 사용을 피하는 것이 좋다

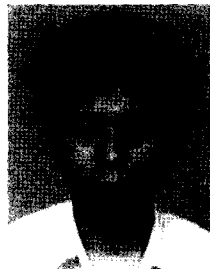
○ 후 STD-61, STD-11 재질을 사용할 것을 주장 하는 경우가 있으나 정교한 금형에는 열처리 변형으로 사용이 어려울 수도 있다. 최근에는 고속 가공기를 이용할 경우 적용할 수도 있으나 가공 경비를 검토 해 볼 필요가 있다. 통상적으로 열처리가 된 상태의 프리하든강이 있어 이를 사용 한다.

○ 프리하든강 이란?

금형을 내구성과 경면 사상성을 위하여 기본적으로 강재는 단단해야 하는 성질(강도,경도)을 요구 받고 있다.

이러한 바탕 위에서 출발하면 쉽게 생각될 수 있다.

예전에는 기계가공상의 어려움으로 인하여



육정권

1980 영남대학교과 졸업
 1975~ 평화산업, 설계개발
 1983
 1983~ 대동산업 개발 및 품질관리
 1986
 1986~ (주)화진인더스, 전무
 현재

경도가 낮은 재료를 사용하여 금형을 만들어 사용하거나 이를 열처리(담금질, 표면경화처리...)하여 사용하므로 열처리 변형으로 어려움이 많았다.

그런데 최근에는 기계가공능력(공구)이 향상 되었으므로 어느 정도(HRC40) 단단한 강재에 대하여는 열처리를 재료의 제강 공정에 포함하고 있다.

즉 금형가공후의 열처리에 의해서 발생하는 많은 문제를 개선하는 목적도 일부포함하고 있다.

1.3 강재들의 분류

○기타 특수원소(5원소 탄소, 규소, 망간, 인, 황)및 금속(니켈, 크롬, 몰리브덴등) 을 융합하여 그 명칭을 부여하는 경우와(탄소강, 크롬몰리브덴강 스테인레스강 등)

○금속을 융합할 때 원소 첨가량의 특성에 따라 명칭을 부여하는 경우(저탄소강, 고탄소강)

○금속을 생산할 때 생산방법에 따라 그 명칭이 부여 하는 경우가 있다 (압연강, 인발강, 단조강 주강).

○여기서 프리하든강 이란 생산 시 단조공정을 거친 합금강의 명칭이며 첨가 원소 및 금속의 종류와 양에 따라 명칭은 부여되지만 단조라는 공정을 거친 강재들의 총칭이다.

프리하든강의 특징은 단조라는 공정을 거치기 때문에 조직이 조밀하여 가공면의 조도가 좋으며(금형에서 보편적으로 경면용에사용) 원소성분의 특성에 따라 그 경도가 주어진다

이처럼 금형강으로서 출고 될 때에 강재가 갖추어야 할 경도를 갖고 있다는 의미로 프리하든강(Pre-Harden steel)이라는 용어로 사용하고 있다.

국내의 재료업체로는 주로 두산중공업의 HP 강재가 이에 해당된다.

그리고 수입강재로는 아삼철강 STAVAX, 일본의 대동특수강의 NAK계통이 있다

경도는 정도에 따라 편차는 있으나 그 원인은 프리하든강 들은 시효 경화성 성질을 갖고 있기 때문이다.

시효 경화성이란 = 금속이 갖고있는 경도의 정도가 시간이 지날수록 높아지는 성질이다

2. Cavity에 따른 제품 품질 및 생산성과 원가에 미치는 영향

2.1 Cavity 설정(Parting line, 배열)

① 작업성을 위한 결정

- 제품 취출 방법을 위한 결정
- 재료 투입을 위한 결정
- 금형 분리를 위한 결정

표 1. 프리하든강의 재질별 비교

| 관 련 규 격 | | | | 용 도 |
|---------|---------------------|-----------|-------------|--------------------------------|
| 한 국 | 일 본 | A I S I | 기 타 | |
| HP1A | S55C mod. | 1050 mod. | KTSM21 | 일반용형판, 정밀부품용 BASE재 등 |
| HP4A | SCM440 mod. | 4140 mod. | KTSM31 | 일반적인 제품의 Cavity부 적용-수량이 보통일 경우 |
| HP4MA | SNCM mod. | P20 mod. | KTSM3M | 일반적인 제품의 Cavity부 적용-수량이 보통일 경우 |
| HP70 | NAK80 | - | - | 정밀한 부품과 생산 수량이 많은제품 적용 |
| - | NAK55 | - | - | |
| HEMS-1A | 420J2 mod. HPM38 | 420 mod. | STAVAX | 부식이 나기 쉬운 제품 적용(CR 경우 사용) |
| - | HIPORAS | - | PORCERAX II | 통기성 금형재 |

표 2. 용도별 비교

| 강 종 | 주 요 제품명 | 표 준 규 격 | | | | 주 용 도 |
|-------------|-------------------|---------|-------------------|---------|-----------|--|
| | | 한 국 | 일 본 | A I S I | 유사강종 | |
| 고 부 금형강 | HP1A | - | S55C 개량 | 1050 개량 | | 일반용 형판 및 형재, 정밀부품용 Base材 |
| | HP4A | - | SCM440 개량 | 4140 개량 | | 일반 적인 제품의 Cavity 부 적용- 수량이 보통일경우 |
| | HP4MA | - | SNCM 개량 | P20 개량 | | |
| | HP70 | - | | | NAK55, 80 | 정밀한 부품과 생산 수량이 많은제품 적용 |
| 열 간 공구강 | STD61 | STD61 | SKD61 | H13 | | Casting Tool, Press Tool, Extruding Tool |
| | STD62 | STD62 | SKD62 | | | Press Tool, Extruding Tool |
| 냉 간 공구강 | STD11 | STD11 | SKD11 | D2 | | Trimming Tool, Drawing Tool |
| | STD12 | STD12 | SKD12 | A2 | | Screw Threading Tool |
| 스텐레스 금형강 | HEMS-1 HEMS-1A | | SUS420J2 HPM38 | 420 개량 | STAVAX | 부식이 나기 쉬운 제품 적용(CR 경우 사용) |

- Gas 배출을 위한 결정
- Burr 처리를 위한 결정
- 공정 단축을 위한 결정
- 자동화를 위한 결정
- ② 금형 가공방법에 의한 결정
 - 상, 하 원판에 가공할 경우
 - 일부 Core 를 조립 할 경우
 - 전체 Cavity 를 일체형으로 조립 할 경우
 - 개별 Cavity 를 일체형으로 조립 할 경우
 - 형상부 가공을 위한 조립부를 분리 할
경우
 - 형 수리를 용이하게 할 경우
- ③ 설비에 따른 Cavity 배치
 - 유압 Press 열판 크기에 의한 결정
 - 체결 압력에 따른 결정
 - Injection M/C의 사양에 따른 결정

- ② 금형 구조, 작업성을 위한 배치 방법
 - 사출 Balance를 위한 배치(Injection mold
경우)
 - 제품 취출을 위한 배치
 - 재료 투입 방법을 위한 배치
 - 수동작업을 위한 배치
 - 자동화를 위한 배치

표 3. 기능 부품들의 Cavity에 따른 일반적인 현황

| Cavity | 小 | 中 | 多 |
|----------|---|---|---|
| 품질수준(일반) | 高 | 中 | 低 |
| 생 산 수 량 | 小 | 中 | 多 |
| 생 산 원 가 | 高 | 中 | 低 |
| 금 형 비 | 低 | 中 | 高 |

* 단순 Packing, Silicone 제품 등의 경우 제외

2.2 Cavity 의 배치 방법

- ① Cavity 수량 결정
 - 월 소요량에 따른 결정
 - 생산 원가에 따른 결정
 - 월 작업일수에 따른 결정
 - 설비에 능력에 따른 결정
 - 작업자 배치에 따른 결정

3. 제품별 최적 금형구조 선정

3.1 성형 Type 결정

- 적용설비에 따른 구조
- 품질수준에 따른 구조
- 생산수량에 따른 구조
- 생산 원가에 따른 구조

표 4. 형구조별 특징

| 형 구조 | Compression | Transfer | Injection | CRB Injection | 자동화 |
|-------|--|----------------------------------|--------------|---------------|----------------|
| 적용설비 | Press | Press | Injection | Injection | Injection |
| 품질수준) | 低 | 中 | 高 | 高 | 高 |
| 생산수량 | 小 | 小 | 多 | 多 | 多多 |
| 생산원가 | 中 | 高 | 低 | 低 | 低低 |
| 금형비 | 低 | 中 | 高 | 高 | 高高 |
| 적용제품 | O-Ring, Seal, Wiper, Packing, Silicone 제품류 소형,소량 제품류 | W/C Cup 등의 소형제품으로 Burr 크기가 적은 제품 | 일반적인 대부분의 제품 | 일반적인 대부분의 제품 | 생산수량이 매우 많은 경우 |

상기 자료는 일반적인 경우이고 O-Ring, Oil seal, Wiper,... 등의 경우에는 제품의 특성, 형상, 크기에 따라 결정할수 있다.

- 예상 금형비에 따른 구조
- 제품 특성에 따른 구조

3.2 형구조의 종류

- Compression
- Transfer
- Injection
- Cold Runner Block Injection
- 자동화

4. Burr를 최소화 하기위한 금형의 설계 및 가공 Point

4.1 Burr를 최소화 하기 위한 설계

- ① 금형 설계시
 - Tear Trim 형상, 치수 정의
 - Over flow 정의
 - 면압 정의(Burr 최소화를 위한) $F/A =$

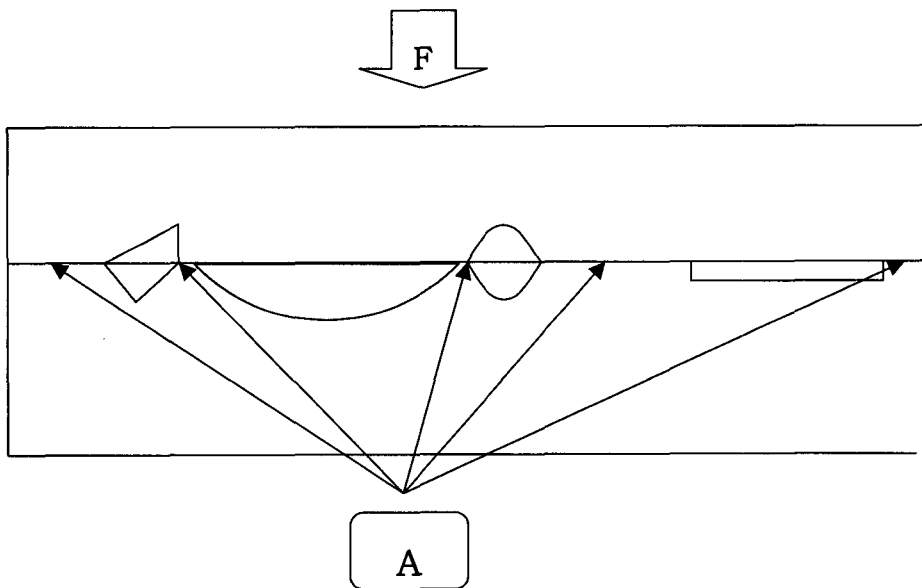


그림 1. 면압정의(Burr 최소화를 위한) $F/A=200\sim 500 \text{ kg/cm}^2$.

200~500 Kg/cm²

② 가공시

- Tear trim부 정도 관리
- Cavity 별 량 Balance 관리
- 금형 정도 관리(수평)

③ 기타 관리

- 기계정도 관리(수평)
- 투입 고무 재료량 관리
- 투입 고무형상 관리
- 기계 동작관리(Gas 빼기 등)

5. 기 타

① BURR가 제품에 영향을 주지않는 금형의 동작에 따른 설계와 가공

- Slide Core 하측 동작부는 Parting 면에서 동작이 되지 않도록 한다.
- 동작 시 간섭이 발생되지 않도록 한다.
- 스텝면의 범위는 가능하면 적게 한다.
- 재료의 Over 량의 공간 확보를 한다
- Over량 이나 Burr 처리 방향을 정의 한다.
- Slide core 동작 시 간섭(마찰)을 최소화 한다.

② Insert 제품에서 Burr를 최소화하기 위한 형설계 및 가공

- Insert 품의 치수와 금형 치수를 정확히 정의
- Burr가 요구 수준이 되도록 정의
- Insert 품의 특성에 맞는 치수 및 형상 정의
 - Insert가 가공품일 때 : 적정 공차 적용
 - Insert가 Press품일 때 : 실 치수 적용
 - Insert가 주물품일 때 : 주물공차를 감안한 적용
 - Insert가 기타 일때 : 실물의 정도에 따라 적용

③ 진공 금형

- Packing은 금형의 Parting 면에서 가능하면 높게한다.
- Packing은 내열성을 갖는 재질을 선택한다.
- 금형구조에서 가능하면 Slide부를 만들면

좋다.

- Gas 배출 통로를 정확히 정의한다.
- 고무가 흡입되지 않도록 한다.

④ 편리한 샘플금형 제작방법

- 유사한 형상의 제품들을 구분한다.
- 형 구조별로 구분한다.
- 유사한 종류를 포함할수 있는 크기,두께 의 공용 Mold base를 구상한다.
- Mold base에 Cavity만 교환할수 있는 공용 Mold base를 준비한다.
- 필요 Cavity만 제작 조립한다.

⑤ 자동화 설계

- 금형의 동작
 - Air(oil) cylinder,
 - taper pin
 - ejector 등
- 제품의 이형
 - Air Valve
 - Jig
 - Ejector
 - Finger
 - Robot
- Burr 처리
 - Burr 량의 최소화
 - Burr가 제품과 같이 처리
 - Brush

6. 고무금형의 설계 및 가공

- 고무금형의 설계
 - 형구조에 따른 설계
 - 재료특성에 따른 설계
 - 재료 및 형상에 따른 수축 적용
 - 재료에 따른 Tear trim alc Over flow 설계
- 기계 체결 압력과 금형의 면압의 관계
Rubber 의 성형은 온도, 시간, 압력 관계에서 압력이 떨어지면 제품 성형 시간이 길어 지고 온도가 떨어져도 성형 시간이 길어 지는데 기계의 체결압력과 금형에 받는 단위 면적당의 압력과 의 관계를 보면,

- 통상적으로 기계의 체결 압력이라 함은 실 사용시 체결 압력을 이야기하나 기계 사양에서는 최대 압력을 표시함으로 통상 기계사양서를 기준으로 할때에는 확인이(통상 -10~-25%) 필요하며,

- 기계의 체결 압력 (Ton) = 실린더 단면적 X 사용 압력(gage 압력)

- 기계 체결압: 200 Ton, 금형 크기: 300 x 300
제품 크기: 50 x 50 Cavity: 16

금형 Cavity 에 받는 면압을 계산해 보면
Cavity 면압 = 기계 체결압 /

$$\begin{aligned} & \text{(Cavity 면적 x Cavity 수)} \\ & = 200,000 \text{ Kg} / (50 \times 50 \times 16) \\ & = 5 \text{ Kg/mm}^2 \end{aligned}$$

통상 성형의 최소면압(각 업체의 재료에 따라 차이가 심함-무늬 점도) 1.6 Kg/mm² 의 312% 가 되므로 매우 안정적이며 Burr 두께도 얇은 상태를 유지 할수 있는 면압이다.

그러나 면압이 너무 높으때에는 금형에 손상이 올수도 있으므로 일정압 이상일 경우에는 기계의 Gage 압력을 떨어뜨려야 한다.

전항의 계산에서 실제 Cavity 면압은 기계의 실제 체결압력과 수축율 및 Cavity 간격 등을 감안하여 계산함이 정확한 값을 얻을수 있다

Cavity 면적을 계산할 경우 금형의 외곽 치수는 아니고 부품의 실 평면도상 투영 면적을 계산한다.

○금형의 열 변형

- 금형 Sample 작업시 상 하형을 분리하여 장시간 지체한 후 상 하 금형이 결합이 되지 않을 경우가 종종 발생되는데, 이는 상, 하 각각의 금형이 냉각과 가열로 인하여 금형의 위치 치수가 열변형으로 변형이 되었기 때문이다.

또 금형을 가열 하기 전에는 상, 하 분리가 잘 되는데 가열후 분리가 되지않는 경우가 있는데 이때에도 상, 하형의 가열 온도가 차이가 나기 때문이다.

- 열에 의한 변형은

$$\epsilon = \alpha (t_1 - t_2) L$$

ϵ : 열 변형량 α : 선 팽창계수

t_1 : 초기 온도 t_2 : 변화후 온도

L: 길이

○금형 설계로 개선 검토항목

- 금형 Type 개선

- Parting Line 의 개선

- Ejector 방법의 개선

- Gate 위치의 개선

- Runner 크기, 방향의 개선

- Over flow 의 개선

- Tear trim, Land 의 개선

- 상, 하 방향의 개선

- 작업성을 위한 부품형상의 허용 범위내 개선

○금형 설계 변경의 이력 관리

제작된 금형의 변경 내용은 추후 수전 및 제작을 대비하여 유지 및 관리 되어져야 한다.

최초 사양은 관리가 되나 중간에 변경되어진 경우에는 차후에 문제가 되었을 경우를 대비 해야 한다.

○고무 금형의 가공

- 적정 면압을 위한 습합부 정도가공

- 적정 평행도 유지

- Burr 처리를 위한 적정 습합 및 간격

- Gas 처리를 위한 적정 Clearance 유지

- 형 소재 가공 열에 의한 변형에 따른 정 도관리