

# 컴퓨터에 의한 設計·生産·管理

—CAD·CAM·CAP—

## 2·3·2 自動工程設計

### (a) 加工工程設計

기계생산가공에서의 工程設計는 素材의 치수·材質과 도면에 指示된 제품의 形狀·치수·정밀도 그리고 이용 가능한 生産設備와 지그(Jig) 工具에 기초해서 하게 된다. 그러나 素材에서 最終 形狀 部品을 만들어내는 生産 기술적 理論解析을 가미한 最適化 理論이 아직 개발되어 있지 않기 때문에 현 단계에서는 만족한 시스템은 아직 보고되지 않았다. 여기서는 實用화된 시스템의 예로서 CAR(Computer-Aided Routing)와 CAPP(Computer-Automated Process Planning)에 대해 그 機能을 설명한다.

加工工程設計의 自動化에 대한 문제점은 최종 형상부품의 形狀 패턴의 인식이다. 여기에는 GT에 의한 部品形狀의 코드化 方法, 토폴로지나 그래프 理論에 의한 形狀記述 등의 方法이 있다. CAR에서는 여기에 유닛·패턴(切削形狀 要素)에 의한 方法을 사용하고 있다. 유닛·패턴은

切削除去部の 形狀要素이다. 旋削加工에 있어서의 대표적인 유닛·패턴을 표 2·8에 든다. 시스템은 컴퓨터에 등록되어 있는 유닛·패턴을 逐次 조합하면서 최종 부품의 형상에 관한 상세한 데이터를 作成하여 등록한다. 이 데이터에 기초해서 加工順序 전개를 하고 다시 표준가공시간을 산출하여 그 결과를 順序表로서 出力한다. CAR은 디스플레이의 화면상에서 컴퓨터와의 대화를 통해 유닛·패턴을 逐次 조합시킴과 동시에 필요한 정보(치수, 정밀도, 부가가공의 有無 등)를 추가하면서 최종 形상부품의 情報를 정리하여 등록하는 시스템으로서, 그림 2·36은 그 처리 순서이다. 이 처리 순서에 따라서 CAR의 機能을 以下 설명한다.

### (1) 部品形狀 處理

이 처리는 사람과 컴퓨터의 對話에 의해서 실시되는데, 다음 네가지 순서로 구성되어 있다.

(i) 素材의 檢索과 登錄: 소재 파일에 등록되어 있는 鑄·鍛造材, 또는 미리 가공되어 있는

〈표 2·8〉 유닛·패턴의 종류

패턴名	記號	패턴의 細分	入力情報
		形狀	
内面円筒	INN-CYL		치수, 정밀도 코너의 치수
外面円筒	OUT-CYL		치수, 정밀도, 코너의 치수
内面테이퍼	INN-TAP		치수, 정밀도
外面테이퍼	OUT-TAP		치수, 정밀도
端面	SHOULD		치수, 정밀도
구멍	BOUL		치수
구멍	CIR-BOL		중심에서의 거리, 구멍의 개수, 구멍 직경, 길이, 精度, 付加 加工의 有無
내 나사	INN-SCR		구멍의 付加加工, 나사의 形狀, 치수
외 나사	OUT-SCR		나사의 形狀, 치수
平面	PLANE		치수, 정밀도
對稱平面	SYN-PLN		치수, 정밀도,
홈	GROV		치수, 정밀도
키 홈	KEY		치수, 정밀도
리머	REAM		구멍에 대한 付加加工

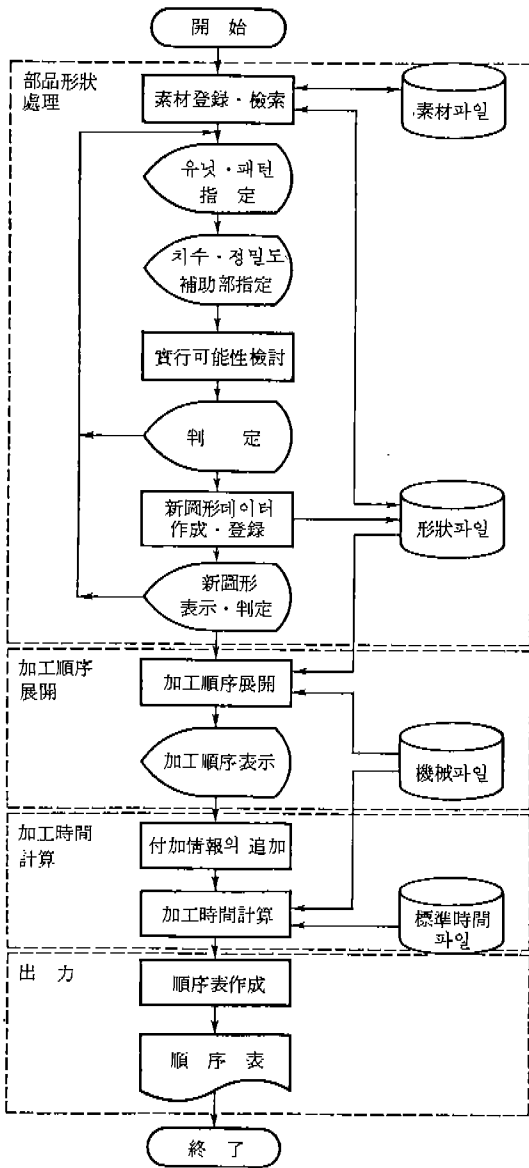
素材를 검색한다. 해당하는 소재가 없으면 새로 등록한다. 검색된 素材를 가공 개시의 加工物로 보고 소재 코드와 함께 形狀 파일에 등록한다.

(ii) 유닛·패턴의 적용: 사용하는 素材를 소재 코드에 의해 形狀 파일에서 꺼낸다. 이 소재에 대해 加工해야 할 유닛·패턴을 검색하여 필요한 치수, 정밀도, 기타 부가정보를 入力한다. 필요한 情報가 入力되면 컴퓨터는 유닛·패턴을 적

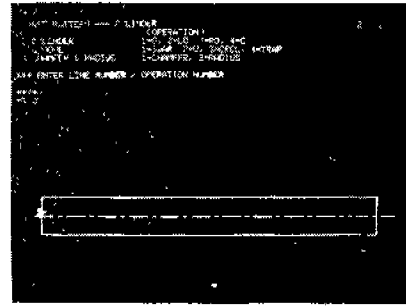
용하여 당해 部分을 除去한다(그림 2·37(a)).

(iii) 實行 可能性의 검토: 物理的 그리고 機械工學的 근거에 입각해서 決定한 加工順序에 따라서 유닛·패턴의 적용에 의한 除去部가 前後關係에 있어서 모순이 있는가 없는가를 검토한다.

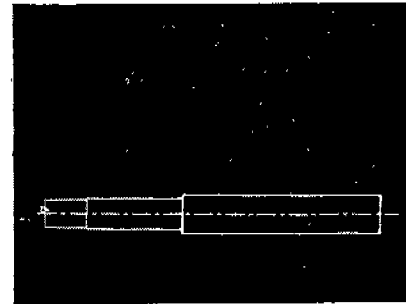
(iv) 新圖形 데이터의 작성·등록: 이상의 順序에 의해서 얻어진 新圖形이 최종 형상으로 되어 있는가의 여부를 확인한 후에 形狀 파일을 갱



〈그림 2·36〉 CAR의 시스템·플로우



(a) 유닛·패턴 (OUT-CYL)의 적용



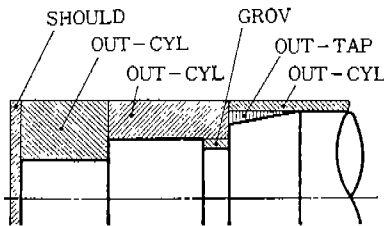
(b) 新圖形

〈그림 2·37〉 CAR에 의한 그래픽·디스플레이 묘사

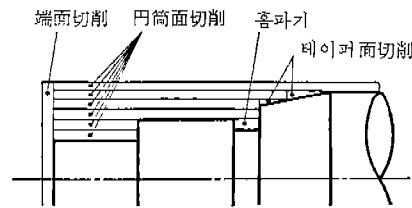
신하고 최종 형상부품의 등록을 한다(그림 2·37 (b)).

(2) 加工順序 展開

이상의 順序에 의해 최종 형상부품이 등록되면 이 情報를 기초로 해서 加工順序를 자동적으로



(a) 유닛·패턴의 적용



(b) 加工順序展開

〈그림 2·38〉 加工순서의 展開

로 전개, 切削除去量을 계산한다(그림 2·38). 이 경우에 유닛·패턴의 적용이 機械加工上の 制約(차킹 등)을 무시하고 이루어지므로 이 점을 가미하고 다시 또 마무리 加工이나 홈내기, 나사내기 등의 부가가공까지도 고려한다. 가공순서 전개가 끝나면 그 결과가 디스플레이 화면 상에 出力되고 올바르게 가공순서 전개가 되었는가의 여부를 사람이 判斷한다.

### (3) 加工時間 計算

加工順序에 따라서 각 가공면에 검사나 제측이 필요하면 그 部分이 표시되었을 때 필요한 情報를 入力한다. 이러한 정보를 기초로 공작기계 변경, 지그 工具 변경 등이 판단되고 표준시간 파일을 이용해서 加工時間이 계산된다.

가공시간 계산을 위한 표준시간은 準備·後處理時間, 主体作業時間과 여유시간으로 이루어지고 주체작업시간은 主作業時間(實切削時間)과 부수

작업시간(장착·분리, 기계조작 등에 요하는 시간)으로 구성되어 있다. 主作業時間은 加工順序 展開에서 계산된 切削除去量과 切削條件에 의해 계산되고 다른 표준시간 파일에서 얻어진다.

### (4) 出力

이상의 順序에 의해서 얻어진 加工順序와 加工時間, 加工條件 등의 부가정보를 정리하여 作業順序表로서 出力한다(표 2·9).

CAR은 앞에서 설명한 것처럼 사람과 컴퓨터의 대화에 의해서 最終形狀部품을 創成하는 方法이지만(일반적으로는 바리언트·어프로치(Variant Approach)라고 한다) 部品の GT코드를 이용한 동일한 方法에 CAPP가 있다. 이것은 CAM-I에서 개발된 범용성이 높은 시스템으로서 部品 패밀리를 매트릭스·파일, 표준계획 파일, 작업순서 파일 그리고 공정계획 파일을 갖는다(그림 2·39). CAPP 유저는 獨自的

〈표 2·9〉 CAR 에 의한 作業順序表

***** * OPERATION SHEET * *****																			
NAME OF PRODUCT		KIS1013																	
MATERIAL		SS34																	
DIMENSION																			
DIAMETER		128.0 MM																	
LENGTH		440.0 MM																	
SEQ NO.	*****	CONTENTS	*****	MCN	ACC	++	MCN	ING	TIME	++	*****	MACHINING	CONDITION	*****	*****	*****	*****	*****	*****
	NO.	DESCRIP	++SURFACE-NO.++	LENGTH	DIAMTR	DEPTH	UR.	TOTAL	NET	HANDL	SPEED	REV	FEED	DEPTH	DR-NP	++TOOL++	ADD-SRF		
		(MM)	(MM)	(MM)		(MIN)	(MIN)	(MIN)	(H/M)	(RPM)	(MM/R)	(MM)	(MM)						
1		(CHUCK) *** (R)																	
2		SHOUL	0 16 0 0 0 0	5.0	0.	64.0	L	1	2.3	1.1	1.2	90	224	0.50	3.00	2 2	3 0 0 0 0	0 0	
3		(CHUCK) *** (L)																	
4		SHOUL	1 0 0 0 0 0	5.0	0.	64.0	L	1	2.3	1.1	1.2	90	224	0.50	3.00	2 2	3 0 0 0 0	0 0	
5		OUT-CYL	0 0 0 0 0 0	430.0	120.0	4.0	L	1	3.9	3.8	0.1	90	224	0.50	4.00	1 1	1 0 0 0 0	0 0	
6		OUT-CYL	0 0 0 0 0 0	170.0	100.0	10.0	L	1	3.0	2.8	0.2	90	239	0.50	5.00	1 2	3 4 5 0 0	0 0	
7		OUT-TAP	8 0 0 0 0 0	100.0	100.0	10.0	L	1	0.9	0.8	0.1	90	239	0.50	5.00	1 2	3 0 0 0 0	8 0	
8		OUT-CYL	0 0 4 0 0 0	170.0	74.0	13.0	L	1	3.8	3.6	0.2	90	287	0.50	5.00	1 3	1 0 0 0 0	0 0	
9		OUT-CYL	3 0 2 0 0 0	90.0	60.0	7.0	L	1	2.0	0.9	1.0	90	387	0.50	5.00	1 2	2 3 0 0 0	3 0	
10		OUT-CYL	7 5 6 0 0 0	40.0	68.0	3.0	L	1	2.4	0.3	2.1	90	387	0.50	5.00	1 1	3 4 5 0 0	7 5	
11		(CHUCK) *** (R)																	
12		OUT-CYL	0 10 15 11 0 0	120.0	80.0	20.0	L	1	5.4	4.0	1.4	90	239	0.50	5.00	1 4	4 5 0 0 0	0 10	
13		OUT-CYL	14 12 13 0 0 0	10.0	60.0	10.0	L	1	2.3	0.1	2.2	90	350	0.50	5.00	1 2	3 4 5 0 0	14 12	
14		SHOUL	16 0 0 0 0 0	1.0	0.	40.0	L	2	1.5	0.3	1.2	150	597	0.50	0.50	2 2	3 0 0 0 0	0 0	
15		OUT-CYL	15 0 0 0 0 0	80.0	80.0	1.0	L	2	0.7	0.5	0.2	150	597	0.50	0.50	1 2	5 0 0 0 0	0 0	
16		OUT-CYL	13 0 0 0 0 0	10.0	60.0	1.0	L	2	0.3	0.1	0.2	150	796	0.50	0.50	1 2	5 0 0 0 0	0 0	
17		OUT-CYL	11 0 0 0 0 0	30.0	80.0	1.0	L	2	0.4	0.2	0.2	150	597	0.50	0.50	1 2	5 0 0 0 0	0 0	
18		OUT-CYL	9 0 0 0 0 0	40.0	120.0	1.0	L	2	0.6	0.4	0.2	150	398	0.50	0.50	1 2	5 0 0 0 0	0 0	
19		OUT-TAP	8 0 0 0 0 0	100.0	100.0	1.0	L	2	1.2	1.0	0.2	150	398	0.50	0.50	1 2	5 0 0 0 0	0 0	
20		OUT-CYL	6 0 0 0 0 0	40.0	68.0	1.0	L	2	0.4	0.2	0.2	150	703	0.50	0.50	1 2	5 0 0 0 0	0 0	
21		OUT-CYL	4 0 0 0 0 0	40.0	74.0	1.0	L	2	0.4	0.2	0.2	150	646	0.50	0.50	1 2	5 0 0 0 0	0 0	
22		(CHUCK) *** (L)																	
23		OUT-CYL	2 0 0 0 0 0	90.0	60.0	1.0	L	2	0.7	0.5	0.2	150	796	0.50	0.50	1 2	5 0 0 0 0	0 0	
24		SHOUL	1 0 0 0 0 0	1.0	0.	30.0	L	2	1.4	0.2	1.2	150	796	0.50	0.50	2 2	3 0 0 0 0	0 0	

MCN = L    TOTAL = 111.7 (MIN)    NET = 22.2 (MIN)    HANDL = 89.5 (MIN)    CHUCK = 4

으로 개발한 部品分類/코딩表와 공정계획 작성을 위한 텍스트를 준비하여야 한다. 이들 情報는 시스템의 초기설정과 공정계획 작성시에 사용된다. CAPP를 구성하는 4가지 파일 내용은 다음과 같다.

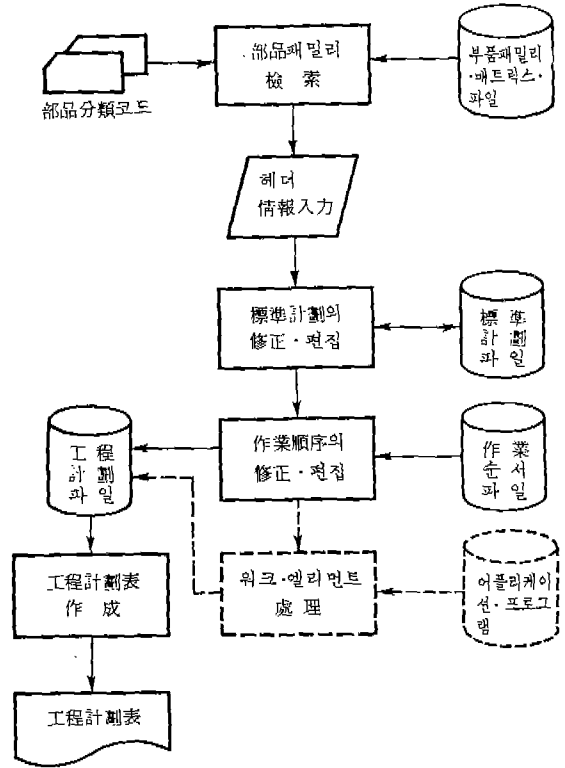
(1) 部品 패밀리·매트릭스·파일 : 部品分類/코딩表에 기초하여 作成된 部品の 패밀리·코드를 내용으로 한다.

(2) 作業順序 파일 : 생산능력의 制約下에 적당한 評價基準(사전준비 회수 최소화, 공구 개수·종류 최소화 등)에 입각하여 作成된 作業순서를 코드화한 作業순서 코드로 이루어진다.

(3) 標準計劃 파일 : 部品 패밀리에 대해 표준이 되는 제조공정을 나타내는 표준(공정)계획을 내용으로 한다. 표준계획은 헤더 情報와 製造作業情報로 이루어진다. 헤더 情報는 대상부품의 번호, 재질, 조립정보도 포함한 키·코드이다. 제조 作業정보는 作業순서, 作業순서 코드, 作業번호로 이루어진다.

(4) 工程計劃 파일 : 최종적으로 얻어진 工程計劃을 내용으로 한다.

이상의 4가지 파일 중, 처음의 셋은 시스템



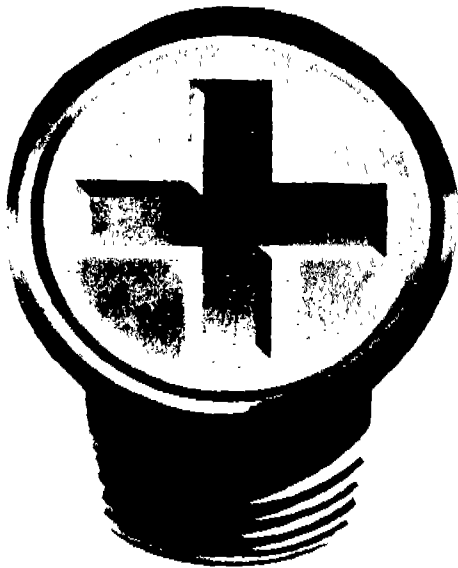
〈그림 2·39〉 CAPP의 시스템·플로우

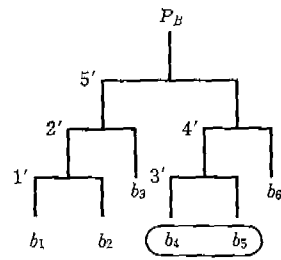
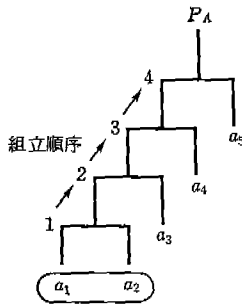
의 초기설정시에 유저가 작성해야 한다.

CAPP의 處理順序는 대상부품의 분류 코드를 入力하는 것에서 시작한다. 部品分類 코드가 入力되면 部品 패밀리·매트릭스·파일에서 入力코드와 일치하는 패밀리·코드를 검색한다. 만약 일치하는 것이 없으면 가장 가까운 것을 찾아낸다. 部品 패밀리가 검출되면 패밀리의 표준계획을 검색하기 위해 헤더 情報를 入力한다. 대상부품에 대해 검출된 표준계획의 修正·편집을 한다.

최종적으로 공정계획표가 얻어지면 工程計劃 파일에 出力되고 다시 工程計劃表가 作成되며 出力된다. 이러한 操作은 디스플레이 화면상에 出力되는 커맨드에 의해 사람과의 對話形式으로 행하여진다.

CATT와 동일하게 GT 코드를 利用한 공정계





組立工程의 設計 :

- (1) 工程編成(알고리즘의 開發이 필요) :  
 $P_A : 1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 4$   
 $P_B : 1' \rightarrow 2' \rightarrow 3' \rightarrow 4' - 5'$
- (2) 類似組立의 集約과 共通작업成의 檢討(GT의 방식) :  
 $a_1$ 와  $a_2$ 의 組立과  $b_4$ 와  $b_5$ 의 組立
- (3) 組立의 워크스테이션 타임(로봇의 종류)과 數,  
 사이클 타임의 決定(라인 밸런싱의 이론) :  
 $P_A, P_B$ 를 동일 워크 스테이션에서 로봇 1대로 조립

$P_A, P_B$  : 2種類의 製品  
 $P_A$ 의 構成部品 :  $a_1, a_2, \dots, a_5$   
 $P_B$ 의 構成部品 :  $b_1, b_2, \dots, b_6$   
 組立先行順序制約 :  $1 < 4, 1 < 3$   
 類似組立 :  $P_A$ 의 組立順序1( $a_1, a_2$ )  
 과  $P_B$ 의 組立順序3( $b_4, b_5$ )

〈그림 2·40〉 組立工程의 設計

획 시스템으로서 MIPLAN이 발표되어 있다. 이것은 네델란드의 TNO가 개발한 부품분류 시스템 MICLASS를 사용한 공정설계 시스템으로서 그 개념은 CAPP와 유사하다.

사람의 介入을 필요로 하지 않는 創成方式(Generative Approach)의 工程設計 시스템은 구멍내기와 같이 단순한 加工으로 限定하면 실현이 가능할지 모른다. 그러나 軸物을 제외하는 加工部品の 3차원 패턴 인식은 곤란하며 素材에서 最終形狀部品の 形狀變形過程을 자동적으로 創成하는 구체적인 시스템의 提案은 아직 되지 않고 있다. 對話方式과 創成方式의 장점을 채택한 混合方式으로는 日本의 API(Automatically Processing of Manufacturing Information)나 CAM-I의 XPS-1(Experimental Planning System1) 등이 있다.

(b) 組立工程設計

組立工程의 設計는 그림 2·40에 든 플로우에 의해 進行된다. 컴퓨터에 의해 組立공정을 설계하는 데에 기본적으로 必要한 手法은 라인·밸런

싱의 理論, GT의 방식, 經濟性 分析이다. 즉 組立順序를 컴퓨터에 의해 자동적으로 수행시키려면 組立製品의 도면정보에서 構成部品の 상대적 관계, 類似組立品의 有無, 組立品의 수량과 종류, 組立기술적 先行順序制約, 作業者에 의한 組立순서, 要素 作業數와 시간 등의 組立기술정보를 사용해서 無人組立 시스템의 採算을 조사하여 그 도입 가능성이 확인되면 다음 단계로서 組立의 類似性을 각각의 組立製品間에서 조사, 만약 유사성이 있으면 GT의 방식을 적용한다.

그리고 組立의 技術的 先行順序를 확인한 후, 라인·밸런싱의 理論을 적용해서 無人 시스템에서의 워크·스테이션 數와 사이클·타임, 工程編成을 구한다. 이 自動組立 시스템의 自動編成 알고리즘은 아직 개발되지 않았지만 組立구성 부품간의 結合관계와 숙련작업자의 組立순서를 分析하여 兩者의 關係를 결부시키는 論理를 발견하고 알고리즘에 助入해 나가는 것이 組立의 自動편성에 유익할 것이다.

이상의 組立工程設計方法을 그림 2·40에 든다.