

〈技術論文〉

PC에 의한 냉간단조 공정 및 금형설계의 자동화에 관한 연구(II)

최재찬* · 김병민* · 김형섭** · 허만조***

(1988년 10월 25일 접수)

A Study on the Process Planning and Tool Design of Cold Forging Using Personal Computer (II)

Jae Chan Choi, Byung Min Kim, Hyung Sub Kim and Man Jo Huh

Key Words : Cold Forging(냉간단조), CAPP(Computer Aided Process Planning), Forming Sequence(성형순서), Preform Design(예비성형설계), Tool Design(공구설계)

Abstract

Some Developments in computer aided procedures for cold forging process and tool design of rotationally symmetric cup shape parts are described. The developed system enables appropriate forging sequence to be determined automatically, together with details of corresponding preform, die and punch design. The computer program developed is interactive and written in BAS IC. This system not only assist the heavy work of designers but greatly shorten the time of design.

기 호 설 명

- BL : 좌굴한계
- IL : 아이어닝(Ironing) 가공한계
- UL : 업셋팅 가공한계
- MIBL : 후방압출 최소 가공한계
- MABL : 후방압출 최대 가공한계
- WL : 후방압출시 펀치직경에 대한 한계높이비
- A1 : 가공전의 단면적
- A2 : 가공후의 단면적
- P_{cr} : 펀치 한계좌굴하중
- ϵ : 단면 감소율
- φ_u : 업셋팅시의 주대수변형률
- φ_b : 후방압출시의 주대수변형률
- φ_i : 아이어닝시의 주대수변형률

1. 서 론

냉간성형은 잘 알려진 가공법으로서 공구와 프레스 설계, 공구 재질에 있어서 최근의 진보에 의해 더욱 더 보편화 되고 있다. 냉간성형의 중요한 이점은 생산비용의 절감, 높은 생산률, 기계적 성질의 개선, 양호한 치수 정도, 표면 정도의 향상, 에너지의 절약, 오염 문제의 감소^(1,2) 등이다.

냉간단조에 의해 성형되는 부품은 최초의 단순한 소재의 기하학적 형상을 표면이나 내부 결함없이 보다 복잡한 제품의 기하학적 형상으로 변환시키기 위해 몇 단계의 연속된 작업, 즉 예비성형 작업이 필요하며 또한 이에 상응하는 공구가 필요하다.

특히 이들 냉간단조품의 다양화, 생산의 합리화, 효율화에 대처하기 위한 고도의 자동화 시스템의 개발을 위해서는 제품설계의 자동화 및 제품의 설계와 제조를 연결시켜주는 공정계획의 자동화가 전

* 정회원, 부산대학교 공과대학 기계설계공학과

** 정회원, 부산대학교 대학원

*** 정회원, 인천전문대학

체 시스템적 관점에서 개발되어야 한다. 최종 제품의 형상이 주어졌을때 생산 기술자들은 성형순서를 결정하는 문제에 직면하며 이 성형순서의 선택은 대개 많은 경험과 시행 착오를 거쳐서 얻어진다.

그러나 공구와 공정개발 비용이 높기 때문에 시행착오에 기초한 공정개발을 줄이려는 노력이 행해져 성형순서설계를 위한 몇몇 연구가 있었으며^(3,7) 금형설계에 관하여는 H. H.Kuhn이나 K.Walter^(8,9) 등이 이론적 해석을 하였다. 이들 전산화된 연구 결과는 중형 또는 대형 컴퓨터를 사용한 관계로 실제 냉간단조 생산 현장에 적용하기가 어렵다. 최근 마이크로컴퓨터의 발달로 대형 컴퓨터에서 행해졌던 작업도 마이크로컴퓨터에서 실행할 수 있다.

본 연구는 PC(personal computer)를 이용한 냉간단조 프레스용 축대칭 1,2단 원형 컵 제품의 공정설계 및 금형설계를 위한 대화식 프로그램인 "CUP-FORMING"과 "CUP-DIE"의 개발에 대하여 설명한다. 프로그램의 능력은 "CUP-FORMING"에서는

- (1) 1, 2단 후방압출에 있어서의 작업순서의 해석과 각 단계에 포함된 개별 작업의 인식
- (2) 중간 예비 성형단계의 형상 및 치수 결정
- (3) 각 성형단계에서의 성형하중 계산
- (4) 작업 지시서를 위한 그래픽 출력 등이며

"CUP-DIE"는 다이설설계와 펀치설계로 구성되어 있으며 앞의 공정설계에서 구해진 결과를 이용하여

- (1) 성형에 필요한 다이의 형상, 재질, 최적 분할적경 및 끼워맞춤 공차 결정
- (2) 펀치의 형상, 재질 및 적합한 치수설계
- (3) 다이셀 및 펀치의 그래픽 출력

등을 할 수 있다.

2. 설계 규칙

컵 형상제품을 성형하기 위하여 많이 쓰이는 작업은(1) 업셋팅(헤딩), (2) 후방압출, (3) 아이어닝(ironing) 등이다. 업셋팅에서 금속흐름은 펀치운동에 수직이며 따라서 소재의 직경은 증가하고 길이는 감소한다(Fig. 1a). 후방압출에서 금속흐름은 펀치운동의 반대방향이다(Fig. 1b). 아이어닝은 펀치로 가공품을 다이 속으로 밀어넣어 벽 두께를 감소시킨다(Fig. 1c). 다이 설계자는 각각 성형단계의 다이를 설계하는 데 있어 경험에 기초한 판단과 몇몇 확립된 설계규칙을 사용한다. 컵 형상의 공정설계 및 금형설계에 관련된 규칙은 다음과 같으며 본 연구의 전보⁽¹⁰⁾와 중복된 설계규칙은 생략하였다.

2.1 공정설계 규칙

(1) 일반규칙

- 1. 컵 형상의 냉간 단조품은 작업의 연속에 의해서 생산되며 각 작업은 하나의 새로운 변형영역을 만든다.
- 2. 순서에 따른 각 단계는 그 전 단계에서 다음 단계로 한 작업에서 생산할 수 있는 것이어야 한다.
- 3. 결함이 예상되면 그 작업은 완성될 수 없다.
- 4. 축대칭 제품이 단조될려면 원 소재의 초기 형상은 원형봉재이다.
- 5. 성형에 소요되는 근사성형하중이 프레스 가공 능력보다 작아야 성형이 시작된다.
- 6. 가공공정 단축을 위하여 성형시에는 각 작업에서 가능한 최대성형한계까지 성형한다.

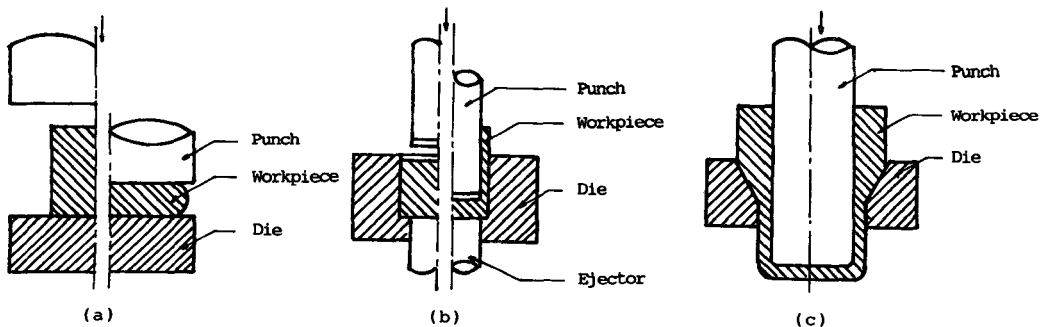
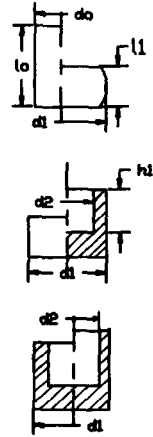


Fig. 1 (a) Upsetting (b) Backward extrusion (c) Ironing

Table 1 Guidance values for workpiece dimensions^(10,14)

	MAT.A	MAT.B	MAT.C
UL	1.6	1.6	1.6
BL	2.25	2.25	2.25
IL(ϵ)	0.45 (0.36)	0.4 (0.33)	0.35 (0.30)
MABL(ϵ)	1.06 (0.65)	0.92 (0.60)	0.78 (0.55)
MIBL(ϵ)	0.16 (0.15)	0.28 (2.25)	0.37 (0.31)
WL	2.5	2.0	1.5



Where UL=Upsetting limit ($\ln l_0/l_1$)

BL=Buckling limit (l_0/d_0)

IL=Ironing limit ($\ln A_1/A_2$)

WL=Wall height limit on backward extrusion (h_1/d_1)

MABL=Maximum backward extrusion limit ($\ln(d_1^2/(d_1^2-d_2^2))$)

MIBL=Minimum backward extrusion limit ($\ln(d_1^2/(d_1^2-d_2^2))$)

ϵ = Area of reduction

MAT.A: AISI-1008, 1010, 1013, 1016, 3115, 5015, 5115

MAT.B: AISI-1018, 1020, 1022, 1024, 1035, 1038, 1040

MAT.C: AISI-1045, 1050, 1060, 1070, 1080, 4340, 4640

(2) 후방 압출 규칙

7. 컵 형상의 부품은 후방압출한다.
8. 후방압출시의 1회 가공할 수 있는 최대주대수변형률은 Table 1의 MABL을 초과할 수 없다^(10,14).
9. 후방 압출시의 최소주대수변형률은 Table 1의 MIBL보다 커야한다^(10,14).
10. 1회에 가공할 수 있는 컵 형상의 구멍의 최대높이는 펀치 직경의 WL배를 넘을 수 없다^(10,14).
11. 밑바닥 두께는 후방압출된 벽 두께보다 커야한다^(10,14).

(3) 공정 결합 규칙

12. 크로핑(cropping)에 의한 후방압출용 소재 제작시 직경이 제품의 외경보다 작은 재료를 절단하여 업셋팅에 의하여 평평한 형으로 예비성형한다.
13. 후방압출시 주대수 변형률이 MIBL 보다 작을 때는 기계가공한다.
14. 구멍의 최대높이가 펀치 직경의 BL 배를 넘을시 후방압출한 다음 아이어닝하며 아이

어닝 한계는 Table 1에 나타나 있다.

15. 제품내부에 단이진 부분이 있을 경우에는 단이진 부분의 수만큼의 공정을 거친다.
16. 다단부의 후방압출은 내경이 큰 끝단부터 순차적으로 성형한다.
17. 후방압출시의 다이내압은 아래와 같다^(10,11).
다이내압 = $(A_2/A_1) \cdot \text{펀치압력}$ (1)

2.2 금형 설계 규칙

(1) 다이설계규칙

18. 금형의 구조는 두꺼운 원통(thick-walled cylinder)으로 취급할 수 있는 다이인서트와 보강링등으로 구성된다.

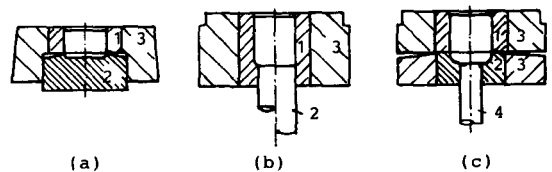
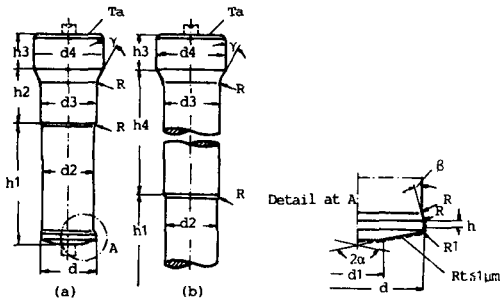


Fig. 2 Die design for backward can extrusion⁽¹²⁾

1, 2-die parts; 3-shrink ring; 4-ejector



d based on inner diameter of workpiece

$$d1 = d - [2R1 + (0.2 \dots 0.3)D]$$

$$d2 = d - (0.1 \dots 0.2) \text{ [mm]}$$

$$d3 \approx 1.3d$$

$$d4 \approx (1.3 \dots 1.5)d$$

$$h = (0.3 \dots 0.7)/d$$

$$h1 \leq 2.5d$$

$$h2 \geq d3$$

$$h3 \geq 0.5d4$$

h4 according to design of stripper sleeve

R ground without scratches

$$R1 = (0.05 \dots 0.1)d$$

$$2\alpha = 170^\circ \dots 160^\circ$$

$$\beta = 4^\circ \dots 5^\circ$$

$$\gamma = 15^\circ \dots 30^\circ$$

$$\delta = 5^\circ \dots 15^\circ$$

$$Ta < 0.05 \text{ mm (axial runout)}$$

$$Tr < 0.01 \text{ for } d, d1, d2, d3$$

(radial runout)

Fig. 3 Punch design for backward extrusion

(a) Short (b) Long^(10,11)

19. 낮은 흐름 응력을 갖는 알루미늄, 주석, 납 등의 비철금속의 얇은 벽 두께를 갖는 제품의 경우에는 ejector 없는 후방압출다이를 사용한다(Fig. 2a)^(10,11).
20. 강이나 높은 흐름 응력을 갖는 금속의 후방압출에서 다이내압이 저압(1600N/mm² 이하) 일때는 Fig. 2b의 형태의 후방압출다이를, 다이내압이 고압(1600N/mm² 이상) 일때는 Fig. 2c의 형태의 후방압출다이를 사용

한다^(10,11).

(2) 후방압출 펀치설계규칙

21. 가공압력에 따라서 펀치 재료를 선정한다^(10,11).
22. 후방압출용 펀치는 가능한 한 짧아야하며 효과적인 펀치의 길이는 펀치직경의 3배를 초과하지 않으며 좌굴이 발생하지 않도록 설계한다^(10,11).
23. 후방압출용 펀치는 펀치 전길이에 있어서 응력 집중을 예방하기 위해서 급격하거나 큰 단면적의 변화는 피해야한다.
24. 후방압출용 펀치는 응력집중을 피하기 위하여 단면변화부에 작은 원주각과 큰 천이반경을 가져야한다.
25. 후방압출용 펀치의 형상은 기존 데이터를 활용한다^(10,11).
26. 스트리퍼부쉬(stripper bush)가 필요없는 경우에는 단형(short type)의 후방압출펀치를 사용한다^(10,11)(Fig. 3 참조).
27. 스트리퍼부쉬가 필요한 경우에는 장형(long type)의 후방압출펀치를 사용한다^(10,11).

3. 프로그램의 개요 및 작동 원리

냉간성형공정중 1, 2 단 원형 컵제품의 자동 공정설계 및 자동 금형설계시스템을 만들기 위하여 소성역학 및 금속성형공정의 여러가지 공정변수에 대한 전문적인 지식을 추출하여 규칙 베이스로 중

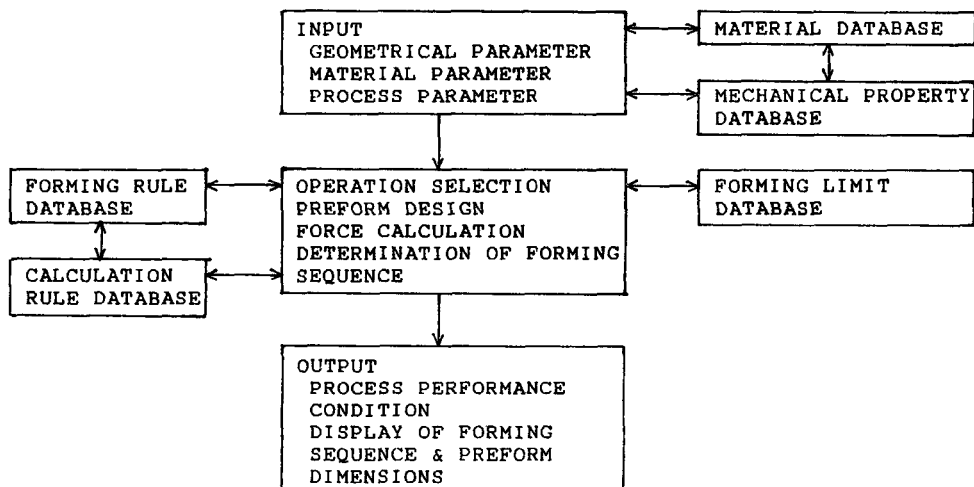


Fig. 4 Blockdiagram for "Cup-Forming"

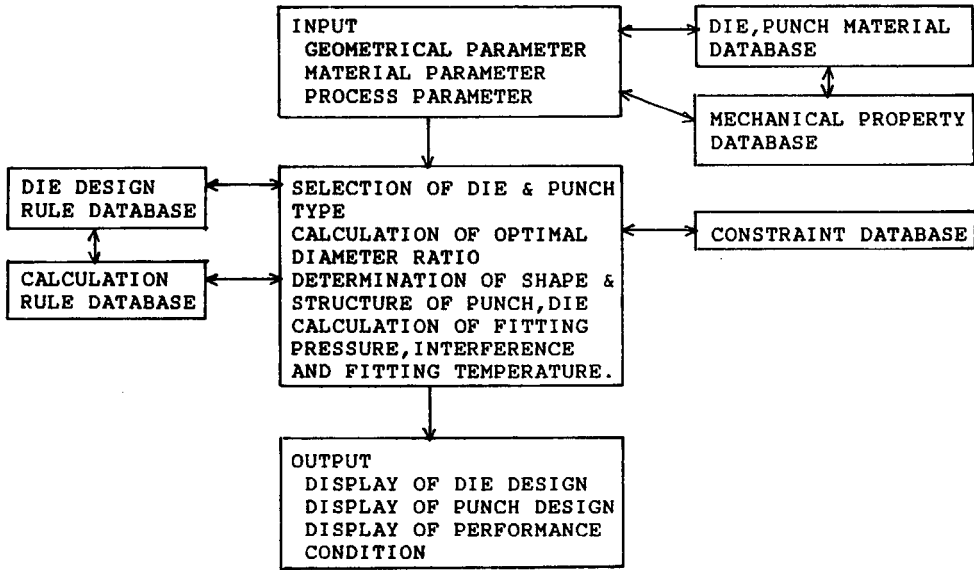


Fig. 5 Blockdiagram for "Cup-Die"

합한 후에 합리적인 순서로 나열된 규칙에 따라 계층적으로 프로그래밍하였다. 본 연구에서 개발한 "CUP-FORMING"과 "CUP-DIE"는 16 bit 마이크로 컴퓨터를 사용하였으며 개발언어로는 BASIC을 사용하였으며 각각의 개괄적인 블록다이어그램은 Figs. 4, 5에 나타내었다.

3.1 공정설계

형제품의 공정설계에서는 결함없는 제품이 생산 되도록 적절한 예비성형을 거치도록 하여야 한다.

(1) 입력사항

공정설계시의 입력사항은 최종제품의 기하학적 형상 및 치수, 마찰계수, 초기 소재의 재질, 직경 및 공차 등이다.

(2) 소재길이의 결정

Fig. 4로부터 부분체적을 계산하여 체적일정규칙을 적용하여 소재의 길이를 결정한다.

(3) 업셋팅된 상태의 치수계산

Fig. 5와 같이 자유업셋팅이 된 상태의 치수계산은 체적일정규칙에서 수치적으로 구한다⁽¹³⁾.

(4) 주대수 변형율의 계산

(i) 업셋팅 $\varphi_u = \ln(h_o/h_f)$ (2)

(ii) 후방압출 $(\varphi_b)_{12} = \ln\left(\frac{d_1^2}{d_1^2 - d_2^2}\right)$ (3)

$(\varphi_b)_{13} = \ln\left(\frac{d_1^2}{d_1^2 - d_3^2}\right)$ (4)

(iii) 아이어닝 $\varphi_i = \ln(A_1/A_2)$ (5)

(5) 공정분할

제품의 치수 및 소재의 치수로부터 계산된 주대수 변형률($\varphi_u, \varphi_b, \varphi_c$) 및 업셋팅비($US=ho/do$)와 소재의 가공한도(Table 1)를 비교함으로써 가능한 공정설계를 창출해 낸다. 먼저 성형가능성의 검토를 위해

$\varphi_u < UL, US < BL$ (6)

조건을 만족하여야 한다.

위의 조건이 만족되지 않으면 소재의 초기적경을 다시 선정하여 성형가능성을 검토한다.

(a) 1단 컵제품

규칙 13, 14를 적용하여 $(\varphi_b)_{12} \leq MIBL$ 이면 기계가공으로 (Fig. 6A), $MIBL \leq (\varphi_b)_{12} \leq MABL$ 인 경우에는 후방압출 1 공정으로 완성된다(Fig. 6B). $(\varphi_b)_{12} > MABL$ 인 경우에는 제2공정을 아이어닝하여 완성한다(Fig. 6C). 이 경우에는 규칙 8을 적용하여 d_1 을 가공도를 만족하는 직경 dt 까지 증가시킨 후방압출품을 만든 후 아이어닝한다. 가공도를 만족하는 직경은 가공한도로부터 구한다.

(b) 2단 컵제품

규칙을 적용하면

(i) $(\varphi_b)_{12} \leq MIBL$ (Fig. 6D)

기계가공을 하여야 한다.

(ii) $(\varphi_b)_{12} < MABL, (\varphi_b)_{13} \leq MIBL$ (Fig. 6E)

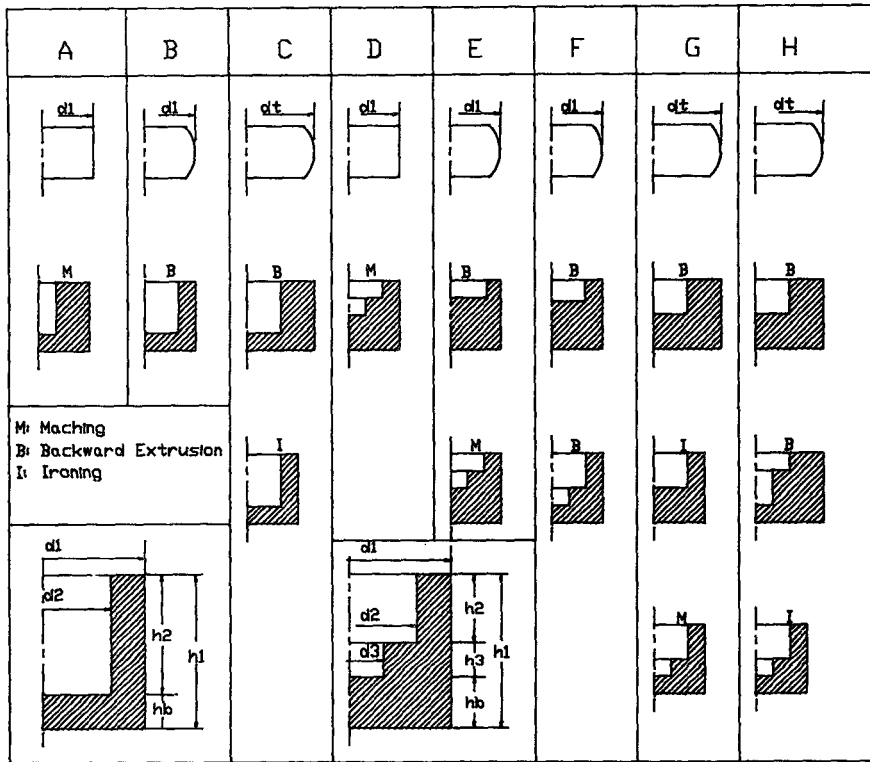


Fig. 6 Display of forming sequence of cup-shape part

$d1-d2$ 부분을 후방압출한 후 $d2-d3$ 부분을 기계가공한다.

(iii) $(\phi_b)_{12} < MABL$, $MIBL < (\phi_b)_{13} < MABL$ (Fig. 6F)

$d1-d2$ 부분을 후방압출한 후 $d2-d3$ 부분을 후방압출한다.

(iv) $(\phi_b)_{12} > MABL$

제1공정을 규칙 8을 적용하여 $d1$ 을 가공도를 만족하는 직경 dt 까지 증가시킨 후방 압출제품을 만든다. 그다음 $(\phi_b)_{13}$ 를 계산하여 $(\phi_b)_{13} < MIBL$ 이면 기계가공을 하고 (Fig. 6G), $(\phi_b)_{13} > MABL$ 이면 $dt-d3$ 를 후방압출한 다음 아이어닝으로 공정을 완성한다(Fig. 6H). 중간 단계의 치수는 체적일정규칙을 적용하여 계산한다.

(6) 가공압력 및 가공력의 계산

소성이론을 이용하여 가공력을 구하는 방법으로는 F.E.M, 상계해법, 초등해법, 미끄럼선 해법 등의 여러가지가 있으나 산업적 목적을 위해서는 초등해법이나 상계해법에 기초한 가공력 계산으로도 충분하다. 업셋팅력 및 아이어닝력 계산에서는 초

등해법을^(10,13) 후방압출력 계산에서는 상계해법을 적용하였다⁽¹⁵⁾.

3.2 금형설계

(1) 다이설계

일반적으로 냉간단조공정에서는 가공압력이 매우 크므로 금형 및 보강링은 가공압력에 충분히 견딜 수 있도록 설계해야 한다. 이를 위해서는 예상 금형내압에 대하여 충분한 강도를 갖는 금형과 보강링의 소재와 크기 및 적절한 끼워맞춤 공차를 선정해야 한다.

(i) 입력사항

다이 설계시의 입력사항은 다이인서트의 기하학적 형상 및 작업압력, 생산수량, 억지 끼워맞춤 방식, 마찰조건 데이터, 끼워맞춤 테이퍼 및 금형재료의 항복응력 및 탄성계수 등이다. 여기서 다이인서트의 기하학적 형상과 작업압력은 앞의 공정설계의 결과를 이용한다.

(ii) 다이인서트 및 보강링재질의 선정

다이인서트 및 보강링 재질의 선정은 강도, 마

때, 경제적인 면을 고려하여 선택한다. 다이인서트의 경우 생산수량이 많을 때에는 소결합금재를 사용한다. 보강링의 선정은 요구되는 강도, 보강링의 크기, 재료와 열처리 비용에 따라 선정된다⁽¹¹⁾.

(iii) 최적 분할직경, 끼워맞춤 공차 및 허용내압 “CUP-FORMING”에서 구해진 다이내압을 기초로하여 다이인서트, 보강링이 항복이 일어나지 않도록 분할직경, 끼워맞춤공차를 결정한다.

(iv) 끼워맞춤 온도계산

링의 조합방법에는 압입에 의한 끼워맞춤과 열박음에 의한 끼워맞춤방법 및 이 둘의 조합방법이 있다. 열박음에 의한 끼워맞춤은 보강링을 적당한 온도까지 가열하여 끼우며 가열온도는 공구강의 뜨임 (tempering) 온도이하라야 한다. 온도계산식은 다음과 같다.

$$T = \frac{Z_i}{d_i \cdot a} + tr(C) \quad (i=1, 2) \quad (7)$$

여기서 Z_i 는 끼워맞춤공차, tr 는 실온, a 는 선팽창계수, d_i 는 직경이다.

(2) 펀치설계

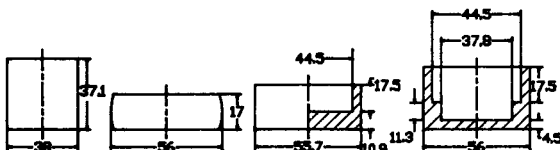
펀치의 재질선택은 가공방법에 따른 펀치압력과 공구재질의 항복강도에 따라 선택된다. 후방압출용 펀치는 매우 큰 압축하중과 굽힘하중을 받으므로 좌굴방지를 위해 펀치의 길이가 짧아야하며, 펀치 단면의 급격한 변화를 피하고 완만한 변화를 가져야 한다.

펀치의 선단의 형상은 제품의 형상에 의해 결정되나 일반적으로는 선단이 평평한 원추형 펀치를 사용한다.

펀치의 규격은 I.C.F.G(International Cold Forging Group)의 표준규격에 따른다.

펀치의 좌굴한계하중은 다음과 같다.

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 E I_z}{4 l^3} \quad (8)$$



Process --- Cropping, Upsetting, Backward Extrusion, Backward Extrusion.
Machine --- Knuckle press (MAX, 450 ton).
Lubricant --- Phosphate Film.
Material --- SM15C.

Fig. 7 Actual process of the sample part

여기서 E 는 재료의 종탄성계수, I_z 는 단면 2차 모멘트, l 은 펀치의 길이이다.

5. 프로그램의 적용

본 연구에서 적용한 설계기준은 약 100,000~300,000개의 제품을 피로파괴없이 생산하는

[Input Data]

d1=56 h1=33.3
d2=44.5 h2=17.5
d3=37.8 h3=11.3

Friction coef.(upsetting)=0.1
Friction coef.(back.ext.)=0.04
Friction coef.(ironing) =0.1

Billet Diameter=38

Material(AISI)=1015
Clearance=0.2

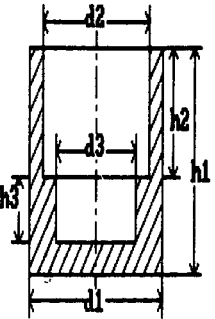
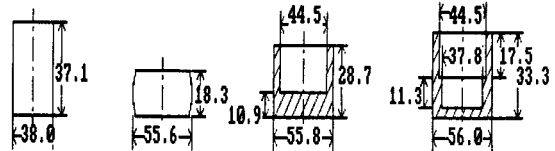


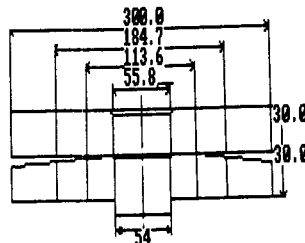
Fig. 8 Input for “Cup-Forming”



No	Operation	Punch Pres. (kg/mm ²)	Die Pres. (kg/mm ²)	Load (tons)
#1	Cropping			34.7
#2	Upsetting	67.9		164.9
#3	Back Ext	247.6	156.3	385.1
#4	Back Ext	214.0	97.5	240.1

Fig. 9 Output of “Cup-Forming”

Die assemblies double ring (backward can extrusion)



NOTE

Die insert material=SKD11
E= 21000
Hrc> 63
Stress ring material=SKD61
E= 21000
Hrc> 45
Interference Z1=0.812
Interference Z2=0.765
Fitting temp. T1=400
Fitting force.F1= 75.1
Fitting temp. T2=366.8

Permissible Die Inner Pressure (PAM)= 170.45

Fig. 10 Output of “Cup-Die” (1)

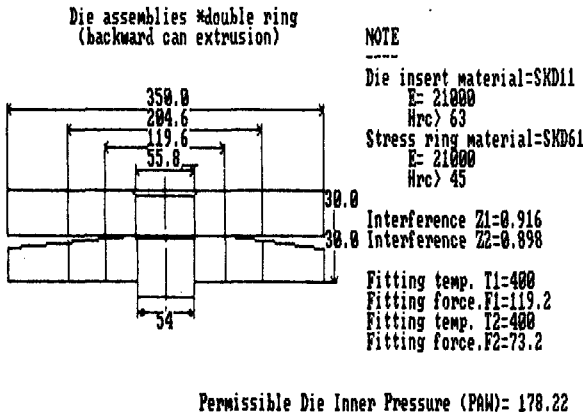


Fig. 11 Output of "Cup-Die" (2)

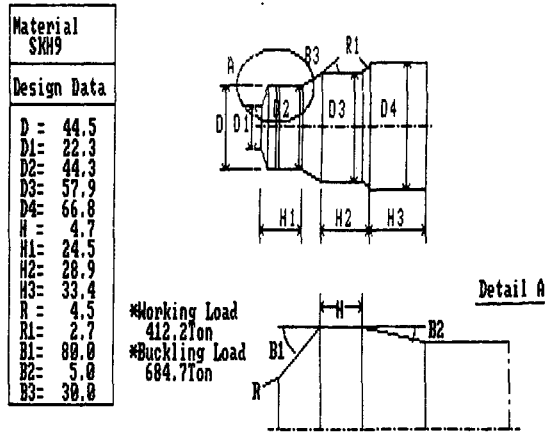


Fig. 13 Output of "Cup-Die" (4)

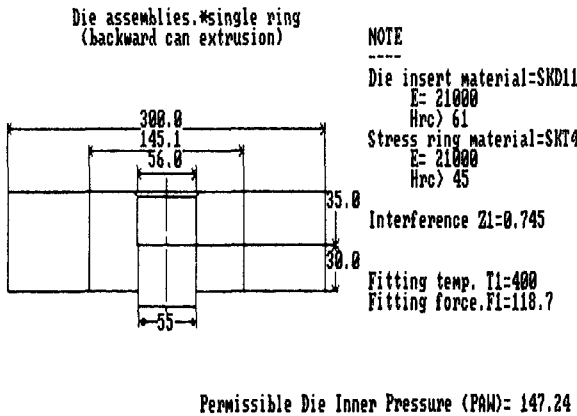


Fig. 12 Output of "Cup-Die" (3)

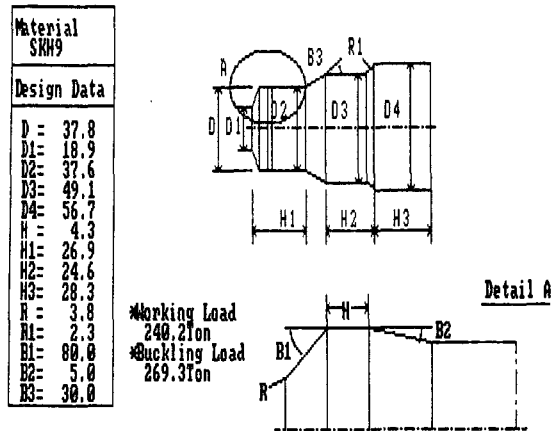


Fig. 14 Output of "Cup-Die" (5)

것을 기준으로 하였으며 개발된 프로그램은 외부형상이 원통이고 내부형상이 단이진 컵형상 제품에 적용할 수 있으며, 외부형상도 단이진 제품에 대해서도 현재 연구가 진행중이다.

"CUP-FORMING"의 능력을 설명하기 위하여 2 단 컵제품의 성형공정을 예로들었다.

Fig. 7은 냉간단조 회사에서의 실제 공정계획 및 사용조건을 나타낸다. Fig. 8은 이러한 제품을 만들기위한 프로그램의 수행결과를 보여준다. 사용자가 입력사항을 대화식으로 입력하면(Fig. 8) 최종 제품까지의 성형순서, 예비 성형단계의 기하학적 형상, 치수, 각 단계별 편치압력, 다이내압, 성형 하중 등이 자동적으로 결정된다(Fig. 9). 이 공정은 Fig. 6E의 경우이다. 여기서 "CUP-FORMING"의 수행결과가 실제의 공정설계와 거

의 동일함을 알 수 있으며 결과에 나타난 것처럼 여러 예비성형단계가 필요함을 알 수 있다. 또한 성형기계의 선택 기준을 제시한다. 즉 계산된 성형 하중보다 큰 용량을 갖는 기계(프레스)를 선택하여야 한다.

Fig. 10~14는 공정설계 결과를 이용하여 적합한 금형설계를 위해 "CUP-DIE"를 적용시킨 예이다. Fig. 10은 제2공정에서의 다이설계 결과이다. 이 다이의 형태는 Fig. 2c 형태이다. Fig. 11은 동일한 조건에 대하여 최의경을 변화시켰을 경우이다. 이것은 다이셀이 프레스에 장착될 때 크기의 제한에 따른 다이설계의 예이다. Fig. 12는 제3공정에서의 다이설계 결과를 보여준다. 이 다이의 형태는 Fig. 2b 형태이다. Fig. 13, 14는 Fig. 9의 제품에 대한 후방압출용 편치설계의 결과를 보여준다.

Fig. 13은 제2공정에 대한, Fig. 14는 제3공정에 대한 펀치설계의 예이다.

6. 결 론

본 연구에서는 냉간단조에 대해 퍼스널 컴퓨터를 이용한 시스템적 연구의 초기 시도로서 1, 2단 컵제품에 대한 자동 공정설계프로그램인 "CUP-FORMING"과 이에 상응하는 자동 공구설계프로그램인 "CUP-DIE"를 개발하였다.

본 연구에서 개발한 시스템은 소성역학에 대한 전문적인 지식과 경험적 지식을 추출하여 규칙베이스로 종합한 후에 합리적인 순서로 나열된 규칙에 따라 프로그래밍되었으며, 공정설계에서 이에 상응하는 금형 및 펀치설계에 이르기까지의 전 과정을 퍼스널컴퓨터에 의해서 전산화할 수 있음을 보여준다.

"CUP-FORMING"에서는 1, 2단 컵제품을 생산하기 위한 중간 단계의 형상 및 치수, 각 작업에 소요되는 압력, 하중을 구할 수 있고, "CUP-DIE"에서는 각 가공 공정에 필요한 다이, 펀치, 콘테이너 등의 공구에 대한 재질, 형상 및 치수를 결정할 수 있으며, 다이의 최적설계를 할 수 있다. 또한 다단 컵제품의 공정설계 및 공구설계를 위한 기초 데이터베이스로 사용할 수 있다.

"CUP-FORMING"은 설계의 생산가능성의 검토를 위한 보다 강력한 도구를 제공하며 또한 새로운 가공가능성을 발견할 수 있게하며, "CUP-DIE"는 각 작업수행시 적합한 공구설계를 사용자에게 제공한다. 또한 "CUP-FORMING"과 "CUP-DIE"의 수행으로부터 부품공정설계, 공구설계, 재질선정을 경제적으로 결정할 수 있으며 공구의 수정이나 제작시간이 현저하게 줄어든다. 또한 신제품 개발시 개발시간이 단축되어 개발비가 낮아진다.

후 기

이 연구는 1987년도 문교부 학술진흥재단의 지원으로 수행되었으며 이에 관계가 여러분께 감사드립니다.

참 고 문 헌

(1) Wick, C., 1984, "Tool And Manufacturing Engineers Handbook", Vol. II, SME, Ohio, pp. 13-26~13

-27.

- (2) Donald, F. Baxter JR, 1975, "Source Book On Cold Forming", ASM, Ohio, pp. 40~53.
- (3) Bidway, A.A., Kuhlmann,D.J., Raguupathi, P.S. and Altan, T., 1985, "Computer Aided Design of Multistage Forming Operations for Round Parts", J. of Mechanical Working Technology, pp. 259~274.
- (4) Perotti, G., Maggiorano, E., 1985, "A Calculation Program for Deep Drawing Forms", Annals of CIRP, Vol. 34/1, pp. 237~240.
- (5) Gokler, M.I., Dean, T.A., Knight, W.A., 1983, "Computer Aided Die Design For Upset Forging Machines", 11th NAMRC, pp. 217~223.
- (6) Rebholz, M., 1980, "Computer Aided Production Planning in Cold Forging", Annals of the CIRP, Vol. 29, pp. 173~177.
- (7) Eshel, G., Barash, M. and Chang, T.C., 1985, "A Rule-Based System for Automatic Generation of Deep Drawing Process Outline", Computer Aided Intelligent Process Planning, Vol. 19, pp. 1~18.
- (8) Adler, G.K. Walter, 1967, "Berechnung von einfachen und mehrfachen Prespassungen", Industrie-Anzeiger 89. Jg. Nr. 39, V. 16, pp 21~25.
- (9) Kuhn, H.H., 1978 "Optimum Die Design for Powder Compaction", The Intern. Journal of Powder Metallurgy & Powder Technology, Vol. 14, No. 4, pp. 259~275.
- (10) Lange, K, 1985, "Handbook of Metal Forming", McGraw-Hill Book Company.
- (11) I.C.F.G. Data Sheet, 1982, "General Recommendations for Design, Manufacture and Operational Aspects of Cold Extrusion, Tools for Steel Components", No. 618./I.C.F.G. Data Sheet 4/70, 5/71, 6/72.
- (12) Kulkarni, K.M. and Kalpakjian, S., 1969, "A Study of Barreling as an Example of Free Deformation", SAME, Journal of Engineering for Industry, Vol. 91, pp. 743~754.
- (13) Slater, R.A.C., 1976, "Engineering Plasticity: Theory and Application to Metal Forming Processes", Macmillan Press LTD., pp. 263~309.
- (14) Feldmann, H.D., 1961, "Cold Forging of Steel", Hutchison Scientific & Technical, London.
- (15) Avitzur, B., 1968, "Metal Forming: Process and Analysis", McGraw-Hill", N.Y.
- (16) 최재찬, 김병민, 진인태, 김형섭, 1988, "퍼스널 컴퓨터에 의한 냉간단조 공정 및 금형설계의 자동화에 관한 연구(1)", 대한기계학회논문집, 제12권, 제4호, pp. 712~720.