

CATIA CAD 시스템 기반 핫폼금형의 냉각수로 설계 자동화에 관한 연구

김강연^{1*}, 박시환¹, 김상권², 박두섭³

¹울산과학기술대학교 기계공학부, ²기혼엔지니어링(주), ³PDS솔루션(주)

A Study on Design Automation of Cooling Channels in Hot Form Press Die Based on CATIA CAD System

Gang-Yeon Kim^{1*}, Si-Hwan Park¹, Sang-Kwon Kim², Doo-Seob Park³

¹School of Mechanical Engineering, Ulsan College

²Kihon Engineering Co., Ltd.

³PDS Solution Co., Ltd.

요약 본 논문은 흔히 핫스탬핑 공법으로 알려진 냉각수로가 있는 핫폼 금형의 설계 데이터를 신속히 생성하는 지원 시스템 개발에 초점을 둔다. 현장에서의 핫폼 금형의 설계조건과 설계 프로세스 분석을 통해 설계지원 시스템의 핵심기능들을 도출하고, 이를 기반한 새로운 핫폼 금형의 설계 프로세스를 제안 한다. 개발한 설계 지원 시스템은 핫폼 금형의 3차원 형상 모델과 2차원 도면을 생성하는 두 개의 모듈로 구성된다. 핫폼 금형의 3D 모델링 자동화 모듈은 CATAI V5 Knowledgeware를 기반한 CATAI 템플릿 모델 형태로 구현하였다. 이 모듈은 성형 곡면형상, STEEL(금형 Product를 구성하는 파트) 개수와 냉각수로의 개수에 대응하여 냉각수로를 포함한 핫폼금형의 3D 모델을 자동으로 생성한다. 또한 냉각수로의 위치와 자세를 편집하는 기능과 성형곡면과 냉각수로 사이의 거리에 대한 구속조건 만족여부를 판별하는 기능을 제공한다. 두 번째 모듈인 2D 가공도면을 자동 생성하는 모듈은 CAA(CATIA SDK)와 Visual C++를 활용하여 CATIA CAD시스템에 이식 가능한 플러그인 형태로 개발 하였다. 제안하는 방법의 성능을 평가하기 위해 사용자 정의 시나리오 기반 소프트웨어 테스트를 수행하였다. 실험결과 제안하는 방법은 수작업 기반의 전통적인 방법에 비해 설계 오류 없이 약 29배 빠르게 핫폼 금형 3D모델과 홀테이블을 포함하는 가공도면을 생성하였다.

Abstract This paper focuses on the development of a support system that can rapidly generate the design data of a hot-form die with cooling channels, commonly known as hot stamping technology. We propose a new process for designing hot-form dies based on our (automated) system, whose main features are derived from the analysis of the design requirements and design process in the current industry. Our design support system consists of two modules, which allow for the generation of a 3D geometry model and its 2D drawings. The module for 3D modeling automation is implemented as a type of CATIA template model based on CATIA V5 Knowledgeware. This module automatically creates a 3D model of a hot-form die, including the cooling channels, that depends on the shape of the forming surface and the number of STEELS (subsets of die product) and cooling channels. It also allows for both the editing of the positions and orientations of the cooling channels and testing for the purpose of satisfying the constraints on the distance between the forming surface and cooling channels. Another module for the auto-generation of the 2D drawings is being developed as a plug-in using CAA (CATIA SDK) and Visual C++. Our system was evaluated using the S/W test based on a user defined scenario. As a result, it was shown that it can generate a 3D model of a hot form die and its 2D drawings with hole tables about 29 times faster than the conventional manual method without any design errors.

Keywords : CAA, CATIA V5R20, Cooling Channel Design, Design Automation, Hot form Die, Hot Stamping, Template modeling

본 논문은 중소기업청 도약연구과제로 수행되었음.

*Corresponding Author : Gang-Yeon Kim(Ulsan College)

Tel: +82-52-279-3107 email: kykim@uc.ac.kr

Received December 7, 2017

Revised January 22, 2018

Accepted March 9, 2018

Published March 31, 2018

1. 서론

연비효율 향상을 통한 탄소배출 저감 뿐만 아니라 사고 시 강도부족으로 발생하는 인명 피해를 줄일 수 있는 차체의 고강도·경량화는 자동차 산업에서 관심도가 매우 높은 기술 분야이다. 차체의 고강도·경량화의 대표적인 기술인 핫스탬핑(hot stamping) 공법은 1984년 SAAB사의 보강재 부품개발에 처음 적용되어 1990년대 독일을 중심으로 유럽에서 활발히 연구되었다. 2000년대에 전세계적으로 급속히 확산되어 2013년에 핫스탬핑 공법 기반으로 생산된 자동차 부품수는 약 4억 5천만개 로 추산된다[1].

일반적인 핫스탬핑공법은 보론(boron, B)을 첨가한 540MPa급 고강도 소재를 950°C이상으로 가열 후 내부에 냉각수로가 가공된 프레스금형으로 성형 및 급냉의 공정을 통해 1500MPa 이상의 초고강도 제품을 생산한다 (Fig. 1 참조) [2].

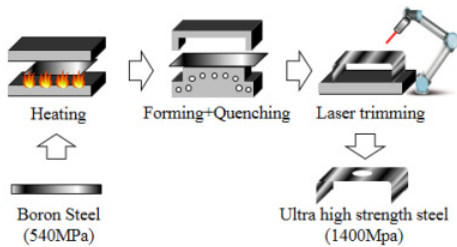


Fig. 1. Hot-Stamping process

핫스탬핑기술이 고강도·경량화의 핵심기술로 대두 되면서 무수히 많은 관련 연구들이 수행되었고, 이들은 제품의 강도향상을 위한 재료기술[2,3], 생산성 향상을 위한 쾌속 가열로 개발[4], 품질향상을 위한 CAE기반 성형성 향상 기술[5], 공정소요시간이 크고 유해 가스를 발생시키는 레이저 트림공정을 배제하는 성형공정 개발 [6]등 핫스탬핑공법 자체의 개선에 초점을 맞추어 왔다.

하지만 차종의 변경에 따라 핫스탬핑 공정의 생산시스템을 매번 재개발해야 하고, 이를 신속히 개발하기 위해서는 핫스탬핑 공법의 개선뿐만 아니라 금형의 설계공정을 개선할 필요가 있다. 핫폼 금형 설계에서는 금형 내부에 급냉 열처리를 위한 냉각수로 형상을 모델링해야 한다. 또한 핫폼 금형 내부의 냉각수로 가공을 위하여 NC데이터의 기준이 되는 홀테이블 정보를 포함하는 2D 도면을 작성해야 한다. 냉각수로 모델링과 홀테이블 2D 도면작성은 반복 작업을 다수 동반하나 현장에서는 설계

자의 직관적인 판단기반의 수작업에 의존하고 있다. 금형 설계에서 다수의 반복 수작업은 확률적으로 설계오류를 동반하므로 금형개발 전체 비용을 줄이기 위해서는 반복 수작업을 최소화하는 설계 자동화가 요구된다[7-9].

따라서 본 연구에서는 핫폼금형의 설계조건과 현장의 설계 프로세스를 분석하여 요구 기능들을 도출하고 그룹화 하여 자동화를 기반한 일반화된 방법론을 제시하고자 한다. 또한, 구현에 있어서 산업현장에서 실질적으로 활용 가능하도록 자동차 제조사의 대표적 CAD시스템 플랫폼인 CATIA V5기반으로 핫폼 금형의 냉각수로 설계 지원 SW툴을 개발한다.

2. 개발 범위

국내 자동차 프레스금형 설계 전문 산업체의 핫폼 금형 냉각수로 설계 프로세스 및 설계 요구조건에 대한 분석을 통하여 자동화 대상 범위 및 핵심기능을 다음과 같이 설정하였다.

2.1 냉각수로 유형 분석 및 자동화 대상

핫폼 금형의 유형은 냉각수로 구조에 따라 독립순환 타입(independent type), 인접 STEEL과 연결순환 타입(circulating type), 직분사타입(direct type)으로 분류 가능하다 (Fig. 2 참조). 이 세 가지 유형에서 수평방향의 냉각수로는 동일한 설계규칙 및 유사한 구조를 가지는 반면 수직방향 냉각수로의 설계는 상황에 따른 설계자의 직관성에 의존적일 뿐만 아니라 설계변경 빈도가 높다. 본 연구에서는 수평방향 냉각수로 모델링을 자동화 하고 수직방향 냉각수로는 수작업기반의 후처리 작업을 가정 한다.

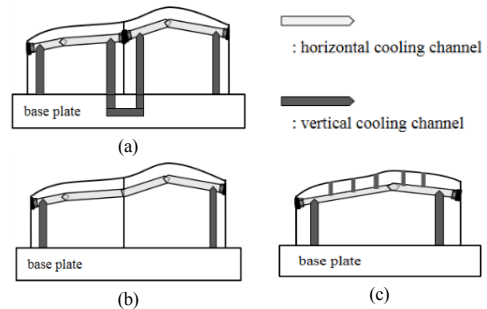


Fig. 2. Types of cooling channels
(a) Independent (b) Circulating (c) Direct

2.2 냉각수로 설계지원 핵심 요구기능

1) 제품 형상에 대응하는 성형 곡면(forming surface), 냉각수로 개수, 금형 Product를 구성하는 STEEL (금형 Product part로 현장용어인 STEEL로 통칭함)의 개수, 냉각수로 직경에 대한 정보입력시 금형 Product 형상 및 냉각수로 자동 생성 가능해야 한다.

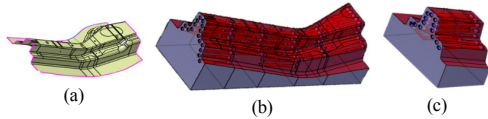


Fig. 3. Examples of forming surface, die product and STEEL

- (a) Forming surface (b) Die product composed of 5 STEELs (c) A STEEL of a die product
- 2) 금형 Product를 구성하는 STEEL의 개수 및 크기, STEEL내의 냉각수로 개수 및 직경에 대해 설계변경시 자동수정 가능해야 된다.
 - 3) 특정 냉각수로 위치 설계변경시 특정 냉각수로만 변경하는 로컬 제어(local control)과 다른 냉각수로의 위치까지 같이 변경되는 글로벌 제어(global control)가 설계자의 선택에 따라 자동 반영 가능해야 된다.
 - 4) STEEL의 양쪽 면에서 건드릴 가공으로 생산하는 냉각수로의 위치가 성형 곡면에 너무 가까우면 금형 파손(터짐)의 문제가 발생하고 너무 멀면 냉각 효율이 떨어져 제품의 강도품질이 나빠지므로 성형곡면 모든 구간에서 냉각수로 높이(h)에 대한 범위(예. $10\text{mm} \leq h \leq 15\text{mm}$)를 만족시켜야 한다. 높이 범위에 대한 구속조건이 미만족시 설계자에게 알려 주는 기능이 요구된다 (Fig. 4 참조).

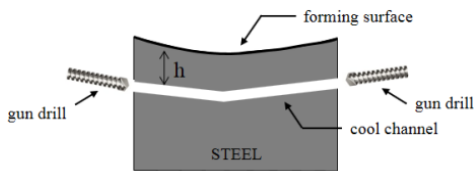


Fig. 4. Section view of a STEEL

5) 각 STEEL별로 냉각수로는 잘 보이는 적정 시점의 투상도에 냉각수로별로 인덱스(index)를 자동으로

표기하고, 각 인덱스에 해당하는 냉각수로는 중심 좌표, 가공방향 각, 가공깊이, 홀 직경 등의 가공 정보를 테이블화 하여 도면에 자동 기입되어 가공 도면이 자동생성 되어야 한다.

3. 제안하는 핫폼금형 설계 프로세스

제안하는 설계지원 시스템을 기반한 냉각수로 설계의 전체 프로세스는 Fig. 5와 같이 냉각수로를 포함하는 금형 Product의 3D 모델 생성 단계와 금형 3D 모델로부터 냉각수로를 가공하기 위해 요구되는 홀테이블을 포함하는 2D 가공도면 자동산출 단계로 구성된다. 3D 형상 모델 생성 단계에서는 냉각수로를 포함하는 금형 Product 기본형상 자동생성 단계, 사용자 입력기반으로 반자동화된 설계수정 단계, 수작업 기반 후처리의 단계를 거쳐 최종 핫폼 금형 모델을 생성한다. 가공 도면 자동산출 단계에서는 3D 금형모델의 각 냉각수로를 검색하여 사전에 정의한 규격 및 룰(rule)에 따라 홀테이블을 포함하는 2D 도면을 자동 생성한 후 도면 내 객체의 크기 및 위치 조정을 통해 완료한다.

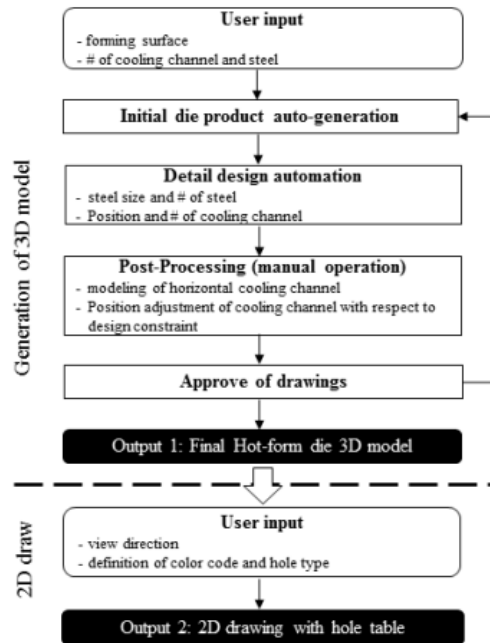


Fig. 5. Overall procedure of hot form die design based on the proposed system

4. 개발 결과

3D 설계공정은 다양한 방법론이 가능할 뿐만 아니라 핫스탬핑 기술의 지속적인 발전으로 설계규칙(design rule)이 지속 변화될 가능성이 높다. 이와 달리 STEEL 별로 제작하는 냉각수로 2D 가공도면의 경우 핫폼 금형 구조의 특성과 관계없이 동일한 방법론이 적용 가능하다. 이러한 특성으로 본 연구에서는 냉각수로를 포함하는 핫폼 금형의 3D 모델 생성모듈은 설계자의 기능 변경 및 버전관리가 용이한 CATIA Knowledgeware기반의 템플릿 모델(template model) 형태로 개발하였다[10]. 냉각수로 2D 가공도면 자동 산출 모듈은 CATIA SDK(software development kit)와 Visual C++를 활용하여 CATIA CAD시스템에 메뉴형태로 개발하였다[9].

4.1 냉각수로 3D 형상모델 생성모듈

CATIA CAD시스템의 대표적인 설계 자동화기법인 템플릿 모델링은 설계단계에서 사용되는 입력요소들을 파라미터화 하고 매크로 프로그래밍과 유사한 형태를 가지는 formula, rules, checks, reactions, design table 등의 CATIA 기능을 활용하여 이들 설계 파라미터들의 관계를 설정한다[10]. 이로써, 템플릿 모델의 설계 파라미터를 바꾸면 변화된 파라미터 값에 대응하는 형상의 새로운 3D 모델이 생성된다. 본 연구에서 구현한 주요기능들은 아래와 같다.

4.1.1 냉각수로 3D 기본 모델 생성

인접 STEEL사이에 만나는 지점의 냉각수로는 동일한 좌표값을 가져야 하므로 핫폼 금형 Product의 전체 STEEL을 한 번에 생성시키는 접근법으로 구현하였다. 또한 STEEL의 개수는 성형곡면의 형상, 금형 크기 등에 따라 설계자 판단에 의해 선정되므로 대표적으로 많이 사용되는 3개, 4개, 5개의 STEEL 구성된 3종의 템플릿을 개발하여 사용자가 STEEL 개수를 입력하면 SW상에서 내부적으로 해당 템플릿이 선택되는 방법으로 구현하였다.

냉각수로 3D 기본 모델 생성의 주요 설계 파라미터는 성형곡면, STEEL 개수, 냉각수로 개수, 냉각수로 직경, STEEL당 냉각수로 양끝 및 중간 점 좌표 값이다. Fig. 6은 5개의 STEEL로 구성된 16개의 수평방향 냉각수로를 가지는 금형 Product와 그 중 하나의 STEEL에 대한

양끝점 A_{ij} , B_{ij} 와 중간점 C_{ij} 를 보여준다. 여기서, 아래 첨자 i 는 STEEL 인덱스를 j 는 냉각수로 인덱스를 각각 나타낸다. 인접한 STEEL들은 양끝점 A_{ij} , B_{ij} 를 공유하므로 Fig. 6(a)의 금형 Product에 대한 냉각수로 설계 파라미터 좌표점은 176개이다.

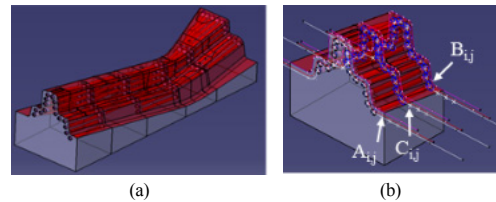


Fig. 6. Design parameters
(a) Die product model composed of 5 STEELS
(b) 16 cooling channels and their corresponding design parameter for a STEEL

Fig. 7은 냉각수로 3D 기본모델 생성 결과 예를 보여준다. Fig. 7(a)는 5개의 STEEL로 구성된 템플릿 모델을, Fig. 7(b)는 설계 입력 파라미터 중 성형곡면을 변경하여 자동 생성한 결과를, Fig. 7(c)는 STEEL 4개로 구성된 템플릿에 적용하여 자동 생성된 결과를 보여준다.

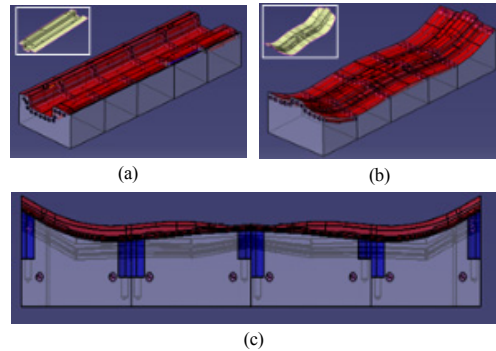


Fig. 7. Initial die auto-generation
(a) Our template model with 5 STEELS
(b) Regenerated model by changing the forming surface (c) Regenerated model by changing forming surface and # of STEELS (5 to 4)

4.1.2 사용자 입력기반 국부형상 자동변경

2.2절의 핵심 요구기능 4)에서 언급한 바와 같이 핫폼 금형의 냉각성능은 냉각수로 개수와 더불어 성형곡면과 냉각수로 사이의 높이 h 에 큰 영향을 받는다. 이에 높이

h의 최대값과 최소값을 제어하는 주요 설계 파라미터인 STEEL 개수, STEEL 크기, 냉각수로 위치 및 자세이다. 냉각수로 모델링 과정에서 이들 파라미터에 대한 설계수정이 빈번하므로 냉각수로 개수 수정, STEEL 크기 조정, 주변 냉각수로까지 영향을 주는 냉각수로 위치 및 자세의 글로벌 제어에 관한 기능을 구현하였다. 특정 냉각수로 하나만 수정하는 로컬제어의 경우 CATIA고유의 기능을 활용한다.

Fig. 8은 개발한 냉각수로 수정기능들의 실행 예이다. Fig. 8(a), (b)는 냉각수로를 1개 더 추가한 결과를, Fig. 8(c), (d)는 STEEL의 크기를 조절한 결과를, Fig. 8(e), (f)는 냉각수로의 위치를 조정한 글로벌 제어 결과를 보여 준다.

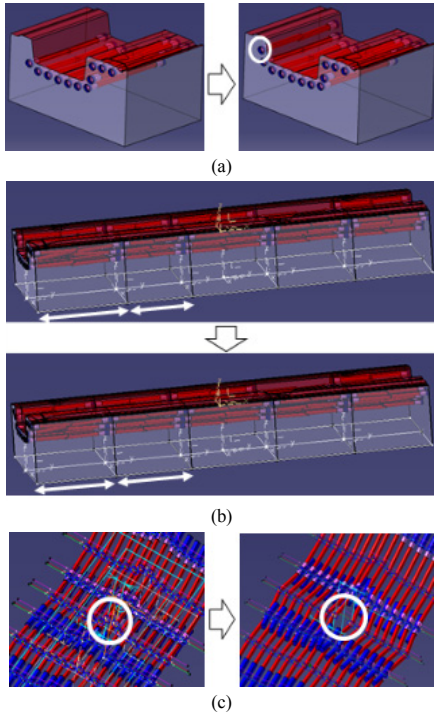


Fig. 8. Examples of design editing
 (a) Changing # of cooling channels (11 to 12)
 (b) Changing size of STEEL
 (c) Changing position of cooling channels

4.1.3 구속조건 만족여부 판별 테스트

성형곡면과 냉각수로의 높이 h는 $10\text{mm} \leq h \leq 15\text{mm}$ 와 같이 금형재료 및 자동차 제조사 별 설계요건인 범위에 대한 구속조건을 만족시켜야 한다. 자유곡면

인 성형면의 특성에 의해 직관적인 설계가 어렵다. 본 연구에서는 높이 h에 대한 구속조건을 만족여부를 검사하는 기능을 개발하였다.

구현은 CATIA CAD시스템 고유 기능인 오프셋 곡면(off-set surface) 기능을 활용하여 최대 높이와 최소높이에 해당하는 위치에 성형면에 대응하는 오프셋곡면을 생성한 후 냉각수로들과 교차(intersection) 검사를 수행하는 방법으로 구현하였다[11].

Fig. 9는 높이 h의 구속조건을 만족하지 않는 경우에 대한 검사결과를 보여준다.

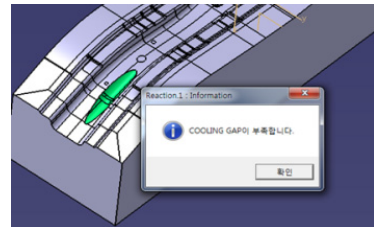


Fig. 9. An example for the test of constraint satisfaction

4.2 냉각수로 가공도면 자동생성3D 모델

냉각수로의 2D 가공도면을 자동으로 생성하기 위해서는 핫폼금형의 3D 모델에서 냉각수로를 인식해야 한다. 본 연구에서는 칼라코드(color code) 접근법을 사용하였다. CATIA CAD시스템의 고유기능인 3D 모델의 색상부여 기능을 활용하여 템플릿 모델의 냉각수로 생성 단계에서부터 미리 정의한 칼라코드를 부여하고 냉각수로 가공도면 생성시 핫폼금형 모델 트리상에서 해당 칼라코드를 검색하여 냉각수로 객체를 리스트업(list-up)한다.

Table 1. Our color code

Hole type	Description	Color(R/G/B)	Schematic illustration
Stud	End point of cooling channel	0/0/254	
PT	Inserting point of pipe plug	254/128/254	
WL	Body of cooling channel	254/0/0	
FH	Fixed hole	0/254/254	

Table 1은 냉각수로의 4가지 유형과 유형별 설정한 칼라코드 예를 보여준다. 칼라코드 및 냉각수로 유형은

자동차 및 자동차 금형부품 제조사별로 다양하므로 CATIA CAD시스템 실행 전 ASCII 코드 형태의 환경설정 사전정의 파일의 파라미터 값 변경으로 수정 가능하도록 구현하였다.

가공도면의 홀테이블 정보는 도면상의 홀 인덱스별 홀유형, 중심점 좌표, 가공길이, 건드릴 수평 및 수직 각도이다.

Fig. 10은 설계된 핫폼금형의 STEEL 3D모델을 선택하여 냉각수로의 2D 가공도면 자동생성 결과 예를 보여준다. Fig. 10(b)는 가공도면의 투상 시점 선택을 위한 입력 다이얼로그 박스이다.

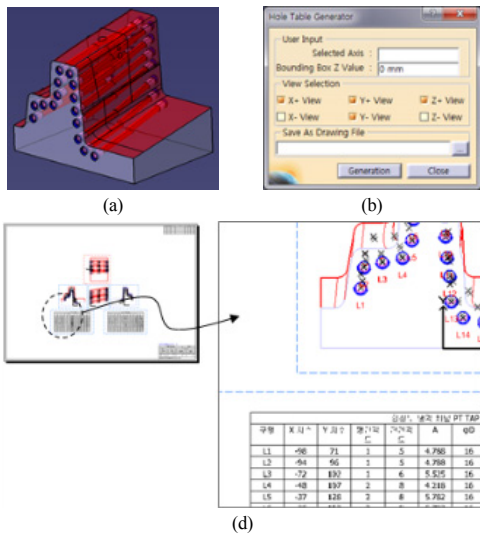


Fig. 10. Auto-generation of a 2D draw with hole table (a) Selected STEEL (b) Our UI dialog for choosing view axis (c) result of a 2D draw with hole table auto-generation

4.3 실험결과

개발한 핫폼금형 설계지원 S/W모듈의 공인성능평가를 위해 한국정보통신기술협회 산하 소프트웨어 평가센터의 V&V 테스트(verification & validation test)를 수행하였다. S/W V&V 절차에 따라 핫폼 금형 Product 기본 모델 생성(basic die product generation)과 스틸 개수 변경, 냉각수로 개수변경, 스틸 크기변경, 냉각수로 위치조정을 포함하는 설계수정(design editing), 2D 가공도면 생성(Hole table 2D draw generation)의 테스트 시나리오를 설정하였다. Table 2의 method #1은 한국정보통신기술협회에서 회신한 성능평가 결과로써 테스트 시나리

오에 따른 5회 반복 실험 평균치이다. Method #1의 결과는 마우스를 활용한 객체의 선택, 아이콘 클릭 등의 소요시간은 배제한 순수 연산성능에 대한 결과이다. Table 2의 method #2는 금형설계 경력 15년 이상자 3명을 대상으로 개발한 설계지원 S/W를 활용하여 method #1의 테스트 시나리오에 따라서 직접 수행한 평균결과이다. Method #2에서는 마우스를 활용한 객체의 선택, 아이콘 클릭 등의 소요시간을 포함하여 측정하였다. Table 2의 traditional method는 개발한 설계지원 S/W를 활용하지 않고 테스트 시나리오를 수행 하는 경우에 대한 method 2를 테스트하였던 자동차금형 설계전문가 3인의 설문 응답 결과평균이다. 제안하는 방법(method #2)은 자동화의 특성으로 홀테이블 오류가 발생하지 않았고 설계자동화 모듈을 사용하지 않고 100% 수작업 설계로 진행하는 전통적인 방법(traditional method)에 비해 약 29배 빠르게 테스트 시나리오의 결과물을 생성하는 것으로 추정되었다.

하지만, 전체 핫폼금형 설계는 본 연구에서 다루지 않았던 Base plate, Gauge, Lifter air blow, Manifold, B/H 등의 부품 설계를 포함한다. 또한, 개발한 설계지원 시스템에서 성형곡면과 냉각수로 높이 h에 관한 구속조건을 만족시키는 작업이 추가적으로 요구된다. 이들을 고려하였을 때, 핫폼금형 설계 전체과정에 대한 개발한 설계지원 시스템의 공수절감효과는 약 20%로 예측된다.

Table 2. Experimental results

Variables	method #1 (the proposed)	method #2 (the proposed)	traditional method
Initial die product generation	1.58 sec	210 sec	3 hour
Design editing	87.54 sec	278 sec	1 hour
Hole table 2D draw generation	14.56 sec	68 sec	0.5 hour
# of errors for hole table	0	0	0.1/draw

5. 결론

본 연구에서는 핫폼금형 냉각수로 설계 자동화에 초점을 맞추어 국내 자동차 산업 현장의 설계 프로세스 및 요구사항을 분석하여 핫폼금형 설계 지원 시스템을 개발하였다. 또한, 개발한 S/W 모듈의 성능평가를 위해 한

국정보통신기술협회의 V&V 테스트를 수행하였다. 본 연구의 개발결과물과 실험결과는 다음과 같다.

- 1) 냉각수로를 포함하는 핫폼금형 Product를 자동 생성 가능한 CATIA 템플릿 모델을 개발하였다.
- 2) 개발된 템플릿 모델은 STEEL의 개수와 크기, 냉각수로 개수와 형상이 수정설계 기능과 성형곡면과 냉각수로 사이의 거리 h에 관한 구속조건 만족 여부를 판별하는 기능을 지원한다.
- 3) 냉각수로 가공을 위해 요구되는 2D 가공도면 자동 생성 모듈을 CATIA CAD시스템의 메뉴형태로 개발하였다.
- 4) 실험결과로써, 제안하는 시스템은 전통적인 수작업 기반 방법에 대비 공인평가 테스트 시나리오의 결과물을 약 29배 빠르게 결과물을 생성 가능하다고 추정되었고 전체 핫폼금형설계 과정에 대해 20% 수준의 설계공수 절감 효과가 있는 것으로 판단된다.

향후 연구로 열간성형의 품질에 직접적인 영향을 주는 성형곡면과 냉각수로 사이의 거리 h에 관한 구속조건을 자동으로 만족시키는 냉각수로 최적배치 모듈을 개발할 예정이다. 국내 뿌리산업의 경쟁력 제고를 위해 핫폼금형 및 핫스탬핑 공법과 같은 고부가가치 아이템의 기술개발 활성화가 필요하다고 판단된다.

References

- [1] J. W. Choi, D. J. Kim, J. B. Nam, "Trends and Developments in Hot Press Forming Technology", *Transactions of Material Processing*, vol. 22, no. 7, pp. 407-418, 2013.
- [2] K. Hidaka, Y. Takemoto and T. Senuma, "Microstructure Evolution of Carbon STEELS in Hot Stamping Processes", vol. 52, no. 4, pp.688~696, 2012.
- [3] Finite Element simulation of Hot Stamping of Tubular Beam and Its Application to Die Channel Design", *Mater. Trans.* vol. 53, no. 5, pp. 836-846, 2012.
- [4] R. Kolleck, R. Veit, M. Merklein, J. Lechler, M. Geiger, "Investigation on Induction Heating for Hot Stamping of Boron Alloyed STEELS", *CIRP Ann*, vol. 58, no. 1, pp. 275-278, 2009.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2009.03.090>
- [5] Liu H. S, Xing Z. W, Bao J, "Investigation of the Hot-stamping process for Advanced High-Strength STEEL sheet by Numerical Simulation", *J. Mater. Engr. and Perform.*, vol. 9, no. 3, pp. 325-334, 2010.
DOI: <https://doi.org/10.1007/s11665-009-9510-y>
- [6] Hyo sub Kim, Study on Process of Hot Stamping Center

Pillar for Vehicle with Cold Forming, pp. 1-69, University of The Ulsan, Master Degree Dissertation, 2014.

- [7] Kye-Kwang Choi, Sei-Hwan Kim, "A Study on the Automation of Manufacturing and Production Process for Press Die", *J. of the KAIS*, vol. 11, no. 11, pp. 4108-4114, 2010.
DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2010.11.11.4108>
- [8] Ho-Young You, "Development of A Software Tool for Supporting Metal Mold Design Based on The Pro/E CAD System," *J. of the KAIS*, vol. 13, no. 3, pp. 1014-1020, 2012.
DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2012.13.3.1014>
- [9] Gang-Yeon Kim, "Development of A Software Tool for Automatic Trim Steel Design of Press Die Using CATIA API," *J. of the KAIS*, vol. 18, no. 3, pp. 72-77, 2017.
DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2017.18.3.72>
- [10] Joo Sam Park, Jae Hyun Kim, Jung Whan Park, "A Study on the 3D Injection Mold Design Using CATIA API," *J. of KSPE*, vol. 20, no. 12, pp. 115-125, 2003.
- [11] Dassault systems CATIA V5R20 Online Documents, Dassault Systems, 2009, Available From: http://catiadoc.free.fr/online/CATIA_P3_default.htm

김 강 연(Gang-Yeon Kim)

[정회원]



- 2002년 8월 : 광주과학기술원 기전공학과 (공학석사)
- 2011년 2월 : 광주과학기술원 기전공학과 (공학박사)
- 2011년 1월 ~ 2011년 8월 : LG전자 생산기술원 선임연구원
- 2011년 9월 ~ 현재 : 울산과학기술대학교 기계공학부 부교수

<관심분야>

머신비전, CAD/CAM, 설비운용S/W개발

박 시 환(Si-Hwan Park)

[정회원]



- 2011년 2월 : 서울대학교 기계항공공학과 (공학박사)
- 2001년 1월 ~ 2005년 6월 : LG화학 테크센터 선임연구원
- 2005년 7월 ~ 2012년 8월 : 삼성전자전자사업부 책임연구원
- 2012년 9월 ~ 현재 : 울산과학기술대학교 기계공학부 부교수

<관심분야>

CAE, CAD/CAM, 금형

김 상 권(Sang-kwon Kim)

[정회원]



- 1985년 2월 : 영남대학교 기계공학과 (공학학사)
- 1986년 12월 ~ 2001년 2월 : 현대자동차 생산기술부 차장
- 2004년 3월 ~ 현재 : 기혼 엔지니어링(주) 대표이사

<관심분야>

CAD/CAM, 설계응용S/W개발

박 두 섭(Doo-Seob, Park)

[정회원]



- 2001년 2월 : 전북대학교 기계설계학과 (공학학사)
- 2003년 8월 : 전북대학교 디자인제조공학과 (공학석사)
- 2003년 9월 ~ 2009년 8월 : 리치정보기술 개발팀 차장
- 2009년 9월 ~ 현재 : 주식회사 PDS솔루션 대표이사

<관심분야>

Big Data, CAD/CAM/CAE, 응용S/W개발