

플랜지 달린 원통형 디이프드로잉 공정설계
Expert System 에 관한 연구

최 재 찬* , 진 인 태**
*부산대학교 기계설계공학과
** 부산공업대학교 기계공학과

A Study on the Expert System of flanged
cylindrical Deep Drawing Process

J. C. Choi* , I. T. Jin**
Dept. of Mechanical Design Engineering,
Pusan National University ,
Dept. of Mechanical Engineering,
Pusan National University of Technology

ABSTRACT

This paper describes a method and a system for automatic generation of flanged cylindrical deep drawing process outlines. A process outline is a sequence of operation leading from the blank to the required finished part. The input is the dimension of final product and the output is the effective process outline to manufacture the product. That system is programmed by PROLOG language and is composed of facts and rules of manufacturing knowledge hierarchically.

1. 서 론

최근 소성가공 분야에 생산준비 시간의 단축에 대한 요구와, 신제품, 신소재에 대한 수요가증가하여 컴퓨터 지원기술이 불가피 하게 되었다. 즉 CAD, CAM, CAE 의 기술이 연구단계로 부터 실용화 단계로 접어 들었다고 볼 수 있다. 연구진행 과정을 볼 때 공정설계를 지원하기 위한 Expert System (E.S)로 시작으로 하는 컴퓨터 시스템 개발에 관한 연구가 착실히 진행되고 있다.

냉간 단조제품의 공정설계에 컴퓨터를 이용한 최초의 연구 발표가 1970년대 초기 Noack¹⁾가 축대칭 냉간 단조제품의 공정설계 및 Cost 평가를 목적으로 컴퓨터 프로그램을 발표하였고 Lengyel²⁾은 컴퓨터를 이용하되 두개의 공정순서를 정해놓고 최적의 공정을 선택하는 방안을 컴퓨터로서 결정하였다. Gokler³⁾은 G.T 및 생산 Rule을 응용하여 단조제품의 공정설계를 행한 초보적인 연구를 시작한바 있으며 1980년 중반에 Badawy⁴⁾는 간단한 축류의 냉간 단조제품을 컴퓨터에 인식시켜 공정설계를 수행하는 컴퓨터 지원 시스템인 "FORMING"을 개발했다. 그후 Sevenler⁵⁾가 인공지능기술을 도입하여 Badawy의 연구를 발전시켜 "FORMEX"을 발표하였는데 이 시스템은 CAD와 Simulation을 통합한 냉간 단조 공정설계 시스템이다.

한편으로 Bariani⁶⁾는 Davison⁷⁾의 연구를 기초로 [공정생성, 평가 및 수정]의 기본방식으로 냉간 단조 공정설계 Expert System을 개발하였는데 이 시스템의 성능으로서 공정의 예측 및 평가 비용계산, 공구 및 다단 가공시 프레스의 timing 설계를 수행할 수 있도록 하였다. Lange⁸⁾는 "성형전의 제품형상은 성형후의 형상보다 단순하다."라는 Simplification Principle을 기초로 하여 공정설계 방법을 소개하고 있고 Danno⁹⁾는 냉간단조가공에 있어서 제품형상 변환 지식을 데이터 베이스로 하여 공정설계 Expert System인 "FOREST-D"을 개발하기도 했다.

플랜지가 달린 원통형 컵의 디이프 드로잉 성형공정개요에 대한 지능화 설계 연구의 한 방법으로 본 논문에서는 최종 제품의 형상에서 원소재에 이르는 역공정에 대한 추론기술을 인공지능 언어인 PROLOG로서 수행하였다. 이것은 공정개요에 대한 성형한계를 목적으로 한 추론기술로서 [최소 공정수와 한공정 최소위험율]의 기본원칙을 적용하고 필요한 공학적 지식은 Rule Base로 계층적으로 체계화 하였다.

2. 플랜지 달린 원통형 컵의 디이프 드로잉 공정설계

2.1 플랜지 달린 원통형 컵의 제품형상 입력.

- (1) 플랜지 직경----- DF (mm)
- (2) 컵의 직경 ----- D (mm)
- (3) 컵의 높이 ----- H (mm)
- (4) 플랜지 굽힘반경-- Rf (mm)
- (5) 컵의 바닥반경---- Rb (mm)
- (6) 컵의 두께----- T (mm)
- (7) 소 재 ----- Material

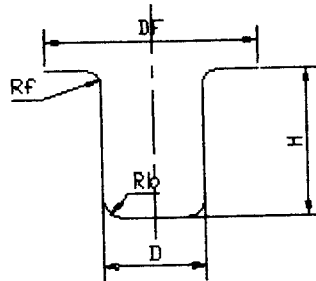


FIG.1 Dimension of Product

2.2 트리밍 여유를 고려한 블랭크 직경설계

(1) 트리밍 여유 데이터 베이스(dH)

TAB.1 Trimming Database

플랜지외경	DF/D 의 범위			
	1.5 이하	1.5 - 2.0	2.0 - 2.5	2.5 - 3.0
25	1.6	1.4	1.5	1.0
50	2.5	2.0	1.8	1.6
100	3.5	3.0	2.5	2.2
150	4.3	3.6	3.0	2.5
200	5.0	4.2	3.5	2.7
250	5.5	4.6	3.8	2.8
300	6.0	5.0	4.0	3.0

2.3 공정 분할

(1) 한계드로잉율 데이터 베이스(LDR)

TAB.2 Limit Drawing Ratio

공정 분할수	(T / Do) * 0.01					
	1.5-2.0	1.0-1.5	0.6-1.0	0.3-0.6	0.15-0.3	0.08-0.15
1 step	2.08	2.00	1.87	1.82	1.72	1.67
2 step	1.37	1.33	1.32	1.28	1.26	1.25
3 step	1.32	1.28	1.26	1.25	1.23	1.22
4 step	1.28	1.25	1.23	1.22	1.20	1.18
5 step	1.25	1.22	1.19	1.18	1.16	1.15

(2) 공정분할

If DRF <= LDR1 Then 1 Step

If DRF > LDR1 Then DRF = DR1*DR2, DR1=LDR1,
DR2=DRF / LDR1,

IF DR2 <= LDR2 Then 2 Step.

3. Expert System 의 구성

3.1 공정설계의 모델화

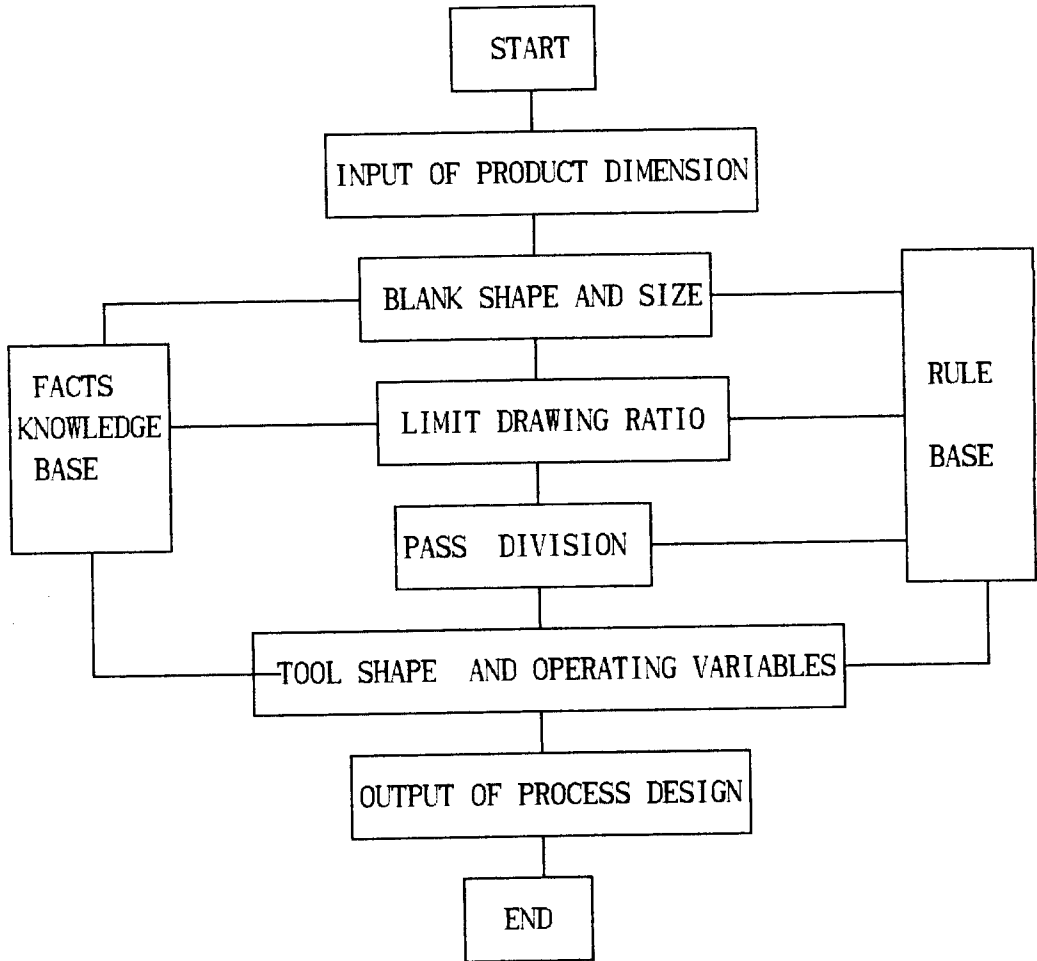


FIG.2 Block Diagram of Expert System

3.2 Expert System 의 구성

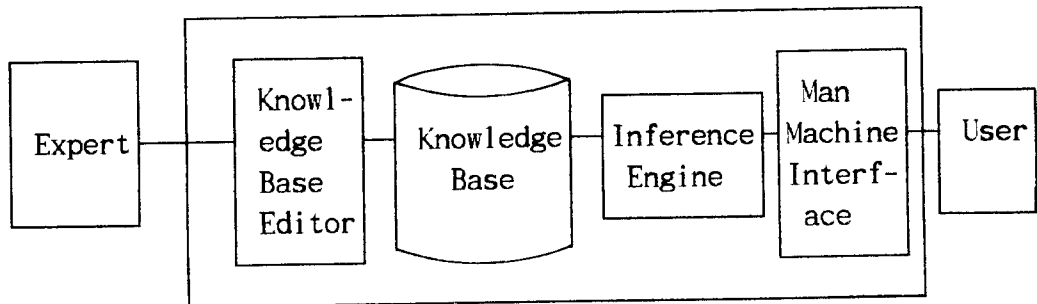


FIG.3 Costruction of Expert System

3.2.1 지식표현 및 생성방법

[If (조건) Then (결과) 혹은 (실행)] Rule 의 형태로 공정설계 규칙을 구성한다. 이구성된 Rule 은 조합, 경합해소, 실행 또는 결론의 인지행동 사이클을 구성하며 작동한다.

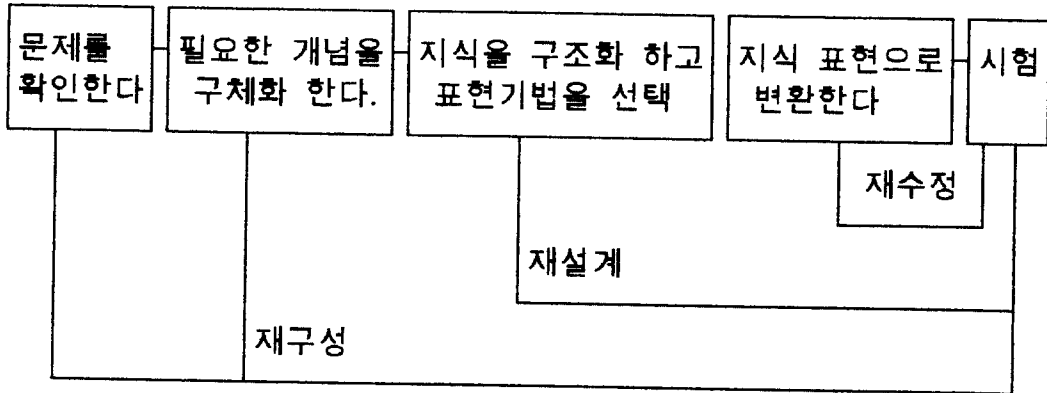


FIG.4 Construction of Knowledge Database

3.2.2. 추론기구

후방향 추론형태로서 결론 즉 제품의 형태로 부터 원소재 및 중간공정을 유도해 내는 과정을 가진다. 이때각공정변수의 최적값을 적용하여 공정전체의 평가시간을 줄인다.

3.2.3. 경합해소 방법

Rule 의 등록 순서에 따라 Rule 의 적용이 진행되도록 하였으며 지식베이스의 작성자가 용이하게 지정 할 수 있는 장점이 있고 지식 베이스를 살펴보면 어느규칙이 먼저 적용되는 지를 알 수 있다.

4. 디이프 드로잉 공정 적용 및 고찰

FIG.5은 두께 1 mm 의 연강판(SAE 1006)으로 된 비교적 두껍고 작은 원통에 개발된 Expert System 에 적용된 결과이다. 그림 (1) 은 직경 20 mm 높이 20 mm 플랜지직경 40 mm 인 기본 원통형의 공정순서이고 그림 (2) 는 그림 (1)의 원통형에 높이만 10 mm 증가시킨 형인데 한 공정 더 추가됨을 알 수 있으며 그림 (3)은 높이를 10 mm 더 증가시킨 경우로서 다시 한공정 더 추가된다. 즉 원통의 높이에 따라 공정 수가 많아지는 일반적인 적용 예라 할 수 있다.

그림 (4) 는 그림 (2)의 높이 30 mm 상에서 플랜지 직경만을 20 mm

더 증가 시킨 경우로서 한 공정 더 추가되고 그림 (5)에서는 높이를 20 mm 더 증가 시킨 경우도 또 다시 한 공정 더 추가 되어 다섯 공정 순서로써 작업이 완성 된다. 이때 다이굽힘반경과 편치선단반경이 비교적 크기에 비해서 두꺼운 관계로 크게 라운드 되어 있다.

5. 결 론

최종 제품의 형상에 따라서 블랭크 원 소재로 부터 최종 제품에 이르는 공정 순서가 결정된다. 이때 그 경로를 결정하는 과정은 여러 가공 변수의 조합에 따라 여러가지 형태로 되어진다. 이와같은 과정은 공학 적 지식을 최대한 적용하여 작업이 가능하고 최소공정수의 경제성과 제품의 성능개성을 목적으로 하는 공정순서를 결정해야 하는 번거롭고 복잡한 추론이 필요하게된다.

이런 추론과정은 인간의 사고를 대신하는 지능화 기법을 도입해야 하고 이런 목적으로 개발된 컴퓨터의 언어의 사용이 필요하다. 본 연구에서는 인공지능 컴퓨터언어의 일종인 PROLOG language을 사용하여 효과적으로 공정순서를 결정 할 수 있었다. 또한 여러 가공변수중 성형가능성에 특히 영형을 주는 소재의 두께, 다이굽힘반경, 편치선단굽힘반경을 효과적으로 결정하였다.

본 연구에서는 상기와 같은 목적을 수행하기 위하여 인공지능언어로 구성된 Expert System 개발하여 플랜지 달린 원통형컵의 다이프 드로잉 공정 순서를 효과적으로 추론이 가능케 하였다.

참고문헌

1. Noack, P. : SME Technical Paper, MF73-141, 1973
2. Lengyel, B. & Venkatasubramanian, T.V. : Proc. 18th MTDR Conf., p153, 1977
3. Gokler, M. I., Knight, W. A. & Poli, C. R. : Proc. 9th NAMRC, p158, 1981
4. Badawy, A. A., Raghupathi, P. S., Kuhlmann, D. J. & Altan, T. : J. Mech. Work. Technology., 11-3, p259, 1985
5. Sevenler, K., Raghupathi, P. S. & Altan, T. : J. Mech. Work. Technology, 14-2, p121, 1987
6. Bariani, P., Benuzzi, E. & Knight, W. A. : Annals of CIRP, 36-1, p145, 1987
7. Davison, T. P. & Knight, W. A. : Proc. 1st ICTP, 1, p551, 1984
8. Lange, K. & Du, G. H. : Proc. 17th NAMRC, p17, 1989
9. Danno, A., Nakanishi, k., Takada, O., Yamazaki, T. : Technical Presentation, 22nd ICFG Plenary Meeting, 1989

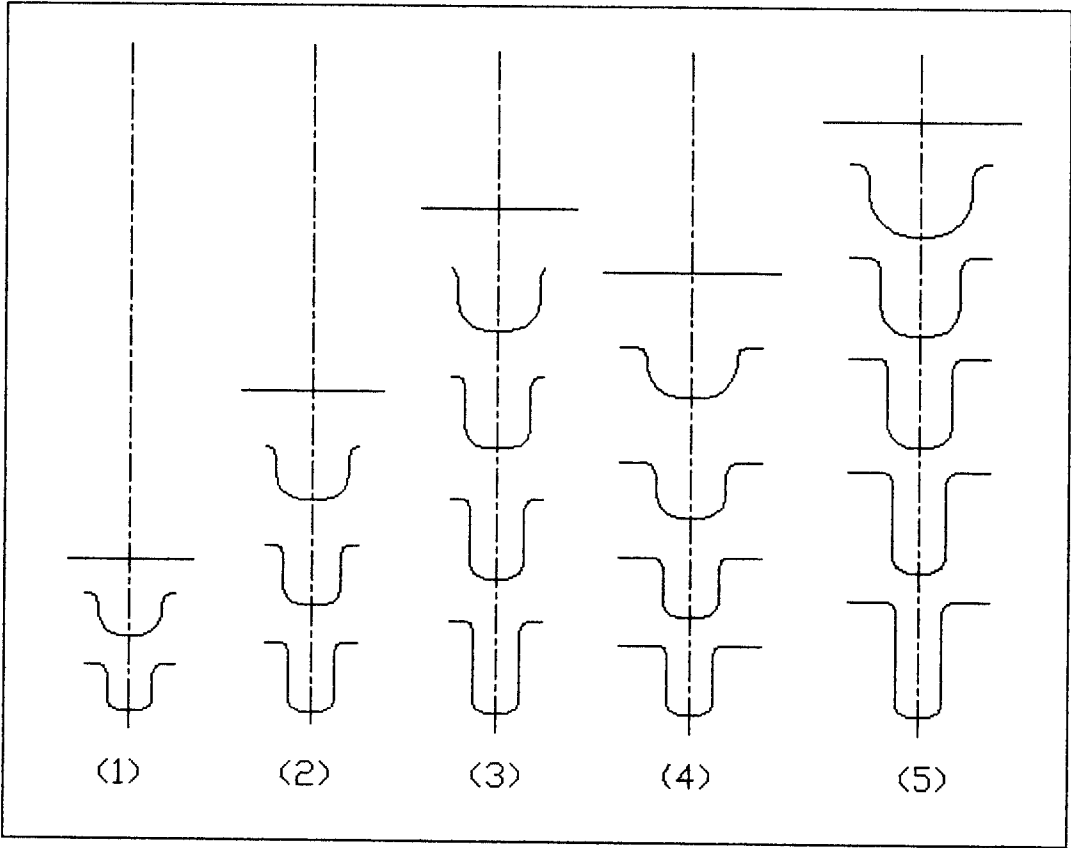


FIG. 5 Process Outlines of Deep Drawing ($T=1 \text{ mm}$)

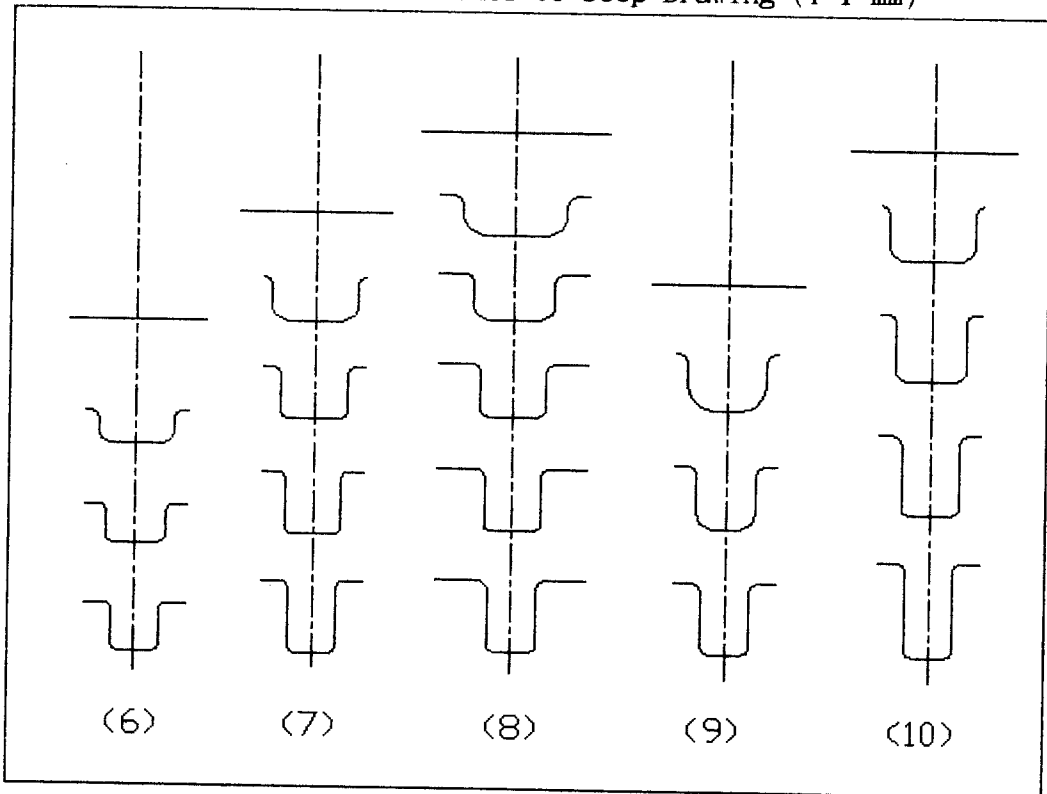


FIG. 6 Process Outlines of Deep Drawing ($T=0.5 \text{ mm}$)

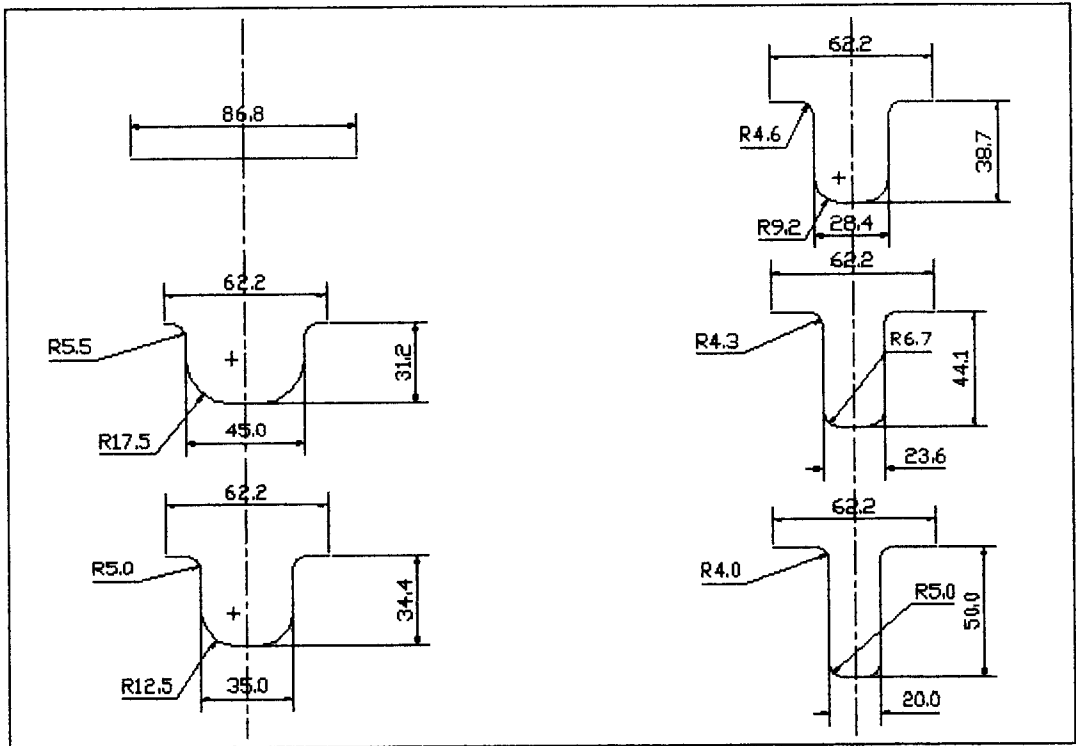


FIG. 7 Details of Each Drawing Step ($T = 1 \text{ mm}$)

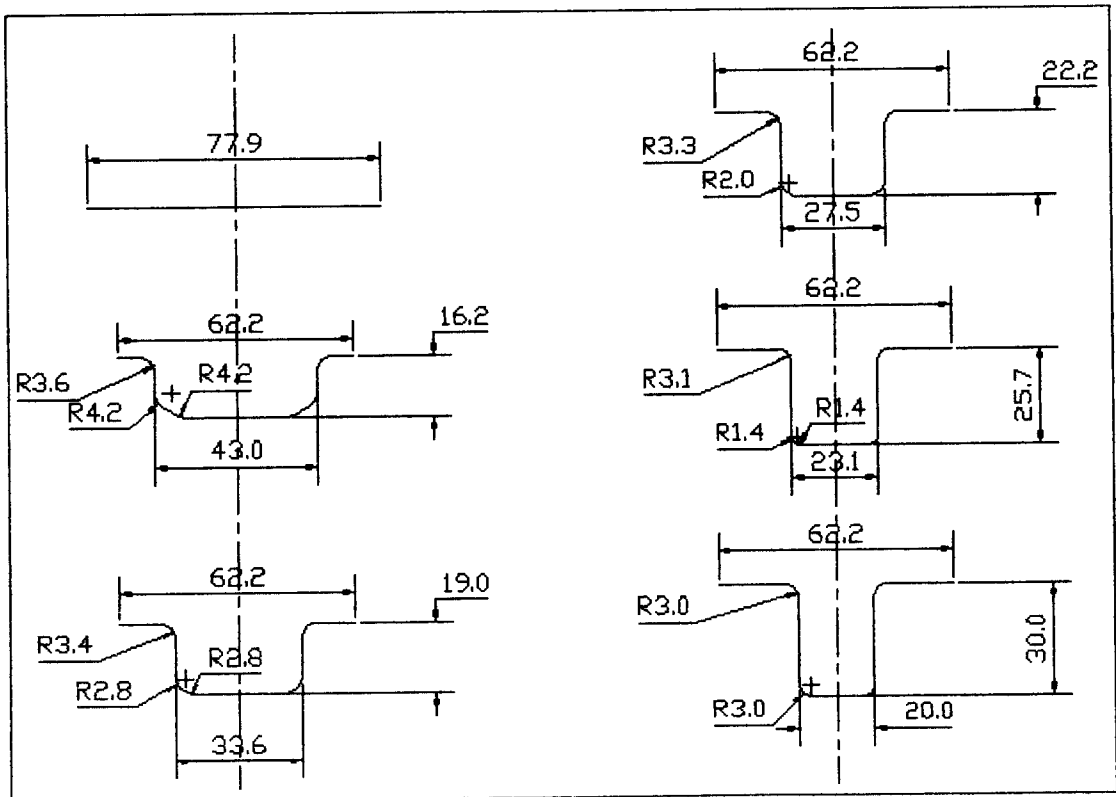


FIG. 8 Details of Each Drawing Step ($T = 0.5 \text{ mm}$)

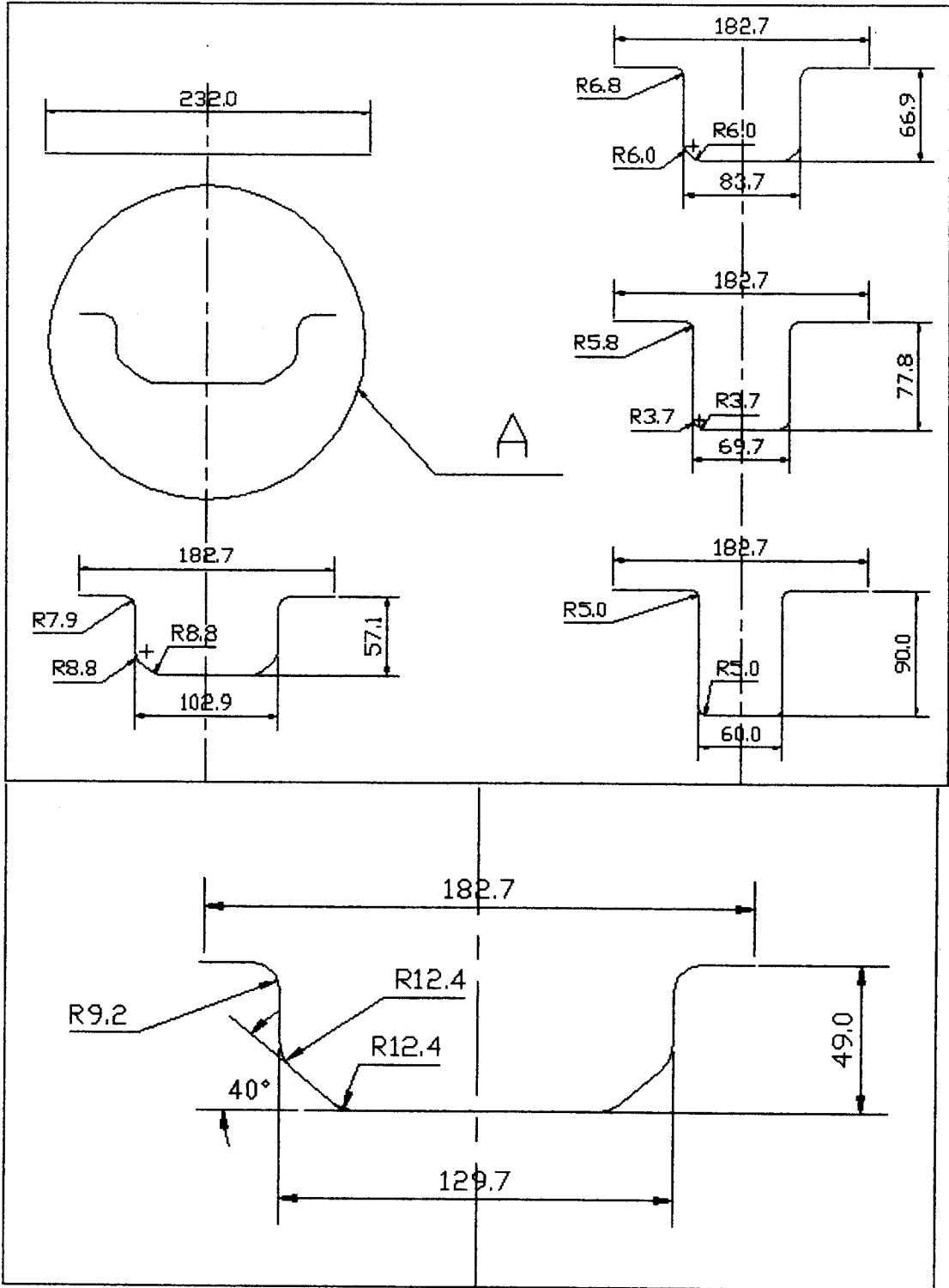


FIG.9 Deep Drawing Process with Tapered Punch(T=1 mm)