

사례기반추론을 이용한 사출금형 공정계획시스템

최형림

동아대학교 경영정보학과
(hrchoi@daunet.donga.ac.kr)

김현수

동아대학교 경영정보학과
(hskim@daunet.donga.ac.kr)

박용성

동아대학교 경영정보학과
(b200009@daunet.donga.ac.kr)

.....

사출금형 공정계획이란 금형설계를 완료한 후에 설계된 금형을 경제적, 효율적으로 생산하기 위하여 수행하는 제조공정에 대한 계획이다. 이러한 공정계획은 전문가의 수작업에 의한 수립에 의한 문제, 전문가의 양성과 부족현상, CAD/CAM 시스템의 보급 및 생산형태의 다품종소량화 현상에 의해 자동화가 필요하다.

본 연구에서는 사례기반추론(Case-Based Reasoning)을 이용하여 IIMPPS(Intelligent Injection Mold Process Planning System)라는 사출금형 공정계획시스템을 개발하였다. 사출금형 공정계획을 자동화하기 위해서 사례기반추론을 사용한 이유는 사출금형이라는 제품은 금형의 종류와 구조 등에 따라 공정계획이 매우 다양하게 수립되지만, 성형품의 용도나 품명이 같은 경우에는 공정이 거의 유사하여, 과거에 수립된 공정계획이 새로운 금형의 공정계획에 매우 유용하게 사용될 수 있기 때문이다.

그리고 본 연구에서는 IIMPPS의 타당성을 평가하기 위하여 전문가의 정성적인 평가와 공정계획의 정확도 평가를 수행하였다.

.....

1. 서론

최근 국내의 금형제조업을 포함한 기계공업은 양적인 발전을 보이고 있으나, 아직도 대부분의 중소기업이 노동집약적인 가공중심적 수준에서 크게 벗어나지 못하고 있다.

금형공업의 경우 각종 수치제어 공작기계의 도입에 의한 하드웨어적 기반을 구축되어 있으나 이의 효율적인 운용을 위한 소프트웨어 구축은 미약한 단계이며, 일부 도입된 CAD (Computer-Aided Design)와 CAM(Computer -Aided Manufacturing)시스템도 적용대상에 대한 데이터베

이스의 구축이 되어 있지 않으므로 막대한 투자의 회수가 늦어지고 있는 실정이다. 또한 CAD와 CAM시스템 사이에서 교량역할을 수행하는 CAPP(Computer-Aided Process Planning)로 불리는 공정계획 자동화는 공정계획의 복잡함과 다양함 그리고 기타 제반환경의 미비로 인해 실행에 많은 어려움을 겪고 있다.

금형생산 있어서 설계단계와 제조단계를 연결하는 교량역할인 공정계획은 대부분 공정계획전문가(이하 전문가)의 현장경험에 의한 수작업으로 수립되는데, 이러한 수작업에 의한 공정계획수립은 공정계획수립에 많은 시간이 투자되어 전체

적인 생산을 지연시키며, 또한 공정계획전문가의 경험과 숙련 등에 따른 변동 및 부정확성 등 많은 문제점이 있다.

그리고 공정계획을 수립하는데는 생산가공기술과 작업방법 및 생산설비 등 많은 지식과 경험이 요구된다. 따라서 공정계획 전문가는 금형에 관한 전문적인 지식뿐만 아니라, 다년간의 현장경험이 요구되기 때문에 그 양성이 쉽지 않다. 미공군의 연구보고에 의하면, 전형적인 공정계획전문가는 현장에서 많은 경험을 쌓은 40세이상의 기술자라야 한다고 보고 있다. (금성사, 1989) 이렇게 전문가의 양성이 어려운 만큼 그 수가 적어서 일부 대기업체에서만 보유하고 있을 뿐 대부분의 중소금형업체에서는 공정계획전문가를 보유하지 못하고 있다. 국내의 금형업체의 대부분 중소기업의 업체가 대다수이며, 이러한 중소금형업체에서는 공정계획을 수립하고, 수립된 공정계획에 의한 생산이 이루어지지 않기 때문에 예정되지 않은 야근을 하여야 하며, 기계를 공정에 맞게 효율적으로 배분하여 사용하지 못하기 때문에 생산성이나 효율성 측면에서 많은 문제점을 가지고 있다.

또한 성형제품의 급격한 개발과 요구의 다양화, 모델교환의 빈번함에 따라 금형은 전형적인 다품종 소량생산체제에 의해 생산되는 제품으로, 이러한 생산체제에서는 금형의 신속한 개발이 주요한 문제로 대두되었다.

이러한 수작업에 의한 문제, 전문가의 양성의 어려움과 부족현상과 함께 CAD와 CAM시스템의 보급 및 생산형태의 다품종소량화 현상에 따라 공정계획의 자동화가 필요하게 되었다.

공정계획자동화에 대한 연구 및 시스템 개발은 주로 국외에서 기계가공부품을 대상으로 150여 시스템이 개발되었으나(Althing과 Zhang, 1989), 설계가 복잡하고 가공하는데 많은 시간이 소요되

는 금형을 대상을 하는 연구는 드물다. 국내에서 전문가의 지식을 이용하여 사출금형 공정계획 자동화에 접근한 연구가 있으나(조규갑, 1996; 금성사, 1989), 금형은 성형품의 종류에 따라 그 특성과 구조가 매우 다양하고, 또한 금형은 많은 부품들로 구성되어 있는 제품이기 때문에 각 부품들의 특성도 함께 고려해야 하는데 이러한 금형의 특성들을 모두 지식으로서 표현하는데는 한계가 있으며, 또한 금형은 전형적인 다품종 소량생산으로 그 라이프사이클이 매우 짧은 제품이다. 이러한 제품은 계속적으로 변경되고 변화되어가기 때문에 이러한 변화를 지식기반으로 수용하기에는 한계가 있는 것 같았다.

그래서 본 연구에서는 사출금형 공정계획자동화를 위해 전문가의 지식이 아닌 과거에 수립된 공정계획을 이용하는 사례기반추론(Case-Based Reasoning)을 통하여 접근하였다.

사출금형이라는 제품은 금형의 종류와 구조 등에 따라 공정계획이 매우 다양하게 수립되지만, 성형품의 용도나 품명이 같은 경우에는 공정이 거의 유사하여, 과거에 수립된 공정계획이 새로운 금형의 공정계획에 매우 유용하게 사용될 수 있다. 또한 실제 현장의 공정계획 전문가들도 과거의 공정계획을 새로운 공정계획의 출발점으로 이용하고 있다.

본 연구의 목적은 사출금형 공정계획을 자동화하는 시스템을 개발하는 것으로 사례기반추론을 이용한 사출금형 공정계획시스템(이하 IIMPPS (Intelligent Injection Mold Process Planning System))를 개발하였다. 이 시스템은 이전에 수립하였던 공정계획을 사례로서 표현하여 사례베이스에 저장하였다가 새로운 공정계획 수립 시 사례베이스에 저장되어 있는 공정계획 사례 중에서 가장 유사한 사례를 추출하고, 이 사례를 조정 및

수정하여 새로운 공정계획을 수립하는 시스템이다.

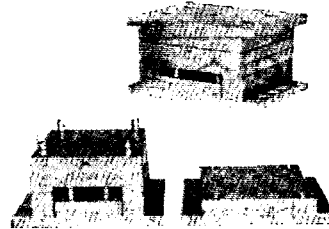
본 논문은 총 5절로서 구성되어 있다. 제 2절에서는 본 연구의 도메인인 사출금형 및 사출금형 공정계획에 대해 간략히 설명하고, 3절에서는 본 연구에서 개발한 IIMPPS의 전체적인 구조 및 흐름과 세부적인 특징인 사례의 표현 및 구성, 검색, 조정방법에 대해 제시하고, 4절에서는 IIMPPS의 개발환경과 성능을 평가한다. 마지막으로 5절에서는 본 연구의 결론 및 향후 연구과제를 제시한다.

2. 사출금형 공정계획

2.1 사출금형의 개요

사출성형은 열가소성 수지(熱可塑性 樹脂)로 일정한 형상의 성형품을 성형하는 작업으로 이러한 사출성형품을 생산하기 위한 수단으로 사용되는 것이 사출금형이다. 일반적으로 금형이란, 동일형상의 제품을 성형할 경우 사용하는 주로 금속재료로 구성된 “형” 또는 “틀”이라 정의하고, 아래의 <그림 1>과 같은 형태를 나타낸다(이창호, 1999). 금형의 사출성형용 금형은 극히 작은 성형품을 성형하는 소형으로부터 텔레비전 및 컴퓨터 케이스를 성형하는 대형에 이르기까지 다양하다. 또 형식 역시 2 플레이트 구성금형(two plate mold), 3 플레이트 구성금형(three plate mold) 및 특수금형 등이 있다.

최근에 기술혁신에 동반하는 시제품의 급격한 개발과 요구의 다양화 및 모델교환의 빈번함으로 인해 제품의 라이프사이클(Life Cycle)이 단축된 전형적인 다품종 소량생산체제를 따르고 있다.



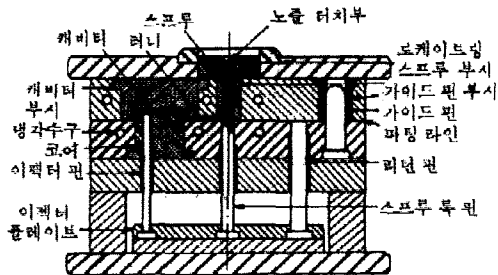
<그림 1> 사출 금형

2.2 사출금형 공정계획

제품설계를 완료한 후에 설계된 제품을 경제적, 효율적으로 생산하기 위하여 수행해야 할 제조공정에 대한 계획 즉, 설계에서 작성된 금형 부품의 기하학적 형상과 치수, 가공 등을 기본적으로 하여 제작에 필요한 제조공정을 결정하는 생산기술정보의 처리에 관한 계획을 공정계획이라 한다.(조규갑, 1996 ; 금성사, 1989) 이러한 공정계획은 설계와 제조를 연결시키는 역할을 수행하므로 제품의 전체생산 흐름에서 중요한 부분을 차지하고 있다.

사출금형의 공정계획을 수립한다는 것은 사출금형을 구성하는 각 부품들을 생산하기 위해서 적합한 공정과 공수를 할당하는 것이다. 사출금형은 코어, 캐비티, 고정측/가동측 형판 등과 같은 여러 가지 부품들이 조립되어 생산되는 제품이기 때문에 금형 자체를 생산하기 위한 공정계획이 아니라 금형을 구성하는 부품들에 대한 공정계획이 수립된다. 그리고 공정을 할당한다는 것은 공정을 수행할 기계를 할당하는 것과 같은 의미이다.

아래의 <그림 2>는 사출금형 중에서 2 플레이트 구성금형을 나타내며, 그림에서와 같이 많은 부품들로 이루어져 있다.



<그림 2> 2 플레이트 구성금형 부품

사출금형을 구성하는 모든 부품들이 공정계획에 고려되는 것이 아니라, 주요부품만을 고려하여 공정계획이 수립된다. 주요부품을 제외한 부속부품인 핀류와 나사류와 같은 부품들은 직접 제조되기보다는 표준화된 것을 구매하여 사용하기 때문에 공정계획의 수립 시 제외된다. 아래의 <표 1>와 <표 2>은 2 플레이트 사출금형을 구성하는 부품을 주요부품과 그 외 부속부품으로 나누는 것이다.

<표 1> 사출금형의 주요부품

고정측 부착판	이젝터 플레이트 상
가동측 부착판	이젝터 플레이트 하
스트리퍼 플레이트	스페이서 블록
받느판	이젝터 핀
러너 이젝터 핀	분할형 블록
로킹블록	고정측형판
가동측형판	코어
이젝터 슬리브	러너 스트리퍼플레이트

<표 2> 사출금형의 부속부품

로케이트 링	스프루 부시
가이드 핀 부시	스프루 록 핀
스톱핀	이젝터플레이트 가이드 핀
서포트 핀	서포트
플러 볼트	체인
고정나사	안장링크
스토퍼	코일 스프링
가이드핀	스톱 볼트
리턴 핀	러너 록 핀
이젝트 로드	앵글러 핀

2.3 사출금형 공정계획 자동화

CAPP라고 불리는 공정계획자동화는 현재 도입되어 있는 CAD와 CAM시스템을 연결시키는 역할을 수행하는 것으로 무인생산 또는 가상생산을 이루기 위해 선행되어야 하는 중요한 부분이다. 서론에서 이미 설명한 바와 같이 기계가공부분에서는 공정계획자동화에 대해서 많은 연구가 이루어졌지만, 사출금형 분야에서는 공정의 복잡함과 다양함 등 때문에 국내외적으로 많은 연구가 이루어지지 않았다.

일부에서는 사출금형 공정계획을 자동화하기 위해 전문가의 지식을 이용한 연구가 이루어졌지만, 사출금형은 성형품의 종류에 따라 다양한 구조와 특성을 가지며, 또한 사출금형은 CAVITY, CORE, PLATE 등과 같은 부품으로 구성되어 있어서 각 부품에 대한 특성들까지도 고려가 되어야 하기 때문에 지식의 복잡함과 표현의 한계가 있으며, 또한 사출금형은 다품종 소량생산 제품으로 제품의 형태가 매우 다양하며, 시간이 지남에 따라 변화되어야 하는데, 지식은 자체적으로 유지

관리하기가 힘든 단점을 내포하고 있기 때문에 금형의 변동 및 변화를 수용하기에는 어려움이 있었다. 그래서, 이러한 지식기반 자동화의 한계를 과거의 사례를 이용하는 사례기반추론으로서 극복하였다.

사례기반추론은 과거에 유사한 문제를 해결한 경험을 기초로 새로운 문제에 대한 해를 구하는 기법으로서 실제 인간의 추론과정과 유사하다는 장점 때문에 개념이 잘 정의되어 있지 않거나 규칙을 추출하기 어려운 분야의 문제 해결에 특히 유용하게 사용될 수 있다. 또 사례는 지식보다 유지관리하기가 쉽고 새로운 사례들을 계속해서 사례베이스에 축적해 나감으로써 지식의 불완전을 극복할 수 있는 장점을 가진다.

사례기반추론은 예측, 설계, 진단 등의 분야에 적용되고 있다. 사례기반추론 시스템은 우선 문제의 특성이 입력되면 메모리에 저장되어 있는 유사사례를 검색한다. 만약 정확하게 매칭되는 사례가 발견되면 직접적인 문제 해결에 사용되지만, 유사한 사례가 발견된 경우에는 입력된 문제를 해결할 수 있도록 변환시키는 과정이 필요하다. 이러한 과정을 조정(adaptation)이라고 하는데, 이 과정을 거쳐 문제를 해결하며, 그리고 이 해결 방안은 새로운 사례로써 사례베이스에 저장된다. 사례기반추론 시스템의 개발과정은 크게 사례표현(case representation), 색인 및 검색(indexing and retrieval), 조정(adaptation), 유지(retain)와 같이 4단계로 구성되어 있다. (Kolodner, 1991)

사출금형은 용도와 품명이 같은 제품은 그 공정이 유사하여 새로운 공정계획을 수립하는데 매우 유용하게 사용될 수 있으며, 또한 실제 현장의 공정계획전문가들도 과거의 공정계획을 새로운 공정계획 수립의 출발점으로 사용하고 있다.

사례기반추론을 통한 공정계획 자동화가 가져

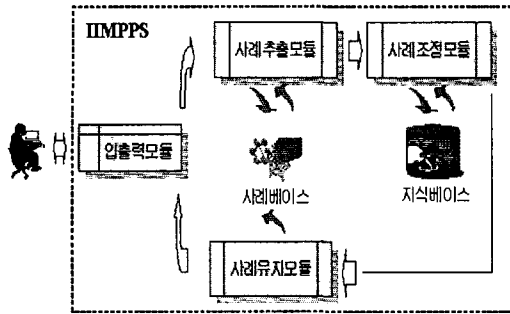
오는 장점을 정리하면 아래와 같다.

- 활용할수록 사례가 증가되기 때문에 성능이 좋아진다.
- 사례의 유지관리가 지식에 비해서 쉽다.
- 공정계획의 유연성이 증가한다.
- 현장 전문가의 공정계획수립 절차에 따른다.

3. 사례기반추론을 이용한 사출금형 공정계획시스템 (IIMPPS)

3.1 전체적인 시스템의 구조

본 연구에서 개발한 IIMPPS (Intelligent Injection Mold Process Planning System)는 사례기반추론을 이용하여 사출금형의 공정계획을 수립하는 시스템으로, 사출금형 특성인 용도, 품명, 모델, 공정기간, 금형크기, 금형구조, 부품수와 그 금형의 부품 특성인 부품명, 재질, 부품크기를 입력받아 이러한 특성과 가장 유사한 과거의 사출금형의 공정계획을 사례베이스에서 추출하여 그 사례를 이용하여 새롭게 주문된 사출금형의 공정계획을 수립하는, 즉 각 부품들을 생산하기 위해서 적합한 공정과 공수를 할당하는 시스템이다. 추출된 과거의 사례가 새로운 사출금형의 조건과 같으면 IIMPPS를 통해 수립된 공정계획이 그대로 적용하고, 유사한 경우에는 적절한 조정과정을 거친다.



<그림 3> IIMPPS의 전체적인 구조

위의 <그림 3>은 IIMPPS의 전체적인 구조와 흐름을 보여주고 있다. IIMPPS는 크게 네 개의 모듈로 구성되어 있다. 공정계획을 위한 정보를 입력받고 수립된 공정계획을 출력하는 입출력모듈, 가장 유사한 사례를 검색 및 추출하는 사례추출모듈, 추출된 사례가 바로 새로운 금형의 공정계획에 적용되지 못하고, 적절한 사례의 조정이 필요한 경우 사용되는 조정모듈, 그리고 마지막으로 사례베이스를 유지하기 위한 유지모듈이다. 입력모듈에서는 유사한 사례를 추출하기 위해 새로운 주문금형의 일반적인 특성과 구조적인 특성을 입력받는다. 그리고 검색모듈에서는 입력된 정보와 사례베이스에 저장되어 있는 사례들을 차례대로 검색하면서 유사도를 측정하여 가장 유사한 사례를 추출한다. 그리고 조정모듈에서는 추출된 사례에 대해서 조정이 필요한 경우 이를 위한 사례조정 지식베이스를 이용하여 사례를 수정, 보완한다. 마지막으로 유지모듈에서는 과거의 사례를 통해서 새로운 금형의 공정계획이 수립된 후 이 사례를 사례베이스에 다시 저장하는 모듈이다.

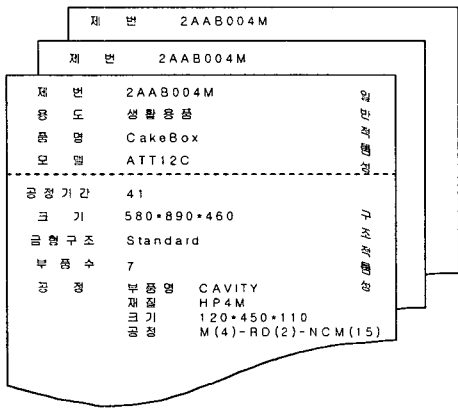
3.2 입출력모듈

(1) 사례의 표현 및 구성

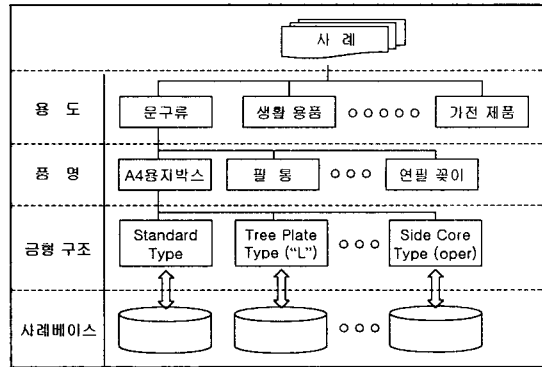
사례기반추론에서의 문제 해결은 현재 주어져 있는 문제와 과거의 유사한 문제를 찾아 그 문제의 해결방안으로부터 새로운 문제의 해결방안에 대한 단서를 얻고자 하는 것으로 사례는 항상 문제와 답을 가지고 있도록 설계되어야 한다.(황하진, 1998) 사출금형의 공정계획문제에서는 여러 가지 용도와 구조적 특성을 지닌 금형이 '문제'이며, 그 금형을 생산하기 위하여 수립된 공정계획이 '답'이 된다.

사례의 표현에는 일반적으로 객체지향방식, 프레임(frame)기반 방식 등이 많이 사용되나, 본 시스템의 사례표현방식은 프레임기반 방식을 채택하고 있다. <그림 4>에서 보는 바와 같이 각 사례는 제번, 용도, 품명, 모델, 공정기간, 크기, 금형구조, 부품수, 공정 슬롯(slot)으로 구성되어 있다.

또한 사례는 유사한 사례를 효율적으로 추출하기 위한 속성들로 구성되어야 하는데, 본 연구에서는 현장에서 전문가들이 금형을 구별하는 데 사용하는 제번, 용도, 품명, 모델 슬롯과 같은 금형의 일반적인 특성과 공정계획 수립 시 영향을 주는 공정기간, 크기, 구조, 부품수와 같은 금형의 구조적인 특성으로서 사례를 구성하였다. 특히 금형의 일반적인 속성인 용도, 품명 그리고 금형의 구조적인 특성인 금형구조는 각각의 사례들을 대표하는 주요 요인(Key Attribute)이 된다. 또한 이 주요 요인들은 사례를 분류하는 척도로서 활용된다.



<그림 4> 공정계획 사례의 표현



<그림 5> 사례베이스의 구조

3.3 사례추출모듈

(1) 사례베이스의 구조

사례기반추론(CBR)에서 문제해결을 위하여 모든 사례들을 하나씩 검색해야 하는 사례베이스 구조를 가지면, 그 크기가 방대해 질수록 그 효율성이 저하된다. 그래서 본 시스템의 사례베이스 구조는 검색의 효율성을 높이기 위하여 사례들이 사례를 대표할 수 있는 주요 요인(Key Attribute)인 '용도', '품명', '금형구조'로서 분류되어 있다.

본 시스템의 검색방법은 사례를 대표할 수 있는 주요 요인으로서 분류하는 귀납적 방법과 분류된 사례들을 다시 항목값의 순서에 따라 순차적으로 배열하고 검색하는 최근사법(Nearest Neighborhood Approach)을 혼합하여 사용하고 있다. 즉, <그림 5>에서와 같이 문제해결을 위하여 금형의 특성 중에서 같은 용도를 가진 그리고 같은 품명과 금형구조를 가진 그룹을 검색하고 그 그룹 내에서 사례들의 슬롯값을 비교하여 가장 유사한 사례를 찾는 트리형태의 검색구조를 가지고 있다.

(2) 유사성 척도 함수

과거의 사례와 주어진 주문조건과의 유사성의 비교는 각 사례에 대해 항목 대 항목의 비로써 이루어지며 이때 전체 항목의 유사성을 종합하여 사례의 유사정도를 평가한다. IIMPPS에서는 금형의 크기와 부품의 크기, 공정기간, 부품 수에 적절한 가중치를 부여하고, 이 항목에 대해서 유사성을 측정한다.

$$SM(\text{prob}, \text{case}_i) = \sum_{k=1}^n \text{weight}_k \times MF(\text{attr}_{\text{prob},k}, \text{attr}_{i,k})$$

SM(prob, case_i) : 주어진 problem과 case_i간의 유사성 계수
 prob : 주어진 문제
 case_i : 사례베이스에 저장된 i번째 case
 weight_k : case의 k번째 항목의 가중치
 MF(attr_{prob,k}, attr_{i,k}) : problem의 k번째 항목과 case_i의 k번째 항목의 Matching Function값

이때 각 항목간의 유사한 정도를 나타내는 유사성매칭함수(Matching Function)는 현재사례의 항목과 과거 사례의 항목이 가지는 값에 따라 점 비교함수와 구간비교함수라는 다른 두 가지 형태의 함수를 적용하는데, IIMPPS의 경우 유사성 평

가를 위해 비교되는 값 즉, 금형 및 부품의 크기, 공정기간, 부품 수가 점의 형태로 표현되기 때문에 점비교함수를 사용한다.

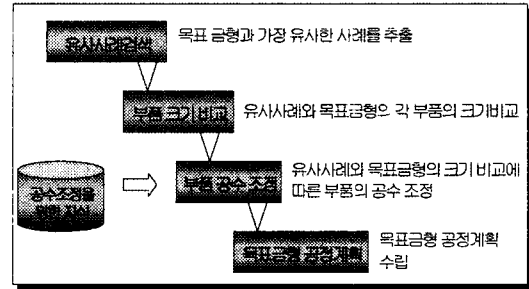
3.4 사례조정 모듈

사출금형업체에서는 같은 성형품을 생산하기 위한 금형을 만드는 경우도 있지만, 그렇지 않은 경우도 있다. 즉 과거에 생산한 사출금형과 똑같은 금형을 생산할 경우에는 과거의 공정계획을 새로운 금형의 공정계획으로서 바로 적용할 수 있지만, 금형의 구조와 부품의 크기 등과 같은 특성이 다른 경우에는 과거의 공정계획을 그대로 적용할 수 없다. 따라서 정도의 차이는 있지만 공정계획의 차이를 보정해 주기 위한 일련의 과정을 거쳐야만 비로소 새로운 금형생산에 적용할 수 있는 공정계획이 된다.

IIMPPS에서는 부품별 공수에 대해 조정과정을 거친다. 금형의 용도와 품명, 금형구조 등이 유사한 사례는 부품의 종류와 각 부품별 형상이 거의 유사하다. 예를 들어 A4용지박스 사출금형을 생산함에 있어 크기가 다른 A4용지박스를 생산하는 사출금형은 이전의 A4용지박스 사출금형의 공정계획과 공수에서만 차이가 날 뿐, 부품의 종류와 형상이 거의 유사하다는 것이다. 그리고 각 공정의 공수에는 부품의 크기와 형상이 영향을 미치나, 위에서 설명한 것과 같이 유사한 사례일 경우 부품의 형상이 유사하기 때문에 부품의 크기만을 고려하여 아래와 같은 사례의 조정과정을 거친다. <그림 6>은 사례의 조정과정을 나타낸 것이다.

- Step 1) 새로운 사출금형의 부품과 유사사례의 부품크기를 비교한다.

- Step 2) 비교한 결과가 같으면, 공수를 그대로 적용하고,



<그림 6> 사례 조정의 단계

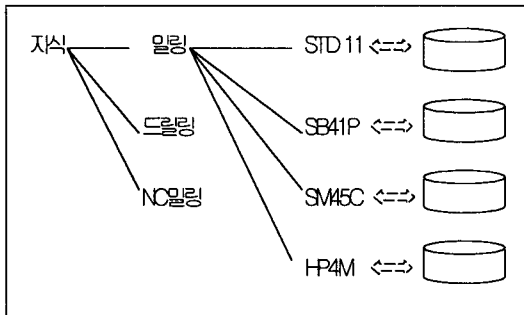
- Step 3) 비교한 결과가 다르면, 부품크기에 따른 공수를 나타내는 지식을 추출하기 위해 지식베이스를 검색한다.
- Step 4) 적절한 지식을 선택한다.
- Step 5) 부품의 공정에 적절한 공수를 할당한다.

```

(Milling-STD11_rule_002
(공정 ?a)
(재질 ?b)
(가로 ?c)
(세로 ?d)
(높이 ?e)
=>
(If ?a = "Milling" & ?b = "STD11" & ?c = +10
?d = +20 ?e = +10)
then ( Increase Milling공수 by 1))
  
```

<그림 7> 지식의 표현

사례의 조정은 공수를 조정하기 위한 지식으로 이루어지며, 이러한 지식은 부품의 크기별 공정의 공수로서 <그림 7>과 같이 IF-THEN 구문으로 표현된다.



<그림 8> 지식베이스의 구조

이러한 지식은 실제 현장에서 사용하고 있는 공정별 표준시간 테이블과 표준시간 산출공식 및 실제 공정시간에 대한 측정 등을 기반으로 IIMPPS에 적절한 지식으로 변환하였고, 습득된 지식을 전문가와의 면담과 함께 실제 측정을 통해 검증하였다.

<그림 8>은 지식베이스의 구조로서, 지식베이스도 사례베이스와 같이 검색의 효율성을 위해 각 공정과 원재료의 재질별로 분류되어 구성되어 있다.

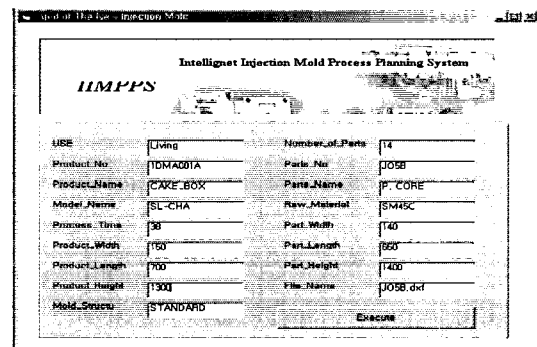
4. 프로토타입 시스템 개발 및 평가

4.1 프로토타입 시스템 구현

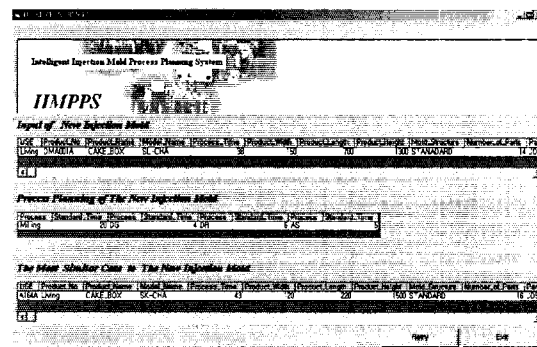
본 연구에서는 IIMPPS의 프로토타입(이하 IIMPPS)을 도구와 환경을 이용하여 개발하였다. 본 시스템의 전체적인 구조는 <그림 3>에서 이미 소개하였다.

- OS : Window 2000 Server
- 사례베이스 : M/S SQL 2000
- 개발 Tool : Visual Basic 6.0

<그림 9>는 IIMPPS의 입력화면으로 유사한 사례를 추출하기 위한 그리고 공정계획을 수립하기 위한 속성들을 입력하는 화면이다. 이러한 입력사항은 3장 사례의 표현에서 이미 설명한 속성들이다. 그리고 공정계획은 설계도면을 기반으로 수립되는 것이기 때문에 설계도면파일을 부가적으로 입력하여, 공정계획의 정확성 평가 시에 효율적으로 활용하였다.



<그림 9> IIMPPS의 입력화면



<그림 10> IIMPPS의 출력화면

<그림 10>은 IIMPPS 모든 과정을 거치고 수립된 공정계획을 보여주는 것으로 3부분으로 구성되어 있다.

<표 3> "Cake-box" 공정계획표

부품명	기계명(공수)	기계명(공수)	기계명(공수)	기계명(공수)	기계명(공수)	기계명(공수)	기계명(공수)
가동측형판	LM(18)	RD(20)					
고정측형판	LM(17)	RD(10)					
이젝트판	MM(6)	RD(2)					
고정측/가동측 설치판	MM(6)	RD(2)					
가동측코어	MM(4)	RD(7)	NCM(19)	ES(4)	SF(10)		
고정측코어	MM(4)	RD(8)	NCM(25)	ES(4)	SF(10)		
스트리터 판	MM(22)	RD(4)	ES(3)	SF(5)			

제 번	AJ-117
품 명	Cake-Box
도면번호	AJ-C238

준비작업기간	15일
조립작업기간	2일
제작기간	35-40일

담당자	
최장균	

"Input of New Injection Mold"은 공정계획을 수립하기 위하여 입력한 사항들을 보여주는 부분이고, "Process Planning of The New Injection Mold"는 입력된 금형의 공정계획을 보여주는 것이다. 즉, IIMPPS의 결과부분인 것이다. 그리고 마지막으로 "The Most Simulator Case to The New Injection Mold"는 결과부분의 공정계획을 수립하기 위하여 추출된 가장 유사한 사례를 보여주는 것이다.

4.2 시스템 평가

IIMPPS의 타당성을 평가하기 실제 현장의 공정계획을 수집하고, 이를 이용하여 평가하였다. 평가는 전문가의 정성적인 평가와 정확도 비교를 통한 평가를 수행하였다.

(1) 사례데이터

IIMPPS의 타당성을 평가하기 위해 실제로 현

장에서 수립된 공정계획을 이용하였는데, 중소기업에서는 실제로 공정계획을 수립하여 생산하지 않기 때문에, 이미 생산된 금형에 대해 각 공정들을 역추적하여 공정계획을 작성하였다. 이 공정계획은 생산 전에 수립된 공정계획보다 높은 신뢰성을 갖는다. 공정계획 또한 하나의 계획이기 때문에 실제로 생산을 수행하던 중에 변경되는 경우가 많기 때문이다. <표 3>은 실제로 수행한 금형에 대한 공정계획을 역추적하여 작성한 공정계획표이다.

IIMPPS 타당성 평가에 사용된 금형은 '케이크박스', 'A4박스', 'T엘보', 'Inlet-Grill 3 모델' 등이며, 이러한 금형으로서 구성한 사례는 각 금형이 포함하고 있는 부품들을 포함하여 약 100여개 구성하였다.

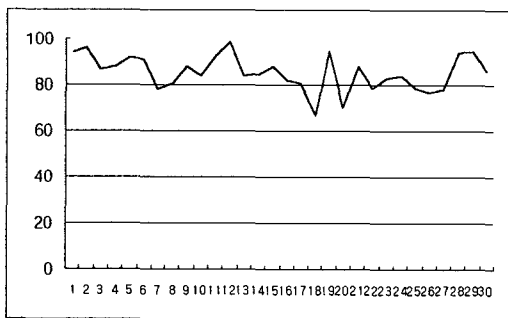
(2) 평가 방법

IIMPPS의 타당성을 평가하기 위하여 실제 현

장에서 공정계획 사례를 수집하여 IIMPPS를 수행하고, 수행된 결과를 전문가에게 문의하여 그 타당성을 인증 받았다. 전문가에게 타당성을 인증 받기 위하여 전문가에게 수립된 공정계획과 금형의 설계도면을 함께 제시하고 전문가는 그 두 가지를 비교하여 평가하는 방법과, 같은 금형에 대해 전문가가 수립한 공정계획과 IIMPPS가 수립한 공정계획을 전문가가 서로 비교하는 방법을 수행하였다.

하지만 전문가에 의한 평가는 정성적이고, 전문가에 따라 다르게 평가되기 때문에, 이러한 평가와 더불어 이미 수립된 공정계획과 IIMPPS를 통해 수립한 공정계획을 서로 비교하여 정확성을 평가하였다. 정확성은 공정계획에서 차이가 나는 공정과 공정의 수, 공정의 순서, 그리고 공수의 차이를 측정하여 산출하였다. 각 기준에 점수를 부여하고, 차이가 나는 비율에 따라 점수를 감하여 정확성을 측정하였다. 공수의 경우, 변화율에 따라 차이가 있으므로 이미 수립된 공정계획의 공수를 기준으로 IIMPPS를 통해 수립된 공정계획의 공수의 차이비율을 측정하였다.

<그림 11>은 공정계획의 정확성을 측정된 결과표이다.



<그림 11> IIMPPS의 정확도 평가

x축은 공정계획수립횟수이며 y축은 공정계획 수립의 정확도를 나타낸 것이다. 결과를 보면 대부분 80%-90%의 정확도를 보이고 있다. 정확도에서 차이가 나는 것은 공정의 순서와 공수의 차이가 주 이유인데, 공정의 순서의 차이는 이미 수립된 공정계획은 실제 생산에 기반하여 수립된 것이기 때문에 예외적인 사항이나, 공정계획을 수립할 때의 환경 등이 반영된 공정계획이고, 시스템에서 수립되는 공정계획은 객관적이고, 표준적인 공정계획이기 때문에 약간의 차이는 있다. 그리고, 공수 역시 실제 수행된 공정에서 추출된 공수와 계획된 공수의 차이이다. 하지만 이러한 차이는 전체적인 공정계획에는 전혀 영향을 미치지 않는다.

그리고 각 부품에 대해서도 약간의 차이를 보였는데, 단순한 공정으로 생산되는 부품이 복잡한 공정으로 생산되는 부품보다 좀 더 높은 정확성을 보였다.

전문가의 판단이나, 공정계획 정확성의 평가를 통하여 IIMPPS의 타당성을 확인할 수 있다.

5. 결론 및 향후 연구사항

본 논문은 사출금형 공정계획의 자동화를 위해 사례기반추론을 이용한 IIMPPS를 개발하였다. IIMPPS는 과거의 공정계획을 사례로서 표현하여 이를 사례베이스에 저장하고, 새로운 금형의 공정계획의 수립 시 가장 유사한 사례를 사례베이스에서 추출 및 조정하여 새로운 금형의 공정계획을 수립하는 시스템이다. 이 시스템을 통하여 공정계획 전문가들은 좀더 효율적인 공정계획을 작성할 수 있으며, 공정계획 수립 시간 단축시킬 수 있다. 그리고 공정계획 전문가의 부족으로 인해

공정계획 전문가를 보유하지 못하고 있는 중소기업에서도 이 시스템을 통해 공정계획을 수립할 수 있으며, 수립된 공정계획에 의해 효율적으로 제조공정을 수행할 수 있으며, 또한 효율적인 공정수행으로 인해 비용을 절감시킬 수 있다.

중소기업형업체에서 이 시스템을 사용함으로써 얻을 수 있는 기대효과를 정리하면 다음과 같다.

- 공정계획 전문가를 두지 않아도 된다.
- 필요치 않은 야근과 철야작업을 하지 않으므로 생산원가를 줄인다.
- 수립된 공정계획에 의해 생산이 이루어지므로 생산성을 향상시킨다.
- 각 공정을 적절하게 기계에 배분하기 때문에 생산을 효율성을 향상시킨다.

그리고, 실질적으로 생산하지 않아도 공정계획을 수립할 수 있기 때문에 IIMPPS에 의해 수립된 공정계획과 현재 자사의 설비상태와 로드된 작업에 따라 새로운 주문에 대한 수락여부를 판단할 수 있는 자료가 된다. IIMPPS에 나타난 공수를 판단하여 현재 로드된 작업과 함께 수행했을 때, 주문을 적절하게 수행하지 못하면 주문을 받아들이지 않을 것이고, 그 반대의 경우라면, 주문을 받아들일 것이다. 이는 중소기업형업체들이 아무런 계획 없이 또는 무리하게 주문을 받아들여 도리어 손해를 보는 경우를 없애 줄 것이다.

본 연구의 기여점은 지금까지 국내외적으로 연구가 드문 사출금형 공정계획의 자동화를 위해 사례기반추론이라는 새로운 방법을 통해 접근하여 자동화 시스템을 개발하고, 이를 검증한 것이다. 그리고 이 시스템은 사출금형업체에게 많은 이익을 가져줄 것이라 확신한다.

IIMPPS는 충분한 사례들을 기반으로 수행되

기 때문에 앞으로 좀 더 효율적이고 지능적인 시스템이 되기 위해서는 이러한 사례들을 도면파일에서 자동적으로 표현 및 구성할 수 있는 자동학습부분을 추가로 개발을 하여야 할 것이다.

참고 문헌

- [1] 고영관, 박상혁, 서민수, 임여중, "사례기반 추론을 이용한 열연제품 품질설계지원 시스템", *한국전문가시스템학회지*, 제3권, 1호(1997), 101-109
- [2] 금성사, *금형공정설계의 자동화시스템 개발(II)*, 1989
- [3] 조규갑, 오정수, 임주택, 노형민, "사출금형부품 가공을 위한 공정계획 전문가시스템의 개발사례", *한국전문가시스템학회지*, 제2권, 1호(1996.06), 27-44
- [4] 이재식, 전용준, "사례기반 추론에 근거한 설비 이상 진단 시스템", *한국전문가시스템학회지*, 제1권 2호(1995) 85-102
- [5] 이재식, 김영길, "규칙 및 사례기반의 하이브리드 고장진단 시스템", *한국전문가시스템학회지*, 제4권, 1호(1998.06) 115-131
- [6] 이창호, "전자상거래 환경하에서의 가상생산 에이전트 설계 및 구현 방안 연구", 동아대학교 경영정보학과 석사학위논문, (1999)
- [7] 일본플라스틱가공기술협회, 역 홍명웅, *사출금형의 기본과 응용*, 기전연구사, 1995
- [8] 유병열, *사출금형설계입문*, 12판, 성안당, 2000
- [9] 황하진, "사례기반추론을 이용한 컴퓨터지원설계시스템의 개발", *한국정보시스템연구*, 제7권 2호(1998) 173-190
- [11] Alting, L. and Zhang, H., "Computer Aided Process Planning : The state-of-the-art survey, *International Journal of Production Research*, Vol.27, No.4(1989) 553-585
- [12] Barletta, R., "An Introduction to Case-Based

- Reasoning", *AI Expert*, Vol.6, No.8(1991) 42-49
- [13] Center for Intelligent Systems, *Creating a Case-Base using CASL: CASL description document v2*, UW Aberystwyth, 1996
- [14] Center for Intelligent Systems, *An Introductory Guide to Caspian: Caspian document v2*, UW Aberystwyth, 1996
- [15] Eversheim, W. and Schneewind, J., "Computer-Aided Process Planning-State of the Art and Future Development", *Robotics & Computer-Integrated Manufacturing*, Vol.10, No. 1/2(1993) 65-70
- [13] Karen Ketler, "Case-based reasoning : an introduction", *Expert Systems With applications*, Vol.6(1993) 3-8
- [14] Kolodner, J., *Case-Based Reasoning*, Morgan Kaufman Publishers, 1993
- [15] Kolodner, J., "Improving Human Decision Making through Case-Based Decision Aiding", *AI Magazine*, Vol.12, No.2(1991) 52-68
- [10] Schank, R. C., *Inside Case-based Reasoning*, Lawrence Erlbaum Associates, 1989

Abstract

Intelligent Injection Mold Process Planning System Using Case-Based Reasoning

Hyungrim Choi*

Hyunsoo Kim*

Yongsung Park*

The goal of this research is to develop of an intelligent injection mold process planning system using Case-Based Reasoning. Injection mold process planning is the planning of manufacturing process to produce an injection mold economically and efficiently. Automation of the process planning is required because the problems of handmade scheduling, the difficulty of training experts for process planning, the lack of domain experts, the spread of CAD/CAM system and flexible manufacturing.

This research uses Case-Based Reasoning because the injection mold process planning is devised variously and complicatedly, but the process planning of similar injection molds is very similar to each other.

The system that is developed by this research uses cases that are collected in a case base when planning the process of new injection mold. New injection mold process planning is devised by retrieving a case that was made from the most similar injection mold.

This research presented and composed the cases of injection mold process planning, and devised a method of search and adaptation, and developed an intelligent injection mold process planning system with the experimental results.

Key words: Intelligent Injection Mold Process Planning System(IIMPPS), Injection Mold Process Planning, Case Base Reasoning

* Dept. of Management Information System, Dong-A University