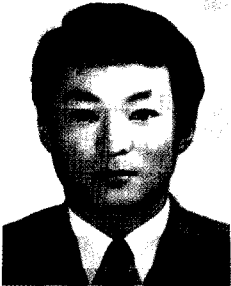


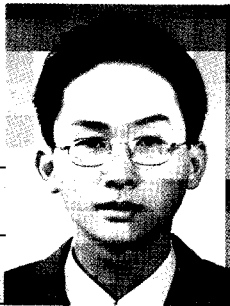
중·대형 Disc Spinning M/C 개발



강 정 식

(KIMM 장비개발실)

- '77 - '81 충남대학교 기계설계학과(학사)
- '92 - '95 충남대학교 기계설계학과(석사)
- '89 - 현재 한국기계연구원 선임연구원



김 정 엽

(KIMM 장비개발실)

- '91 - '95 경희대학교 기계공학과(학사)
- '95 - '97 경희대학교 기계공학과(석사)
- '97 - 현재 한국기계연구원 연구원

1. 연구배경

Disc spinning M/C은 버스나 트럭 등 상용차의 휠에 사용되는 중·대형 wheel disc를 금형 형상에 따라 압착성형을 수행하는 장비로서(주)현대정공과 공동으로 개발하였다. 현재 버스 및 트럭용 wheel을 생산하고 있는 국내외 업체에서는 세계적으로 안정성을 규정하고 있는 SAE의 최소성능 요구사항 및 안정성 확보 뿐만 아니라 갈수록 고속화 되어가는 생산제품의 내구성을 증대시켜 신뢰도를 높여야 한다. 그러기에 wheel의 생산방법중 특히 wheel의 내부에서 rim과 용접되는 wheel disc의 생산방법을 deep drawing에서 spinning으로 대체하는 것이 최근의 실정이다.

Spinning에 의한 wheel disc forming은 1982년 경부터 그 가능성이 인정되기 시작하는 신기술의 하나로써 1987년 경에 CNC 제어에 의한 본격적인 생산설비가 개발되었다. 약 5년전 부터는 독일, 미국, 일본 등의 선진국에서는 spinning 공법의 wheel disc를 생산하기 위한 전용 생산장비를 독자적으로 개발하여 내구성이 우수한 spinning 공법의 wheel disc를 생산하여 활용하고 있음은 물론 고가로 타국에 판매하고 있다.

그러나 현재 국내의 wheel 생산업체에서는 spinning 생산장비를 이용하여 disc를 생산하는 업체는 아직까지 전무한 실정이며 spinning 공법의 wheel disc를 사용할 경우 전량 외국에서 수입하여 사용해야 하는 실정이다. 또한 외국의 spinning 장비를 수입하여 생산할 경우에는 문제점이 발생하여 after service를 받고자 할 때에 상당한 어려움을 느끼고 있는 실정이다. 따라서

현재 국내의 기술 수준으로 상기와 같은 생산장비들은 기술적인 측면에서 충분히 국산화 할수 있는 단계에 있다고 판단되며, 또한 이러한 장비들을 국산화 함으로써 외화절감은 물론 국내의 기술수준을 향상시키기 위해 개발할 필요가 있다. 그러므로 spinning의 기술적 특성 파악, 가공력의 계산으로 기계사양의 결정, 공정상의 parameter 산출, wheel disc의 1-pass spinning 공정설계 방안확보를 하여야 한다. 그림 1과 2는 생산된 wheel disc의 사진과 도면이다.



그림 1. 생산된 Wheel Disc

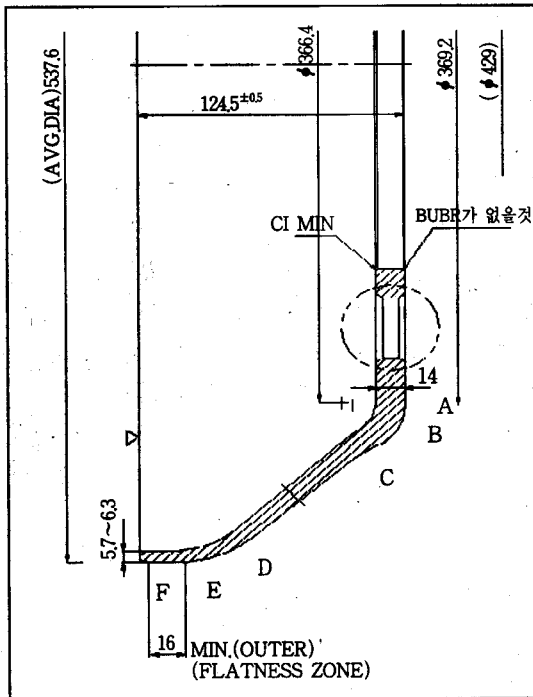


그림 2. Wheel Disc의 도면

이 글에서는 개발된 spinning M/C의 주요특징, spinning의 소개, spinning M/C의 설계에 관하여 살펴보기로 한다.

2. 개발된 Spinning M/C의 개요

본 spinning M/C은 버스나 트럭 등 상용차의 wheel 제작에 사용되는 disc를 생산하는 기계로서 설계, 제작, 설치 및 시운전은 물론 제품의 성능 평가까지 100% 국내기술진에 의해 수행되었으며 현재 제품생산에 직접사용하고 있다. 그림 3은 현대정공 양산공장에 설치된 spinning M/C이다.

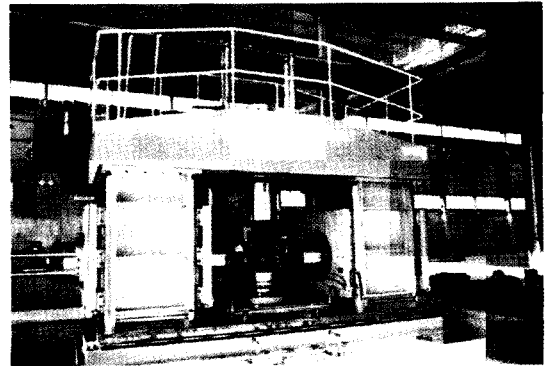


그림 3. 개발된 Spinning M/C

개발된 spinning M/C은 대형 vertical 선반형 태로서 금형이 부착된 main spindle은 약 350Hp의 DC motor로 구동되며 감속 pulley를 거쳐 약 500 rpm으로 회전한다. 금형의 상부에 얹혀진 약 14t의 성형소재(blank)는 약 30 ton의 유압으로 tailstock cylinder에 의해 clamp 된후 좌우 X-Y 4축이 유압 servo valve로 성형의 위치가 자동제어되는 2개의 roller에 의해 약 35 ton의 힘으로 압착성형되는 생산기계이다.

3. Spinning M/C의 주요 사양

Type : vertical 2-roller CNC control type
 Blank diameter : min, 300mm - max, 650mm
 Production rate : 30-35 sec

- Total weight : 약 50 ton
- Main spindle speed : max. 650 rpm
- Power of hydraulic unit : 약 55 kw
- Vertical direction feeding force : 35 ton
- Radial direction feeding force : 35 ton
- Clamping force of tailstock : 30 ton
- Stroke of vertical direction : 350 mm
- Stroke of radial direction : 350 mm
- Stroke of tailstock : 400 mm
- Volume of hydraulic tank : 1000 liter
- Control type : 4 axes, CNC control system

4. Spinning의 소개

4.1 Spinning

회전하는 금형(mandrel)에 소재를 고정시킨 후 회전시키면서 성형롤러나 주걱으로 소재를 맨드렐에 밀어 붙여 맨드렐과 같은 형상의 제품으로 성형하는 가공법이다. 그림 4에서는 spinning을 이용하여 생산된 제품들을 나타내었다.

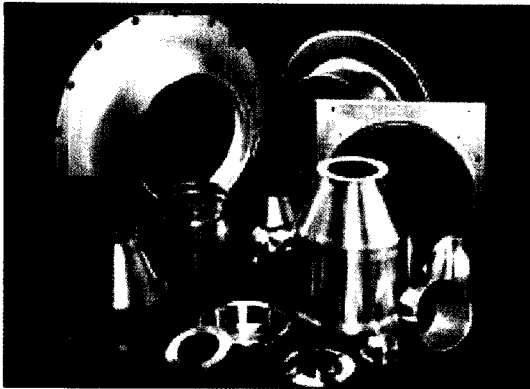


그림 4. Spinning을 이용한 생산품

4.2 Spinning의 잇점

컴퓨터를 이용해 원하는 형상을 자유자재로 생산할 수 있으며 연신율이 작은 재료도 성형가능하다. 재료의 흐름방향으로 결정립이 배열되어

피로수명이 개선되는 제품특징을 갖고 있으며, metal flow line의 발생으로 피로수명, 항복강도, 경도, 인장강도등 기계적 성질이 개선된다. 다품종 소량생산에 경제적이며 일부의 경우 대량생산에 적합하다.

Deep drawing으로 생산된 wheel disc는 wheel shaft와 체결될 bolt hole부위에서 강도가 약할 뿐만 아니라 deep drawing시 발생하는 평판의 변형에 의해 평면도가 좋지 않아 deep drawing후 선반작업을 수행해야 하는 공정이 추가되고 있다. 하지만 spinning은 wheel shaft와 체결되는 bolt hole 부위를 강하게 압착한 상태에서 blank 소재두께를 유지하는 반면, rim과 용접하기 위해 안쪽으로 profile을 갖는 부위만을 얇게하여 생산하는 방법이므로 outer rim, center hole, bolt hole 그리고 필요하다면 ventilation hole 만 가공되면 된다. (기존 프레스 공법에 비해 disc의 내구성이 2배로 증가하고, 중량이 30% 줄면서 연비는 0.4% 향상된다.)

4.3 Spinning의 종류

1) Normal spinning-판재의 직경을 교축시켜 원형단면의 제품을 제작하는 방법으로 롤의 이동 법칙을 익혀야 한다.

2) Shear spinning-원형의 단면을 가진 맨드렐에 소재를 고정하여 회전시키면서 롤러로 밀어 국부적인 전단변형을 연속적으로 발생시켜 축대칭 셀 제품을 만드는 방법으로 순수 전단변형의 경우에는 전단각도에 따라 두께는 $t_s = t_0 \sin \alpha$ 이 되며 소재의 외곽직경 변화는 없다.

3) Tube spinning-관재를 회전시키면서 롤을 밀어 두께를 줄이고 얇고 긴 관재를 만드는 방법이다.

4.4 Wheel Disc의 제조방법

- 1) 각 단면부의 두께를 조절하지 않는 경우 프레스가공 : blanking 된 소재의 냉간 프레스

성형

spinning : normal spinning

2) 각 단면부의 두께를 조절해야 하는 경우
 프레스가공 : 가열 - 테이퍼롤에 의한 열간압
 연(판두께 변화시킴) - 트리밍 -
 산세처리 - 프레스가공

spinning : 1 pass spinning (복합 spinning의 응용)
 변형역학적으로 분류하여 normal
 spinning, shear spinning, 튜브 spinning
 의 조합된 공정으로 적용됨(보통 1시
 간당 약 100개 생산, cycle time : 35sec)

4.5 Horizontal Spinning M/C의 특징

주요장치로는 taper붙이 주축, knockout 장치, 공구대, roll이 있으며 roll 및 spindle의 베어링 시스템에 주의해야 한다. roll의 제어는 유압 servo valve 또는 전기유압 servo valve를 사용하며 공정중의 회전수 변경을 위하여 일반적으로는 무단 변속기가 필요하다. 금형 및 소재의 열팽창을 방지하고 유압오일의 온도유지를 위하여 냉각장치가 필요하다. 그림 5는 Leifeld사의 horizontal spinning M/C이다.



그림 5. Horizontal spinning M/C

4.6 Vertical Spinning M/C의 특징

프레스 가공과 관련하여 대형의 원형제품 생산

에 사용되며 제품의 정도 및 가공력의 균형 그리고 생산성 향상을 위하여 2개 또는 3개의 대형 롤을 사용하는 경우가 많다. 제품표면의 균일화를 위하여 주축일정(무단변속) 장치가 필요하다 (wheel disk의 경우에 대해서는 직경 변화가 크지 않으므로 필요성이 적음). 그림 6은 MFM사의 wheel disc 생산용 vertical spinning M/C이다.

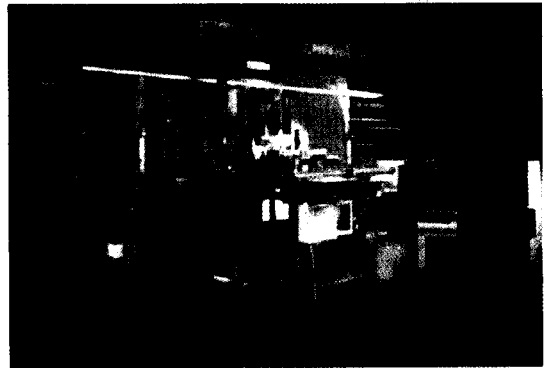


그림 6. Vertical Spinning M/C

4.7 Vertical Spinning M/C의 장점

- 장비설치 공간을 적게 차지한다.
- 쉽고 빠르게 부품을 바꿀수 있다.
- 중력의 영향이 적다.
- loading/unloading 장치를 설치하기 쉽다.
- 밀폐형 프레임이기에 tailstock의 clamping pressure가 크며 radial roller slide의 처짐이 없다.

5. Wheel Disc Spinning의 가공력 및 동력의 계산

실제의 가공공정 중에는 shear spinning이 기본적으로 적용되며 부분적으로 normal spinning이 추가된 형태이다.

일반적으로 기초검토에 의하면 normal spinning에서의 가공력은 shear spinning에 비해 상당히 작은값을 갖는다. 그림 2에서 A-B구간은 normal spinning이 추가되는 부분이므로 힘의 계

산을 생략하고 부하가 많이 걸리는 C-F구간에 대하여 가공력을 계산한다.

계산방식은 shear spinning에 대하여 가공력을 계산한 뒤, normal spinning의 부가에 따른 부가 가공력에 대한 여유(margin)를 주어 가공력으로 환산하였다.

5.1 Shear Spinning에 의한 가공력

5.1.1 원주방향 작용력의 계산식

$t_0=14$ mm인 소재에 대하여 shear spinning할 경우 단순전단 모델에서는

$$P_\theta = t_0 v \cos \alpha \frac{\sigma_m}{\sqrt{3}}$$

으로 표시된다. 여기서 P_θ 는 원주방향의 가공력이며 t_0 는 소재의 두께이다. α 는 반원추각이며 σ_m 은 flow stress이다. 이 식은 von-Mises 항복조건에 따른 것으로 $t_0=14$ mm, $(\sigma_m)_{\max}=52$ kg/mm²를 적용한다.

이와 같은 단순전단 모델에서는 롤과의 접촉부에서의 곡면부의 변형을 고려하기가 어렵다. 따라서 곡면부의 변형을 고려하여

$$P_\theta = t_0 v \sin \alpha \sigma_m \int d\epsilon$$

의 식을 도입한다. 여기서,

$$\int d\epsilon = \frac{\cot \alpha}{\sqrt{3}} (\nu_1 + \sqrt{1 + \nu_1^2 + \nu_2^2})$$

으로 표시되는데, ν_1, ν_2 는 각각

$$\nu_1 = \frac{t_0 \rho_R}{(r_m \theta_m)^2} \left(\frac{1 - \sin \alpha}{\cos \alpha} \right),$$

$$\nu_2 = \frac{2\sqrt{1 - m} \rho_R}{r_m \theta_m} \left(\frac{1 - \sin \alpha}{\cos \alpha} \right),$$

로 표시된다.

θ_m, r_m 은 각각 접촉부에서의 원주방향의 평균 접촉각 및 평균반지름을 나타내는 것으로서 $\theta_m = 8.16^\circ = 0.14$ rad. 정도로 하며 r_m 은 위치에 따라 다르다. 위의 식에서 ν_2 는 m에 따라 변하는 수치로서 m은 0에서 1 사이의 값을 갖는데 보통은 경험적으로 0.2~0.6의 값을 취한다.

5.1.2 접선 및 법선방향의 작용력

소재의 두께방향과 롤의 진행방향의 가공력을 각각 P_n, P_t 라 했을 때,

$$P_n = P_\theta \cot \nu_\theta$$

$$P_t = P_\theta \cot \nu_\theta \tan \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\alpha}{2} \right)$$

의 관계를 갖는다. P_θ 는 상대적으로 P_n, P_t 에 비해 매우 작으므로 경험적인 수치인 ν_θ 를 도입한 것으로 보통 0.07 근처에서 잘 일치한다.

5.1.3 반경방향 및 축방향 작용력

반경방향 작용력(P_r) 및 축방향 작용력(P_z)은 다음 식으로 나타내어진다.

$$P_r = P_n \cos \alpha_{act} - P_t \sin \alpha_{act}$$

$$P_z = P_n \cos \alpha_{act} + P_t \sin \alpha_{act}$$

여기서 α_{act} 는 실제의 반원추각을 나타낸다.

5.2 주축의 소요동력

소요동력 power는 다음 식으로 나타내어진다.

$$Power = T\omega = P_{\theta r} \frac{2\pi N}{60}$$

소재두께 = 14 mm

Flow stress $\sigma_m = 52$ kg/mm²

Main spindle rpm = 500 rpm

5.3 계산결과

표 1 참조

6. Spinning M/C의 주요 요소

6.1 Mandrel

Mandrel의 형상은 제품형상을 따르게 되는데 여기서 코너부의 반경이 너무 작으면 파단이 발생하므로 너무 작지 않게 적당한 값을 선정하여 보통 최소한 재료의 두께보다 크게 선정하는데 대형의

표 1. 계산결과

| 위치 | 가공조건 | | 원주방향 작용력 (P_r)[kg] | 반경방향 작용력 (P_r)[kg] | 축방향 작용력 (P_z)[kg] | 주축의 소요동력 (Kw) |
|----|--------------------|--------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|------------------|
| | 롤러코너반경(σ) | 이송속도(mm/rev) | | | | |
| C | 20 | 0.6 | 207-216 | 1263-1755 | 2469-3430 | 45.6-47.5 |
| | 20 | 0.4 | 138-144 | 842-1170 | 1646-2287 | 30.4-31.7 |
| | 15 | 0.6 | 198-203 | 1204-1411 | 2354-2760 | 43.5-44.6 |
| | 15 | 0.4 | 132-135 | 803-1099 | 1569-2147 | 29-29.7 |
| D | 20 | 0.6 | 252-264 | 1325-1849 | 3239-4518 | 66.9-69.9 |
| | 20 | 0.4 | 168-176 | 884-1232 | 2159-3011 | 44.6-46.6 |
| | 15 | 0.6 | 241-248 | 1266-1736 | 3094-4243 | 63.9-65.7 |
| | 15 | 0.4 | 161-165 | 844-1158 | 2063-2829 | 42.6-43.8 |
| E | 20 | 0.6 | 370-393 | 4611-6544 | 2858-4056 | 102.1-108.5 |
| | 20 | 0.4 | 247-262 | 3074-4363 | 1906-2704 | 68.0-72.4 |
| | 15 | 0.6 | 349-363 | 4349-6034 | 2696-3740 | 96.1-100.1 |
| | 15 | 0.4 | 232-242 | 2899-4023 | 1797-2494 | 64.2-66.7 |
| F | 20 | 0.6 | 416-444 | 5194-7385 | 3284-4670 | 115.0-122.5 |
| | 20 | 0.4 | 278-296 | 3463-4924 | 2190-3114 | 76.6-81.6 |
| | 15 | 0.6 | 392-408 | 4891-6795 | 3093-4297 | 108.2-112.7 |
| | 15 | 0.4 | 261-272 | 3260-4530 | 2062-2865 | 72.2-75.1 |

경우 주철을 가공한 후 열처리하여 사용하며 중소형의 경우 공구강을 경도 H_{RC} 60-63으로 열처리하여 사용하며 표면조도는 되도록 좋게 한다.

6.2 Roll

6.2.1 중가공용 Roll의 전형적인 형태

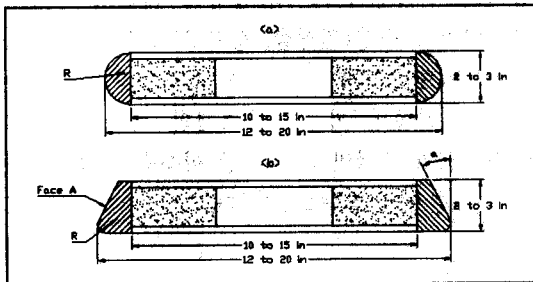


그림 7. 중가공용 Roll의 기본형상

a)의 경우 - 표준형으로서 normal spinning 및 shear spinning에 사용

b)의 경우 - 중하중시 사용하며 도피각은 10° 정도로 한다.

6.2.2 롤의 직경 및 코너반경

Roll의 직경 및 코너부 반경의 특별한 제한은 없으나 roll과 소재사이의 압력에 견디어야 하며 기계의 용량과 맨드릴의 형상에 대하여 여러 가지로 채용된다.

맨드릴의 직경이 커진다고 roll의 직경을 키울 필요는 없으며 보통은 제품 직경 50-1000 mm에 대하여 D_R=40-300 mm의 값을 선정하는 경우가 많다. 두께가 커지면 부하가 많이 걸리므로 roll의 직경이 커지는 경우가 많은데 이와 같은 중하중용은 복열베어링을 사용하여 roll의 직경이 지나치게 커지는 것을 막는게 좋으며 이때에도 150-300 mm의 범위가 좋다.

코너 반경은 소재의 두께 및 재질과 관련이 많은데 알루미늄 등과 같은 경금속의 경우는 작게 하는 것이 좋으나 이 때에는 이송속도를 키우기 힘들다. 반면에 커지면 플렌지의 직립도에 영향을 준다. 코너반경은 제품의 표면조도에도 영향을 미치므로 다음을 고려해야 한다.

- ① 판두께보다 크게 해야 한다.

② 코너반경이 작아지면 접촉부에서 파먹는 현상이 발생하므로 이송속도를 키울수 없다.

③ 코너반경이 과다하면 플랜지의 직립도에 문제를 준다.

④ 표면조도를 검토해야 한다.

6.2.3 Roll의 재질

Roll의 재질에 있어서는 내마모성 및 제작단가가 중요한 변수이며 생산량 및 제품품질을 검토하여 다음과 같은 재료에서 선정하는 경우가 많다.

- 냉간가공용 : SK2, SK3, SKD11
- 열간가공용 : SKD61

6.2.4 Roll의 이송속도

Roll의 이송속도는 가공조건 중에서 가장 중요한 것으로 가공력, 가공한계(주름, 파단), 제품정도(면조도-R_s)에 직접적인 영향을 미친다. 강성이 작은 기계, 용량이 작은 기계, 변형력이 큰 재료에서는 이송속도를 줄이면 가공력이 작아지므로 가공이 가능하다.

- 실용 이송속도의 범위 : 0.1-2 mm/rev.
- 정삭개념(미려한표면) : 0.05-0.15 mm/rev.
- 황삭개념(표준) : 0.7-1.4 mm/rev.
- 0.7 mm/rev. 이상에서는 밀착성이 우수하다.
- 0.2 mm/rev. 이하에서는 표면은 미려하나 밀착성이 나쁘다.

속도가 커지면 제품의 두께가 변하는 경우도 발생(기계의 강성부족때문에)할 수 있으며, 이송용 실린더에 공급되는 유온이 변동하면 이송속도에 변화가 생겨 문제가 발생할 수 있으므로 유온을 일정하게 유지해야 한다.

6.3 회전수

회전수의 선정에는 분당 회전수(rpm)와 성형 가공부의 주속($U = \pi D_m N$, D_m : 소재의 평균 접촉

직경)개념으로 검토한다. 어느 경우에는 $U = 300-600$ m/min 정도가 좋다고 하며 설명하기는 힘들지만 낮은 속도는 좋지 않다고 한다. 회전수의 선정에는 기계의 동력, 작업시의 안정성, 생산성, 소재 및 제품에 대하여 종합적으로 고려해야 하는데 일본에서는 300 rpm - 1000 rpm의 범위에서 많이 사용하며 500 rpm 근처가 가장 좋다고 판단하고 있으며 주속으로 선정시 $U = 500-1130$ m/min의 범위에서 많이 선정하고 있다. 주속은 제품의 표면상태에도 영향을 미치므로 되도록 일정하게 하는 것이 좋으며, roll의 이송속도가 성형의 가부에 영향을 미치므로 생산성을 높이기 위해서는 회전수를 높이는 것이 유리하다. 이송속도 일정시 회전수를 키우면 회전당 이송량이 작아지므로 가공력이 작아지게 된다. 또한 회전 주속을 높이면 윤활효과가 커지는 특징도 있다.

6.4 가공소재의 기계적 특성

기본적인 세가지의 spinning 방법에 대하여 가공성은 변형의 특징과 관련하여 한계교축비, 판두께감소율 등으로 구분하여 나타낼 수 있는데 이는 가공조건 뿐 아니라 소재의 물성치에도 관련이 많다. spinning에서의 결합요소 즉, 성형도중의 파단현상이나 주름발생에 대하여 소재의 소성역학적 특성(연신율, 항복강도, 인장강도, 가공경화지수, 이방성계수)은 소재형상(직경, 두께) 및 각종의 가공조건(소재의 회전수, roll의 직경, roll의 코너반경, 회전당 이송속도 등)과 함께 성형한계에 영향을 미친다.

6.5 Main Bed

Main bed는 모든 부품들이 고정되며, 운용될 때 발생하는 하중과 처짐에 대해 충분한 강도를 가지도록 용접구조물로 제작한다. main bed에는 main spindle & mandrel, main spindle

bearing system, vertical column이 설치되고 이 column 속에는 radial & vertical slider가 각각 설치된다. 그림 8은 bed, column, cross head의 응력분포이며 구조해석시 대칭성을 이용하여 해석하였다.

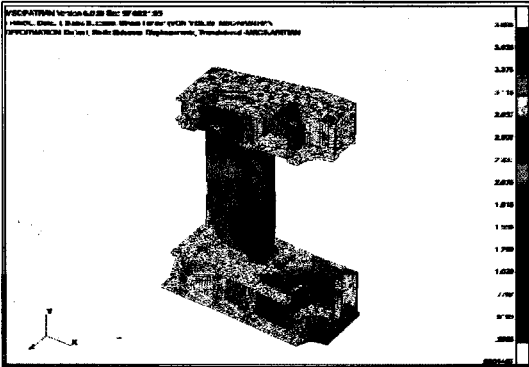


그림 8. Main Body(bed, column, cross head) 의 응력분포

6.6 Main Spindle

Main spindle은 약 350마력의 모터로부터 구동되며 위에는 mandrel과 disc 방출기가 설치된다. main spindle bearing은 cross head로부터 커다란 축방향 clamping force에 견딜수 있도록 견고한 thrust/roller bearing이 설치된다. roller bearing 내부는 항상 기름에 담겨져 있도록 한다. main spindle은 직경이 약 350mm의 원형으로 정밀 연마가공하여 설치한다.

6.7 Driving and Control System

D.C induction motor는 350마력이상 동력을 발생시키고 속도를 제어하며, timing belt로 main spindle 축에 동력을 전달한다. 그리고 disc brake와 motor 제어에 의한 제동장치를 병행 적용한다. motor 회전속도는 tachometer 또는 encoder 신호를 feedback하여 inverter로 제어한다. motor는 main bed 뒤에 설치되어 belt의 장력조절이 용이하게 한다.

6.8 Tailstock Cylinder

Tailstock cylinder는 cross head에 설치되며, cross head는 견고한 용접구조물로 제작되어 column을 통해 main bed 위에 설치된다. column은 진동에 강하면서 제품의 크기를 작게 제작할 수 있도록 견고하고 처짐에 강한 구조물로 제작한다. tailstock cylinder의 압력 head에는 견고한 thrust/roller bearing이 내장되고, bearing은 항상 기름에 잠겨 있도록 한다.

6.9 2-Vertical Slides

Vertical slide는 180도 간격으로 2지점에서 box-type 용접구조물로 제작하며 4지점이 LM-guide로 지지되어 하중에 대해 처짐이 없도록 견고하게 제작한다. vertical slide는 hydraulic servo cylinder로 구동되며 견고한 column안에서 상하 이동되며 encoder로 이동위치를 측정하여 제어기로 feedback 한다.

6.10 2-Horizontal Radial Slides

Radial slide는 원형으로 제작되었으며 양 끝단의 metal bush 안에서 radial 방향으로 sliding 된다. radial slide는 hydraulic servo cylinder로 구동되며, encoder로 이동위치를 측정하여 제어기로 feedback 한다. 2개의 spinning roller는 mandrel의 회전속도에 따라 동일하게 idle로 회전한다.

6.11 Hydraulic Actuator and Controllers

유압계통 및 제어시스템은 hydraulic power supply, service manifold, electronic controller, accumulator, hydraulic servo valve 등으로 구성된다. hydraulic power unit는 기계본체와 별도로 설치 하고, hydraulic oil은 자동으로 heating/cooling 되도록 하였다. hydraulic servo valve는

4축이 독립적으로 위치와 속도가 CNC로 제어되도록 하였다.

Hydraulic power unit

- 용량 1000 liter
- No 1 pump : 280 kg/cm², 70 lpm
- No 2 pump : 210 kg/cm², 120 lpm
- pump 구동용 motor, oil 온도 controller, 고압용 filter, 저압용 filter

Servo system

- servo valve : 4 sets
- servo amp : 4 sets
- position control card : 4 sets
- servo controller : 1 set
- hyd servo cylinder : 4 sets
- ball screw feedback with encoder : 4 sets

Aux. material

- manifold, press senser : 4 sets
- manifold, pilot chack : 2 sets
- press transducer with amplifire : 8 sets
- normal type cylinder for clamp : 1 set

Radial servo cylinder

- max. speed 110 mm/sec
- 공급압력 210 kg/cm²
- 35 ton, 350 mm stroke

Vertical servo cylinder

- max. speed 110 mm/sec
- 공급압력 210 kg/cm²
- 35 ton, 350 mm stroke

Tailstock cylinder

- max. speed 150 mm/sec
- 공급압력 210 kg/cm²
- 30ton, 400 mm stroke

6.12 CNC controller

일반 CNC 공작기계용으로 4축 제어가 가능한 control unit를 본 장비의 용도에 적합하게 개량하여 사용하며 CNC control unit, servo valve 제어축(position), spindle 제어축, feed back unit으로 구성된다. 제어시스템은 plant의 제어, 감시, 조작 등의 process control이 조작반에서 일괄제어되고 monitor에 display되도록 하였으며 신설되는 통합운전실에서 운용 가능토록 설계하였다. 운전 및 감시는 기본적으로 CRT에 의한 작업관리를 하도록 하였다. 또 제어시스템은 자기진단 기능을 보유하고, off-line상태에서 정비 보수가 가능한 system으로 하였다.

6.12.1 제어축

- 최대 4축
- 동시제어축수 : 2축
- 최대 동시제어축수 : 2축
- 최소 설정단위 : 10 um/lum
- 내장 pmc 12000 step
- PMC control 기능
- teaching 조작에 적합한 handy 조작반

6.12.2 Control System 운영

Process control system과 logic control system으로 구분하여 구성하고, 공정별 제어는 operator station에서 조작 및 감시를 하며 공급되는 system은 사양서에 기재된 hardware 및 software에 준하여 적절한 장치선정 및 process에 적합하도록 설계하였다.

7. 연구성과 및 기대효과

Spinning을 이용한 중대형 wheel disc의 생산 기술 확보 및 spinning 기술 응용이 가능하게 되었으며, 국산화 기술개발로 신속한 문제점 해결 및 성능개선이 용이하게 되었다. 그러므로 중대

형 wheel disc spinning 장비는 물론 소형 wheel disc spinning 장비의 개발에 100% 적용이 가능하며, 유압시스템을 활용한 대형 공작기계의 CNC국산화도 가능하다. 한편, 세계적인 성능지향 경향에 따라 국내의 wheel 생산업체인 (주) 현대정공에서는 외국에 수출되는 상용차는 물론 국내의 고급상용차의 경우 spinning 공법으로 생산된 disc를 일본 등으로부터 전량 수입하여 사용하고 있으나 이번에 개발된 장비를 생산현장에 설치하여 대량생산에 활용할 수 있게 되었다.

이로써 기존에는 전량수입에 의존하던 상용차용 wheel disc를 국내에서 수입가격의 약 40%로 생산가능하게 되어 향후 연간 20억원의 수입대체 효과를 기대할 수 있게 되었다. 그리고 외국에서 수입하던 spinning wheel disc의 국내수요는 물론 외국으로 수출도 지향할 수 있게 되었다.

참 고 문 헌

- [1] PRDUCT. ENGINEER vol. 61 No. 5 p.19 1982.
- [2] Faulhaber, Joerg, IPE International, Industrial & Production Engineering V11 n2 Jul. p28, 30, 1987.
- [3] A.H. Shabaik, 'A Theoretical Method for the Analysis of Metal-Working Problems', Journal of Engineering for Industry, May, p 348, 1968.
- [4] Serope Kalpakoolou, 'On the Mechanics of Shear Spinning', Journal of Engineering for Industry, May, p 125, 1961.
- [5] High Efficiency Automatic Metal Spinning Machine, LEICO 'AUTOSPIN', MODEL as 12.40-600-1500 CNC
- [6] "MFM Electrologic" VSM 2-20/5 CNC #1136, February 2, 1995.