▩ 응용논문

와이어 컷 방전가공조건 데이터베이스 구축 및 상하이형상 가공

Construction of a Database for Wire Cutting Electrodischarge Conditions and Variable Taper Wire-cut Machining

유우식*
Yoo Woo Sik
이규섭**
Lee Kyu Sub

Abstract

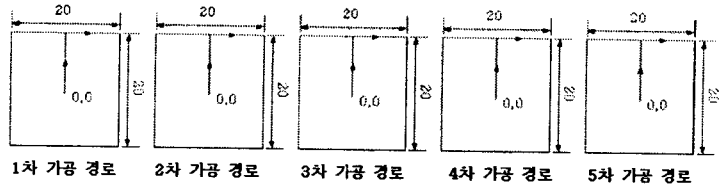
This paper describes the datadase for wire cutting electrodischarge conditions and variable taper wire-cut Machining. Electodischarge wire-cut machining is applicable to all materials that are fairly good electrical conductors, including metals, alloys, and most carbides. Thus it provides a relatively simple method for making holes of any desired cross section in materials that are too hard or brittle to be machined by most other methods. In conventional wire cutting CAM systems usually generate the NC code omitting electrodischage conditions, so operator edits the NC code manually. But it is very inefficient. Therefore in this paper we propose a wire cutting CAM system including data base for electrodischarge conditions. Proposed system consists of three steps: 1) Development of database for electrodischarge conditions 2) Development of CAM functions, including 2D CAD modeling tools, file I/O functions, wire path generation functions and postprocessor. 3) Development of variable taper wire-cut machining module. The proposed system has been tested in the JinYoung precision Machine Co.,LTD. and found to be working satisfactorily.

1. 서론

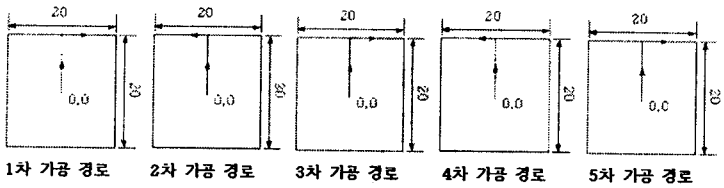
와이어 컷 방전가공기는 EDM (Electric Discharge Machining) 가공의 일종으로 방전현상을 이용하여 높은 경도를 갖는 재질의 금속을 가공하는 가공기 인데 방전 전극을 와이어로 하여 주로 금속의 2차원 절삭에 활용된다. 와이어 컷 방전가공은 일반적으로 1차부터 5차까지에 걸쳐 가공을 수행하는데 사각형 형상의 다이 금형 가공 유형이 [그림 1]에 나타나 있다. [그림 1(a)]는 한 방향으로 5차 가공을 수행하는 예이고 [그림 1(b)]는 역가공으로 5차 가공을 수행하는 예이다. 그림과 같이 사각형 다이를 5차례에 걸쳐 반복 가공할 때 와이어의 옵셋과 방전조건을 알맞게 지정하는 일이 매우 중요하다. 그러나 기존의 와이어 컷 방전가공을 위한 CAM 시스템은 주로 밀링 가공기를 위한 3차원 CAM시스템의 2차원 부분을 조합하여 와이어 컷 용도의 NC데이터를 생성하였다. 따라서 와이어 컷 가공의 효율화를 위해 필수적인 방전조건은 CAM시스템에서 고려되지 못하였다. 따라서 본 연구에서는 와이어 컷 가공의 방전조건 데이터

* : 인천대학교 산업공학과
** : 인천대학교 대학원 산업공학과

베이스 구조를 설계하고 실제 활용 가능한 방전조건 데이터 베이스를 구축하여 와이어 컷 가공만의 특징을 최대한 수용한 와이어 전용 CAM시스템과 접목시키고 방전 와이어의 직경과 재질 그리고 피삭제의 두께와 재질에 따라 최적의 방전조건을 채택한 NC 데이터를 생성시키는 전용 시스템의 개발 내용을 소개하려 한다.

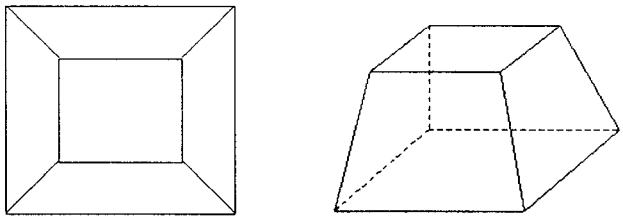


(a) 한 방향 5차 가공



(b) 역가공 5차 가공

[그림 1] 다이의 5차가공 유형



[그림 2] 테이퍼 형상

와이어 컷 가공에서는 일반적으로 수직한 와이어를 이용하여 방전가공이 이루어지나 [그림 2]와 같이 테이퍼진 형상의 가공도 가능하다. [그림 2]는 와이어 기울기를 일정하게 하여 사각형을 가공하면 되므로 가공데이터 생성이 비교적 쉽다. 그러나 상부형상과 하부형상의 형태가 다른 상하이형상의 경우 와이어의 테이퍼 각도가 변하면서 가공해야 하므로 고려해야할 요소가 많다. 따라서 본 연구에서는 방전조건 데이터 베이스 구축과 더불어 상하이형상 가공에 관한 연구를 소개하려 한다.

2. 와이어컷 가공기의 방전조건 데이터 베이스

2.1 와이어컷 가공기의 방전조건

와이어컷 방전가공기에서 방전조건을 부여하는 방식은 와이어컷 방전기 제작사 별로 많은 차이를 보인다. 반면 CNC 밀링 가공에서 가공조건을 부여하는 방식은 이미 표준화가 진행되어 밀링기계 제작사 별로 큰 차이를 보이지 않기 때문에 NC데이터에서 가공정보를 처리하여 포스트프로세서에서 각각의 기계에 맞는 형태로 출력하고 있다.

지금까지 와이어컷 방전가공을 위한 NC데이터를 생성할 때 관습적으로 CAM 시스템에서는 방전조건 부분을 비우고 처리한 후 현장에서 방전조건을 편집하여 사용해 온 이유는 다음의 두 가지 이유에서 기인한다. 첫째 3차원 밀링 CAM 시스템을 재구성하여 만든 와이어컷 CAM 시스템에서 방전조건까지를 고려한 CAM 시스템이 없었다. 둘째 앞에서 설명한 바와 같이 와이어컷 방전기가 제작사 별로 방전조건을 부여하는 방식이 표준화가 덜 이루어져 각기 다른 방전조건을 고려하기가 어려웠다. 그러나 현장에서 중요한 방전조건을 경험적으로 편집하여 사용하는 일은 업무의 효율성도 떨어질 뿐만 아니라, 방전조건 데이터베이스를 사내에 최적으로 유지하는 측면에서도 바람직하지 못하다.

따라서 본 연구에서는 우선 진영정기에서 생산되는 방전가공기에서 방전 조건을 부여하는 체계를 파악하고 이를 CAM 시스템에서 활용 가능한 데이터베이스로 구축하였다. [표 1]은 진영 와이어컷 가공기의 방전조건표 인데 총 600여 개의 방전 조건표를 사내에 축적하여 활용해 오고 있다. 표에서 NC 데이터에 정보가 표현되는 내용은 각 반복 차수 가공의 옵셋 양과 해당 가공의 방전조건 등이다. 본 연구에서는 5차 가공까지 만을 고려하였다.

NC데이터에 표현되지 않는 방전조건은 와이어컷 방전기의 컨트롤러에 내장되어 방전조건 번호(P-NO)에 따라 저장된 값을 사용하게 된다. 즉 [표 1]에서와 같이 공작물 재질이 SKD 11 이고 두께가 50mm이고 와이어 재질이 BS-H이고 직경이 0.2ϕ 일 때 2차 가공을 위한 옵셋 값은 추천값이 각각 0.173mm, 0.109mm, 이며 가공조건은 42.1, 42.2가 각각 사용되기를 권장하는 것이다. 가공조건 42.1이 방전기의 컨트롤러에 전달되면 절입량 0.064mm 가공속도 1.9mm/min 가공전압 28V 가공전류 5A 비저항값 20μS/cm 분사압력 11kg · f/㎠ 등의 방전조건들이 결정된다. 또한 [표 2]에 설명된 방전조건 파라메터들도 각기 PA=6, PB=3, PC=54, PD=2, offA=5, offB=5, IP=16, V=14 등과 같이 결정되어 진다.

본 [표 1]에서 설명한 것은 표준 옵셋 양과 가공조건을 예시한 것뿐이며 가공물의 특성과 형상 및 경험에 따라서 사용자가 조합하여 방전가공을 수행하기도 한다.

2.2 와이어컷 가공기의 방전조건 데이터 베이스

본 연구에서 구축한 데이터 베이스의 구성도는 [그림 3]과 같으며 크게 Page 테이블, 가공조건 테이블 및 사용자 테이블로 구성되어 진다. 본 연구에서는 진영 데이터베이스를 2개의 테이블(Page 테이블, 가공조건 테이블)로 구성하였다. 그 이유는 일반 사용자는 현재 작업에 맞은 방전조건을 방전조건 번호(NO.)로 찾을 수 없기 때문이다. 따라서 현 작업 상황에 맞는 방전조건을 자동으로 결정해줄 필요가 있다. (주)진영정기에서 보유한 [표 1]과 같은 기술자료는 공작물과 와이어의 종류에 따라서 구별된다. 따라서 공작물의 재질, 공작물의 두께, 와이어의 재질, 와이어의 직경의 정보를 통해서 진영 방전조건 번호(NO.)를 결정할 수 있다. 이를 위해 만든 것이 Page 테이블이다. 가공조건 테이블은 [표 1]의 기술자료를 모두 데이터베이스로 구축한 것이다. Page 테이블에 의해 방전조건 번호(NO.)가 결정되면 가공조건 테이블에서 옵셋 값이 결정되고, 가공조건은 방전조건 번호(NO.)에 의해 자동으로 결정된다.

[표 1] 와이어컷 방전가공기 방전조건

공작물		와이어	
재질: SKD11	두께: 50	재질: BS-H	ϕ: 0.2

P-NO: 042		.0	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9
구 분		고속	표준	2nd	3rd	4th	5th	정도	단측	양측	코어
면조도 (μm Rmax)		20	17	10	6	4		15	17	17	17
가공 옵셋 (μm)	1'st 만	142	137	--	--	--	--	133	137	137	127
	2'nd 까지	179	173	109	--	--	--	169	173	173	139
	3'rd 까지	187	181	117	108	--	--	177	181	181	147
	4'th 까지	193	187	123	114	108	--	183	187	187	153
	5'th 까지										
다중가공의 절입량(μm)		70	64	9	6			60	64	64	30
표준 가공속도(mm/min)		2.3	1.9	3.5	3.0	3.0		1.6	1.6	1.25	1.8
가공 전압 (V)		35	28	45	25	20		30	27	30	30
가공 전류 (A)		7.2	5.0	1.0	0.5	0.4		4.8	4.2	3.5	2.0
비저항값 (μS/cm)		20	20	20	20	20		20	20	20	20
분사압력 (kg f/cm^2)		17	11	0.1	0.1	0.1		11	8	8	1.0

[가공조건]

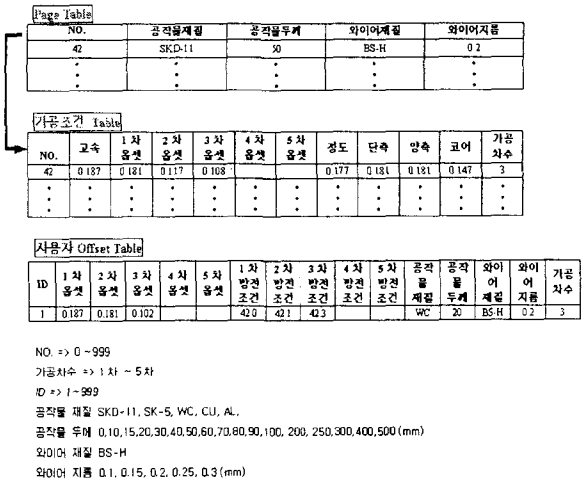
메인펄스 (PA)	7	6	1	0	0		5	6	6	6
보조펄스 (PB)	4	3	0	0	0		3	3	3	3
검출감도/고속펄스(CT/PC)	54	54	51	50	50		54	54	54	54
사상선택/사상펄스(FS/PD)	02	02	02	02	02		02	02	02	02
메인펄스 휴지시간(OFF A)	2	5	12	1	1		3	13	16	18
보조펄스 휴지시간(OFF B)	2	5	12	1	1		3	13	16	18
PD의 피크전류 (IP)	16	16	16	14	12		16	16	16	16
PD의 피크전압 (V)	14	14	14	14	12		14	14	14	14
서보전압 (SV)	25	32	40	25	20		30	27	27	30
서보모드/면질선택(SM/SS)	21	21	21	21	21		21	21	21	11
지령속도 (FR)	3.5	3.0	5.0	5.0	5.0		2.5	2.2	2.0	10
와이어 속도(WF)	12	10	8	8	8		10	8	8	8
와이어 장력(WT)	10	11	13	13	13		13	11	11	13
밸스선택 (VLV)	54	53	52	52	52		53	53	53	51
시작조건 (PS)	1	1					1	1	1	
코너조건 (PC)										
테이퍼조건 (PT)										
서보팩조건 (PB)										

[표 2] 방전조건 파라메터

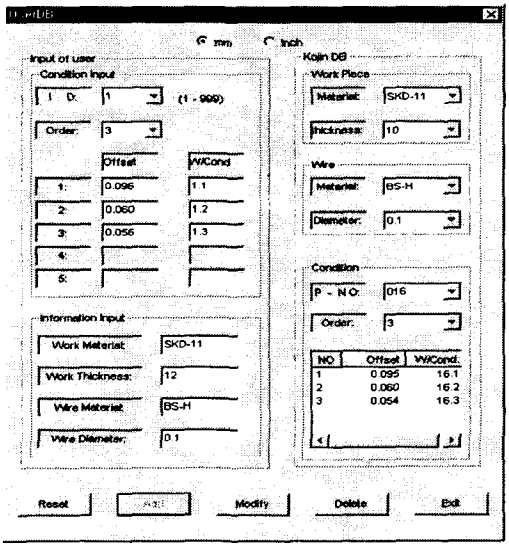
파라메터	설명
PA	극간이 정상으로 검출 펄스에 의해 판단될 때 가해지는 통상 가장 큰 전류 펄스이다. 크기는 와이어의 직경과 가공률에 따라, 가공 목적에 따라 달리한다.
PB	극간이 종지 않다고 검출 펄스에 의해 판단될 때 가해지는 전류 펄스이다. 즉 가공이 이루어지고 극간의 거리가 멀어질 때 다음의 방전으로 인한 가공부의 정도를 좋게 하기 위하여 투입된다.
PC	극간이 종지 않다고 검출 펄스에 의해 판단될 때 가해지는 전류펄스이다. 검출 펄스에 의해 단락 되었다고 판단될 때 일시적으로 투입되는 전류 펄스이다.
OFFA	전류 펄스, PA 가 발생한 후, 다음의 검출 펄스가 극간에 투입되기까지의 휴지시간.
OFFB	전류펄스, PB, PC, PD 가 발생한 후, 다음의 검출펄스가 극간에 투입되기까지의 휴지시간.
IP	극간에 투입되는 검출 전류 또는 사상 가공 전류이다.
V	극간에 투입되는 검출 전압 또는 사상 가공 전압이다.
PD	극간에 투입되는 검출 펄스 또는 사상 가공 펄스 폭이다.
CT	극간에 투입되는 펄스 전류 PA의 폭을 설정한다.
FS	펄스 전류 PA, PB, PC의 PICK 값을 약 50%로 한다.
SS	NOION 회로를 ON/OFF 한다. 전식을 방지하는 가공이다.
SV	SERVO 전압의 기준 레벨을 설정한다.
SM	SERVO MODE를 설정한다.
WT	와이어의 장력을 설정한다.

사용자 테이블은 사용자가 임으로 저장한 데이터로 추천된 옵셋값과 방전조건을 그대로 사용하지 않고 변형해서 사용하고자 할 때 저장하여 두었다가 사용한다. 진영 데이터베이스로 구축한 표준 데이터베이스는 공작물은 SKD 11, SK 5, WC, Cu, Al 등의 5가지를 지원하며 공작물의 두께는 17종류, 와이어 재질은 BS-H 한 종류, 와이어의 지름은 5종류를 고려하였다.

[그림 4]는 사용자 데이터베이스 관리 소프트웨어의 실행 예 인데 사용자가 원하는 가공조건을 추가로 입력하거나, 입력된 데이터를 편집 혹은 삭제할 수 있다. 그러나 진영 정보는 편집할 수 없도록 하였다. 진영 데이터를 수정하고자 할 경우에는 본 데이터베이스가 MS-Access로 구축되었으므로 외부에서 수정하는 것은 가능하다.



[그림 3] 방전조건 데이터베이스 구성도



[그림 4] 사용자 데이터베이스 관리소프트웨어 실행 예

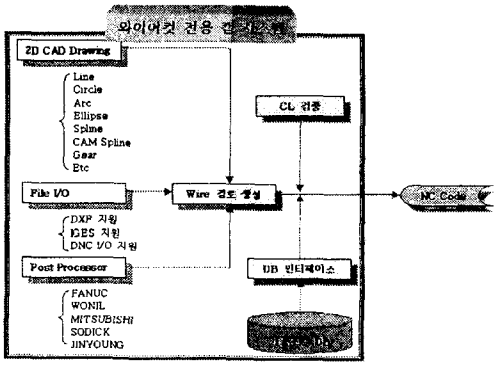
3. 와이어 컷 가공지원 CAM 시스템

3.1. 개요

본 연구에서는 다양한 가공 방식을 지원하는 와이어 컷 전용 CAM 기능을 구현하였는데 그 주요 내용은 다음과 같다.

1) 방전가공 조건 데이터베이스 인터페이스를 통한 최적 NC 데이터 생성
2) 상하이형상의 테이퍼 가공지원

따라서 개발하는 와이어컷 가공지원 CAM 시스템의 구성도를 살펴보면 [그림 5]와 같다. 본 시스템은 윈도우 기반의 표준 CAD 드로잉을 지원하는 형상모델링 모듈과 DXF, IGES 등 타 CAD 데이터 입출력 기능, DNC 기능 지원 모듈 그리고 최적의 방전조건을 인터페이스하여 원하는 제어기의 NC code를 생성하는 postprocessor 등으로 구성되어 있다. 물론 원하는 가공조건에 따라 wire의 경로를 생성하는 부분이 중심이며 이를 그래픽으로 검증하는 기능도 포함되어 있다.

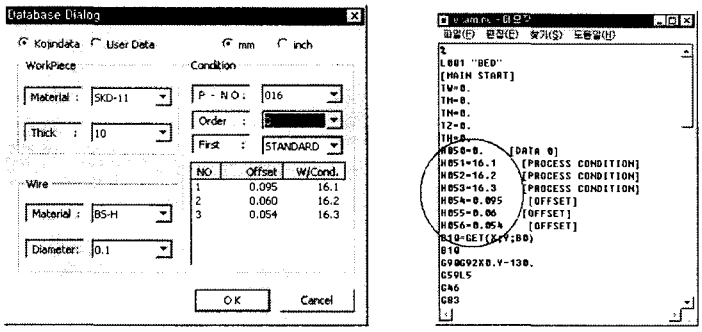


[그림 5] 와이어컷 전용 캠 시스템

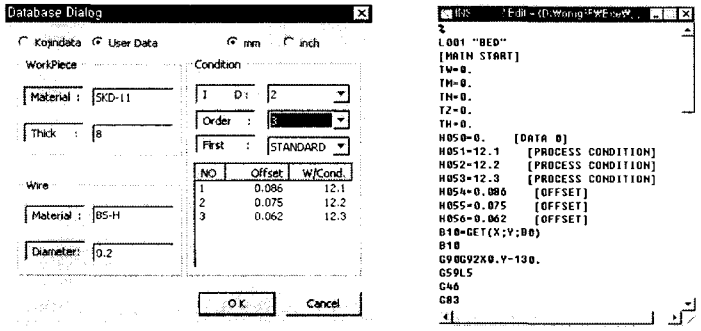
3.2 데이터 베이스 인터페이스

본 연구에서는 현재 진영 방전가공기의 대한 방전조건 자동 지정을 위한 데이터베이스 인터페이스를 지원해 주고 있다. [그림 6]의 왼쪽은 진영 표준 데이터베이스 중에서 방전조건을 선정한 예 인데 공작물 SKD-11, 두께 10, 와이어 재질 BS-H, 직경 0.1ϕ를 선택하면 가공조건 NO.가 016으로 결정된다. 그리고 반복 가공차수(Order)를 3으로 선택하면 그림과 같이 표준 옵셋 값 0.095, 0.060, 0.054와 방전조건 16.1, 16.2, 16.3이 결정된다. [그림 6]의 오른쪽은 데이터 베이스 인터페이스를 통해 결정된 옵셋 값과 방전조건 값을 적용하여 생성된 NC 코드이다. NC 코드에서 H051=16.1, H052=16.2, H053=16.3의 코드는 방전조건 값이 적용된 부분이고, H054=0.095, H055=0.06, H056=0.054의 코드가 옵셋 값이 적용된 부분이다.

사용자 데이터베이스를 이용하여 방전조건을 결정할 경우는 [그림 7]과 같이 데이터베이스 인터페이스에서 User Data를 선택하면 된다. 사용자 데이터베이스의 경우는 직접 ID와 가공차수(Order)를 선택해야 공작물의 재질과 두께, 와이어의 재질과 직경과 같은 정보를 확인할 수 있고 옵셋 값과 방전조건 값을 확인할 수 있다. [그림 7]을 보면 진영 데이터베이스와 같이 사용자 데이터베이스의 옵셋 값과 방전조건 값이 NC코드에 적용된 모습을 확인할 수 있다.



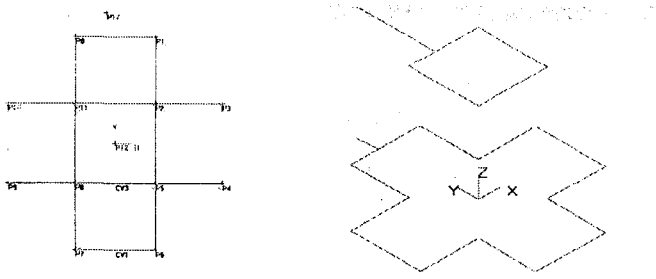
[그림 6] 진영 데이터 베이스 인터페이스



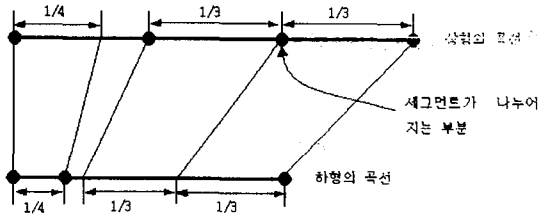
[그림 7] 사용자 데이터 베이스 인터페이스

3.3 상하이형상의 테이퍼 가공 지원

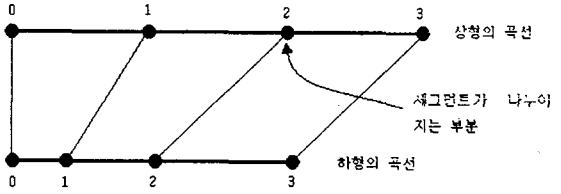
테이퍼 가공에서 앞의 [그림 2]와 같이 동일한 와이어의 테이퍼 각도로 가공이 가능한 형상을 상하동형의 테이퍼 가공이라 부르고 [그림 8]과 같이 와이어의 테이퍼 각도가 변하면서 가공해야 하는 형상을 상하이형상 가공이라 부른다. 본 시스템에서 지원하는 상하이형 가공방법은 길이비와 파라메터비이다. 먼저 길이비는 [그림 9]과 같이 상형과 하형을 길이비로 분할하여 가공하는 방식이다. 그리고 파라메터비는 상형상과 하형상을 파라메터비로 분할한 것인데, 여기서 파라메터라는 것은 곡선을 매개변수식으로 표현하였을 때 매개변수 값을 의미한다. 본 시스템은 ACIS 커널을 이용하였는데, ACIS 커널에서는 한 세그먼트가 1의 파라메터 값을 갖는다. 따라서 3개의 세그먼트로 이루어진 도형이 있다고 하면, [그림 10]와 같이 곡선의 시작 파라메터 값은 0이고, 끝의 파라메터 값은 3이 된다. [그림 11]은 파라메터비로 가공한 예를 보여주고 있다.



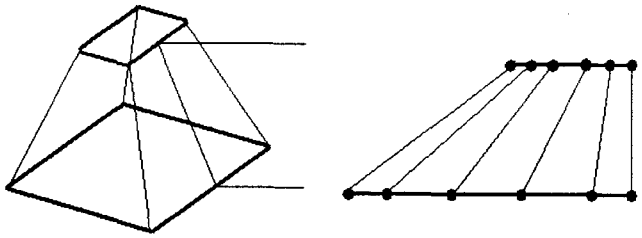
[그림 8] 상하이형상 모의가공 예



[그림 9] 길이비의 원리



[그림 10] 파라메터비의 원리

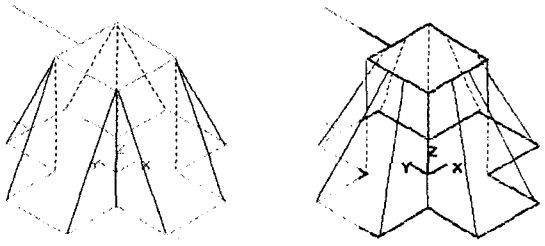


[그림 11] 파라메터비 가공의 예

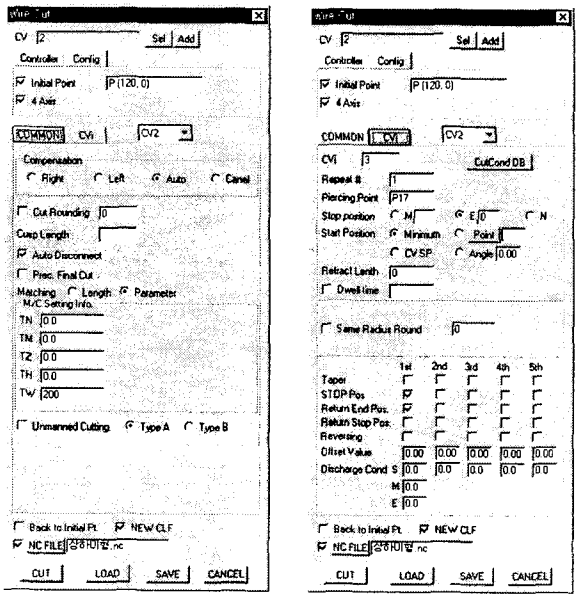
[그림 11]에서 보여주는 것처럼 파라메터비의 경우 상형과 하형의 세그먼트 개수가 같을 때 적용하는 것이 좋다. 만약 상하 세그먼트 개수가 다른 형상에 파라메터비 가공을 적용하면 본 시

스템에서 상하 곡선을 적당히 분할하여 파라메터 개수를 맞춘 후 가공이 이루어지게 된다. 따라서 세그먼트 개수가 다른 경우는 원하지 않는 형상으로 가공될 수 있다. 본 시스템에서는 이 문제를 해결하기 위해 마킹(Marking)이라는 방법을 도입했다.

마킹(Marking)은 세그먼트가 시작하거나 끝나는 곳에 마킹 값을 주어 그 값이 같은 점에서 상하 형상이 결합되어 가공하는 기능이다. [그림 12]의 왼쪽 그림이 마킹을 주어 원하는 형상으로 가공한 모습이고, [그림 12]의 오른쪽 그림은 마킹을 주지 않았을 때 본 시스템에서 임의로 분할하여 가공한 모습이다. 상하이형 가공시 반복 가공차수는 5차까지 지원되며 가공시작점, 정지위치, 시작위치를 지정할 수 있다. 또한 퇴각거리, 휴지시간 등도 지정된다. [그림 13]에서는 상하이형상 가공 지정메뉴인데 가공하는 두께를 100mm, 가공차수는 1차로 지정하였다.



[그림 12] 마킹 유무의 의한 가공 형태



[그림 13] 상하이형상 가공 메뉴

4. 결론

본 연구에서는 국산 와이어컷 방전기의 특성을 최대한 발휘할 수 있도록 설계되고 방전조건 데이터 베이스를 고려한 와이어컷 방전가공기의 전용 CAM 시스템을 개발하였다. 본 연구는 2

차원 CAD 모듈을 지원하는 인터렉티브 그래픽스 시스템을 개발한 후 와이어컷 방전조건 데이터 베이스와 가공조건 지정 모듈, 상하이형 가공 모듈 등을 구현하였다. 본 시스템은 윈도우 NT 기반에서 Visual C++(Version 6.0)언어를 개발 툴로 사용하였다.

본 전용 CAM 시스템은 개발된 와이어컷 방전가공기의 방전 조건을 최적화하여 자동으로 부여하는 지능형 CAM 시스템으로 개발되므로 목표 시장인 미주 및 유럽에서 방전가공기의 매출에 크게 기여할 수 있는 도구가 될 수 있을 것이다.

참고문헌

[1] 강희춘, 이준규; MS Jet 데이터베이스 엔진 프로그래머 가이드, 비앤씨, 1996.
[2] 이건범; "2단계 신경망 추정에 의한 와이어컷 방전가공조건 선정", IE Interface 10(3), 1997.
[3] 이건범, 주상윤, 왕지남; "와이어가공 조건 자동생성 2단계 신경망 추정", 한국정밀공학회지, Vol 15, No.2, 1998.
[4] (주)큐빅테크; 오메가 Reference Mannual, 1998.
[5] 최병규; CAD/CAM 시스템과 CNC 절삭가공, 희중당, 1996.
[6] 편집부; 와이어컷트 방전가공, 도서출판 기다리, 1990.
[7] B. K. Choi; Surface Modeling for CAD/CAM, EL SEVIER, 1991.
[8] Peter Norton, Virginia Anderson; Access97 Programming, SAMS, 1998.
[9] Wendy Sarrett; Visual C++ 6 Database programming, Wrox, 1999.