

# PLC 를 이용한 자동 연마석 평면 연삭기 개발

주혜호 이재원 박헌재  
영남대학교 기계설계학과

## Development of Automatic Surface Grinder Using PLC

Haeho Joo Jaewon Lee Hyunjae Park  
Department of Machine Design  
Yongnam University

### Abstract

This paper describes the automation of the surface grinder for a grinding wheel by application of programmable logic controller(PLC) with a position sensor, and a limit switch. The control system is designed to provide feeding a workpiece on the turn table and pressing it by the upper disk automatically. In this development the automation of checking the thickness of a grinding wheel is most important. In order to measure the relative displacement, the proximity sensors were employed and the sensitivities of the sensors were investigated and discussed the superiority. It has been shown by model experiment that the automation system of the surface grinder is performed satisfactory.

### 1. 서 언

기존 연마석 평면 연삭기는 상하 두개의 회전 원판 사이에 연마석을 넣고 서로 반대 방향으로 회전 시키면서 원판 사이에 뿌려진 암사(Steel grit)와 연마석과의 마찰을 이용하여 연마석의 두께를 수동으로 가공하고 있다. 수동 작업과정에서 많은 시간과 인력이 소모되며, 생산성이 저하되고 따라서 원가 상승 요인이 되며 제품 치수의 신뢰성이 떨어지고 안전 사고가 발생할 가능성이 높다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 제품의 가공치수를 자동적으로 측정하고, 두 원판 사이에 가공물을 투입하는 작업을 기계가 대신 하도록 자동화 시켰다. 자동화 방법은 Programmable Logic Contraller ( PLC ) 를 이용한 시퀀스 제어(Sequence Control) 이고, 구동 방식은 공압식을 채택 하였고, 감지기로서는 리미트 스위치, 근접센서를 이용하였다. 일반적으로 두께를 측정하는 장비는 가격이 비싸고 시설이 복잡하나 여기서는 근접센서를 이용하여 간단히 측정하는 방법을 고안하였다. 평면 연삭기가 가공 할 수 있는 제품의 크기는 지름이 100mm에서 610mm범위이고, 두께는 15mm부터 210mm까지 가공 할 수 있다. 가공물의 두께를 자동적으로 측정하는 방법은 근접센서를 이용하여 아래 원판을 기준으로 가공 두께 만큼 근접센서를 이동시켜 거리를 측정 하도록 하였다. 가공물을 두원판 사이로 투입하는 과정은 요동 작동기(Oscillatory Actuator)를 이용하여 안내봉으로 가공물을 밀어 넣도록 설계 하였다. 안내봉 후편에 리미트 스위치를 부착 시키고, 가공물이 가압을 받아 회전할때 일어나는 미소변위를 스위치가 감지하여 안내봉이 후퇴 하도록 설계 하였다. 기존 평면 연삭기에 설치 하기전에 모형 연삭기를 만들어 실

험실에서 자동화 시스템을 확인 하였다. 자동화 시스템에 많이 사용 되고 있는 근접센서의 감지능력을 조사 하였다.

### 2. 기존 평면 연삭기의 구조

기존 평면 연삭기는 현재 연마석 제조사에서 사용되고 있는 수동형 평면 연삭기를 모델로 삼았다. Fig.1는 기존 평면 연삭기를 개략적으로 표현한 그림이다. 상판(Upper disk)과 하판(Lower disk) 사이에 가공물을 투입하여 서로 반대 방향으로 회전 하면서 원판위에 뿌려진 Steel grit와 마찰을 이용하여 가공한다. 두 원판은 각각 전기 모터에 의하여 구동되고, 상판의 상하 운동은 공압 작동기(Pneumatic Actuator)에 의하여 구동되고 있다. 상하운동의 속도는 공기 유량밸브에 의하여 조정되고 속도는 일반적으로 2mm/sec 정도로 하강한다. 원판 사이의 압력 조정은 감압밸브를 통하여 가공 제품의 크기에 따라 1kgf/cm<sup>2</sup> 까지 조정한다.

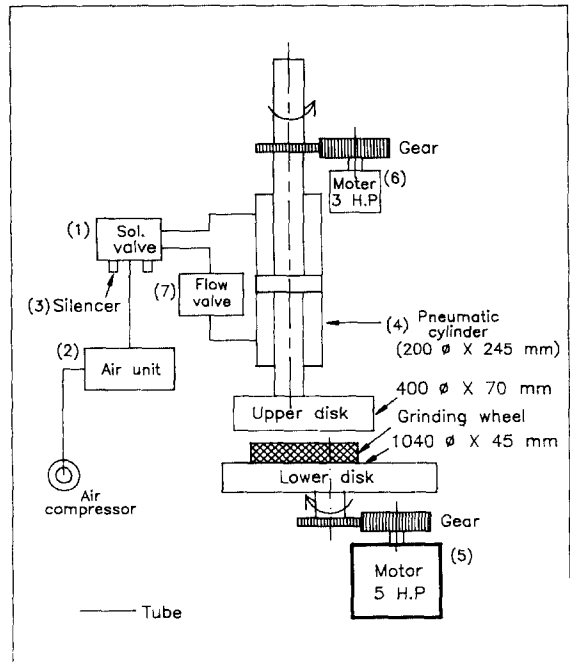


Fig.1 Schematic diagram of a surface grinder

### 3. 자동화 시스템 설계

평면 연삭기의 가공작업을 자동화 시키기 위하여 기존의 평면 연삭기에다 요동작동기, 근접센서, 리미트 스위치를 PLC 에 연결하여, 사람의 손으로 가공물을 원판 사이로 투입하는 작업과, 수동으로 제품의 두께를 측정하는 작업을 자동화 시켰다. 자동화 시스템의 개략도는 Fig.2와 같다. 그림에서 가공물의 두께를 자동으로 감지하기 위하여 근접 센서를 버니어 캘리퍼스에 고정하여 임의로 이동 가능 하도록 하였고, 실린더의 피스톤 로드 상단에 Index bar를 부착하여 두께에 해당하는 거리를 감지 하도록 구성 하였다. 가공물을 투입하는 작업은 요동 작동기에 의하여 이루어 진다. 자동화 순서는 피스톤 로드 상단에 설치된 리미트 스위치(LS1)에 의하여 감지된 신호가 PLC로 전달되고 요동작동기는 PLC로부터 신호를 받아 작동이 시작되고, 가공물이 원하는 위치에 도달함과 동시에 윗 원판이 하강하여 가압하기 시작하면 가공물이 약간의 편심운동을 이트쳐서 안내봉 뒤편에 설치한 리미트 스위치(LS2)에 의하여 감지된 신호가 PLC로 전달되며 안내봉은 후퇴하고 가공작업이 시작된다. 가공제품이 원하는 두께치수에 도달하면 근접 스위치(S1)가 감지하여 PLC를 거쳐 윗 원판을 상승 시키게 된다. 이때 가공물은 아래 원판의 회전 에 따라 밖으로 이송되고 작업은 완료된다. 자동화 시스템을 구성하기 위한 공압 회로도 는 Fig.3과 같이 설계하였다

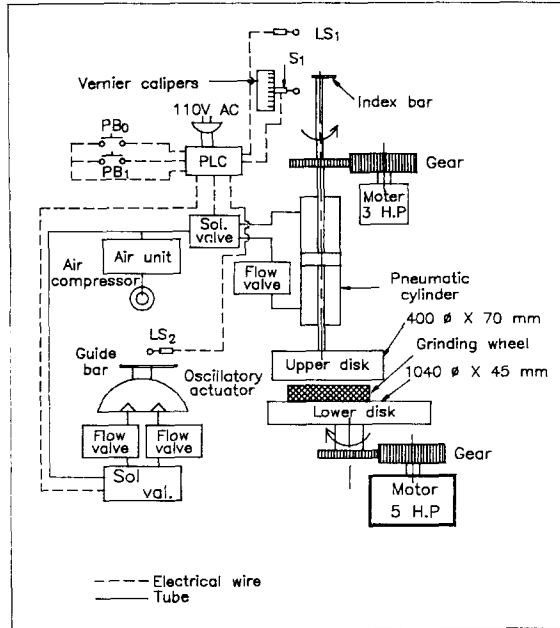


Fig.2 Schematic diagram of an automatic surface grinder

### 4. 소프트 웨어 설계

#### 4.1. 시퀀스 차트 ( Sequence chart)

Fig.4는 시퀀스제어를 위한 작동 순서를 그림으로 표시한 시퀀스 차트이다. 이러한 차트로 부터 PLC 프로그램을 위한 래더 다이어그램(Ladder diagram)을 그리고 다음으로 프로그램을 한다. 시동 스위치(PB0)를 ON시키기 전 상태는 피스톤 로드 가 최 상단에 위치하고, 이때 리미트 스위치(LS1)는 ON 상태에 있다. PB0를 ON 시키면 솔레노이드 밸브(Sol2)가 여자되어 요동 작동기가 구동하며, 가공물을 원판위로 투입시키고, 타이머에 의하여 2초후 솔레노이드 밸브(Sol1)가 여

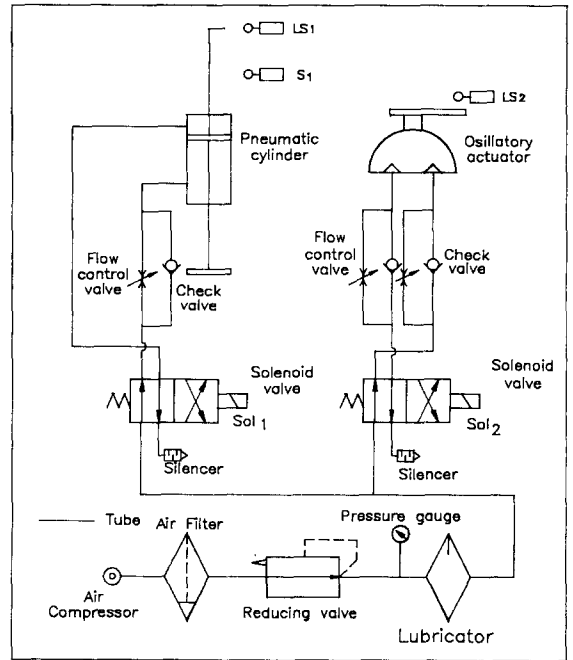


Fig.3 Pneumatic circuit diagram of an automatic surface grinder

자된다. 이때 공압 실린더의 피스톤이 하강하기 시작한다. 위 원판이 가공물에 밀착되면 두 회전 원판의 편심운동에 의하여 미소변위가 발생된다. 이때 안내봉 뒤편에 부착한 리미트 스위치(LS2)가 미소 변위를 감지하여 요동작동기의 안내봉이 후퇴된다. 다음에는 두 원판이 서로 다른 방향으로 회전 하면서 가공이 시작된다. 위 원판에 고정시킨 Index bar가 위치센서(S1)에 감지되면 가공은 완료되고, 위 원판은 상승 된다. 피스톤이 상승 하면서 리미트 스위치(LS1)가 감지되면 다시 처음 상태로 돌아가 계속 반복 작업이 이루어 진다.

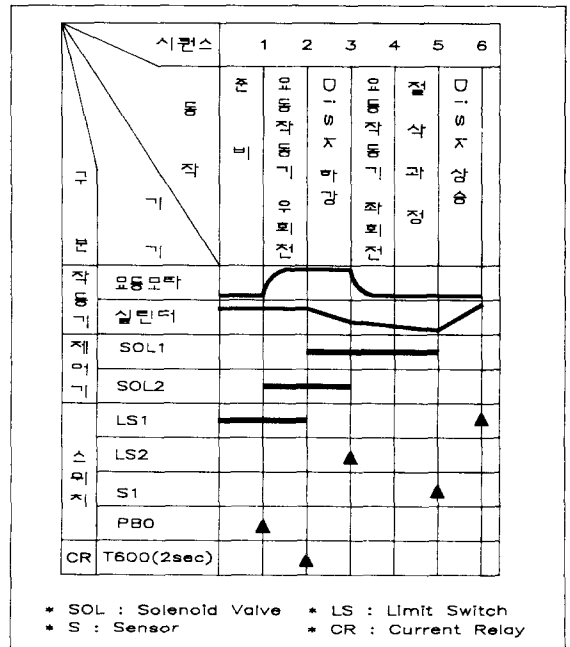


Fig.4 Sequence chart

#### 4.2 레더 다이어그램 (Ladder diagram)

PLC 프로그램을 작성 하기 위한 레더 다이어그램은 릴레이 심볼을 사용한 릴레이 전개 접속도로 표시한다. Fig.5는 평면 연삭기의 자동화를 위한 레더 다이어그램이다. 그림에서 0번과 1번은 외부 입력으로 PB<sub>0</sub>과 PB<sub>1</sub>을 나타내며, 2,3,4번은 외부 입력으로서 각각 리미트 스위치(LS<sub>1</sub>), 위치센서(S<sub>1</sub>), 리미트 스위치(LS<sub>2</sub>)를 나타낸다. 릴레이 170번 부터 175번까지는 PLC 내부 릴레이이며 접점 170번 부터 175번까지는 PLC 내부 접점을 나타낸다. T600과 T601은 PLC 내부 타이머 이고, 30번과 31번은 외부 출력부로서 Sol<sub>1</sub>과 Sol<sub>2</sub>에 연결되어 있다. 릴레이 170번은 자기 유지 릴레이 이고, 릴레이 171번과 172번은 요동 작동기와 실린더를 작동 시키는 릴레이 이다. T600은 171번의 릴레이가 작동후 2초 후에 172번이 작동 하도록 한다. 3번은 위치센서(S<sub>1</sub>)가 연결되어 174번 릴레이를 작동 시키고, 172번을 소자 시켜서 윗 원판의 하강을 방지 시킨다. 4번은 리미트 스위치(LS<sub>2</sub>)가 감지하여 175번 릴레이를 작동 시키고 171번 릴레이를 소자 시킨다. 2번은 리미트 스위치(LS<sub>1</sub>)가 감지되 실린더를 상승 시키며, 173번의 릴레이를 여자 시키고, T601 타이머에 의하여 2초후 172번을 여자시켜 작업이 반복된다

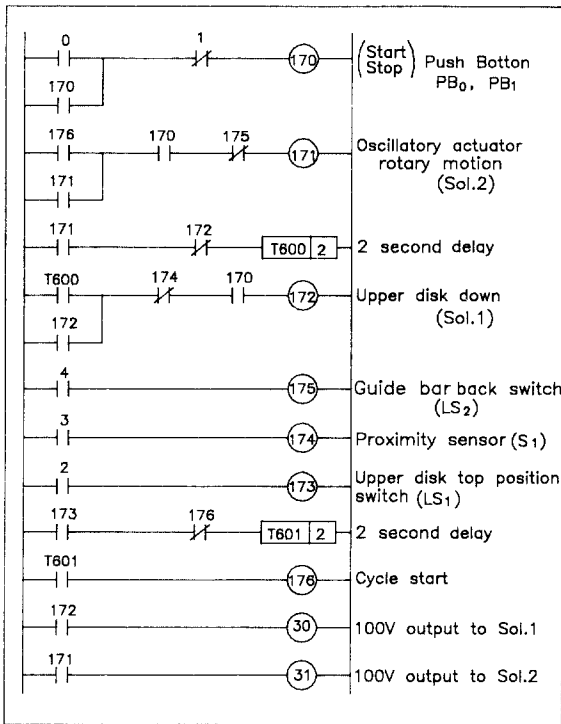


Fig.5 Ladder diagram for PLC program

#### 4.3 PLC 프로그램

레더 다이어그램에 따라 시퀀스 작동을 PLC에 입력하기 위한 프로그램은 Table.1 과 같다.

#### 5. 실험

실제의 평면 연삭기에다 자동화 시스템을 구성하여 실험 할 수 없어서 실험용 평면 연삭기의 모형(Fig.6)을 제작하여 자동화 시스템을 구성한 후 작동실험을 수행 하였다. 자동화

Table 1. PLC Program

Step	OP	Address	Step	OP	Address
1	STR	0	18	OUT	172
2	OR	170	19	STR	2
3	END NOT	1	20	OUT	173
4	OUT	170	21	STR	3
5	STR	176	22	OUT	174
6	OR	171	23	STR	4
7	END	170	24	OUT	175
8	END NOT	175	25	STR	173
9	OUT	171	26	END NOT	176
10	STR	171	27	TIM	601
11	END NOT	172	28		2
12	TIM	600	29	STR TIM	601
13		2	30	OUT	176
14	STR TIM	600	31	STR	172
15	OR	172	32	OUT	30
16	END NOT	174	33	STR	171
17	END	170	34	OUT	31

시스템에 사용된 중요 부품의 명세서는 Table.2 와 같다. Table.2 에 명시되지 않은 장치 PLC 는 삼성전자 제품인 BRAIN SPC 120S 를 사용하였다.

실험방법은 가공물을 투입하는 동작과 요구되는 두께가 가공되면 자동적으로 가공이 완료 되는 순차적인 동작이 실행 되는가를 Height gauge로 측정 하였다. 가공물의 두께에 해당되는 위치에 설정한 근접센서와 광센서의 작동이 얼마나 정확하게 감지 하는가를 실험적으로 측정 하였다. 피스톤 상단에 설치한 Index bar가 위치센서를 통과 하는 속도에 따라 감지능력이 어떻게 다른가를 검토하였다.

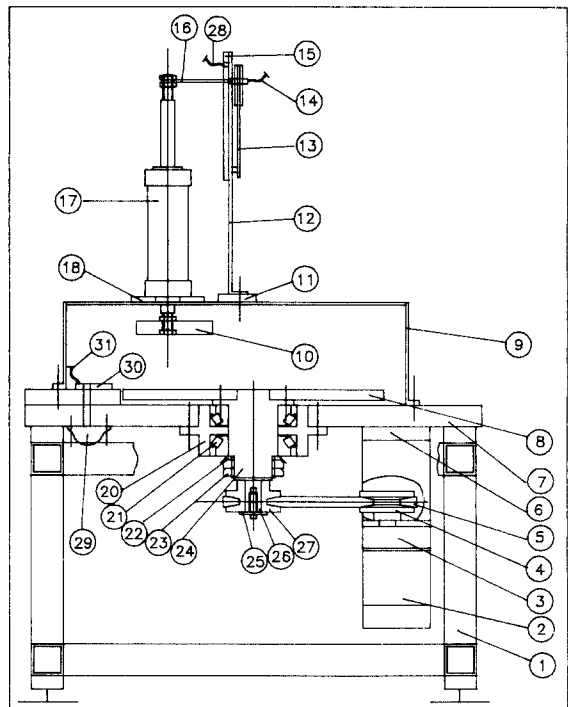


Fig.6 Assembly drawing

Table 2. Specifications of Parts

P/N/O	P A R T S	MATERIAL	QTY	SPEC
1	Frame	SS41	1	
2	Motor	51K40GN-A	1	ORIENTAL
3	Reducer	5GN120L	1	ORIENTAL
4	Pully	FC40	1	
5	V-velt	27 INCH	1	
6	Motor bracket	SM45C	1	
7	Base	SM45C	1	
8	Lower bracket	SM45C	1	∅400×10t
9	Angle		2	K.B.C
10	Lower disk	SS41	1	∅100×15t
11	Base	SS41	2	
12	Guide shaft	SM45C	1	
13	Vernier calipers		1	MITUTOYO
14	Sensor	E2E-X1C1	1	OMRON
15	Sensor guide		1	
16	Index bar	SS41	1	
17	Air cylinder	CU08-150	1	SMC
18	Flange		1	
19	Plate	SM45C	1	
20	Housing	SM45C	1	
21	Tapper roller B.R.G.		2	K.B.C
22	B.R.G. Washer		1	K.B.C
23	B.R.G. Nut		2	K.B.C
24	Shaft	SM45C	1	
25	Washer	SM45C	1	
26	Key	SM45C	1	
27	Pully	FC40	1	
28	Limit switch	SS-5GL	1	OMRON
29	Oscillatory actuator	DSR-25-180-P	1	FASTOR
30	Guide bar	GUIDE BAR	1	
31	Limit switch	SS-5GL	1	OMRON

6. 실험 결과 및 고찰

PLC 에 수록된 작동 프로그램에 의하여 순차적 동작이 잘 작동됨을 확인 하였고, Index bar 의 속도물 2 mm/sec, 10mm/sec, 20 mm/sec 로 변경 하면서 위치센서 3 가지(근접센서 1mm 형, 근접센서 5mm 형, 광센서)에 대해서 각각 두께 10mm 와 20mm 경우에 측정오차를 조사한 결과는 Table.3 과 같다.

Table 3. Results of sensor's accuracy

Index bar의 속도 (mm/sec)	센서의 종류	두께 10mm 측정오차(mm)	두께 20mm 측정오차(mm)
2	근접 1mm	-0.18~+0.10	-0.18~+0.10
	근접 5mm	-0.04~+0.04	-0.04~+0.04
	광 센서	-0.06~+0.04	-0.12~+0.04
10	근접 1mm	-0.12~+0.28	-0.12~+0.28
	근접 5mm	-0.04~+0.04	-0.04~+0.04
	광 센서	-0.08~+0.04	-0.08~+0.04
20	근접 1mm	-0.20~+0.26	-0.20~+0.16
	근접 5mm	-0.06~+0.10	-0.06~+0.06
	광 센서	-0.08~+0.04	-0.08~+0.04

실험결과와 근접거리가 1 mm 인 근접센서의 오차범위가 약 -0.2 mm 에서 +0.28 mm 정도이고, 근접거리가 5 mm 인 근접센서의 오차는 약 -0.06 mm 에서 +0.1 mm 로 측정되었다. 광센서의 오차는 약 -0.08 mm 에서 +0.04 mm 정도이다. 광센서가 근접센서 보다 더 정확함을 알 수 있다.

7. 결 론

본 연구에서 PLC와 위치감지 센서를 이용한 시퀀스제어 방법으로 두께를 자동으로 측정하고, 두 원판사이로 가공물을 투입하는 과정을 자동화 시킴으로서 생산성을 향상 시키고, 원가를 절감하고, 제품의 품질을 균일하게 하고, 인제사고를 예방할 수 있는 언마석 평면 연삭기 자동화 시스템을 개발 하였다.

자동화 시스템의 성능을 확인하기 위하여 실험용 모형 연삭기를 설계 제작하여 실험 하였다. PLC에 프로그램한 시퀀스 동작에 따라 제어가 잘 되고 있음을 확인 하였고, 가공물의 두께측정 자동화를 위해 사용된 근접센서와 광센서의 성능을 실험적으로 비교 하였다.

가공물의 두께를 측정하는 방법에는 리니어 게이지, 이미지 센서, 비접촉 레이저 등의 값 비싼 정밀 게이지를 이용 하지않고, 사용 하기가 편리하고 가격이 저렴한 광센서 혹은 근접센서를 이용하여 가공물이 원하는 두께에 해당되는 위치에 도달하면 자동적으로 가공이 완료되는 방법을 제시하여 값싼 자동화 설비를 구성 할 수 있다.

근접센서와 광센서의 감지 민감도는 피감지물인 Index bar 의 이동속도에 크게 영향을 받지 않는다는 것을 알 수 있었고, 가공물의 두께에 따른 오차의 변화도 큰 차이가 없었다.

언마석을 가공하는 장소는 분진이 많이 발생하고 환경조건이 양호하지 못한 관계로 광센서는 환경조건에 의하여 오동작이 일어날 수 있으나 근접센서는 이러한 환경 조건에서도 오동작이 잘 일어나지 않으므로 근접센서를 사용하는 것이 적합하다고 생각된다. 따라서 가공물의 허용오차가 두께 10 mm 인 경우 ± 0.20 mm 이므로 검출거리가 5 mm 인 근접센서를 사용하여 두께측정을 자동화 시키는데 충분함을 알 수 있었다. 그러나 이 수치는 실험실에서 측정될 수 있는 수치이므로, 실제 현장에서는 외부의 진동, 분진, 작업자의 숙련도 등의 요인으로 더 많은 오차가 발생할 수 있다는 점을 유의해야한다

참 고 문 헌

[1] 김 장호, " PLC를 사용한 자동화 ", 대한기계학회지, Vol.27, No.3, PP.198 - 202, 1987  
 [2] 안 재봉, " PLC 활용기술 ", 도서출판기술, 1990  
 [3] 강 영국, 서 일충, " 산업용 로봇을 위한 센서 ", 전자공학회지, Vol.10, No.6, PP.16 - 25, 1983  
 [4] 삼성항공(주) 기술과, " 삼성 프로그래머블 콘트롤러 B RAIN SPC 120S ", 삼성항공, 1989  
 [5] Muster, R., " A Case for Programmable Controollers in Process Control " I.Cs, Vol. 62, No. 6, PP.65-72,1989.  
 [6] Cleaveland.P., " New Moves in PLC Technology " I.Cs, Vol. 61, No. 3, PP.29-37, 1988.