

가공 안정성을 고려한 작업설계시스템의 개발 Development of Operation Planning System Considering Machining Safety

박 병 태* · 서 지 한* · 김 홍 재* · 오 영 진**

Park Byoung Tae* · Seo Ji Han* · Kim Hong Jae* · Oh Young Jin**

Abstract

In manufacturing industry, cutting parameters have an influence on reducing the production cost and time and deciding the quality of a final product. However, owing to governmental regulations and the change of owner's cognizance, the machining safety becomes important in those fields relatively. The paper presents an intelligent operation planning system considering machining safety for milling operations. The main issue of the system is to determine the cutting parameters in achieving a balanced consideration of productivity and worker's safety. The detailed algorithm and functions of the developed system is introduced and then discussed.

Keywords : machining safety, operation planning, cutting parameters, operation planning system

1. 서 론

최근 정부 및 국제적 규제, 그리고 기업주의 인식 변화로 작업자 안전문제와 작업장의 작업환경개선을 고려한 생산기술이 중요시 되고 있으며 이에 대한 대응책을 마련하기 위한 다양한 연구가 진행되고 있다.

* 명지전문대학 산업시스템경영과

** 상지대학교 경영정보학과

이와 관련하여 제조 프로세스의 기본 목표인 제조생산성 및 경제성 향상뿐만 아니라 생산제조단계에서부터 가공폐기물이나 인체 유해물질의 발생을 억제하거나 최소화하고 작업자 안전요소도 동시에 고려하는 연구가 수행되었으며[1,2], 특히, 작업자 안전을 고려한 생산기술은 자재 및 공구 폐기량의 감소, 인체 유독성 감소, 절삭유 사용량 감소등과 같은 환경 측면과 에너지 절감, 가공율 향상, 제조원가 절감 등의 경제성 측면 그리고 안전한 작업방법이나 조건의 제시와 같은 작업자의 사고 방지와 예방을 동시에 강조하고 있다.

본 연구에서는 가공 안전성을 고려한 생산기술 개발의 일환으로, 밀링 절삭가공 공정을 대상으로 공정계획을 수행하는 공정계획시스템(CAPP ; Computer-Aided Process Planning)의 핵심 모듈인 작업설계시스템(Operation planning system)을 개발하였다. 일반적으로 공정계획은 공정의 종류와 순서를 결정하는 공정설계 기능과 개별 공정에서 필요한 세부 파라미터를 결정하는 작업설계 기능으로 구분할 수 있는데[3], 사용할 공구 및 홀더, 절삭조건(절삭깊이, 이송속도, 절삭속도 등)을 이 작업설계시스템에서 결정한다. 특히, 작업설계시스템에서 결정하는 절삭조건은 절삭량의 극대화를 통한 가공비용을 줄이는 한편, 과도한 절삭력에 의한 작업자의 사고와 제품 불량, 그리고 환경 문제를 사전에 방지하여 고품질의 절삭을 기대하기 위한 핵심 파라미터이다.

그러므로 본 연구에서는 이러한 작업설계시스템의 개발을 위하여 기존 연구[4,5]에서 제안하고 검증한 절삭조건 결정 알고리즘을 활용하여 작업자의 안전을 고려한 실질적인 시스템의 구현이 가능하도록 하였다.

2. 작업설계시스템의 설계

2.1 작업설계와 가공 메커니즘

공정계획은 공정의 종류와 순서를 결정하는 공정설계 기능과 개별 공정에서 필요한 파라미터를 결정하는 작업설계 기능으로 구분될 수 있다. 이 중 공정별 세부 작업내용, 이를 위한 공구 및 홀더, 절삭깊이 및 폭, 이송속도 및 절삭속도의 결정을 작업설계 단계에서 결정한다. 절삭가공 대상은 형상에 따라 회전형 가공물(Rotational part)과 각주형 가공물(Prismatic part)로 대별되는데[6], 전자는 선반에 의해 가공되고 후자는 밀링, 드릴링, 보링 머신 혹은 머시닝 센터에 의해 가공된다.

선삭공정들은 기본적으로 한 가지 메커니즘(Mechanism)으로 표현될 수 있고, 이차원 절삭으로 단순화할 수 있어 회전형 가공물의 공정 및 작업설계를 위한 비교적 실용적인 시스템이 발표되어 왔다[7-9]. 반면, 본 연구의 대상 공정인 밀링작업은 메커니즘을 대표할 수식이 제한적이며 공정과 공구의 종류가 다양하여 해석적인 알고리즘에 의한 시스템을 개발하는데 어려움이 있다. 그러므로 현재까지의 밀링 공정을 위한 실용적인 작업설계시스템에서는 가공 데이터 핸드북(Machining data handbook)등에서 제공하는 절삭조건을 이용하여 표준 절삭조건 데이터베이스를 구축한 후 공정, 재질

등에 따라 검색하게 되어 있다[10,11].

본 연구에서 개발된 절삭조건 최적화 모듈에서는 검색된 표준 절삭조건을 작업자의 안전을 고려하여 신경회로망(Neural network) 모델을 이용하여 수정하고 실 절삭 후 발생하는 절삭조건을 실시간 갱신하는 기능을 제공한다.

2.2 데이터베이스 설계

작업설계시스템의 개발을 위한 데이터베이스는 관련 데이터의 관계를 효율적으로 구현하고 현장 상황에 맞게 커스터마이징(Customization)이 가능한 구조로 설계 되었다.

작업자의 안전이 보장되면서 동시에 경제성을 달성할 수 있는 실현 가능한 작업설계 시스템을 개발하기 위해서는 의미 있는 절삭조건 관련 데이터의 수집이 매우 중요하다. 이를 위하여 본 연구에서는 다음과 같은 데이터를 수집하여 데이터베이스화 하였다.

- 가공 데이터 핸드북[12]에서 제공하는 표준 가공조건
- 공구 제조사에서 제공하는 가공 정보
- 현업에 종사하는 작업자의 가공 노하우 등

데이터베이스를 구축하기 위하여 앞에서 언급한 가공조건 데이터와 공구 제조사의 공구 카탈로그에서 제공하는 공구, 공구 홀더, 표준 절삭조건 데이터 그리고 현장에서 사용하고 있는 절삭조건 데이터 등을 이용하여 5종류의 기본 절삭가공 데이터베이스와 가공 지식 데이터베이스를 ORACLE RDBMS를 이용하여 구축하였다.

본 시스템에서는 작업설계 시 해당 작업내용에 대한 절삭조건 데이터가 작업설계이력으로 관리되며 해당 작업관련 정보가 있다면 그 정보가 가장 적절한 것으로 간주하여 작업설계 시 해당 절삭조건을 반영한다. 따라서 작업설계모듈에서 제공하는 절삭조건뿐만 아니라 실제 작업현장에 적용한 수정된 절삭조건을 제시할 수 있고 또한, 작업설계 개선 시 참고자료로 이용하여 반복되는 시행착오를 막을 수 있으므로 유사 가공조건에서 유용한 정보로써 활용되어 질 수 있다.

2.3 시스템 설계

자동으로 인식한 특징형상정보를 이용하여 공정설계 모듈에서 공정의 종류와 순서, 기계 등이 결정되면 작업설계시스템에서는 세부 공정별 작업내용을 결정하고 해당 작업내용에 맞는 공구, 공구홀더, 절삭량, 절삭조건을 자동 혹은 수동으로 결정할 수 있는 기능을 제공하여야 한다.

작업설계시스템의 구축을 위한 단위 시스템들의 내용을 소개하면 다음과 같다.

2.3.1 공구 및 홀더 결정

공정별 세부 작업내용과 가공 형상에 맞는 공구 및 홀더를 결정한다.

2.3.2 절삭량 결정

결정된 작업내용 및 공구, 홀더를 고려하여 절삭폭과 절삭깊이를 산정한다.

2.3.3 절삭조건 검색

결정된 작업내용 및 공구, 홀더, 절삭량을 이용하여 표준 절삭조건을 검색한다.

2.3.4 절삭조건 수정 및 필터링

검색된 표준 절삭조건을 작업자의 안전을 위하여 신경회로망 모델을 적용하여 수정하고, 수정된 절삭조건이 작업자의 안전과 기계의 용량을 만족하도록 공정별 실험식을 이용하여 판정하고 수정하는 필터링 작업을 수행한다[4,5].

3. 작업설계시스템의 구현

3.1 시스템 개요

본 연구에서 개발한 작업설계시스템은 공작기계 제조업체를 대상으로 Solid Edge, ACIS, MS Visual Basic/C++, ORACLE RDBMS 등을 이용하여 개발한 공정계획시스템의 한 모듈이다.

공정계획시스템에 CAD 파일 형태의 형상정보와 소재, 부품 및 제품에 대한 일반 정보가 입력되면 공차 정보를 입력하고 가공 대상인 특징형상을 자동으로 인식하고 추출한다. 대 공정설계 단계에서, 추출된 특징형상에 대하여 가공 공정을 선정하여 그 룩핑하고 해당 공정에서 사용될 기계를 결정한다.

다음으로 본 연구에서 개발된 작업설계시스템은 주어진 피삭재, 장비 및 공정 정보 등에 대하여 세부 작업내용을 결정한 후, 각 작업내용에 대하여 절삭공구, 공구 홀더, 절삭량을 결정하고 절삭조건을 검색, 수정 및 필터링한다. 특히, 개발된 시스템은 절삭공구, 공구 홀더, 절삭량 및 절삭조건을 자동 혹은 수동으로 결정할 수 있으며, 검색된 표준 절삭조건을 신경회로망 모델을 이용하여 보다 효율적으로 수정할 수 있는 기능을 제공한다. 필터링 모듈에서는 수정된 절삭조건이 선택한 공작기계의 성능에 맞는 지 체크하여 작업 시 과부하, 공구 부러짐 현상 등을 방지하여 작업자 안전성을 확보할 수 있으며 안전하지 않은 작업이라면 기계의 성능을 고려한 필터링 규칙에 의해 수정할 수 있도록 하였다.

3.2 작업설계시스템의 주요 모듈

입력된 공정정보와 형상에 대하여 세부 작업내용, 공구, 절삭조건 등을 출력한다. 공정별 세부 작업내용이 결정되면 각 작업내용에 대하여 대표 공구 정보와 세부 공구 검색 및 추천이 이루어지며 다음으로, 선택된 공구에 적당한 공구 홀더에 대한 개별 정보와 결합 정보를 제안한다. 공구 및 홀더가 결정되면 절삭 폭 및 깊이와 같은 절삭량 정보가 자동으로 계산되어 제안된다. Fig. 1은 작업설계시스템의 주 화면과 절삭량 결정 화면을 보여 준다.

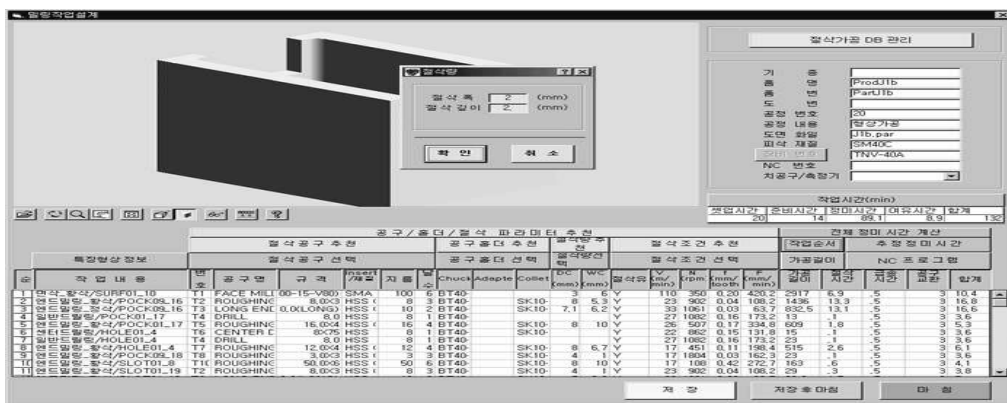


Fig. 1 작업설계 주화면 및 절삭량 결정화면

세부 작업내용에 대하여 지금까지 결정된 피삭재, 공구, 공구 홀더 및 절삭량 정보를 이용하여 다음 단계에서 표준 절삭조건을 검색한다. 다음으로, 검색된 표준 절삭조건은 실제 가공 환경과 작업자의 안전을 고려하여 신경회로망 모델을 이용하여 수정된다. 수정된 절삭조건은 작업자의 안전과 기계의 용량을 만족하도록 공정별 실험식을 이용하여 판정하고 수정하는 필터링 과정을 거친다[4,5]. Fig. 2는 표준 절삭조건의 검색과 이를 수정하는 화면이다.

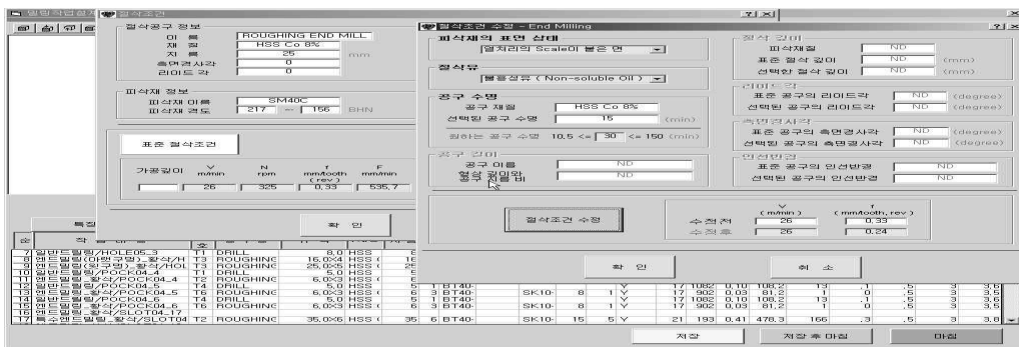


Fig. 2 절삭조건 검색 및 수정

본 작업설계시스템에서 사용하는 데이터베이스에는 가공 관련 데이터, 작업자의 가공 지식뿐만 아니라 작업설계시스템에서 제공된 작업내용, 공구 및 홀더 정보, 절삭조건 정보를 활용하여 작업자가 현장에서의 절삭작업을 통하여 얻어지는 최종 절삭조건도 포함한다. Fig. 3은 이러한 데이터나 지식을 관리하기 위한 화면을 보여 주는데, 이를 통하여 유사한 공정이나 동일 작업을 수행하기 위해 검색 시 현재 저장되어 있는 데이터 중 최적의 절삭조건을 학습하고 제공할 수 있다.



Fig. 3 데이터/지식 관리 화면

4. 결론

작업자 안전에 대한 정부의 규제와 작업자의 안전에 대한 요구로 인하여 많은 생산 현장에서는 가공의 경제성뿐 아니라 안전성을 고려한 생산기술에 대한 필요성이 대두되었다.

본 연구에서는 밀링 절삭가공 공정을 대상으로 작업자의 안전과 환경 문제를 고려한 최적 절삭조건을 결정하기 위하여 경험 지향적(Experience-oriented)인 방법을 적용하여 작업설계시스템을 개발하였다. 작업자의 가공 노하우나 지식을 규칙과 신경회로망 모델을 이용하여 모델링하였다. 또한 작업자 안전성을 고려하기 위하여 수정된 절삭조건에 대하여 기계 부하 등을 고려한 필터링 규칙을 수립, 적용하였다.

본 연구를 통하여 개발된 시스템은 과거 공정계획 전문가의 경험과 노하우, 그리고 공구 제조사의 카탈로그 등에만 의존하던 작업설계를 보다 합리적이고 분석이 용이하도록 작업자의 의사결정에 도움을 줄 수 있다고 생각되며 또한 공정계획 전문가가 부족한 현실에서 초급 작업자의 교육이나 업무 지원에도 많은 도움을 줄 수 있을 것이다.

향후, 시험 운영을 통해 발견되는 문제점을 보완하는 한편, 업체별로 특화된 가공 노하우나 가공 방법 등을 자체적으로 반영할 수 있는 기능 등을 추가로 개발하여야 한다고 생각된다.

5. 참 고 문 헌

- [1] Nadkarni S., "Health and safety requirements in electric arc welding and cutting", Chemical engineering world, Vol.21, No.8, pp. 77-78, 1986.
- [2] Samant Y., et al., "Profile of machine safety in small metal fabrication businesses", American journal of industrial medicine, Vol.49, No.5, pp. 352-359, 2006.
- [3] Zang H., Alting L. A., "Introduction to an Intelligent Process Planning System for Rotational Parts", Advances in Manufacturing System Engineering, ASME, Vol. 31, pp. 15-26, 1988.
- [4] Park B. T., Park M. W., Kim S. K., "Generation and Evolutionary Learning of Cutting Conditions for Milling Operations", International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Vol. 17, No. 12, pp. 870-880, 2001.
- [5] 박병태, "밀링작업에서 가공 안전성을 고려한 가공조건의 결정", 한국안전학회지, 제21권, 제6호, pp. 116-121, 2006.
- [6] Marri H. B., Gunasekaran A., Grieve R. J., "Computer-Aided Process Planning: A State of Art", International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Vol. 14, No. 4, pp. 261-268, 1998.
- [7] Zhiyong W., "Selection of Tool and Cutting Parameter in Heavy Lathe Machining", Tool Engineering, Vol. 37, No. 10, pp. 39-47, 2003.
- [8] Nalbant M., Gokkaya H., Sur G., "Application of Taguchi Method in the Optimization of Cutting Parameters for Surface Roughness in Turning", Materials & Design, Vol. 28, No. 4, pp. 1379-1385, 2007.
- [9] Sardinas R. Q., Santana M. R., Brindis E. A., "Genetic Algorithm-Based Multi-Objective Optimization of Cutting Parameters in Turning Processes", Engineering Applications of Artificial Intelligence, Vol. 19, No. 2, pp. 127-133, 2006.
- [10] Srinivasan M., Sheng P., "Feature based process planning in environmentally conscious machining - Part 1 : macroplanning", Robotics and Computer Integrated Manufacturing, Vol. 15, pp. 271-281, 1999.
- [11] Van Houten F. M., Vant Erve A. H., "PART: A CAPP System with a Flexible Architecture", Proceedings of CIRP International Work Shop on CAPP, pp. 57-69, 1989.
- [12] Machinability Data Center, Machining Data Handbook, Metcut Research Associates Inc., 1986.