

FMS를 위한 공구할당 시스템의 개발 - A Development of Tool Allocation System for FMS -

김 광 만*

ABSTRACT

This paper develops the allocation system of milling cutting tools to be used on NC milling machine tool by the technique of cluster analysis.

The implementation concerning the tool management system will be applying to Flexible Manufacturing System efficiently.

1. 서 론

다양한 생산기술의 발전과 짧아진 제품수명주기(life cycle)에 대응하는 생산체계의 변화는 유연 생산 시스템(FMS : Flexible Manufacturing System) 및 컴퓨터 통합생산 시스템 (CIMS : Computer Integrated Manufacturing System)으로의 발전을 이끌어 왔다. 이에 각 기업들도 인건비의 상승 및 품질의 안정성 등을 위하여 이러한 자동화 된 생산체계의 도입을 고려하게 되었으며 이를위해 많은 비용과 노력을 들이고 있다.

수치제어(NC : Numerical Control) 공작기계는 자동화된 생산체계를 구축하는데 있어서 필수적인 장비의 하나로서 이용되고 있으며 이러한 공작기계의 사용을 위해서는 반드시 그에 적합한 공구를 미리 보유하고 있어야 한다. 비용적인 면에서 볼 때 수치제어 공작기계의 가격이 고가이며 더우기 이를 도입하여 다양한 작업을 수행하는데 따른 각종 공구(tool)와 특수한 공구홀더(tool holder)에 대한 많은 비용투자가 필요하게 되며 이 투자액은 설비지출액의 10%를 상회할 것이다(1). 또한 기술적인 면에서도 적합한 공구의 선정과 알맞은 가공조건의 활용은 제품의 품질향상 및 생산성 향상에 많은 영향을 미칠 것이다. 이에따라 사용공구에 대한 효율적관리 및 체계적운동을 위한 방법이 요구되었으며 이를위해 최적공구의 선정 및 효율적 운영을 위한 공구관리시스템의 개발이 컴퓨터를 이용하여 많이 연구되어 왔다(2,3). 그러나 대다수의 작업현장에서는 다수의 기계를 보유하고 있으므로 동일제품의 가공이나 동일작업의 수행시에는 최적공구의 선정에 기초한 공구관리시스템의 운영 만 으로는 공구사용의 중복성을 초래하게 되어 공구의 중복구매나 공구사용 시간을 달리하는 방법(tool scheduling) 등이 필요하게 되고 이에따라 중복구매로 인한 자본낭비나 사용시간의 차이에 따르는 기계간의 공구의 이동 등 여러가지 부가적인 노력이 발생될 수 있다. 따라서 본 연구에서는 다수의 공작기계에서 유사한 작업을 동시에 수행할 수 있도록 클러스터 분석(cluster analysis)을 통해 적합한 공구들의 집합을 구성하여 필요한 기계에 배정할 수 있는 공구할당(tool allocation) 시스템을 개발하고자 한다.

2. FMS와 공구관리

2.1 FMS에서의 공구관리의 역할

FMS란 복수개의 공작기계군과 반송시스템, 그리고 저장시스템을 보유하고 이들이 컴퓨터에 의해 종합적으로 운영되어 다양한 품종을 자동으로 생산해 낼 수 있는 생산시스템을 말한다. 이중 공작기계에는 자동공구교환장치(ATC : Automatic Tool Changer)와 공구를 일시저장 해 두는 공구매거진(tool magazine) 등의 부속설비가 존재하여 제품생산에 필요한 각종공구를 보유해 두고 있다. 따라서 종합적으로 공구를 관리하고 운영하기 위해서는 다음과 같은 역할을 수행하는 공구관리 시스템이 갖추어져 있어야 할 것이다(4).

* 인덕전문대학 공업경영과

접수 : 1992. 10. 27.

확정 : 1992. 11. 5.

- 1) 시스템에서 사용되는 각 공구에 대한 정보의 보유 및 등록
- 2) 각 작업(operation)의 수행이 가능한 공구리스트의 보유
- 3) 각 작업을 수행하기 위해 선정된 공구가 그 작업을 수행할 기계에서 사용가능한가의 여부 체크(check)
- 4) 공구의 수명(tool life)정보보유 및 관리

Table 1. 공구관리의 기능 및 항목

	기 능	항 목
공구관리 시스템	공구의 등록	기술정보 입력 형상정보 입력 관리정보 입력
	반입/반출	반출 반입 미반입 현황
	재연삭/폐기	재연삭/폐기공구선택 재연삭한 공구의 재 등록 폐기공구 선정
	구 매	등록된 공구의 구매 새로운 공구의 구매
	공구현황	공구의 위치현황 공구의 재고현황
	공구선정	공구의 선정 절삭조건의 선정
	공구할당	작업별 공구군의 선정 Tool Set의 선정

이러한 역할을 수행하기 위한 공구관리 시스템의 기능으로서의 공구의 등록에서부터 공구의 반입, 반출, 저장, 폐기 및 구매와 같은 공구의 관리기능과 공구의 선택, 절삭조건의 결정, 공구수명관리 및 공구할당과 같은 공정계획기능을 들 수 있다. Table 1은 공구관리 시스템의 기능을 세부항목과 더불어 나타낸 것이다.

2.2 최적공구의 선정과 공구 군(group)의 형성

앞에서 서술한 공구관리 시스템의 기능 중 공정계획기능에 해당하는 공구의 선택기능은 적합한 공구의 선택이 제품의 품질에 큰 영향을 미치게 되므로 가급적 최적공구를 선정할 수 있는 기능이어야 하며 그 대상은 보유하고 있는 공구이거나 특수한 경우 구매 및 제작을 의뢰할 수 있어야 한다. 그러나 최적의 공구만을 사용한다면 복수개의 공작기계를 운영하는 대다수의 작업현장에서 서로다른 기계를 이용하여 동일한 제품 또는 다른 제품을 가공하거나 동일한 작업을 수행하기 위해서는 최적의 공구가 복수개 필요하게 된다. 따라서 공구의 사용계획에 중복이 일어나게 되어 다음과 같은 방법으로 추가적인 노력이 필요하게 된다.

- 공구를 구매한다.
- 공구의 사용 시간을 달리한다.

공구를 구매하는 방법은 공구에 중복된 투자를 하게되어 비용이 소요되며 공구의 사용시간을 달하는 방법도 공구의 사용시간계획(tool scheduling)을 작성해야 하고 기계간의 공구이송에 따르는 비용을 고려해야 한다. 따라서 이러한 비용의 부담을 줄이기 위해서는 품질에 영향을 미치지 않는 범위내에서의 대체공구를 사용하는 방법이 고려될 수 있을 것이다. 공구는 특정의 작업에 적합하게 제작되어 정해진 작업에만 사용할 수도 있지만 경우에 따라서는 유사한 작업에서도 그 기능을 발휘할 수도 있다. 따라서 공구를 구입하고 그 정보를 등록시킬 때 사용가능한 작업의 종류를 모두 등록하여 공구

의 선정시 대상공구로서 고려될 수 있도록 한다. 또한 공구의 선정기능을 수행함에 있어서 수행작업을 처리할 수 있는 단 하나만의 공구를 선정하는 것이 아니라 가능한 공구를 모두 선정하여 공구군을 형성하고 이들을 이용하여 공작기계에서 다양한 작업을 처리할 때 가급적 적은 공구의 수로 작업이 가능하도록 필요공구의 집합(tool set)을 구성하여 둔다.

3. 공구의 분류

3.1 공구정보의 종류

공구는 그 공구자체의 형상을 표현하는 형상정보와 가공특성들을 나타내는 기술정보 및 공구의 구매, 저장등을 위하여 필요한 관리정보를 보유하고 있으며 수십, 수백개의 공구를 다루기 위해서는 이러한 정보를 이용하여 공구를 분류할 수 있어야 한다.

1) 형상정보

공구의 특징을 결정짓는 중요한 정보로서 공구의 모양(shape)과 치수(demension) 등을 뜻하며 기계의 종류마다 사용되는 공구의 형상을 표현하는 방법이 다르다. 원통형상의 제품을 가공하는 선반 공작기계에서 사용하는 공구의 형상정보에 관해서는 국제표준규격인 ISO 코드로서 규정이 되어 있으나 밀링공작기계에서 사용하는 공구에 관해서는 특별한 규정이 아직 정해져 있지 않다. Table. 2는 밀링공구에 관한 형상정보를 규정하기 위한 항목을 나타내었다.

Table. 2 밀링공구의 형상정보

공구의 종류	형 상 정 보 항 목
밀링공구	-. Cutter length -. Effective cutting diameter -. Hole diameter -. Number of teeth -. Cutting direction -. Corner angle -. Insert shape -. Clearance angle -. Cutting edge length -. Axial rake angle -. Radial rake angle

2) 기술정보

정확한 재료특성과 적용가능한 기술정보들은 NC 공작기계에서의 작업을 효율적으로수행하기 위하여 필요할 것이다. 따라서 이러한 정보들은 공구의 코드, 공구의 재질, 작업의 종류, Preset정보 및 공구의 수명 등을 나타내며 일부 형상정보와 중복되기도 한다

Table. 3에 밀링공작기계에서 사용되는 작업의 종류를 나타내었다.

3) 관리정보

공구에 대한 형상 및 기술정보 외에도 공구의 운영 및 저장을 위한 정보로서 다음과 같은 관리정보가 있다.

- . ID code
- . 제조회사명
- . 제조자 코드
- . 가격
- . 구매일자
- . 보유갯수
- . 안전재고량
- . 반출정보

이러한 공구에 대한 각종 정보를 바탕으로 제품가공에 필요한 공구를 선정하여 복수개의 기계에서 동일한 작업을 수행할 수 있도록 공구의 그룹을 구성하는 방법들이 필요하다.

Table. 3 밀링작업의 종류

번호	작업의 종류	번호	작업의 종류
1	Plain milling	19	Double equal angle milling
2	Face milling	20	Unequal double angle milling
3	Half side milling	21	Convex form milling
4	Double side milling	22	Concave form milling
5	Staggered tooth side milling	23	T-slotting
6	Interlocking side milling	24	Dovetail formed milling
7	Shell end milling	25	Gear cutting
8	Square end milling	26	Woodruff keyslot milling
9	Ball end milling	27	Metal slitting saw
10	Taper end milling	28	Taper reaming
11	Taper ball end milling	29	Drilling
12	Long edge end milling	30	Countering drill
13	Button end milling	31	Straight reaming
14	Spot facing end milling	32	Taper reaming
15	Chamfering end milling	33	Boring
16	Corner rounding milling	34	Counter sinking
17	Centering end milling	35	Tapping
18	Single angle milling		

3.2 작업별 공구 군의 선정과 클러스터 분석(cluster analysis)

Table.3에서 나타낸 바와 같이 밀링공작기계를 이용하여 수행할 수 있는 작업의 종류에는 총 35가지가 있다. 그러나 이 작업들은 생산현장에서 현재 보유하고 있는 밀링공작기계의 특성이 다양하기 때문에 가공물의 형상이나 특성에 따라서는 작업을 수행할 수 없는 경우도 있으며 이러한 공작기계가 가공작업을 수행하기 위해서는 반드시 해당작업을 위해 사용가능한 공구가 준비되어 있어야 한다. 따라서 현재 보유하고 있는 공구들을 대상으로 제품생산을 위한 가공작업별 공구 군(group)을 선정하기 위해서는 다음과 같은 방법이 필요하다.

- 1) 제품을 생산하기 위해 필요한 가공작업들을 추출한다.
- 2) 보유하고 있는 공구들을 대상으로 1)에서 추출한 가공작업별로 작업을 수행할 수 있는 모든 공구들을 추출한다.
- 3) 추출된 공구들을 가공작업별 공구 군(tool group)으로 나타낸다.

가공작업별 공구 군이 형성되면 동작기계에 수행해야 할 가공작업들이 할당되고 이 작업을 처리하기 위한 공구들이 할당된다. 가공작업들을 기계에 할당할 때는 처리해야 할 가공작업을 기준으로 제품들 간의 유사성을 파악하여 밀접한 연관성을 가지는 제품 및 작업그룹별로 기계에 배정된다. 이때 사용하는 방법이 클러스터 분석(cluster analysis)이다. 특정 작업이 특정 제품에 수행 될 때를 '1', 수행 되지 않을 때는 '0'를 나타내는 공란으로 표시하는 이진클러스터행렬(binary cluster matrix)에 대한 전형적인 예가 Fig. 3에 나타나 있고 Fig. 4는 이 예에 다음과 같은 클러스터 분석 알고리즘을 적용한 결과를 보여주고 있다(5).

Cluster Identification Algorithm

- Step 0. 반복계수 k = 1로 한다.
- Step 1. Matrix A^(k)의 임의의 row i에 대해 수평선 h_i를 그린다.
- Step 2. 수평선 h_i와 만나는 모든 "1"에 대해 수직선 v_j를 그린다.
- Step 3. 수직선 v_j와 만나는 모든 "1"에 대해 수평선 h_i를 그린다.
- Step 4. 수평선 h_i와 만나는 모든 "1"에 대해 Step 2와 Step 3을 반복한다.
반복이 끝나면 "1"에서 수평선과 수직선이 교차하는 제품들과 작업들이 집합을 형성한다.
- Step 5. Step 1부터 Step 4에 의해 그려진 모든 수평선과 수직선에 대응하는 row와 column들을 제거 하고 A^(k)를 A^(k+1)로 변화시킨다.
- Step 6. 만일 matrix A^(k+1) = ∅ 이면 stop 하고 그렇지 않으면 k=k+1로 하여 Step 1로 돌아간다.

		제품				
		1	2	3	4	5
작업	1		1			1
	2	1			1	
	3		1			1
	4	1		1	1	

Fig. 3 제품과 작업간의 이진 클러스터 행렬의 예

		PF-1		PF-2	
		2	5	1	3
MC-1	1	1	1		
	3	1	1		
MC-2	2			1	1
	4			1	1

Fig. 4 클러스터 분석결과

Fig. 4에서 보는 바와 같이 MC-1이라는 동작기계에 제품 2와 5를 가공할 수 있는 작업 1과 3을 할당 하고 MC-2에는 제품 1,3,4를 가공할 수 있는 작업 2와 4를 할당한다.

4. 공구할당 시스템의 개발

4.1 공구 군의 선정

제품을 가공하기 위한 작업의 종류가 결정되면 그 작업수행에 알맞은 공구를 선정하게 된다. Fig. 5와 Fig. 6은 밀링작업의 종류를 그래픽을 이용하여 나타내고 있으며 계속되는 pop up menu 방식의 그래픽 메뉴를 이용하면 특정작업을 수행할 수 있는 밀링공구의 공구 군이 선정된다. Fig. 7은 선정된 작업명과 이 작업을 수행할 수 있는 공구들에 대한 ID code들이 표시되었다.

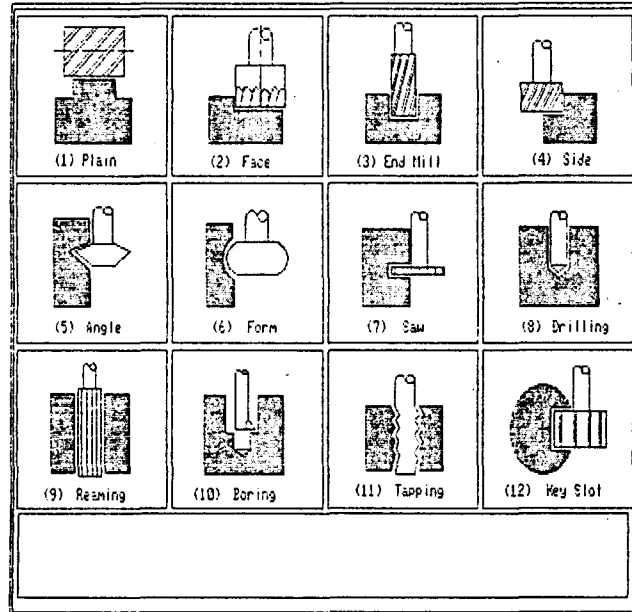


Fig. 5 Main menu for cutter selection

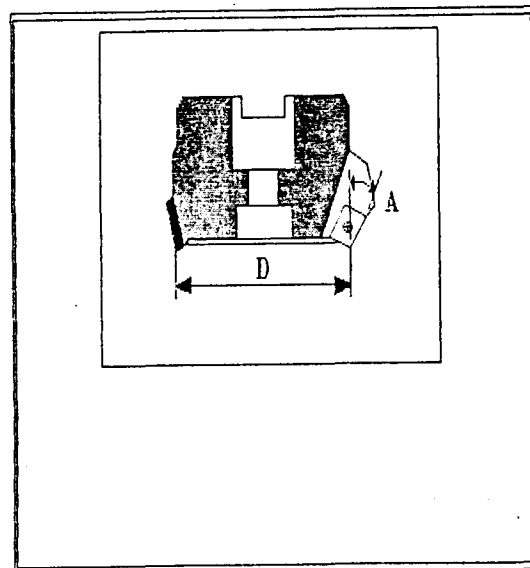


Fig. 6 Face milling cutter

Operation Name : Face Milling
Tool Group (ID code) : 1
027 038 042 045 046 047 056 076 078 083
104 108 111 123 124
No. of Tools : 15
Operation Name : Double Side Milling
Tool Group (ID code) : 2
016 033 040 045 058 063 076 077 078 089
No. of Tools : 10
Operation Name : Shell End Milling
Tool Group (ID code) : 3
033 042 047 056 070 078 083 104 106 107
108
No. of Tools : 11
Operation Name : T-Slotting
Tool Group (ID code) : 4
009 017 036 040 044 063 078 079
No. of Tools : 8

Fig. 7 작업명과 사용공구

4.2 공구할당

클러스터 분석기법을 이용하여 유사성이 높은 작업들을 각 기계에 배치하면 이에 따라 공구들도 공작기계에 할당되게 된다. 이때 할당되는 공구들을 공구의 집합(tool set)이라 하고 이 공구의 집합을 각 기계에 할당하기 위해서는 다음과 같은 조건들이 고려되어야 한다(6).

- 1) 각 필요한 가공작업(operation)과 모든 연관된 공구 (tool)들은 최소한 하나의 기계에 배정되어야 한다.
- 2) 이 가공작업은 그것이 수행될 수 있는 기계에 배정 되어야 한다.
- 3) 어떠한 기계에 배정된 가공작업들에 대해 필요한 공구들은 그 기계가 보유하고 있는 공구메거진 (tool magazine)의 용량을 초과 하지 않아야 한다.

Fig. 8은 클러스터 분석의 결과를 작업과 제품에 적용시켜 이에 대응하는 공구의 집합을 나타낸 것이며 이 각각의 공구의 집합을 각 기계의 공구메거진에 할당하게 된다.

Machine Name : MC-1
Tool Groups : 1 3
Magazine Capa. : 43
No. of Tools : 19 (19/26)
Tool Set
027 033 038 042 045 046 047 056 070 076
078 083 104 106 107 108 111 123 124
Machine Name : MC-2
Tool Groups : 2 4
Magazine Capa. : 43
No. of Tools : 14 (14/18)
Tool Set
009 016 017 036 040 044 045 058 063 076
077 078 079 089

Fig. 8 클러스터 분석에 의한 Tool Set의 결정

만일 선정된 공구의 집합(tool set)이 공구메거진의 용량을 초과한다면 다음과 같은 순서에 의해 공구의 수를 줄이게 된다.

- step 1 : 동일한 작업들을 수행하는 중복된 공구의 수를 줄인다.
- step 2 : 가장 적은 공구가 이용되는 작업을 공구메거진의 용량을 초과하지 않는 작업 군에 할당한다.
- step 3 : step1과 step2에 의해서도 공구메거진의 용량이 초과 될 때는 새로운 작업 군을 만든다.

5. 결론

IBM PC 상에서 운영되는 dBASEIII+와 DR halo 및 C 언어를 이용하여 개발된 본 공구할당 시스템의 연구결과로서 다음과 같은 사항들이 있다.

- 1) 절삭공구는 서로다른 복수개의 작업(operation)을 수행할 수 있다.
 - 2) 복수개의 기계에서 동일한 작업이 이루어지기 위해서는 필요한 공구 군이 형성되어 있어야 한다.
 - 3) 필요한 공구 군을 형성하기 위해서 클러스터 분석(cluster analysis)방법이 이용될 수 있다.
 - 4) 그래픽을 이용하여 공구를 선택하는 기능은 공구관리 시스템의 구축을 위한 하나의 기능으로서 이용될 수 있을 것이다.
 - 5) 공구할당 기능은 공구의 운용, 최적공구의 선정 등의 기능과 더불어 FMS를 효율적으로 운영하기 위한 공구관리 시스템의 개발에 중요한 역할을 할 것이다.
- 아울러 향후 연구과제로는 다음과 같은 것이 있다.

- 1) 공구의 관리및 운영을 위한 공구관리 시스템의 개발
- 2) 제품의 형상특징에 의한 자동 공구선정

참 고 문 헌

1. T.R. Crossley, P.M. Costello, " Computer Aids for the Classification of Pre-Set Tooling for Numerical-Controlled Machine Tools " , Annals of the CIRP, vol 33/1, pp 313-315, 1984
2. 이재원, 김광만, 손영태, 강무진, " CIMS 구축을 위한 공구관리 시스템의 개발 : 밀링작업에의 응용 ", 대한기계학회 91춘계학술대회 논문집, 1991
3. 김철한, 김은엽, 김광수, 김선호, 이춘식, " 선반 가공자동화를 위한 공구관리 시스템의 개발 ", 대한산업공학회지, v.3 n.2 , pp 13 - 22 1990
4. James Scott Rhodes, " FMS Tool Management System " 1986, CASA/SME Flexible Manufacturing System '86 conference.
5. A.Kusiak " The Part Families Problem in Flexible Manufacturing Systems ", Annals of Operations Research, V.3, 1985, pp 279-300.
6. A.S.Carrie & D.T.S.Perera, " Work Scheduling in FMS under Tool Availability Constraints " v.24, No.6, 1986,pp 1299-1308, IJPR