

축 대칭 다단 냉간단조의 공정 및
금형 설계 자동화에 관한 연구(1)

최 재찬*, 김 형섭**, 허 만조***

A study on the Computer Aided Process Design of Multi Stage Cold Forging of Rotationally Symmetric Parts

Jae Chan Choi*, Hyung Sub Kim**, Man Jo Huh***

Abstract

This paper describes some development of Computer-Aided Process Planning System for cold-forging of rotationally symmetric parts(solid shape and solid-can combined shape) produced by the presses or formers.

Using the developed system, forming sequences for producing final product are generated as graphic forms and process names, preform dimensions and process parameters(load, punch pressure, die pressure) are generated as routing sheets.

Konwledges for forming sequence and process parameters are extracted from process limitations, plasticity theories, handbooks, relevent references and empirical know-how of experts in cold forging companies.

Among extracted knowledges, general and consistent knowledges are represented as design rules and are constructed as knowledge base.

The developed system provides more powerful tool for through checking the producibilities of design, conformation of appropriate forming sequences and discoveries of new possibility.

The results of the developed system are in good agreement with the practical data.

* : 부산대학교 기계설계공학과
** : 부산대학교 대학원
*** : 인천전문대학교

1. 서 론

냉간단조는 재결정온도 이하에서 칩을 발생하지 않고 금속의 모양을 유용한 임의의 형상으로 변형시키는 가공법으로서 가공법, 공정, 공구 및 프레스 설계기술의 향상과 공구소재의 개발 및 개선으로 한층 보편화 되어 종래 기계가공 및 열간가공으로 생산되었던 제품들이 냉간단조로 많이 생산되는 추세이다.

또한 냉간단조에서도 라이프 사이클의 단축화, 생산준비기간의 단축, 고정밀 제품의 다품종소량 생산의 증대라는 경향이 현저하며 이러한 냉간단조의 고도화, 다양화경향에 대처하기 위한 총합적 자동화시스템의 개발에 대한 관심이 고조되고 있다.

냉간단조에서 이러한 시스템을 구축하기 위해서는 Fig.1에 나타낸 것처럼 5개의 모듈이 자동화 되어야 하나 이러한 시스템은 아직 존재하지 않는다.

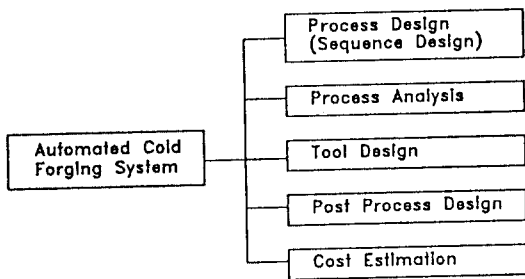


Fig.1 Functional Diagram of Fully Automated Cold-Forging System.

이러한 모듈 중에서 특히 냉간단조의 기술적, 경제적 성공을 위하여 신뢰도 높은 공정설계가 대단히 중요하며 대부분의 연구가 공정설계의 자동화에 대하여 행해지고 있다.

특히 냉간단조 공정설계는 최대 가공압력, 재료결합 등에 의한 가공한계의 제한이 엄격하고 가공기구를 충분히 고려하지 않으면 유용한 공정설계는 할 수 없으며 정밀도면에서도 공구의 탄성변형과, 가공기계에 의하여 영향을 많이 받으며

로 해(공정)의 범위가 좁으며 지금까지는 주로 시행착오등에 의한 숙련기술자의 경험에 의존해 왔다.

성형공정설계의 자동화시스템에 관한 많은 연구가 진행되고있으며 최근에는 인공지능(Artificial Intelligence : AI)기술을 이용하여 지식공학에 기초한 전문가 시스템 (Expert System)에 의한 연구가 많이 진행되어 Eshel(1)이 디이프 드로우잉에 대하여, Knight가 열간단조에 대하여(2), Altan(3,4), Hartley(5), Bariani(6) 및 Osakada(7) 등의 냉간조에 대한 시스템이 보고되고 있으며 아직 실험적인 프로토타입(Prototype)단계이다.

본 연구는 다단 축대칭 원통제품에 대하여 공정설계자의 논리과정을 분석하여 순서설계의 규칙을 정식화하며 이를 기초로하여 공정설계에 있어서 복잡한 결정법을 경험이 없는 설계자도 숙련자와 같이 동일한 공정설계를 할수있는 공정설계 전문가시스템의 개발에 대한 것이며 단순한 제품(1,2단 중실품,1,2단 캔제품)에 대한 기연구(8,9)에 기초하여 보다 복잡한 제품(다단 중실품, 복합압출품)에 대하여 확장한 것이다.

2. 공정설계 지식베이스

전문가시스템의 지식베이스를 구축하는 일반적인 방법으로는 전문가와 인터뷰를 통하여 구축하는 방법, 시뮬레이션을 통하여 구축하는 방법, 실험에 의해 구해진 데이터를 통하여 구축하는 방법 등이 있다.

본 시스템에서는 성형공정의 공정변수 및 성형순서에 대한 전문기술지식을 소성역학이론, 각종 핸드북 및 관련서적, 그리고 생산현장 전문가의 경험적지식에서 추출하여 이것을 검토하여 일반성이 있고 이론적으로 모순이 없는 사항에 대하여 설계규칙 형태로 지식을 표현, 정리하여 지식베이스를 구축하였다. 구축된 지식베이스는 연역적인 방법을 통하여 공정설계에 필요한 각종의 사결정을 할 수 있다.

설정된 규칙은 다음과 같다.

2.1 공정설계의 일반적 사항에 대한 규칙

- 규칙1. 최종제품이 단이 진 부품이면 일련의 작업순서에 의하여 생산되어야 하며 각 작업은 하나의 변형영역을 만든다.
- 규칙2. 다음 단계의 형상이 성형되어야 하면 앞 단계의 예비 성형품은 변형되는 영역과 변형되지 않는 영역으로 구성된다.
- 규칙3. 다단제품의 중실(solid)형상이면 압출(중실체의 전방압출, 후방압출)과 업세팅의 결합으로 성형된다.
- 규칙4. 다단제품이 내부구멍이 있는 형상이면 압출(중실체의 전방압출, 캔형 후방 압출), 업세팅의 결합으로 성형된다.
- 규칙5. 다단제품의 형상이 두 방향으로 성형되어야 하면 한쪽 방향을 먼저 성형하고 다른쪽 방향을 성형한다.
- 규칙6. 현 단계의 변형영역이 설계되면 다음 변형영역은 압출, 업세팅으로 생산할 수 있는 요소를 포함한다.
- 규칙7. 중간단계의 예비성형의 치수를 결정하려면 체적일정법칙을 사용한다.
- 규칙8. 중실 및 증공 확대칭제품이 냉간단조 되려면 원 재료의 초기형상은 원형선재 혹은 봉재이다.
- 규칙9. 가공공정단축을 위하여 성형시에는 각 작업에서 가능한 최대 성형한계까지 성형한다.
- 규칙10. 성형하중이 그 공정을 수행하기 위하여 필요한 하중을 초과하지 않으면 변형이 시작되지 않는다.
- 규칙11. 성형하중이 프레스 가공능력보다 작아야 한다.
- 규칙12. 공구압력이 공구강도를 초과하면 그 작업은 완성될 수 없다.

2.2. 작업형태에 대한 규칙

- 규칙13. 제품에서 제품경이 소재경보다 작으면 압출한다.
- 규칙14. 제품에서 제품경이 소재경보다 크면 업세팅한다.
- 규칙15. 제품에 내부구멍이 있으면 캔압출한다.

2.3. 작업의 가능성 시험에 대한 규칙

- 규칙16. 작업이 각각의 개별 판정조건을 만족해야 하며 이런 판정조건들은 서로 독립적이다.
- 규칙17. 독립적인 개별 판정조건이 만족되면 포괄적 판정조건규칙은 개별 판정조건들의 결합으로 얻어진다.
- 규칙18. 결합이 예상되면 작업은 판정조건을 만족하지 못한다.

2.4. 성형성 및 결합 판정조건에 대한 규칙

- 규칙19. 중실변형률(SS)이 한계비구속변형률(LSO S)보다 작으면 비구속압출로 성형한다.
- 규칙20. 중실변형률(SS)이 한계비구속변형률(LSO S)보다 크고 한계구속변형률(LSTS)보다 작으면 구속압출로 성형한다.
- 규칙21. 중실길이와 직경비(SLDR)가 한계값(LSLDR)보다 작아야 한다. (이젝션 콘란방지)
- 규칙22. 캔변형률(CS)이 한계최소변형률(LCLS)보다는 크고 한계최대변형률(LCUS)보다는 작아야 한다. 캔변형률이 LCLS보다 작으면 성형할 수 없고 기계가공한다.
- 규칙23. 캔벽두께와 직경비(CWDR)가 한계값(LCWDR)보다 커야 한다.
- 규칙24. 캔벽두께와 바닥두께비(CWBR)가 한계값(LCWBR)보다 커야한다. (크랙발생 방지)
- 규칙25. 캔길이와 직경비(CLDR)가 한계값(LCLDR)보다 작아야 한다. (편치좌굴 방지)
- 규칙26. 업세팅길이와 직경비(ULDR)가 한계값(LULDR)보다 작아야 한다. (소재좌굴 방지)
- 규칙27. 업세팅직경비(UDDR)가 한계값(LUDDR)보다 작아야 한다. (제품표면 크랙발생방지)
- 규칙28. 업세팅길이비(ULLR)가 한계값(LULLR)보다 커야한다. (공구(편치)파손 방지)

2.5. 공정순서에 대한 규칙

- 규칙29. 중실체 성형시 압출공정을 먼저하고 업세팅공정을 한다.
- 규칙30. 내부 HOLE과 중실부분을 갖는 형상의 성형시 중실압출공정을 먼저 하고 캔압출을

한다.

규칙31. 여러단의 압출이 요구되며 1회 가공한계를 만족하면 제일 작은 직경부터 순차적으로 합출한다.

규칙32. 한 부분의 최대성형한계는 $LSTS + 2LSOS$ 를 초과할 수 없다.

규칙33. 구속압출로 성형되는 부분의 형상은 최종제품의 형상에 맞추어 성형한다.

규칙34. SS가 LSTS보다 크면 처음 압출공정은 내부결함을 피하는 각도로 압출하고, 다음 작업에서 최종제품의 각도를 맞춘다.

규칙35. 결합이나 공구파손 등이 예상되면 중간공정을 삽입하여 피하도록 한다.

규칙36. SS가 $LSTS + LSOS$ 보다 작으면 먼저 LSTS까지 예비성형하고 그 다음 비구속압출로 작업을 완성한다.

규칙37. SS가 $LSTS + LSOS + LSOS$ 보다 작으면 먼저 LSTS까지 예비성형하고 그 다음 비구속압출, 비구속압출로 작업을 완성한다.

규칙38. 중간단계의 열처리가 수행되면 변형률 이력이 무시된다.

규칙39. 한 부분이 두 번의 구속압출을 받을 수 없다.

규칙40. 제일 큰 직경의 SLDR이 LSLDR 보다 크면 소재경을 늘여야 한다.

규칙41. 캔압출시 내부형상이 다단이면 큰 직경을 먼저 압출한다음 작은 직경의 것을 압출한다.

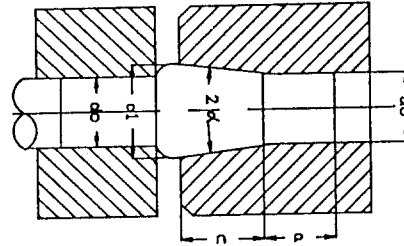
규칙42. 여러 단이 업세팅 되려면 제일 작은 직경부터 순차적으로 업세팅 한다.

규칙43. 강에서 ULDR이 2.25이하이면 한번에 성형된다.

규칙44. 강에서 2.25 <ULDR> 4.5 일 경우 업세팅되어서 만들어질 직경이 소재직경의 1.3배를 초과하지 않으면 한번에 가공이 되며, 그렇지 않으면 예비성형공정이 필요하다.

규칙45. 예비업세팅공정이 필요하면 그 형상은 끝부분에 원추형이 있는 형상이며 이에 대한 데이터베이스는 Table 1에 나타내었다.

Table 1. Solid Preform Header.



Upselling Length Diameter Ratio l_0/d_0	Cone angle 2α degrees	Guide length a	Length of conical portion of preheader c
2.5	15	0.6 do	1.37 do
3.3	15	1.0 do	1.56 do
3.9	15	1.4 do	1.66 do
4.3	20	1.7 do	1.56 do
4.5	25	1.9 do	1.45 do

규칙46. 강에서 4.5 <ULDR> 6.5 일 경우 업세팅되어서 만들어질 직경이 소재직경의 1.3배를 초과하지 않으면 한번에 가공이 되며, 그렇지 않으면 예비성형공정이 필요하며 업세팅되는 길이가 작경의 2배가 되도록 한다. 예비업세팅 공정시 등가직경을 사용한다.

2.6. 소재직경의 결정에 대한 규칙

규칙47. 소재직경은 제품의 최대직경과 최소직경의 사이에 있다.

규칙48. 소재직경은 최종제품의 기계적 성질을 만족하며 제품이 생산될 수 있도록 선택 한다.

규칙49. 제일 작은 직경의 SS가 $LSTS + 2LSOS$ 보다 크면 소재직경을 줄여야 한다.

규칙50. 제일 큰 직경의 UDDR이 LUDDR보다 크면 소재경을 늘여야 한다.

2.7. 흐름응력에 대한 규칙

규칙51. 원소재가 인발된후에 절단되어서 업세팅된다면 업세팅시 인발에 의한 예비변형률은 더하지 않고 흐름응력을 계산한다.

규칙52. 원소재가 인발된후에 절단되어서 캔압출된다면 예비변형률을 그대로 더하여 흐름응력

을 계산한다.

규칙53. 업세팅된후 캔압출된다면 예비변형률을 그대로 더하여 흐름응력을 계산한다.

규칙54. 원소재가 인발된 후에 절단되어서 압출된다면 예비변형률을 그대로 더하여 흐름응력을 계산한다.

규칙55. 업세팅시의 흐름응력은 최종상태의 변형률일 때의 흐름응력이며 압출시의 흐름응력은 평균상태의 변형률일 때의 흐름응력이다.

3. 공정설계 프로그램의 구성

개발된 시스템의 개괄적인 흐름도는 Fig. 2 에 나타내었다.

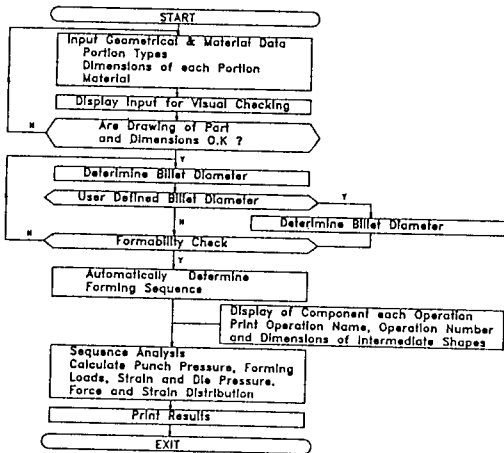


Fig. 2 Flow-Chart for Process Design Program.

먼저 가공부품의 기하학적 형상, 치수, 재질 등이 입력된다.

기하학적 형상은 축대칭 제품을 단순체적요소의 결합으로 생각하여 묘사하며 Fig. 3에 기본형

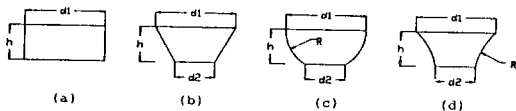


Fig. 3 Primary Volumetric Element. (a) Cylindrical, (b) Conical, (c) Concave, (d) Convex curved.

상인 원통, 원추, 볼록형, 오목형과 수반되는 치수의 데이터를 나타내었으며 대화식으로 입력된다. 구멍형성으로 구성된 부분에 대한 데이터도 외부형상에 대한 입력양식과 동일하다.

또한 다른 입력사항으로 소재재질이 주어지며 본 프로그램에서는 기본적으로 내장된 냉간 단조용 재질이 데이터베이스로 저장되어 화면에 나타나며 대화식으로 재질을 선정한다. 이 경우 관련된 데이터베이스를 통하여 재질의 기계적 성질과 성형한계 등이 함께 주어진다.

재질이 데이터베이스내에 없는 경우에는 사용자가 입력할 수 있으며 관련된 기계적 성질과 성형한계들도 함께 대화식으로 입력하도록 되어 있다.

가공부품의 기하학적 특성과 재질이 입력되면 결과를 눈으로 확인하기 위하여 화면상에 입력데이터와 함께 형상을 나타낸다.

그 다음은 소재직경을 결정한다. 이 소재직경에 따라 최종제품의 기계적 성질 및 성형순서가 결정되므로 이것은 아주 중요하다.

프로그램은 소재직경 결정규칙(규칙 47, 48, 49, 50)에 따라 알고리즘적으로 특정 재질의 소재직경 재고데이터를 탐색하여 성형성을 만족하는 재고의 소재직경을 자동적으로 결정하고 사용자에게 사용자 입력을 할 것인가 물어본다.

사용자가 새로운 소재경을 입력하면 주어진 소재직경으로 제품을 성형할 수 있는가를 검토하여 만족하면 다음단계로 가고 만족하지 않으면 소재직경의 재입력을 요구한다.

소재직경을 구하기 위한 알고리즘은 다음과 같다.

- 1 단계) 직정보다 길이가 큰부품의 영역을 찾는다.
- 2 단계) 이 영역중 제일 큰 직경 dm 을 뽑는다.
- 3 단계) 특정 재질의 상업적인 선재(봉재)크기의 데이터베이스를 탐색하여 dm 보다 같거나 조금 큰 선재(봉재)의 직경을 구한다.
- 4 단계) 구해진 소재직경으로부터 부품의 제일

작은직경을 압출하기 위한 변형률과 부품의 제일 큰 직경을 업세팅하기 위한 직경비를 계산한다.

5 단계) 압출변형률이 한계변형률보다 작고 업세팅 직경비가 한계직경비보다 작으면 6 단계로 가며 압출변형률이 한계변형률보다 크면 데이터베이스에 있는 다음으로 작은 직경을 선택하여 4단계를 다시 수행하며 업세팅직경비가 한계직경비보다 크면 메시지와 함께 6단계로 간다.

6 단계) 사용자에게 최종적으로 소재직경 선택을 문의하며 입력된 소재직경이 압출 변형률 조건과 업세팅직경비 조건을 만족하면 소재직경이 결정된다. 그렇지 않으면 소재직경을 재선택하도록 한다.

소재직경이 결정되면 체적일정규칙에서 소재높이가 결정된다.

성형순서의 결정은 가장 중요한 작업으로 소재로부터 최종형상제품까지의 공정순서, 공정명칭 및 각 작업단계에서의 기하학적 형상 및 치수를 결정한다.

이 목적을 위해 여러 순서설계규칙 및 가공한계규칙을 이용하여 Fig. 4와 같은 의사결정구조에 의해 업세팅의 순서와 전방압출의 순서를 찾는다.

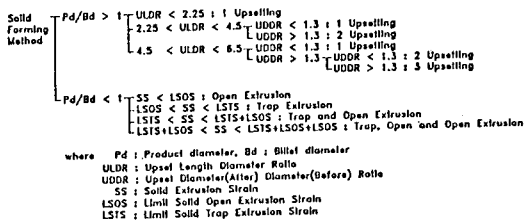


Fig. 4 Simplified Decision Tree for Operation Selection.

중간단계의 형상 및 치수는 체적일정의 규칙에 따라서 결정된다.

이 결과는 컴퓨터 스크린 상에 나타내어지며 중간공정에서의 치수가 출력된다.

그 다음은 각 공정에서의 공정변수를 결정한다.

프로그램내에서 재료의 흐름응력과 마찰계수, 변형률 등의 데이터에 기초하여 편치압력, 다이내압, 성형하중 등이 계산되며 이것에 의해 프레스의 용량이 결정되며 공구설계를위한 데이터가 제공된다. 프로그램내에는 매뉴형식으로 전방비구속압출, 구속압출, 후방압출, 절단(Cropping), 업세팅등의 공정변수를 슬래브해석법, 상계법 등으로 해석할 수 있다. 이 계산된 결과는 생산현장 작업자가 알아볼수 있도록 작업지시서의 형태로 출력되며 하중의 분포, 변형률의 분포도 출력된다.

4. 프로그램의 적용

개발된 시스템의 능력을 설명하기 위하여 다단 제품의 성형공정 해석을 예로들었다.

Fig. 5는 국내의 냉간단조회사에서 생산되는 제품의 성형순서를 나타낸 것이다.

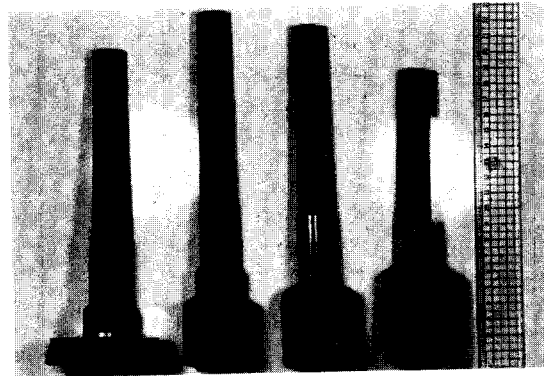


Fig. 5 Example of Cold-Forging Sequence.

Fig. 6~8은 이제품에 대한 프로그램의 적용 결과이다.

Fig. 6은 최종제품의 기하학적 형상을 체적요소를 사용하여 입력한 결과와 재질의 입력 결과를 나타낸다.

Fig. 7(a)는 주어진 소재직경에 의해 최종제품을 생산하기 위한 순서를 나타내며 Fig. 6과 잘 일치함을 볼 수 있다.

Fig. 7(b)는 중간공정에서의 상세한 치수를 나타

내며 Fig. 7(c)는 결정된 성형순서에 따른 공정변수의 계산결과로써 각각의 작업에 대한 펀치압력, 성형하중, 다이내압 등을 나타내며 Fig. 7(d)는 변형률분포를 나타낸 것이다.

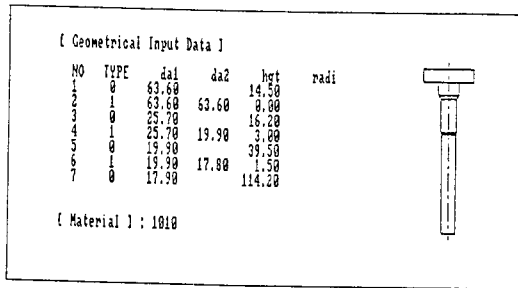
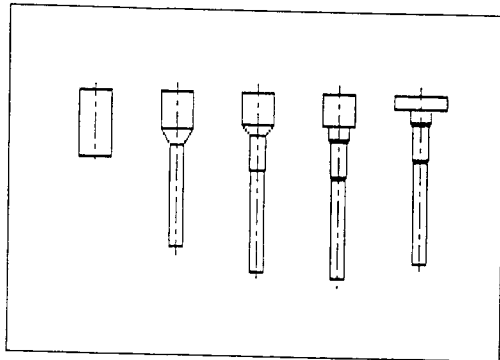


Fig. 6 Input Data for Sample Product(1).



** Process Outline **

Op #	Process	Punch press. (kg/mm ²)	Die press. (kg/mm ²)	Force (tons)
1	Cropping(billet)			21.71
2	Extrusion(Trap)	176.89	158.29	91.76
3	Extrusion(Trap)	100.74	82.14	52.26
4	Upsetting	69.54	58.94	58.97
5	Upsetting	136.81	118.22	434.65

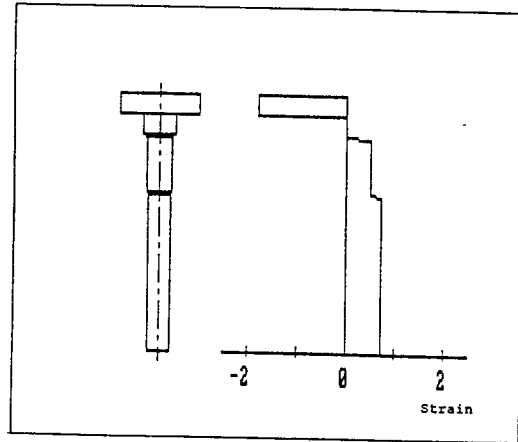


Fig. 7 Computer Output for Sample Product(1).
(a) Sequence of Operations, (b) Details of Operations, (c) Operation Parameters, (d) Strain Distribution.

** Workpiece Specification **

Process # 1	Billet								
	Diameter =	25.70							
	Height =	187.28							
Process # 2	Extrusion (Trap)								
	Diameter =	25.70	17.90						
	Height =	127.81	5.57	114.20					
Process # 3	Extrusion								
	Diameter =	25.70	19.90	17.90					
	Height =	105.00	3.00	39.50	1.50	114.20			
Process # 4	Upsetting								
	Diameter =	25.70	43.31	25.70	19.90	17.90			
	Height =	28.27	32.88	18.20	3.00	39.50	1.50	114.20	
Process # 5	Upsetting								
	Diameter =	63.60	25.70	19.90	17.90				
	Height =	14.50	18.20	3.50	38.50	1.50	114.20		

(b)

Fig. 8은 같은 최종제품에 대하여 소재직경을 다르게 했을 때의 성형순서, 치수, 공정변수 및 변형률분포를 보여준다.

계산된 성형하중 결과에 기초하여 프레스를 선정하며 작업형태, 펀치압력, 다이내압 등은 공구 설계시 입력사항으로 사용된다.

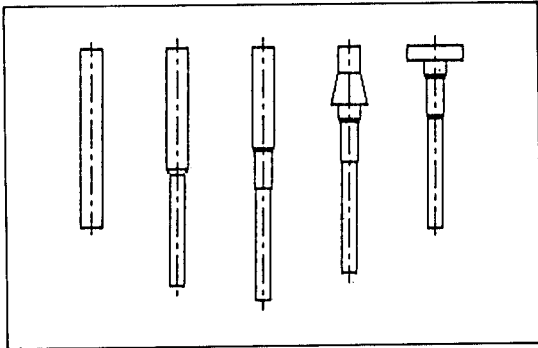
이와같이 여러경우를 다양하게 검토하여 사용하는 최종제품의 기계적성질을 만족시키며 기술수준, 성형기계의 능력, 자재제고 현황 등을 고려한 적절한 공정설계를 할 수 있다.

Fig. 9~11은 상부에 구멍이 있는 중실제품에 대한 시스템의 입력과 출력을 나타낸 것이다.

Fig. 9는 입력결과를 나타낸 것으로서 구멍부분의 입력 데이터는 부품의 외부형상에 대한 입력

데이타와 같다.

Fig. 10, 11은 소재의 직경을 달리 했을 경우의 프로그램을 수행한 결과이다.



```
*****
** Workpiece Specification **
*****
Process # 1 Billet
Diameter = 25.70
Height = 187.26
Process # 2 Extrusion (Trap)
Diameter = 25.70 17.90
Height = 127.01 3.57 114.20
Process # 3 Extrusion
Diameter = 25.70 19.90 17.90
Height = 105.00 3.00 39.50 1.50 114.20
Process # 4 Upsetting
Diameter = 25.70 43.31 25.70 19.90 17.90
Height = 28.27 32.86 18.20 3.00 39.50 1.50 114.20
Process # 5 Upsetting
Diameter = 83.00 25.70 19.90 17.90
Height = 14.50 18.20 3.50 39.50 1.50 114.20
```

```
*****
** Process Outline **
*****
```

Op #	Process	Punch press. (kg/mm ²)	Die press. (kg/mm ²)	Force (tons)
1	Cropping(billet)			21.71
2	Extrusion(Trap)	176.89	138.29	91.74
3	Extrusion(Trap)	100.74	82.14	52.26
4	Upsetting	69.54	50.94	38.97
5	Upsetting	136.81	118.22	434.65

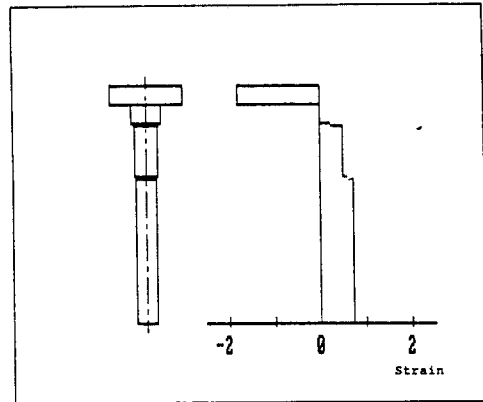


Fig. 8 Alternative Computer Output for Sample Product(1). (a) Sequence of Operations, (b) Details of Operations, (c) Operation Parameters, (d) Strain Distribution.

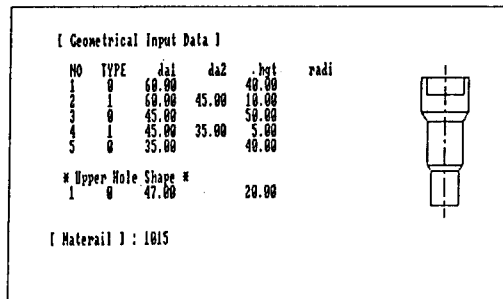
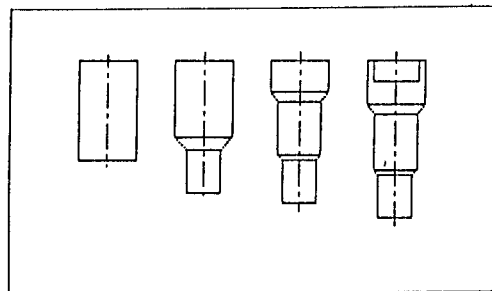


Fig. 9 Input Data for Sample Product(2).




```
*****
** Workpiece Specification **
*****

Process # 1 Billet
Diameter = 80.00
Height = 91.68

Process # 2 Extrusion (Trap)
Diameter = 80.00 35.00
Height = 70.05 12.50 40.00

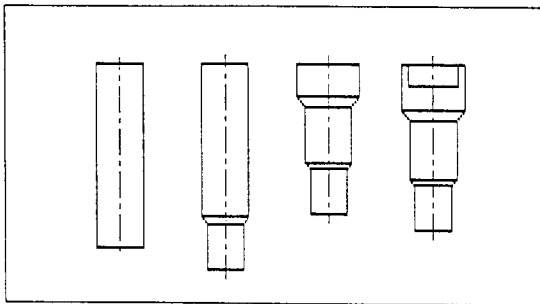
Process # 3 Extrusion (Trap)
Diameter = 80.00 45.00 35.00
Height = 27.73 10.00 50.00 5.00 40.00

Process # 4 Backward Extrusion
Diameter = 80.00 45.00 30.00
Height = 40.00 10.00 50.00 5.00 40.00
Hole Dia. = 47.00
Hole Ht. = 20.00

*****
** Process Outline **
*****
```

Op #	Process	Punch press. (kg/mm ²)	Die press. (kg/mm ²)	Force (tons)
1	Sawing(billet)			
2	Extrusion(Trap)	120.65	89.40	341.12
3	Extrusion(Trap)	63.20	31.95	178.50
4	Extrusion (Can)	80.71	49.52	140.02

Fig. 10 Computer Output for Sample Product(2). (a) Sequence of Operations, (b) Details of Operations, (c) Operation Parameters.



```
*****
** Workpiece Specification **
*****

Process # 1 Billet
Diameter = 45.00
Height = 182.98

Process # 2 Extrusion (Trap)
Diameter = 45.00 35.00
Height = 134.81 5.00 40.00

Process # 3 Upsetting
Diameter = 80.00 45.00 35.00
Height = 27.73 10.00 50.00 5.00 40.00

Process # 4 Backward Extrusion
Diameter = 80.00 45.00 30.00
Height = 40.00 10.00 50.00 5.00 40.00
Hole Dia. = 47.00
Hole Ht. = 20.00
```

```
*****
** Process Outline **
*****
```

Op #	Process	Punch press. (kg/mm ²)	Die press. (kg/mm ²)	Force (tons)
1	Sawing(billet)			
2	Extrusion(Trap)	77.93	46.48	123.94
3	Upsetting	77.82	46.57	220.04
4	Extrusion (Can)	195.41	119.91	339.03

Fig. 11 Alternative Computer Output for Sample Product(2). (a) Sequence of Operations, (b) Details of Operations, (c) Operation Parameters.

5 결론

본 연구에서는 축대칭 다단 냉간단조품에 대한 퍼스널컴퓨터를 이용한 대화형 자동공정설계 시스템을 개발하였으며 그 결론은 다음과 같다.

1) 축대칭형상의 공정설계자동화에 필요한 지식(Knowledge)을 추출하여 규칙형태로 체계화 하였다.

2) 체계화한 규칙을 사용하여 축대칭 부품을 생산하기 위한 성형순서, 중간예비 성형단계의 형상 및 치수와 각 단계에서의 펀치압력, 성형하중, 다이내압 등이 문서화되어 작업 지시서를 대신할 수 있다.

3) 공정설계시 복잡한 결정법을 경험이 없는 설계자도 숙련자와 같이 공정설계를 할 수 있으며 여러 가공 가능성을 검토할 수 있으므로 공정설계시간 등이 단축되어 설계자의 생산성을 높인다.

4) 개발된 시스템은 생산환경에 실제로 적용해본 결과 잘 일치하여 생산현장에서 바로 사용할 수 있다.

5) 개발된 시스템은 냉간단조의 총합적 자동화 생산시스템을 위한 모듈로서 사용할 수 있다.

후 기

이 연구는 1988년도 학술진흥재단의 지원으로 수행된 결과의 일부이며 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

參 考 文 獻

- 1) Eshel, G., Barash, M. and Chang, T. C., "A Rule-Based System for Automatic Generation of Deep Drawing Process Outlines", Computer Aided Intelligent Process Planning, Vol. 19, pp. 1-18, 1985.
- 2) Gokler, M. I., Dean, T. A., Knight, W. A., "Computer Aided Design for Upset Forging Machines", Proc. 11th NAMRC Conf., pp. 217-220, 1983.
- 3) Tang, J. P., Oh, S. I., Altan, T., "The Application of Expert Systems to Automatic Forging Design", NAMRC, XIIIth Conf., pp. 456-463 1985.
- 4) Sevenler, K., Raghupathi, P. S., Altan, T., "Forming Sequence Design for Multi stage Cold Forming", J. of Mech. Tech., Vol. 4, pp. 121-135, 1987.
- 5) Hartley, P., Sturgess, C. E. N., Dean, T. A., Rowe, G. W., "Forging Die Design and Flow Simulation, Their Integration in Intelligent Knowledge Based System", J. Mech. Work. Tech., Vol. 15, pp. 1-13, 1987.
- 6) Bariani, P., Knight, W. A., "Computer Aided Cold Forging process Design: A Knowledge-Based System Approach for Forming Sequence Generation", Annals of CIRP., Vol. 37, pp. 243-246, 1988.
- 7) Osakada, k., Kado, T. and Yang, G. B., "Application of AI-Technique to Process Planning of Cold Forging", Annals of the CIRP. Vol. 37/1, pp. 239-242, 1988.
- 8) 최재찬, 김병민, 진인태, 김형섭, "퍼스널 컴퓨터에 의한 냉간단조 공정 및 금형설계의 자동화에 관한 연구(I)", 대한 기계학회 논문집, 제 12권, 제4호, pp. 712-720, 1988.
- 9) 최재찬, 김병민, 김형섭, 허만조, "PC에 의한 냉간단조 공정 및 금형설계의 자동화에 관한 연구(II)", 대한 기계학회 논문집, 제13권, 제1호, pp. 190-198, 1989.
- 10) ASM Handbook Committee, "source Book on cold Forming", American Society for Metals, 1975.
- 11) Lyman, T., "Forming Metal Handbook ", Vol. 4-8th, ASM, 1969.
- 12) Fieldman, H. D., "Cold Forming of Steel", Hutchinson, London, 1961.
- 13) 宮川松男, "塑性加工品の 製品設計 日本規格協會, 東京, 1978.
- 14) 澤邊弘 "冷間鍛造의 基礎と 應用", 産報, 東京, 1968.
- 15) Wrick, C., "Tool and Manufacturing Engineers HandBook", 4th Ed. Vol. II, SME, Dearborn, 1984.
- 16) Lange, K., "Handbook of Metal Forming", McGraw-Hill, 1985
- 17) "Part Shape Development and Tool Design for Multi Die Cold Forging", National Machiney Co. Tiffin, Ohio.