

전자 카탈로그식 절삭변수 선정의 자동화

(Electronic Catalogue Based Cutting Parameter Selection)

이 성열*
(Seong-Yeol Lee)

요 약 기존의 대부분 중소기업에서 사용하고 있는 공작기계의 절삭조건 선정방법은 공작기계, 절삭공구, 피삭재의 종류에 따라 절삭기사의 경험 또는 공구 메뉴얼의 권장값을 수작업으로 찾아서 이용하고 있는 실정이며, 절삭가공 비용의 증가가 따르게 되며, 특히 미숙련자가 현장에 배치될 경우는 이 문제는 더욱 일관성에서 떨어지게 된다. 이것은 결과적으로 가격 경쟁력을 약화시키는 요인이 되고 있다. 특히 CNC 공작기계가 주종을 이루는 경우는 NC 프로그래머가 공정계획에 따라 절삭작업공정을 프로그램 할 때 적절한 절삭변수들을 선정해주어야 하는데, 이 부분이 위에서 설명한 것처럼 수작업에 의해 탐색되어야 함으로 변수 선정의 부정확성은 물론 프로그래머에 따라 다르게 선택할 수 있게 되어 일관성이 결여된 선정을 초래하게 된다. 그러므로, 본 연구에서는 NC 프로그래머 또는 공작기계 조작자가 공구 및 피삭재에 대한 전문지식 없이도 적절한 절삭조건을 손쉽게 일관성 있게 찾을 수 있도록 MS 액세스 소프트웨어를 이용한 전자 카탈로그식 절삭변수 선정 시스템을 개발하였다.

Abstract This study presents an electronic catalogue based cutting parameter selection system using MS Access software. The proposed system has been designed to electronically select proper cutting conditions based on the stored data base. The existing approaches used in most small and medium sized companies are basically to use manufacturing engineer's experience or to find the recommended values from the manufacturing engineers handbook. These processes are often time consuming and inconsistent, especially when a new engineer is involved. Therefore, this study proposes a simple, yet quick and consistent electronic catalogue based cutting parameter selection method which uses MS Access in terms of programming and database implementation. Consequently, the proposed system could automatically generate the proper cutting conditions (feed, depth of cut, and cutting speed) as soon as the input data (proper information about the tool and work material) is given. Thanks to the simple structure and popularity of the MS Access, the engineer could be quickly accustomed to the system and easily modify/insert/delete the database if necessary.

1. 서 론

오늘날과 같은 치열한 경쟁의 시대는 고객, 생산업체, 협력업체 사이의 협업을 토대로 한 공급망 관리로 패러다임의 변화를 요구하고 있다. 이제는 생산효율보다는 고객이 요구하는 제품을 신속하게 공급할 수 있어야 생존할 수 있는 그 어느 때 보다도 생산 리드타임의 절감이 절실히 요구되는 시기이다. 이러한 시대적 요구에 부응하기 위해서는 우리나라 부품 공급업체의 주류를 차지하는 중소기업

에서의 생산 자동화 인프라 구축은 아마도 선결과제가 될 것이다.

본 연구는 생산 리드타임의 절감 및 절삭변수 선정의 자동화를 목적으로 기어부품을 주로 생산하는 중소기업인 E사에서의 선삭공정에서의 절삭변수 선정문제에 대한 사례연구를 다룬다. 우리나라의 대부분의 제조업체에서 절삭조건 선정은 흔히 NC 프로그래머 또는 공작기계 조작자의 경험 또는 공구제작사의 메뉴얼을 수작업으로 찾아서 그 추천값을 이용하는 실정이다. 여기서 수반되는 문제는 요즈음과 같이 3D 기피현상에 따라 오랜 경험을 가진 관련 기술자의 수가 점점 줄어들고 있는 점이다. 따라서, 현

* 관동대학교 인터넫산업정보공학과 교수

장의 기술자가 자주 새로운 인력으로 바뀌고 있는 실정이다

번호	소재명	공작기계	절삭공구	절삭조건	절삭속도	이송속도	절삭깊이
354	SANDVIK AI 절삭공구	non-raging	75	절삭공구	CO19D	공역	0.05-0.4 0.8-2.0 2000
355	SANDVIK AI 절삭공구	non-raging	75	절삭공구	H15A	공역	0.1 0.5-2.0 1525
356	SANDVIK AI 절삭공구	non-raging	75	절삭공구	H15A	공역	0.4 1.5-4.0 630
357	SANDVIK AI 절삭공구	non-raging	75	절삭공구	H15A	공역	0.6 3.0-1.0 350
358	SANDVIK AI 절삭공구	aged	90	절삭공구	CO19	공역	0.05-0.4 0.5-2.0 2000
359	SANDVIK AI 절삭공구	aged	90	절삭공구	CO19D	공역	0.15-0.8 1.5-4.0 2000
360	SANDVIK AI 절삭공구	aged	90	절삭공구	H10	공역	0.15-0.8 1.5-4.0 2000
361	SANDVIK AI 절삭공구	aged	90	절삭공구	H15A	공역	0.1 0.5-2.0 1525
362	SANDVIK AI 절삭공구	aged	90	절삭공구	H15A	공역	0.4 1.5-4.0 630
363	SANDVIK AI 절삭공구	aged	90	절삭공구	H15A	공역	0.6 3.0-1.0 350
364	KOLOY 절삭공구	직접소강	<150	절삭공구	ST10P	공역	0.05-0.3 0.8-2.0 2000
365	KOLOY 절삭공구	직접소강	<150	절삭공구	ST10P	공역	0.2-0.8 1.5-4.0 2000
366	KOLOY 절삭공구	직접소강	<150	절삭공구	ST10P	공역	0.5- 1.5-4.0 2000
367	KOLOY 절삭공구	직접소강	<150	절삭공구	ST20E	공역	0.2-0.8 1.5-4.0 2000
368	KOLOY 절삭공구	직접소강	<150	절삭공구	ST20E	공역	0.5- 1.5-4.0 2000
369	KOLOY 절삭공구	직접소강	150-250	절삭공구	ST10P	공역	0.05-0.3 0.8-2.0 2000
370	KOLOY 절삭공구	직접소강	150-250	절삭공구	ST10P	공역	0.2-0.8 1.5-4.0 2000
371	KOLOY 절삭공구	직접소강	150-250	절삭공구	ST10P	공역	0.5- 1.5-4.0 2000
372	KOLOY 절삭공구	직접소강	150-250	절삭공구	ST20E	공역	0.2-0.8 1.5-4.0 2000
373	KOLOY 절삭공구	직접소강	150-250	절삭공구	ST20E	공역	0.5- 1.5-4.0 2000
374	KOLOY 절삭공구	직접소강	150-250	절삭공구	ST10P	공역	0.05-0.3 0.8-2.0 2000

<그림 1> 샘플 절삭조건 데이터베이스 테이블

다. 여기서 기존의 수작업에 의한 절삭조건 선정은 사람에 따라 다를 수 있는 일관성의 결여와 새로운 관련자를 위한 선정방법 교육에 대한 막대한 시간 및 비용소모 등을 초래할 수 있다. 그러므로 본 연구에서는 절삭조건 선정방법에 대한 문헌연구와 한 중소기업에서의 현장실사를 통해 우리나라 중소기업의 실정에 적합한 전자 카탈로그식 선정방법을 소개하였다. E사를 위해 개발된 시스템의 프로그램 및 데이터베이스를 소개하여 다른 중소기업에서의 적용에 도움을 주는데 본 논문의 의의를 두고 있다.

2. 최적 절삭조건 선정방법

E사의 절삭변수 데이터를 수집 및 정리 요약 후, E사에서 실시하고 있는 기존의 수동식 절삭변수 선정방법의 개선을 목적으로 관련 문헌탐색연구를 통해서 다음과 같은 3가지 접근방법을 검토하였다.

[1] 실험식(또는 경험식)을 이용한 최적화 방정식 해법

이 방법은 표면조도, 칩생성 모형조건, 절삭온도 등을 나타내는 경험식과 공작기계, 절삭공구, 피삭재의 여러 제약들을 만족시키면서 소재 제거율(MRR: Material Removal Rate), 즉 절삭 속도, 이송속도, 절삭깊이를 최대화 또는 절삭비용 등을 최소화 해주는 절삭변수들의 조합을 유전 알고리즘 등의 최적화 기법을 이용하여 얻는 방법이다. [1], [6], [10]

하지만, 이 방법을 도입하기 위해서는 관련 실험식을 도출하기 위해서 서로 다른 절삭조건들에 대한 수많은 절삭실험이 수행되어야 하는 어려움이 있다.

[2] 과거의 데이터에 근거한 인공지능경망을

이용한 최적 절삭변수 선정법

이 방법은 과거의 데이터들의 특성들을 파악하고 학습하여 특정한 주어진 입력조건에 적합한 절삭 변수를 자동으로 찾아주는 해법이다. [4] 이 방법의 전제조건은 과거의 신뢰할 수 있는 충분한 절삭조건 데이터가 존재해야 하는 점이다.

[3] 데이터베이스 관리 소프트웨어를 이용한 전자 카탈로그식 탐색방법

이 방법은 기존의 절삭공구 메뉴얼, 핸드북 데이터들을 기초로 초기 절삭조건을 선정할 수 있고 동시에 관련자가 평상시에 사용하는 절삭공구, 피삭재, 공작기계들에 요구되는 데이터들을 정리 요약한 후, 데이터베이스로 구축하여 컴퓨터에 의해 손 쉽게 요구되는 절삭변수를 탐색해서 이용하는 방법이다. 이 방법의 특징은 피삭재, 절삭공구에 대한 전문적 지식이 없어도 쉽게 이용할 수 있도록 추천 절삭조건 범위를 제시하고 있어서, 최적값의 선택요령은 경험을 통하여 축적될 수 있을 것이다.

기존의 관련연구로는 MS 액세스를 이용한 온라인 절삭공구 전자 카탈로그의 개발 [4]이 있지만, 절삭조건은 포함되지 않았다.

위에서 언급된 3가지 접근방법 중 과거의 데이터들의 부정확성과 요구되는 데이터 량의 부족, 이용의 간편성 등을 감안하여 3번째 접근방법인 상용 데이터베이스 관리 소프트웨어인 MS 액세스를 이용한 전자 카탈로그 탐색법을 최종대안으로 채택하였다.

선정된 MS 액세스 기반 전자 카탈로그 탐색법의 장점은 다음과 같이 요약될 수 있다:

- ◆ 사용자가 피삭재, 절삭공구에 대한 전문적 지식이 없어도 쉽게 온라인 상에서 적절한 절삭조건을 얻을 수 있다.
- ◆ MS 액세스는 널리 이용되고 있는 소프트웨어인 MS 오피스 패키지 중의 하나여서 회사의 담당자가 쉽게 익숙해질 수 있다.
- ◆ 일단 데이터베이스가 구축되면 추후 회사의 담당자가 데이터베이스 테이블 화면에서 손쉽게 데이터베이스의 내용에 대한 수정 및 보안을 할 수 있다.
- ◆ 액세스 데이터베이스의 호환성 덕분에 추후, 웹기반의 시스템으로의 확장이 유리하다.
- ◆ 담당자가 바뀌더라도 같은 데이터베이스로부터 탐색이 이루어지기 때문에 언제나 동일한 입력조건에 대한 일관성 있는 결과를 제공하게 되어 생산성에 일관성을 유지시킬 수 있다.

3. MS 액세스 프로그램

MS 액세스 소프트웨어는 MS 오피스의 패키지 프로그램의 하나로 발표되어 다수의 고객을 확보하고 있는 엑셀에 대한 친숙감과 네트워크 PC에서의 호환성 덕분에 통합 생산관리 시스템 등의 응용에 많이 이용되어 왔다. 본 연구에서도 현장 기사들이 이미 엑셀 등에 익숙해 있는 점을 고려하고 또 장차의 네트워크로의 확장가능성을 고려하여 MS 액세스를 이용하여 절삭조건 입출력 프로그램과 데이터베이스를 구축하였다.

프로그램의 범위는 선삭작업에 한정하며, Kennametal, Koloy(한국야금), KTMC(대한중석), Sandvik 등 4사의 공구들에 대한 데이터베이스가 구축되었다.

3.1 절삭조건 데이터베이스

사용자의 편의성을 위해 데이터베이스를 하나의 테이블로 작성함으로써, 사용자가 한 테이블에서 쉽게 데이터의 추가/삭제/수정을 할 수 있도록 배려했다. <그림 1>은 절삭조건 데이터베이스 테이블의 한 예를 보여준다.

테이블의 구성은 11개의 컬럼으로 되어 있으며, 각 행은 일련의 관련정보를 나타내는 레코드로 되어 있다. 각 레코드는 공구 제작사별로 고유한 특성을 갖을 수 있으며, 또한 현장 이용자의 편의성을 위해 공구 제작사별로 정리되었다. <그림 1>에서 보여 주는 것처럼, 11개의 컬럼은 왼쪽부터 차례로 일련번호, 공구제작사, 피삭재 대분류/중분류, 피삭재 경도(BHN), 절삭형태, 공구재종, 절삭상태, 이송속도, 절삭깊이, 절삭속도로 구성되어 있다. 즉, 왼쪽 첫 번째 컬럼은 레코드 일련번호, 두번째 부터 8번째까지의 컬럼은 절삭의 입력조건 정보를 나타내며, 나머지 9번째부터 11번째까지의 3컬럼은 대응되는 추천 절삭조건을 의미한다.

여기서, 피삭재의 대분류는 탄소강, 저합금강, 고합금강, 스테인리스강, 회주철, 구상흑연 주철, 알루미늄 합금, 알루미늄 합금주물로 나누었으며, 이들 중 공구 제작사에 따라 다소 다르게 구성되었다. 대분류는 다시 피삭재의 화학성분 함량구성 및 열처리 방식에 따라서 탄소강은 탄소 함유량에 따라 저탄소강, 중탄소강, 고탄소강으로, 열처리 결과로는 Non-hardened, Heat treatment & Tempered, Annealed, 스테인리스강의 경우는 오스테나이트, Ferritic/Martensitic으로, 또 합금강은 non-hardened, 저인장강도, 고인장강도, 알루미늄 합금은 페라이트, 퍼얼라이트, non-aging, wrought & aging, aged, 다이캐스팅, Ferritic/Martensitic, free machining 등의 제작사별로 다소 다른 분류형태로 중분류 되었다. 절삭상태는 세공정도

에 따라 황삭/중삭/정삭으로 구분 되었다. 피삭재의 경도는 브리넬 경도를 의미하며, 절삭형태는 본 연구에서는 원통절삭의 경우에 한정하였지만 추후 홈가공, 나사절삭 등으로 확대될 수 있다. 공구재종은 제조회사별로 고유한 특성들을 갖고 있어서, 제조회사의 고유한 공구코드를 제조회사별로 정리하였다.

엑세스 소프트웨어의 소트와 쿼리 기능 덕분에, 현재의 테이블을 근거로 사용자는 요구되는 필드만을 포함하는 새로운 테이블을 다양한 형식으로 간편하게 생성시킬 수도 있다.

필요한 경우, 이 화면에서 사용자가 데이터의 추가/삭제/수정을 수행할 수 있다. 변경된 데이터베이스는 액세스 소프트웨어의 관계형 데이터베이스 특성 때문에 입출력 프로그램의 실행시에 자동적으로 반영되어진다.

3.2 절삭조건 입출력 프로그램

절삭조건 입출력 프로그램은 MS 액세스의 폼 디자인을 이용하여 하나의 화면으로 구성되었다. <그림 2>는 공구 및 피삭재 정보입력과 추천 절삭조건 출력화면의 한 예를 보여준다. <그림 2>에서 보여 주는 것처럼, <그림 1>의 데이터베이스의 일련번호 컬럼을 제외한 공구 제작사 등 2번째부터 8번째까지의 공구 및 피삭재 관련정보를 사용자가 입력하는 즉시 이송속도, 절삭깊이, 절삭속도 정보가 화면에 출력되도록 되어 있다. 출력된 절삭변수들은 본 연구에서는 공구 매뉴얼의 추천값을 그대로 이용하였으므로 범위값으로 주워지는 경우가 있는데, 이때는 어쩔 수 없이 이용자가 회사의 특정여건에 적합한 값을 그 범위 내에서 선정하여야 한다. 이때 일단 선정된 데이터를 영구적으로 데이터베이스에 반영하여 추후 이용할 수도 있지만, 추후 새로운 공구의 도입 또는 선정된 공구가 수리중이거나 재고가 없을 경우 등을 고려한다면 범위값으로 제공되는 편이 더 바람직할 것으로 사료된다. 또한 본 연구를 웹기반으로 확장하기 위해서는, 이용자의 다양한 절삭환경을 수용할 수 있는 범위값을 출력하는 것이 바람직할 것이다. 특정회사에 한정된 시스템을 구축하기 위해서, 그룹테크놀러지를 이용한 공구분류 및 코딩 등의 방법을 이용하여 부품의 특정 형상가공에 적합한 표준 절삭조건 또는 과거의 실제 이용되었던 절삭변수 값들이 참조를 위해 출력될 수 있는 시스템 개발에 대한 연구가 현재 본 연구팀에 의해 진행중에 있다.

본 시스템의 이용절차는 다음과 같이 요약될 수 있다.

[1] 사용자가 먼저, 공구 제작사를 선정하면 프로그램은 자동적으로 선정된 제작사에 대한 관련 정보들을 메뉴바 내에 보여 주게 되어 사용자가 쉽게 나머지 입력조건들을 선정할 수 있도록 해준다.

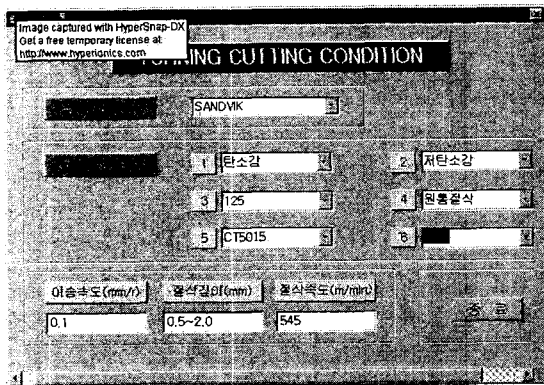
[2] 나머지 입력조건들 (피삭재 대/중분류, 경도, 절삭형태, 공구재종, 절삭상태)은 차례로 메뉴바 내에 보여지는 선택 메뉴 중 적절한 하나씩을 선택할 수 있다.

[3] 선택이 끝나는 순간 같은 화면의 맨 밑에 설계된 출력란에 추천 이송속도, 절삭깊이, 절삭속도를 프로그램이 자동적으로 보여준다.

[4] 출력된 추천값이 적절하면 초기변수를 그대로 선정하고, 그렇지 않으면 다른 입력조건들을 신속하게 다시 검토해 볼 수 있다.

4. 연구성과 및 결론

본 연구에서는 보통 수작업으로 이루어지는 중소기업에서의 절삭변수 선정방법을 개선 또는 자동화할 목적으로 선삭작업에 한해서 전자 카탈로그식 탐색방법으로 MS 엑세스를 이용하여 개발하였다.



<그림 2> 공구 및 피삭재 정보입력과 추천 절삭조건 출력화면의 한 예

개발된 프로그램은 보통 공구 제작사 별로 작성되어 있는 공구 매뉴얼과 회사에서 자주 사용하는 공구재종 및 축적된 절삭조건 경험들을 하나의 데이터베이스 테이블로 통합함으로써, 사용자가 손쉽게 온라인 상에서 요구되는 공구 및 피삭재에 대한 적절한 절삭조건을 일관성 있게 얻고자 하는데 의의를 둘 수 있다.

본 연구에서 개발된 프로그램의 특징 및 장점은 다음과 같이 요약될 수 있다:

[1] 피삭재, 절삭공구에 대한 전문적 지식이 없어도 쉽게 온라인 상에서 적절한 절삭조건을 얻을 수 있다.

[2] 본 프로그램은 널리 사용되고 있는 MS 오피스 패키지 내의 MS 액세스를 이용하여 작성되었으므로 초보 사용자도 MS 워드, 엑셀 등에서 낯익은 메뉴와 형식 덕분에 쉽게 익숙해질 수 있다.

[3] 데이터베이스가 하나의 통합 테이블로 구성되어 있어서, 데이터의 추가/삭제/수정이 용이하여 새로운 공구도입 등 회사의 절삭여건 변화에 쉽게 대처할 수 있다.

[4] 같은 데이터베이스를 근거하여 절삭조건을 추천해 줌으로써 사용자가 달라지는 경우에도 일관성 있는 절삭조건을 제시할 수 있으며, 새 사용자에게 수반되는 선정방법 교육비용도 획기적으로 절감될 수 있다.

[5] 절삭조건 선정에 컴퓨터 소프트웨어에 의해서 자동화함으로써 추후 회사의 ERP(전사적 자원관리) 시스템, 협업을 통한 공급망 관리 등의 구축 시에 용이하게 통합될 수 있다.

[6] MS 액세스에서 허용하는 웹 인터페이스 덕분에 추후 웹기반 시스템으로 확장이 용이하다.

참고문헌

[1] 고대조, 김희술, 김도균, "적응모델링과 유전알고리즘을 이용한 절삭공정의 최적화(I): 모의해석," 한국정밀공학회지, 제 3권, 제 11호, 1996, pp. 73-81.

[2] 김영진, 권순오 "절삭공구 자동 선정 프로그램 개발," 한국 CAD/CAM 학회 논문집, 제 3권, 제 3호, 1998년 9월, pp. 177-182.

[3] 김영진, 양영모, "Web 기반 적정 절삭공구 및 최적 절삭조건 선정에 관한 연구," 한국경영과학회/대한산업공학회 춘계공동학술대회 논문집, 2001년 4월.

[4] 신동오, 김영진, 고성림, "최적 절삭조건을 고려한 절삭공구 선정 프로그램 개발," 대한산업공학회 논문집, 제 26권, 제 2호, 2000년 6월, pp. 165-170.

[5] 이기택, "유전자 알고리즘을 이용한 칩형상의 제어와 절삭 최적화 연구," 석사학위논문, 연세대학교, 1998.

[6] 이성열, 광규섭, "진화 알고리즘을 이용한 절삭변수 선정의 최적화," 한국경영과학회/대한산업공학회 춘계공

동학술대회 논문집, 2001년 4월.

[7] 이영해, 양병희, "퍼지집합과 신경회로망을 이용한 기계절삭계수의 선정," 대한산업공학회 추계학술대회 발표논문집, 1995, pp. 343-349.

[8] 한동원, 고성립, 이진우, "피삭재와 공구재종의 상관관계에 근거한 적정절삭조건의 결정." 한국정밀공학회 논문집, 제 15권, 제 6호, 1998, pp. 79-89.

[9] Drozda, T. J., Ed., Tool and Manufacturing Engineers Handbook, Vol. 1, 4th ed., 1983.

[10] Jang, D. Y. and Seireg, A., "Machining Parameter Optimization for Specified Surface Conditions," ASME Journal of Engineering for Industry, Vol. 114, 1992, pp. 254-257.



이 성 열 (Seong-Yeol Lee)

1977년 인하대학교 기계공학과 학사
산업공학과에서 석사,
텍사스 주립대학교 산업공학 석사
노스다코타 주립대학교 산업공학
박사학위 취득

현재 관동대학교 정보기술공학부
인터넷산업정보공학전공 교수 재직중

관심분야 : CAPP, GT, 신경망 및 유전 알고리즘 응용