

목 차

1. AFDEX_V17

- 1.1 신 버전 발표: AFDEX_V17R00
- 1.2 AFDEX_V17R00 버전의 주요 기능 소개
- 1.3 AFDEX_V18에 탑재될 예정인 신기능

2. 전문가적 사용 사례

- 2.1 응용논문
- 2.2 논문의 상세 내용 소개

3. 주요 행사 및 협력연구

- 3.1 Purdue 대학 Shin 석좌교수 초청세미나
- 3.2 MFCAE 2017 개최
- 3.3 GISPAM 2017
- 3.4 AFDEX 사용자 교육
- 3.5 단기 컨설팅 및 기술지도
- 3.6 2018년도 개발자 모임 개최

4. 대내외 협력

- 4.1 유도가열 모듈 개발 협력
- 4.2 KNU-MFRC 협력센터
- 4.3 전후처리 지원 강화를 위한 협력
- 4.4 Altair APA 협력
- 4.5 일본 JSOL과 협력 회의
- 4.6 중장기 컨설팅/공정개발 용역 활성화
- 4.7 지자체 협력, 경력단절여성인력 취업 지원
- 4.8 중국과의 협력
- 4.9 동남아 및 인도 협력

5. 공지 사항

- 5.1 2018 정기교육 일정
- 5.2 MFCAE 2018
- 5.3 컨설팅업체 모집
- 5.4 MFRC 본사/연구소 이전 및 지원 센터 설치
- 5.5 전만수 대표 산업자원부 장관상 수상
- 5.6 병역특례 지정업체 지정

1. AFDEX_V17

1.1 신 버전 발표: AFDEX_V17R00

2017년 6월 1일에 AFDEX_V17R00/beta를 시범용으로 출시하였다. 국내외의 전문가들로부터 검증 후, 2017년 7월 1일에 AFDEX_V17R00을 정식으로 출시하였고, 2017년 11월 1일에 수정된 버전을 출시하였다. 주요 기능은 1.2절에 수록하였다. 한편, AFDEX_V18R01의 출시는 2018년 2월 10일을 목표로 하고 있다. 이에 관한 핵심 기능은 1.3절에서 상술하였다.

AFDEX_V17의 주요 신기능 및 기능 개선 내용과 AFDEX_V18의 주요 신기능을 표 1.1에 요약하였다. 신기능 중 일부를 개선 기능과 함께 AFDEX_V17을 통하여 제공하였지만, 신기능은 개선 활동을 거친 후에 AFDEX_V18에서 정식적으로 제공된다.

표 1.1 기능개선 및 신기능 개발 내용

분류	기능개선
기능개선	-금형의 탄성변형을 고려한 해석
	-금형 열박음 변형/탄성변형고려 해석
	-특정 스텝간의 반복해석 기능
	-프레스의 탄성변형고려 해석 기능
	-조립금형 간 열전달 해석 기능
	-조립금형 구조해석 기능
	-금형 사이 침투 통제 기능
	-절점과 금형 간의 최단거리 계산 기능
	-계산 속도 대폭 향상
	-분리 절점 결정 알고리즘의 개선
2D / 3D	-Brozzo 손상도 모델 기능 개선
	-조립 금형 구조해석 시, 접촉 제외 기능
	-실험공식 의존 경도예측 기능
	-열전달 해석 기능
	-마찰조건(온도, 압력, 변형률의 함수) 입력 방식 개선

기능개선	2D / 3D	-열전달계수 (온도, 압력, 변형률의 함수) 입력 방식
	2D / 3D	-국부요소밀도 제어 기능
	2D / 3D	-금형 침투 소재 밀어내기 기능
	2D / 3D	-제일 첫 스텝 초기상태 저장 기능
	2D / 3D	-초기화 엄격화 조절 기능
	2D / 3D	-하나의 단에서 가용 금형 수를 19개로 증가
	2D / 3D	-온도 증분 상한치 설정 기능
	2D / 3D	-Boolean operation 기능
	2D / 3D	-HyperStudy와 연계한 공정변수 최적화
	2D / 3D	-비표준 금형 사용 시의 스트로크 결정 기능 향상
3D	3D	-요소밀도 제어 시에 금형의 요소 조밀화 고려 기능
	3D	-점으로 연결된 폐곡선 금형 기능
	3D	-금형 표현 개선
	3D	-계산 속도
	3D	-자유단조의 푸쉬어 기능(강제 조건 포함) 향상
	3D	-자유단조 해석 시 접촉 알고리즘/시간분분 계산 루틴 개선
	3D	-스웨이징, 반경단조, 자유단조 중, 맨드릴 제어 기능 향상
	3D	-접촉 절점 분리 기법의 개선
	3D	-드렐링 및 이송 공정 전후 사항 및 해석 기능 개선
	3D	-원통형 금형 사용 시, 거리 기준 스트로크 제어 방법 추가
3D	3D	-소재 이송 공정 중 열전달 기능 향상
	3D	-회전 금형 기능 개선
	3D	-스크류/헤머 단조 공정의 비등온해석 기능
	3D	-정수압 상형 기능
	3D	-공기간헐 고려 해석 기능
	3D	-자유단조용 푸쉬어 기능 향상
	3D	-상태변수 초기치 입력 기능
	3D	-복합재료 해석 기능
	3D	-링롤링 공정 해석 기능
	3D	-회전금형의 자전 기능
2D / 3D	2D / 3D	-링롤링 특화 요소망생성 및 재구성 기능
	2D / 3D	-요소망재구성에 기인하는 부피변화 보상 기능
	2D / 3D	-요소별 부피변화 기능
	2D / 3D	-메니플레이터 및 푸쉬어 후방가압 기능
	2D / 3D	-주기 금형 운동 완료 시 정위치 기능
	2D / 3D	-미세구조 해석 기능
	2D / 3D	-해석 중 국부 가열 기능
	2D / 3D	-열박음 고려 조립금형 구조해석
	2D / 3D	-금형의 탄성변형 고려 해석
	2D / 3D	-소재간 최단 거리 계산 기능

1.2 AFDEX_V17R00 버전의 주요 기능

1.2.1 조립금형 열박음 해석

그림 1.1은 각각 2차원과 3차원 공정 해석에서 조립금형의 열박음 해석 기능을 사용한 사례이다. 열박음 해석은 기본적으로 억지 끼워맞춤 조립금형의 해석도 포함한다. 열박음에 따른 금형의 형상변형은 선택적으로 금형의 형상변화로 간주될 수도 있고, 무시될 수도 있다. 물론 열박음에 따른 금형의 응력은 항상 반영된다. 그림에서 색깔은 열박음에 의한 유효응력을 나타낸다. 2차원 예제의 경우, 맨 외곽의 스텝링이 인접한 부품 하나에만 에압을 가하는 조건이 적용되었다.

이전 버전의 2차원과 3차원 금형 열박음 해석 기능은 효율적이지만, 압축링의 내면과 피압축 금형의 외면과 접촉면이 일직선으로 완벽히 맞닿지 않는 경우에는 활용될 수 없는 문제점이 있다. 그러나 인서트금형과 압축링이 완벽히 맞닿을 경우, 기존 방식의 기능도 신뢰성이 다소 높으므로 이번에 추가된 조립금형 방식으로 해석할 필요는 없다.

다시 말해, 이번에 추가된 조립금형 열박음 해석 기능은 기존 기능을 보완한다.

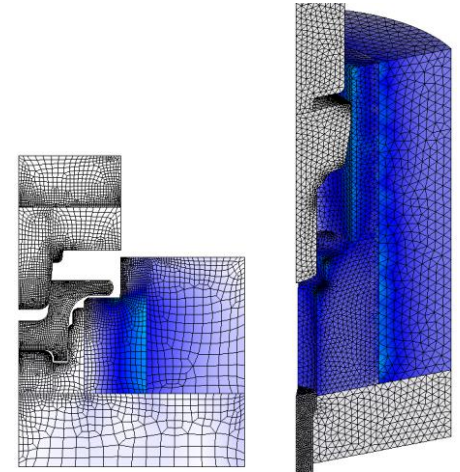


그림 1.1 조립금형 열박음 해석

1.2.2 조립금형 변형고려 해석

AFDEX_V17R00/beta부터는 조립금형의 구조해석이 가능하게 되었다. 그러나 구조해석 결과에 따른 금형의 변형을 소재의 소성유동 해석에 연계하지는 않았다. AFDEX_V17R00(AFDEX Advanced)부터는 조립금형의 탄성변형을 고려하는 기능이 추가되었다.

기존의 유지보수 계약 상태인 Professional 버전 사용자가 업그레이드를 희망할 경우, 버전간 차액의 50%의 부담으로 업그레이드를 받을 수 있다.

그림 1.2는 조립금형 변형고려 해석의 사례이다.

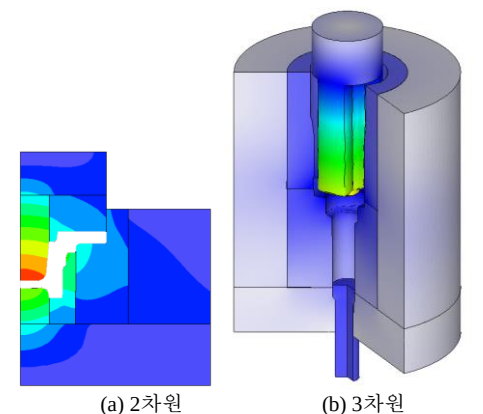
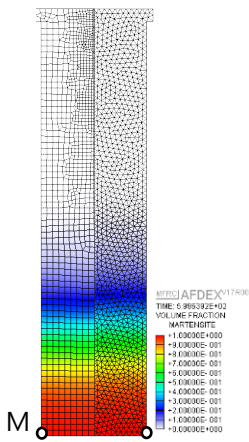


그림 1.2 조립금형 변형고려 해석

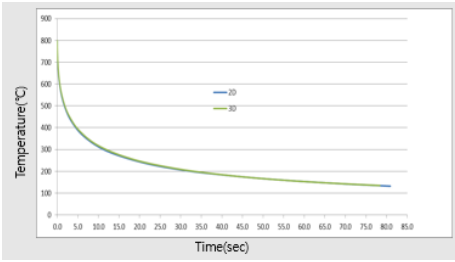
1.2.3 열처리 공정 해석 기능

AFDEX - HT 모듈이 2017년 10월 01일에 공개되었다. 그림 1.3은 2차원 3차원 열처리 기능을 이용하여 Jominy 시험을 해석한 것이다.

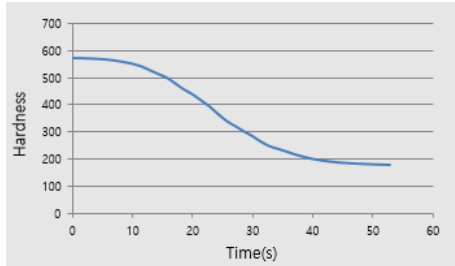
두 해석결과는 매우 유사하다. 그 원인은 그림 1.3(b)에서 보는 바와 같이 급격한 열전달 해석 문제임에도 불구하고 2차원과 3차원 모두 매우 안정적인 온도 변화를 예측할 수 있기 때문이다. 또한 AFDEX - HT 베타 버전에서는 그림 1.3(c)과 같이 경도 값도 예측이 가능하다.



(a) 마르텐사이트 분율, 2차원(좌) 및 3차원(우)



(b) 점 M에서 2차원 및 3차원 온도의 변화



(c) 경도의 변화 (2차원)

그림 1.3 Jominy 열처리 시험 공정의 해석

1.2.4 링롤링 해석 기능의 개선

링롤링 공정은 대표적인 점진성형 공정으로 계산시간 및 정확도의 양면에서 개선점이 여전히 남아 있다. 이 두 문제의 해결에 있어 요소망의 중요성을 재차 강조할 필요가 없다. 링롤링 공정에 최적합한 요소망, 즉 접촉조건을 반영한 환상 조밀요소망 기능을 개발하여 반영하였다. 이 요소망을 이용함으로써 접촉영역에서 비교적 많은 절점이 금형과 접촉조건을 유지할 수가 있을 뿐만 아니라 요소망재구성의 수를 최소화 함으로써 요소망재구성에 따르는 수치적 문제를 최소화시키는 효과가 나타났다. 그림 1.4에서 보는 바와 같은 적용 예제를 통하여 그 효과를 확인하였다.

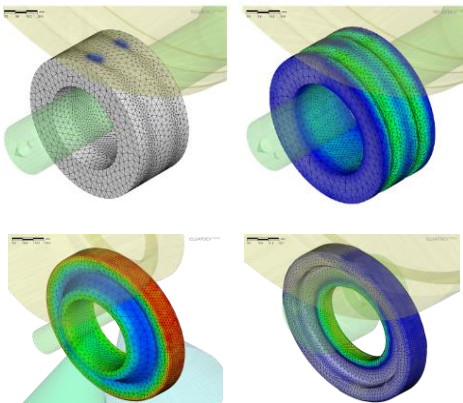
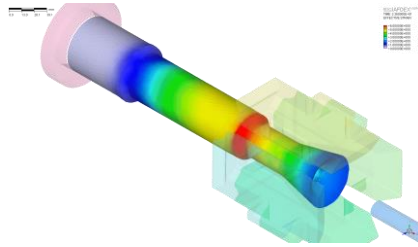


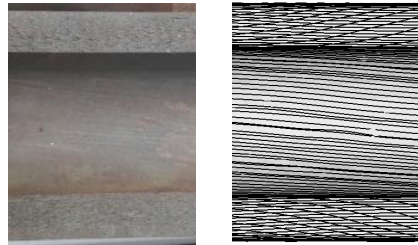
그림 1.4 환상 조밀요소망 기능을 적용한 링롤링 공정의 유한요소해석

1.2.5 자유단조, 반경단조, 스웨이징 해석 기능 개선

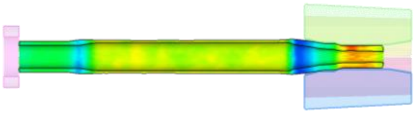
최근 경량화의 시대적 요구에 부응하기 위하여 자유단조의 일종인 반경단조, 스웨이징 등이 널리 적용되고 있다. 이에 부응하기 위하여 최근 자유단조, 반경단조의 기능, 특히 맨드렐 처리 기능이 크게 개선되었다. 그림 1.5(a)는 온간 반경단조 공정이며, 그림 1.5(c)는 스웨이징 공정이다. 두 공정 모두 내경의 치수 정확도를 위하여 맨드렐이 사용되었다. 그림 1.5(b)는 그림 1.5(a)의 공정에 대한 해석결과와 실험결과를 비교하고 있는데, 계단 중공축 내부의 단류선이 서로 잘 일치하고 있다. 그림 1.5(c)는 개선된 스웨이징 공정 기능을 활용하여 얻은 6단 스웨이징 공정 결과이다.



(a) 온간 반경단조



(b) 실험결과와 비교



(c) 스웨이징

그림 1.5 반경단조 및 스웨이징 공정

1.2.6 인접 소재 및 금형까지의 거리 계산 기능

AFDEX_V17R00부터 소재 절점으로부터 가장 가까운 곳에 위치한 금형까지의 거리의 계산 기능과 소재 두께의 계산 기능이 제공되었다. 그림 1.6은 3차원 판단조 공정 예제이며 소재 두께를 나타내었다.

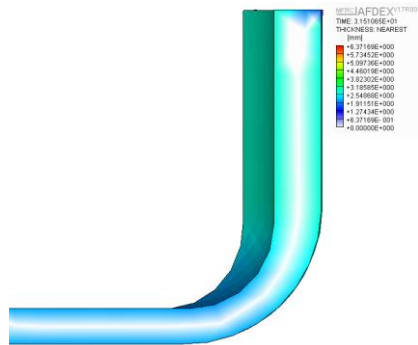
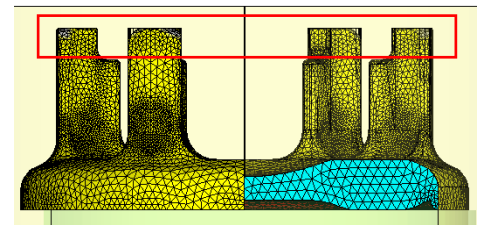


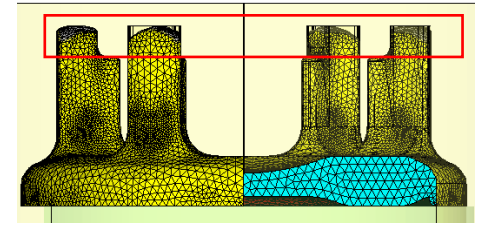
그림 1.6 두께 분포

1.2.7 3차원 공기간합 해석

공기간합 현상을 고려한 2차원 해석 기능은 이미 2012년도부터 제공되었다. AFDEX_V17R00부터 3차원 공기간합 현상 고려 해석 기능이 제공되었다. 그림 1.7은 공기간합 현상을 고려한 해석 결과와 고려하지 않은 해석 결과를 비교하고 있다.



(a) 공기간합 미고려



(b) 공기간합 고려

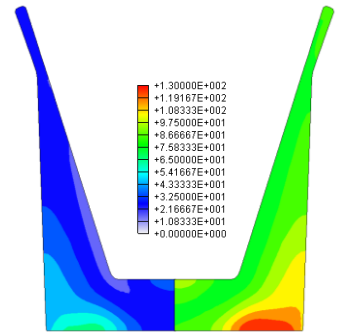
그림 1.7 공기간합 현상 고려의 영향

1.3 AFDEX_V18에 탑재될 예정인 신기능

1.3.1 미세구조 예측 기능

온도 및 속도와 같은 변형 매개 변수가 재료의 금속학적 변형에 어떻게 영향을 미치는지에 관한 이해와 이를 위한 예측 기술은 매우 중요한 요소로 부각되고 있다.

열처리 및 소성가공 공정에서 정적 재결정(SRX), 동적 재결정(DRX), 입자 성장과 같은 다양한 금속학적 현상이 발생한다. 미세구조 예측 기능은 전술한 바와 같이 재료의 금속학적 변형 이력을 해석하는 기능이다. 이 기능의 공식적인 발표는 2018년 3월로 예정되어 있다. 그림 1.8은 미세구조 예측 사례이다.



Recrystallized part Grain growth part

그림 1.8 결정 크기 예측 결과, 좌편: 재결정 결과, 우편: 결정성장 결과

1.3.2 침탄처리 공정의 해석

침탄처리 공정의 해석을 위한 개선된 특수기능이 2018년 3월에 공개될 예정이다. 침탄처리 공정의 해석 목적으로 특수 요소망, 즉 표면조밀 요소망 생성 기능을 크게 개선시켰다. 그림 1.9는 전형적인 적용 사례이다.

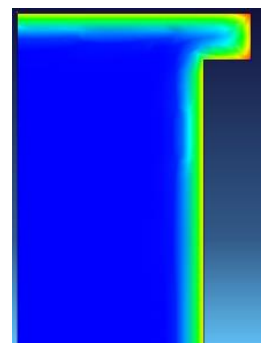


그림 1.9 침탄 공정 해석

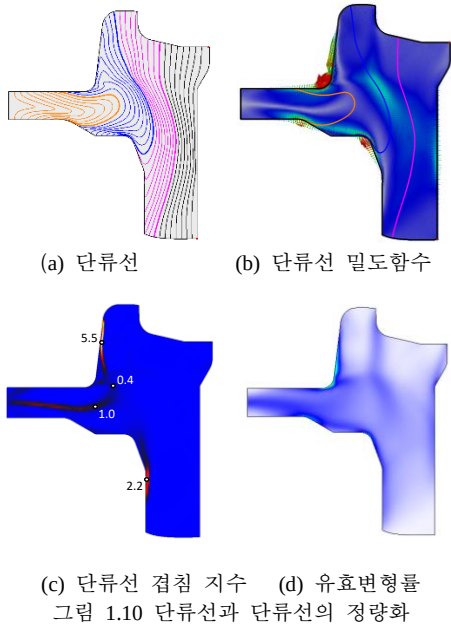
1.3.3 공정 최적설계를 위한 단류선 평가지수

단류선은 단조품의 수명에 깊은 영향을 미친다. Ito 등의 연구 결과에 따르면, 테이퍼롤러 베어링을 대상으로 한 실험에서 건전한 단류선의 제품이 불건전한 단류선의 제품에 비하여 최고 약 6배의 수명을 가진 것으로 나타났다. SKF 베어링의 경우, 1세대 허브 베어링 외륜의 단류선의 상하 대칭성을 엄밀하게 요구하고 있다.

현재까지 단류선의 품질은 육안으로만 확인할 수 밖에 없었다. 이것은 소성가공 공정을 최적설계하는데 있어 매우 큰 장애물로 남아 있었다. 다시말해 최적설계 문제를 정의할 때, 단류선을 직접적으로 목적함수나 구속조건으로 취급할 수가 없었다.

최근 과학적인 단류선 품질 평가 지수가 개발되었으며, 단류선 밀도합수와 단류선 겹침 지수가 그것이다. 그림 1.10은 적용 사례를 나타내며, 그림 1.10(c)와 그림 1.10(d)를 비교하면, 단류선 겹침 지수와 유효변형을 간에는 유사성이 있음을 확인할 수 있다.

이 지수를 최소화시키거나 구속조건으로 통제함으로써 단류선의 겹침 현상을 방지하거나 개선시킬 수 있다. 2차원과 3차원 모두 동일한 방식이 적용된다.



1.3.4 프로그램의 미래지향적 구조 혁신

최근 기능의 다변화와 계산 효율의 개선 목적으로 AFDEX 프로그램의 내부 구조 변경이 대대적으로 이루어졌다. AFDEX는 역학적, 열적, 재료공학적 해석 기능이 유기적으로 결합된 단일 프로그램 구조를 갖추게 되었다. 그 결과, 신기능 향상이 가속될 것이고, 계산 시간 측면에서도 혁신이 이루어질 전망이다. 차기 버전에서는 초대형 문제의 해석, 공정 최적설계, 금속학적 해석, 고속 계산 등의 측면에서 큰 진전이 이루어질 것이다.

AFDEX_V18 버전에서는 계산속도의 획기적 개선이 이루어질 것이다. 현재 전형적인 비등온 해석 문제의 계산시간이 과거에 비하여 약 70% 내외 줄어든 상태이다. 이것은 프로그램의 활용성 증대와 함께 공정 최적설계 기능의 발전과 적용성의 제고를 견인하는 계기가 될 것이다.

테스트 대상 문제는 업세팅 공정이며, 체류공정, 성형공정, 체류공정으로 구성되어 있다. 해석 대상으로 유동해석, 온도해석, 금형구조해석을 포함한다. 3차원 해석 프로그램을 사용하였다. 이 문제를 푸는데 50초가 소요되었으며, 기존 버전으로는 약 140여초의 계산시간이 소요되었다. 현재 속도 개선 작업이 지속적으로 진

행 중이다. 앞으로 요소망재구성 속도 개선과 일부 루틴 등의 개선으로 계산시간이 지속적으로 줄어들 것이다.

한편, 기존 버전에서도 단류선 계산 기능 및 다단공정의 자동해석 기능, 다공정 동시해석 기능 등을 고려하면, AFDEX의 계산속도는 강점이 되어 왔다.

2. 전문가적 사용 사례

2.1 응용 논문

표 2.1은 AFDEX 개발팀이 2017년도에 발표한 학술대회 논문 자료이다. 총 27편의 논문이 발표되었으며 2.1.1~2.1.6에 대표적인 예제를 나타내었다. 그 외 AFDEX 신기능 및 개선사항 적용 사례 및 논문은 아래 링크에서 확인할 수 있다. (<http://www.afdex.com/>)

표 2.1 학술대회 논문발표 리스트

2017 한국소성가공학회 춘계학술대회	
1	기존 연성파괴 이론에 의한 세브론 크랙의 예측 가능성과 한계
2	헬노징 공정 중 발생한 선단부 파단의 원인
3	열간단조 중 발생한 공기 갇힘의 영향
4	불조인트케이스 열간단조용 프리폼의 제조를 위한 크로스롤링 공정의 실용적 설계
5	요크 자동다단 정밀냉간단조 공정의 스프링백 해석 및 검증
6	냉간압출공정의 정밀유한요소해석 및 수치적 문제에 관한 연구
7	미세조직예측을 위한 소재 정보의 획득을 위한 실용적 기법
8	단조 후 소재 절삭에 따른 탄성회복 변형의 유한요소해석
9	최적 사면체요소망을 이용한 링롤링 공정의 유한요소해석
10	금형변형 및 소재온도의 연계해석이 결과에 미치는 영향에 관한 정량적 분석
11	비축대칭 제품의 냉간단조에서 원형 구멍 성형 시의 진원도에 관한 연구
2017 한국소성가공학회 추계학술대회	
12	소성가공품 단류선의 품질
13	Jominy 테스트의 시뮬레이션
14	피부요소를 이용한 비등온 유한요소해석 결과의 타당성에 관한 고찰
15	자동변속기용 인터레이서와 보스 동시 열간단조공정의 완전유한요소해석
16	삼축 응력 상태를 고려한 재료의 파단 연구
17	열간단조에서 금형의 수명에 관한 고찰
18	반복해석에 의한 단조 중 금형의 온도변화 예측
19	알루미늄 냉간단조에서 마찰에 관한 고찰
20	스테인레스강 무게목 강판의 화관 공정의 정밀 유한요소해석
21	다단 개방 압출 공정 중 발생한 세브론 크랙의 예측
22	고속정밀 반경단조 공정의 시뮬레이션
23	유한요소법과 최적화기법을 이용한 동적 재결정 현상이론의 변수 결정
24	자유단조 공정의 피어싱 펀치의 형상최적설계
25	플로우포밍 공정의 실용적 유한요소해석
26	유한요소해석과 최적화 기법을 이용한 압축시험으로부터의 유동응력 획득
27	집단 열처리 공정에서의 집단깊이 및 열처리 변형에 대한 실용적 예측방법

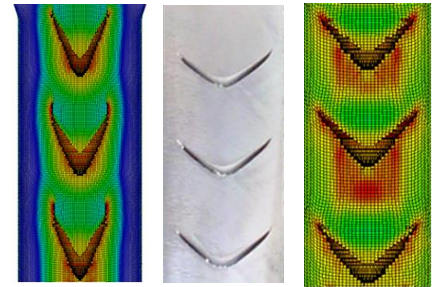
2.2 논문의 상세 내용 소개

2.2.1 기존 연성파괴 이론에 의한 세브론 크랙의 예측 가능성과 한계

대부분의 연구자들이 정규화된 Cockcroft-Latham 손상도 이론을 사용하고 있다. 그러나 이 이론을 개방압출의 세브론 크랙의 생성 예측에 적용해 보면, 그림 2.1 (a)에서 보는 바와

같이 실험과 큰 차이가 있다.

그림 2.1 (b)는 초기의 손상도 상태를 크게 달리하여 강제적으로 실험과 유사한 결과가 나오도록 한 것이며, 이 결과는 Cockcroft-Latham 손상도 모델의 부적절성을 강조하고 있다. 이 손상도 모델의 문제는 압축변형의 영향을 반영하지 못하는 것에서 연유한다.



(a) 예측 1 (b) 실험 (c) 예측 2
그림 2.1 세브론크랙 실험 및 예측

2.2.2 헬노징 공정 중 발생한 선단부 파단의 원인

일반적으로 냉간단조 중 파단이 발생하면, 연성파괴로 간주하는 경향이 있다. 그림 2.2는 연성파괴로써 설명할 수 없는 파괴 현상을 규명한 것이다. 그림 2.2 (a)는 헬노징 공정에서 심한 압축변형 후에 소재가 출구를 통과하는 순간에 취성화된 취성 파괴를 소개한다. 탄소성 유한요소법을 통하여 스프링백 이후에 최대 주응력이 재료의 항복강도보다 높게 예측되었다. 이 때, 유효응력은 유동응력보다 작아 탄성영역에 속한다. 재료는 주응력 방향에 수직인 방향으로 파단된다.

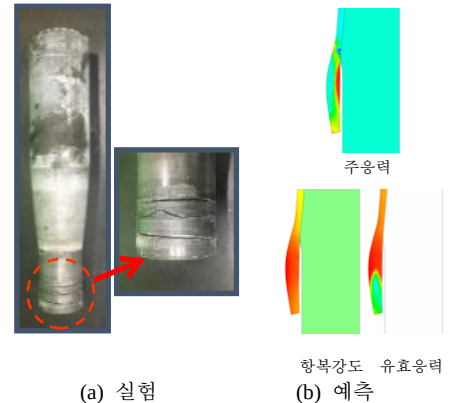


그림 2.2 헬노징 공정 해석

2.2.3 요크 자동다단 정밀냉간단조 공정의 스프링백 해석 및 검증

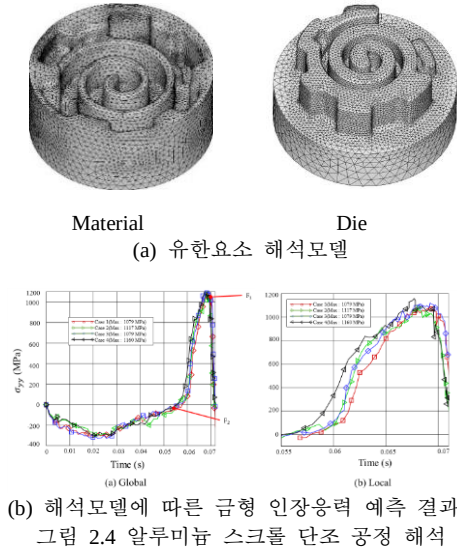
그림 2.3은 요크 자동다단 정밀냉간단조공정을 탄소성 유한요소법을 이용하여 연로딩 공정을 해석하여 얻은 스프링백 양의 예측치와 실측치를 비교한 결과이다. 실측치는 0.58 mm인 반면, 예측치는 0.50 mm로 나타났다. 이 결과는 스프링백 양의 예측치가 정량적 의미를 갖는다는 사실을 말해준다.



그림 2.3 요크 정밀냉간단조 공정 해석

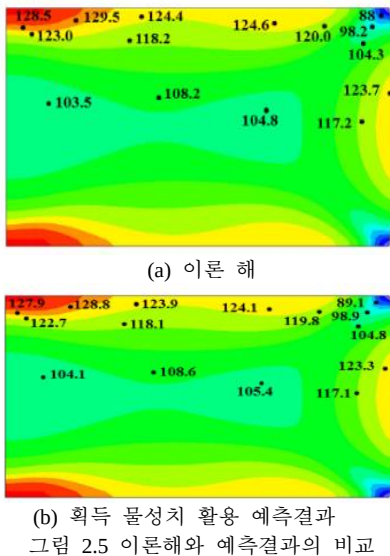
2.2.4 금형변형 및 소재온도의 연계해석이 결과에 미치는 영향에 관한 정량적 분석

그림 2.4 (a)의 스크롤 단조는 비교적 온도 및 금형의 변형에 따른 영향이 큰 문제이다. 따라서 소재 및 금형 모델의 영향을 검토하기에 적합한 문제이다. 소재를 강점소성 또는 강열점소성으로 간주하고 금형을 강체 또는 탄성체로 간주하여 얻은 네 가지의 경우에 대하여 금형의 파괴를 유발하는 응력을 계산하여 그림 2.4 (b)에서 정량적으로 비교하였다. 이 결과는 응용 기술자들에게 이론의 영향에 관한 직관을 갖도록 하는데 도움이 될 것이다.



2.2.5 재료학적 입력 변수의 최적화

그림 2.5(a)는 이미 알려진 소재의 물성치를 이용하여 결정립의 크기를 예측한 것이고, 그림 2.5(b)는 소재의 물성치를 모른다고 가정 한 상태에서 그림 2.5(a)의 해석결과를 AFDEX-HyperStudy 최적화 기능의 입력데이터로 사용하여 획득한 소재의 물성치를 이용하여 예측한 결과이다. 두 결과는 공학적으로 동일하다. 그림 2.5(a)의 결정립의 크기 분포가 실험적으로 획득된 것이라고 간주하면, 전술한 접근방법은 획득이 난해한 미세구조 해석에 필요한 소재 물성치의 경제적 획득에 활용될 수 있다.

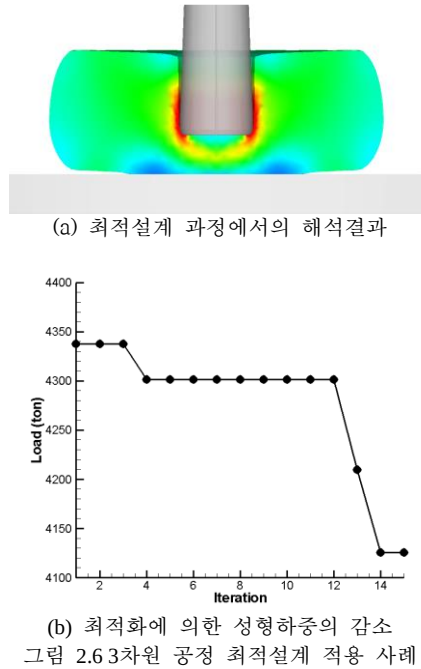


2.2.6 공정 최적설계의 발전

2016년부터 2차원 소성가공 공정 최적설계가 가능하게 되었다. 2차원 공정 최적설계 문제는 단류선을 설계에 고려하는 문제를 제외하고 제약 조건이 없었다. 이 기법은 미세조직 변화에

측에 필요한 재료 물성치 및 공정조건을 획득에도 사용되었다.

최근에는 단류선의 정량화가 이루어졌다. 그러나 3차원 소성가공 공정 최적설계의 문제는 아직 해결해야 할 요소들이 있다. 금형을 적절한 설계변수로 표현하는 문제가 남아 있다. 현재 금형의 설계 변수화에 관한 연구가 이루어지고 있다. 그림 2.6은 금형이 축대칭인 3차원 소성가공 공정 최적설계의 사례이다.



3. 주요행사 및 협력연구

3.1 Purdue 대학의 Shin 석좌교수 초청세미나

2017년 5월 23일 미국 Purdue 대학교의 석좌교수 Yung. C. Shin 박사가 경상대학교 및 MFRC의 초청으로 세미나(경상대) 및 연구협력회의(MFRC)를 실시하였다.

Purdue 대학교는 5년전부터 AFDEX를 교육 목적으로 사용해 왔으며, MFRC의 경제적 지원으로 멀티스케일 미세구조 진화(Multi-scale microstructure evolution)에 관한 공동 연구를 2년간 시행해 왔다. 그 결과를 바탕으로 3차년도에는 멀티스케일 미세구조 예측 기술의 상용화가 진행될 계획이다. 최근 Shin 교수팀은 Investigation on temporal evolution of the grain refinement in copper under high strain rate loading via in-situ synchrotron measurement and predictive modeling의 논문을 Acta Materialia(5 years average impact factor = 5.6)에 게재하였다. Shin 교수는 최근 연간 연구논문 피인용회수가 1200회에 이르고 있는 세계적인 기계공학자이다.



그림 3.1 Shin 교수의 특강 장면

3.2 MFCAE 2017 개최

8월 17일과 18일 양일간에 걸쳐 경상대학교의 주최로 MFCAE 2017이 창원 풀만 호텔에서 개최되었다. 총 15건의 구두 발표와 97건의 포

스터 발표가 이루어졌다. 120여명이 참여한 이번 행사는 AFDEX 개발에 참여하는 모든 연구자들이 한 자리에 모여서 각자의 연구 내용을 발표하고 AFDEX가 나아갈 방향을 사용자와 논의하는 자리가 되었다는 점에서 큰 의의가 있다. MFCAE는 1996년도부터 시작된 이래, 17회의 행사 개최를 통하여 소성가공 CAE의 학술적 발전과 산업체의 활용을 선도해 왔으며, 한국의 단조산업 발전에 이바지해 왔다.

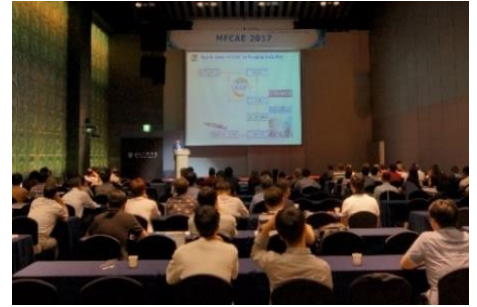


그림 3.2 MFCAE 2017

한편, 이번의 MFCAE 2017의 주요 자료를 활용한 도서가 경상대의 뿌리산업 대학원의 소성가공 시뮬레이션의 교육 목적으로 출판되었다. 도서명은 '소성가공 시뮬레이션(전만수 편집)'이며, 진샘미디어가 출판하였다. 저자는 전만수를 포함한 총 11명이다.

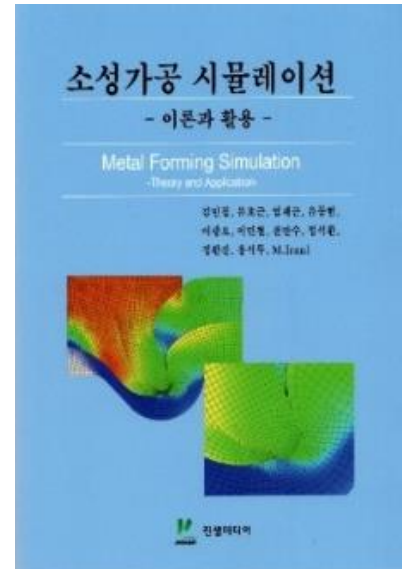


그림 3.3 교재 발간 - 소성가공 시뮬레이션

3.3 GISPAM 2017

7월 17일부터 1개월간 경상대 및 한국금형센터에서 멕시코 주의 강학생들을 대상으로 AFDEX를 비롯한 한국에서 개발하여 세계화에 성공한 공학해석 소프트웨어의 활용 교육이 실시되었다. 이 교육에 참여자는 경상대 학생 6명, 멕시코 주의 20여명의 대학생과 교수 1명, 멕시코 기업체 2명, 말레이시아 2명이다.

GISPAM은 올해로 4회째를 맞이하였으며, 멕시코 주 정부의 재정 지원으로 이루어지는 국제 교류 프로그램이다.



그림 3.4 2017 GISPAM

3.4 AFDEX 사용자 교육

2017년도에 총 9회의 정기 사용법 및 이론 교육이 이루어졌다. 그리고 개별 기업을 대상으로 하는 교육은 MFRC 또는 기업체 현장에서 수시로 이루어졌다.

표 3.1 2017 정기교육 실적

	장소	날짜	지역
1	DMI	01.19(목)~20	대구
2	KITECH	03.16(수)~17	안산
3	제조기반전산 교육장	5월 18일(목)~19일(금)	서울
4	천안 인적자원 개발센터	6월 15일(목)~16일(금)	천안
5	천안 인적자원 개발센터	7월 20일(목)~21일(금)	천안
6	부산 제조기반 전산교육장	9월 14일(목)~15일(금)	부산
7	천안 인적자원 개발센터	10월 16일(월)~17(화)	천안
8	판교 HPC센터	10.30(목)~31	판교
9	진주 경상대학교	11월 24일(금)	진주



그림 3.5 2017년 정기교육

3.5 단기 컨설팅 및 기술지도

인터넷을 통한 오류 정정을 비롯한 사용자 기술지원이 활발하게 이루어졌다. 평균 하루에 3건 정도의 기술지도 및 특정 문제에 관한 사용법 교육이 인터넷을 통하여 이루어졌다.

한편, 2017년도에 한국기계산업진흥회의 지원 하에 총 9건의 컨설팅이 실시되었다. 이 사업은 2018년도에도 실시될 예정으로, 미사용자 뿐만 아니라 활용 기술이 다소 부족한 사용자들이 당면 문제 해결에 적극 활용하기 바란다.

그리고 엔지니어링SW와 사용자의 상생 협력 사업의 일환으로 진행된 7개 기업 지원 사업의 컨설팅 내용은 표 3.2에서 보는 바와 같다.

표 3.2 2017년도 AFDEX 활용 컨설팅 지원 실적

	지역	컨설팅 내용
1	경남	자동차 미션용 Planet carrier 제품의 열간단조 공정 최적화
2	경남	냉간단조 시뮬레이션을 통한 Input shaft 금형 최적화 개발
3	경남	단조 시뮬레이션을 통한 금형설계 개선
4	경남	단조 시뮬레이션을 통한 Mbrake gear의 일체형 개발
5	경기	단조 금형구조해석을 통한 실패비용 감소
6	충북	S/W 해석을 통한 전기자동차 2차 전지 케이스 공정 개선
7	부산	소성가공 시뮬레이션을 통한 경량 Universal shart 제품의 개발

3.6 2018년도 개발자 모임 개최

2017년 12월 28일, 2018년 제1차 AFDEX 개발자 회의가 MFRC에서 열렸다. 올 초의 제1차 회의에서는 총 22명의 개발자가 참석하여, 지난해의 동정 및 향후 업무에 대한 토의가 있었다. 이번 모임에서는 특히 과속되어 가는 신기능의 탑재에 대응하기 위한 전후처리 프로그램의 개발 방향 및 전략이 중점적으로 논의되었다. 그리고 핫스텝핑 및 3차원 공정의 최적설계 기능의 확보를 위한 초청세미나가 개최되어 개발 방향을 잡는데 큰 도움이 되었다.

한편, AFDEX의 개발은 경상대에서 시작되었지만, 현재 서울(서울과학기술대), 천안(공주대), 포항(POSTECH), 부산(부산대) 등으로 개발자의 소재지가 전국화되어 있다. 그리고 MFRC 연구원들도 진주, 서울, 천안, 창원, 분포하고 있어 정기적인 개발자 전체회의는 매년 3~4회 내외 개최되어 왔다. 2017년도의 개발자 회의는 2017년 1월 6일에 개최된 이래, 한국소성가공학회 학술대회에서 2회, 사용자 컨퍼런스에서 1회 등 총 4회 개최되었다.



그림 3.6 2018년도 1차 개발자 회의

4. 대내외 협력

4.1 유도가열 모듈 개발 협력

2016년 8월에 포항공과대학교(유동현 교수)와 MFRC가 유도가열 공정해석을 위한 선행연구용역 체결이 이루어졌다. 이 연구과제는 소성가공에서 필요로 하는 유도가열 공정 시뮬레이터의 개발을 위한 선행연구를 목적으로 한다.

2018년 9월초에 2차원 상용 버전이 공개될 예정이다. 다소 사용이 불편한 연구용 목적으로 프로그램은 현재도 사용이 가능하다.

4.2 KNU-MFRC 협력센터

중부지방 사용자 지원 및 화스너 산업체 협력 목적으로 천안 소재 공주대학교 내에 KNU-MFRC 협력센터에 설치하였다. 이 센터의 협력하에 교육된 대학생 3명이 국내의 자동차다단단조회사(화스너업체)에 취업하였으며, 1명은 MFRC에 취업하여 이 센터에서 중부지방의 사용자 지원 역할을 담당한다.

4.3 전후처리 지원 강화를 위한 협력

AFDEX의 전후처리는 사용자로부터 호평을 받아 왔다. 특히 사용의 편리성 측면에서 독보적인 경쟁력을 확보하고 있다. 그런데 AFDEX의 전후처리 프로그램은 공학계산 전문 언어로 개발되어 신진 프로그래머로 업무를 연결하는데 한계가 있을 것으로 예상되었다. 성능 측면에서 현재 사용하는 언어 그 자체는 문제가 없으나, 전문 인력의 확보가 용이하지 않는 문제가 있기 때문이다. 따라서 보다 일반적인 언어 및 관련 라이브러리를 활용하기 위하여 2016년 말부터 코드에스이와 공동으로 사용 언어 변환 연구를 실시해 왔다.

코드에스이는 VacoFrame (Software 개발 도구)을 포함한 전후처리기 개발 관련 툴들을 개발

하는 기업이며, 여러 공학 GUI 개발의 경험이 있다. 새로운 언어에 바탕을 둔 신 전후처리 프로그램이 보급되는 2018년 9월부터 새로운 기능 추가 및 사용자의 요구 사항 반영에 보다 빠른 대응이 가능할 것으로 기대하고 있다.

4.4 Altair APA 협력

2017년 6월 26일부터 28일까지 3일간 독일 프랑켄탈 Congress Forum에서 EATC가 개최되었다. 자동차 부품 생산 업체를 비롯한 PLM technology (Product Lifecycle Management) 산업군의 파트너사들과 방문객들이 참가하였다.

한편, 2017년 11월 07일에 서울에서 Altair의 연구진들과 협력 방안이 논의되었다. 특히, 2018년부터 Click2Forge의 개발에 착수하기로 하였다. 이 자리에서 Altair는 최근 개발된 Click2Stamp의 개념과 주요 기능을 소개하였다.

4.5 일본 JSOL과 협력 회의

2017년 7월 12일~15일 개최된 일본 최대의 금속 전시회인 MF-Tokyo에 MFRC는 JSOL과 공동으로 참가하여 홍보 활동을 진행하였다.

2017년 10월 31일~11월 1일, 정석환 박사는 동경에서 개최되는 JSOL LS-Dyna & JSTAMP Forum 2017에 참석하여 최근 기능이 강화된 금형의 단성변형 고려 소성가공 시뮬레이션 기술에 관하여 발표하였다. 매년 약 400명이 참가하는 이 포럼은 LS-Dyna 및 JSTAMP 사용자의 미팅이지만, AFDEX 개발자는 매년 초청 발표자로 참가해 왔다. 이번 포럼에서는 예년보다 많은 연구자들이 참가하여 뜨거워지는 일본의 CAE 기술에 관심을 피부로 느끼게 해 주었다. 이 포럼에서는 연구 사례의 발표와 함께 JSOL에서 취급하는 모든 소프트웨어가 전시된다. AFDEX의 전시공간은 매년 중심 영역으로 이동해 왔으며, 이번 포럼에서는 가장 중심에 전시되어 AFDEX의 위상이 크게 제고되었음을 확인할 수 있었다. 그리고 연구 결과 발표장에도 약 100여 명의 청중이 참가하여 일본 연구자들의 뜨거운 관심사로 부상하고 있음도 확인하였다. 또한 아사히스나사와 구보다사 등 주요 고객사 및 신규 고객사를 방문하여 기술교류를 실시하였다.

4.6 중장기 컨설팅/공정개발 용역 활성화

2017년부터 유상 자문 연구가 활성화되었다. 자문 연구를 실시한 기업에는 POSCO, KPF 중국, KPF, 이래CS, 세아창원특수강, KISTI, 우성메텍, 태진다이텍 등이다. 세아창원특수강의 경우, 자문 내용을 바탕으로 공동 논문을 작성하였으며, 오랜 숙원 문제를 해결하는 계기가 되었다. KPF의 경우도 목표로 했던 수율 개선 효과를 달성하였다. 이래CS의 경우, 자문을 통하여 신공법의 엔지니어링 및 공동 개발 능력을 갖춘 것으로 판단된다. 다수의 기업체는 컨설팅의 결과로 AFDEX의 사용자가 되었다.

일반적인 단조 공정 개발에 관한 정부의 지원 축소는 불가피할 전망이다. 현실적으로 내수용 단조품 개발을 위한 정부지원은 다소 현실과 괴리가 있다. 대부분의 경우, 개발비를 사용자가 부담해야 하며, 단조 시뮬레이터 등으로 인하여 일반적인 단조품의 개발기간이 사실상 과제를 할 정도로 길지도 않다. 따라서 전술한 자문 활동은 중소중견기업으로 확대될 전망이다.

자문 활동의 활성화는 줄어드는 소수의 전문가를 공유하는 현명한 방법이며, 국가적으로도 지식산업을 일으키는데도 기여할 것이다. 정부에서 다수의 기업체가 혜택을 볼 수 있는 공정 개발 및 단기 문제해결 목적의 컨설팅 활성화를 강화시켜 나아가는 것이 바람직하다고 사료된다.

4.7 지자체 협력, 경력단절여성인력 취업 지원

시흥시의 요청에 의하여 경력단절 여성 인력을 대상으로 한 단조 및 AFDEX 사용법 교육이 실시되었다. 총 12명이 교육을 받았으며, 이 중에서 교육 종료와 함께 5명이 시흥시 관내 단조회사에 취업하였다.

기본적으로 경력 단절 여성인력은 가사 병행 목적으로 시간제로 근무하며, 단조회사의 경험에 많은 설계 기술자들에게 AFDEX의 기능을 지원하는 역할을 담당한다. MFRC는 이러한 여성인력을 뒷받침하기 위하여 2017년 11월부터 전담인력을 천안의 KNU-MFRC 협력연구실에 근무토록 하였다.

교육에 참여한 강사진들은 모두 시흥시의 노력은 매우 감동적이었다고 평가하였다. 일자리 만들기는 쉬운 일이 아님을 이번 교육의 참여자 모두, 각별히 인식하고, 만들어진 일자리를 지키는데 만전의 노력을 기울여야 한다. 이러한 기회를 통하여 만들어진 일자리에서 수년동안 경험이 축적되어 단조 엔지니어링 전문가로 발전한다면, 개인적으로는 전문가로서 미래산업시대의 국가적인 자산으로 발전하게 될 것이다.

현실적으로 볼 때, 소규모 단조회사가 밀집한 지자체는 시흥시의 시도를 검토할 필요가 있다. 단조회사는 단조 시뮬레이터를 사용할 수 있는 회사와 그렇지 못한 회사로 양극화가 이루어지고 있다고 해도 과언이 아니다. 많은 회사가 이러한 문제를 인식하고 있지만, 종합적인 문제로 인하여 문제 해결에 나서지 못하고 있는 실정에서, 시흥시의 노력은 그 하나의 해결책이 될 것으로 기대된다.

4.8 중국과의 협력

전만수 교수는 2017년 12월 중순에 경상대와 난징이공대학 간의 국제협력 단의 일원으로 난징이공대학에 방문하여 협력 방안을 논의하였다. 아울러 난징항공항천대학을 방문하여 연구시설을 견학하였고, 특히 판제성형 및 특수 성형공정 분야에서의 협력 방안을 논의하였다.

두 대학 모두 중국의 유명대학으로, 기계공학 분야에서 매년 400-500명의 석사학위 취득 졸업생을 배출하고 있었고, 300-400여명의 교수진들이 생존을 위한 연구를 수행하고 있었다.

한편, BRIMET과는 중국에서 개발된 미세조직 예측 모델의 상용화에 관한 협의가 이번 방문 중에 이루어졌다.

4.9 동남아 및 인도 협력

2017년 12월 4일부터 9일까지, MFRC 연구원 2명은 인도네시아의 사용자 교육 목적과 함께 Manufacturing Indonesia 2017 전시회 참석 목적으로 방문하였다.

그리고 2018년 1월 중에 Bangalore에서 개최되는 International Forming Technology Exhibition에 참가할 예정이며, 이번 기회에 Pune, Mumbai, Delhi 등을 방문하여, 인도의 대학 (ITT)와 단조 및 자동차 관련 연구소와의 소재 물성치 획득 및 재료학적 예측 기술에 관한 협력 방안이 협의될 예정이다.

5. 공지사향

5.1 2018 정기교육 일정

표 5.1 2018 정기교육(이론과 실습)

회차	장소	날짜	지역
1	경남 테크노파크	1월 29일(월)~30일(화)	창원
2	판교 HPC 이노베이션허브	3월 8일(수)~9일(목)	판교
3	천안 인적자원개발센터	4월 5일(목)~6일(금)	천안
4	천안 인적자원개발센터	5월 10일(목)~11일(금)	천안
5	천안 인적자원개발센터	6월 21일(목)~22일(금)	천안
6	부산 제조기반전산교육장	7월 19일(목)~20일(금)	부산
7	진주 경상대학교	7월~8월 중 [3주~6주]	진주
8	판교 HPC 이노베이션허브	9월 6일(월)~7(화)	판교
9	MFRC 교육장	10월 4일(목)~5일(금)	진주
10	경남 테크노파크	11월 5일(월)~6(화)	창원

5.2 MFCAE 2018 일정

2018년 8월 23일과 24일에 MFCAE 2018이 개최될 예정이다. 현재 장소는 미정으로 접근성을 고려하여 중부지방이 검토되고 있다.

5.3 컨설팅업체 모집

2018년도에 한국생산기술연구원 창의엔지니어링센터에서 지원하는 엔지니어링SW를 활용한 제품개발 지원 컨설팅 사업이 실시된다. 소성가공 공정 상에서 발생하고 있거나 예상되는 문제를 안고 있는 중소기업체는 2018년 1월 15일(화)까지 신청할 수 있다. 자세한 내용은 아래의 사업공고에서 확인할 수 있다. (<https://www.kitech.re.kr/research/page1-2.php?idx=196>)

5.4 MFRC 본사/연구소 이전 및 지원 센터 설치

2017년 12월 18일, MFRC는 진주시 소재 지식기반산업센터인 Wings Tower (경남 진주시 충무공동의 Wings Tower A동 1207-1209)로 이전하였다.

중부지방 사용자 지원 역할 담당 및 화스너/판단조 인력양성 및 관련 기술 연구 목적으로 KNU-MFRC 협력센터가 공주대학교에 설치되어 상주 인력을 배치하였다.

한편, MFRC의 서울 연구소는 2017년 초, 서울시 역삼동(역삼역 1번 출구에서 도보로 5분 거리)으로 이전하였다. 서울 연구소에서는 서울과학기술대학교, Purdue 대학교, 부산대학교 등과의 협력 연구 및 고속계산 연구를 담당한다.

5.5 전만수 대표 산업자원부 장관상 수상

2017년 처음으로 실시된 기술자와 연구자 모두를 대상으로 한 뿌리산업 공로자 시상식에서, 전만수 경상대 교수 겸 MFRC 대표는 한국단조공업협동조합의 추천으로 산업자원부 장관상을 수상하였다.

5.6 병역특례 지정업체 지정

2017년 12월부터 MFRC가 병역특례 지정업체로 지정되었다.