

Contents

1. AFDEX_V26R01 출시 예정

2. AFDEX 해석사례

- 2.1 유동곡선과 마찰
- 2.2 상온에서 탄소강의 유동특성
- 2.3 커플링과 케이싱 파이프 조립공정 해석
- 2.4 플로우포밍 성형해석

3. AFDEX_V26R01 신기능 및 기능 개선

- 3.1 소재-소재 접촉 기능 개선
- 3.2 3차원 피어싱/트림밍 옵션 다양화
- 3.3 2차원 DXF Importing 기능 강화
- 3.4 AFDEX_SP 원근조정 기능 개선
- 3.5 라이선스 매니저 개선

4. 소식 및 공지 사항

- 4.1 2025년 정기교육 및 온라인 강좌 활용 수시 교육 안내
- 4.2 글로벌 강소기업 1000+ 기업 지정
- 4.3 Altair AI+CAE 최신 기술 행사 참가
- 4.4 MetalForm China 2025 참가

1. AFDEX_V26R01 출시 예정

2025년 5월 AFDEX_V24R02 버전이 출시되었고, Altair APA 버전은 6월 출시되었다. 이에 대한 내용은 2025년 Q1~Q2 뉴스레터에서 소개되었다. 2025년말 즈음 AFDEX_V26R01 버전이 출시될 예정이며, 올해 하반기 동안 사용자 요구사항을 수집하여 추가 및 개선될 기능이 탑재될 예정이다.

2. AFDEX 해석사례

2.1 유동곡선과 마찰

대부분의 학술논문에서 소성가공 시뮬레이션의 결과는 유동곡선과 마찰조건에 의존적임을 강조한다. 문제는 이에 관한 정보, 특히 냉간의 경우, 고변형률(인장시험에서 파단점에서의 유효변형률) 이상에서의 유동응력을 구하는데 한계가 있다. 그림 2.1에서 보는 바와 같이, AFDEX /MAT을 이용하면, A6061 합금의 인장시험으로부터 고변형률(유효변형률 0.7까지)의 유동곡선을 획득할 수 있다. 이 재료는 변형경화가 작아 비교적 적은 유효변형률까지 유동응력을 획득할 수 있는 사례이다. 문제는 그 이후의 유동곡선은 한계변형률 주위의 곡선의 기울기 등을 고려한 적절한 외삽에 의존해야 하며(그림 2.1에서 파선), 냉간단조에서 이보다 큰 유효변형률이 주요 소성영역에서 발생한다는 데 있다. 특히 상온에서 재료의 유동특성은 전처리에 따라 크게 변하기 때문에, 기술자나 연구자들이 좋은 결과를 얻기 위해서는 재료의 거시적 변형특성과 친해져야 한다.

마찰은 이보다 더 복잡한 문제이다. 마찰에 관한 대부분의 연구에서 공통적으로 강조하는 점이 마찰은 압력, 온도, 속도, 표면평창률, 상대속도, 재료의 성질, 윤활제의 타입과 상태 등등에 영향을 크게 받는다는 점을 강조한다. 그러나 실제의 공정 시뮬레이션에서 대부분의 연구자들이 일정한 값의 마찰계수 또는 마찰상수에 의존한 단순한 마찰법칙을 사용한다.

주목할 점은 다수의 연구자가 일정한단마찰법칙에 의존적이라는 것이다. Wilson [Wilson, W.R.D. Friction and lubrication in bulk metal-forming processes. *J. Applied Metalworking* 1, 7-19 (1978). <https://doi.org/10.1007/BF02833955>]은 이 점을 냉소적으로 비판하고 있다. Wilson은 이러한 문제의 근

본을 젊었을 때의 교육 잘못에서 찾고 있다. 아마도 고체역학에서 나사의 조임 시의 마찰과 관련된 것으로 판단된다. 나사 조임 문제와 소성가공에서 마찰 문제는 완전히 다르기 때문이다.

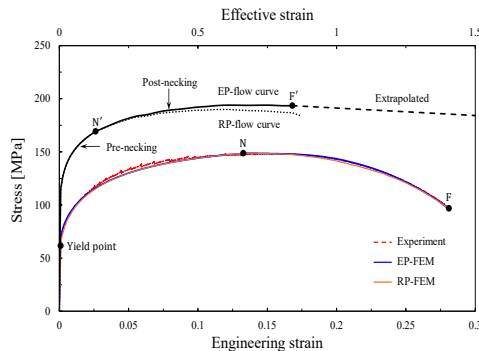


그림 2.1 인장시험과 유동곡선

특히 알루미늄이나 ESW 재료와 같이 변형경화가 작을 경우, 공정에서 마찰이 큰 영향을 미친다. 공정 중에 소성가공품의 두께 변화가 위치마다 다를 때도 이 문제는 증폭된다. 그리고 전후방 압출공정과 같이 재료의 유동방향에 따라 모양 변화가 큰 경우에도 마찬가지다.

문제를 더 복잡하게 만드는 요인이 유동특성과 마찰이 서로 연계될 수밖에 없다는 점에 있다. 소성가공은 유동특성과 마찰의 극심한 백병전이라고 볼 수 있다. 다행인 점은, 비록 유효변형률에 대한 한계는 있지만, 유동특성을 마찰 문제가 존재하지 않는 인장시험으로부터 분리하여 정교하게 획득할 수 있다는 점이다.

그러므로 한정된 범위에서 역해석법(Inverse analysis method)을 사용하면, 마찰 조건의 규명이 가능하다. 그리고 외삽된 유동함수를 단순한 함수(선분 등)로 가정하여, 유동곡선과 마찰조건을 동시에 미지수로 간주하는 역해석법(최적설계)을 통하여 두 조건의 최적치를 동시에 획득할 수 있다.

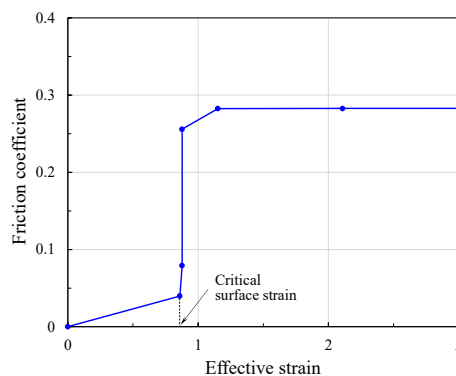


그림 2.2 마찰레짐변화 현상

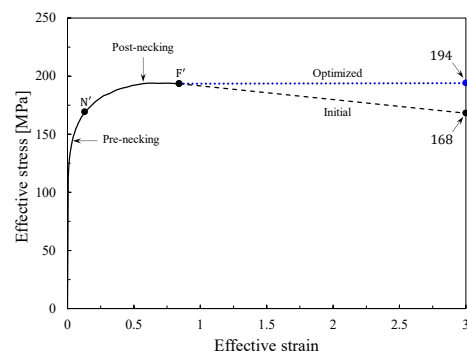


그림 2.3 최적화된 유동곡선

적용 사례로 선정된 공정은 일종의 전후방압출공정으로 변형형상을 맞추는데 큰 어려움이 따르는 문제이다. 그림 2.2와 2.3은 각각 최적의 변형형상을 예측하는 마찰조건과 유동곡선을 나타낸다. 그림 2.4는 실험결과와 해석결과를 비교한 것이다.

그림 2.2는 정형적인 마찰레짐변화(Lubrication regime change)의 사례이다. 이것은, 표면이 일정한 변형에 도달할 때, 급격하게 마찰계수가 증가하는 현상으로 저변형률화 재료인 알루미늄의 냉간단조 및 열간단조에서 발생할 가능성이 높다.

그림 2.3에서 최적의 유동곡선은 단순 외삽 곡선(최적설계에서 초기 유동함수, 그림 2.1의 파선)과 다소 차이가 난다. 이것은 인장시험 중 재료가 파단 인근에서 발생할 가능성이 많은 변형연화 현상에 기인하는 것으로 판단되며, 단순 외삽 유동곡선이 유동응력을 다소 과소평가했을 가능성을 강조하고 있다. 물론 최적 외삽 유동곡선도 파단점 이전의 유동 패턴을 크게 벗어나 있지는 않다.

그림 2.4는 제품의 두 주요 지점의 변형형상을 비교하고 있다. 일정한 값의 마찰상수나 마찰계수를 사용하여 이 두 지점에서 유의미한 제품 형상의 예측은 불가능하다. 그리고 그림 1.3의 초기 유동곡선과 이를 전제로 동일한 방법으로 획득된 최적 마찰조건을 사용할 경우, 그림 1.4의 예측결과보다 정확도가 다소 떨어지는 결과를 얻었다.

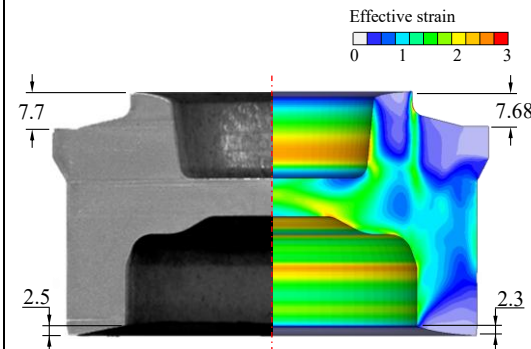


그림 2.4 실험결과와 해석결과 비교

2.2 상온에서 탄소강의 유동특성

탄소강 중에서 S10C, S20C, S45C가 냉간단조용으로 널리 사용되고 있다. 이 세 재료를 동일한 조건하에서 냉간단조 목적으로 열처리를 실시한 후 정교하게 인장시험을 실시하였다(테스코, NADCAP 보유 업체). 그림 2.5는 인장시험 결과이며, 그림 2.6은 AFDEX /MAT을 이용하여 획득한 유동곡선이다. 이 목적으로 유동곡선은 일반화된 Hollomon 모델(강도계수를 유효변형률의 함수, 강도계수함수로 간주함)이 사용되었다.

한편 인장시험을 분석한 결과, 항복강도와 네킹점에서의 유효변형률(진변형률, 변형경화지수)은 각각 다음과 같다.

$$Y_0(C) = 10.5C^2 + 147.2C + 221.5 \quad (1)$$

$$n_N(C) = -0.346C^2 + 0.039C + 0.204 \quad (2)$$

그리고 유동곡선도 규칙성이 있으며, 강도계수함수가 다음과 같은 수식으로 근사적으로 표현될 수 있다.

$$K(\bar{\epsilon}) = \begin{cases} K_N, & \bar{\epsilon} \leq n_N \\ \frac{K_{F'} - F_N}{\bar{\epsilon}_{F'} - n_N} (\bar{\epsilon} - n_N) + K_N, & n_N < \bar{\epsilon} \leq \bar{\epsilon}_{F'} \\ K_{F'}, & \bar{\epsilon} > \bar{\epsilon}_{F'} \end{cases} \quad (3)$$

여기서

$$K_N = -477C^2 + 1100C + 498 \quad (4)$$

$$\bar{\epsilon}_{F'} = 4.68C^2 - 5.39C + 1.97 \quad (5)$$

$$K_{F'} = -402C^2 + 966C + 562 \quad (6)$$

이다.

이 수식은 평균오차 0.25% 이내의 정확도로 그림 2.6의 유동곡선을 표현할 수 있다. 이 수식들을 이용하면, 그림 2.7에서 보는 바와 같이 임의의 탄소강에 대한 유동합수를 획득할 수 있다. AFDEX 사용자들은 해석 입력 데이터의 작성 시에 탄소함유량만의 입력으로 고도의 유동합수를 사용할 수 있다.

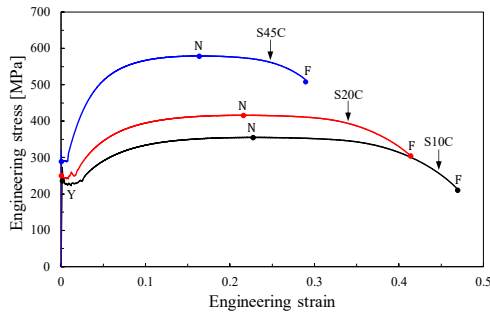


그림 2.5 대표적 탄소강의 인장시험 결과

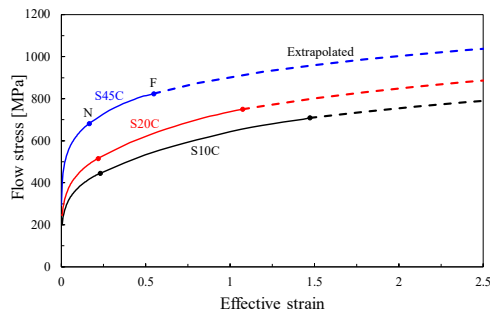


그림 2.6 유동곡선

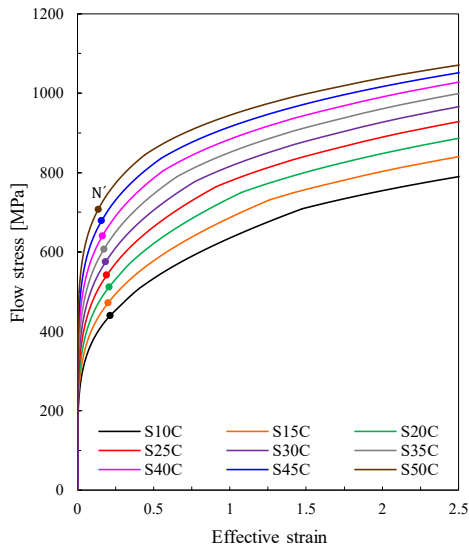


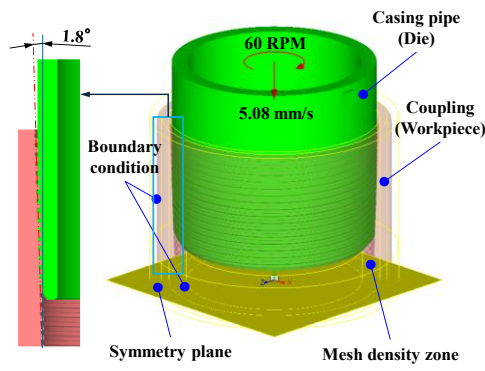
그림 2.7 임의의 탄소강의 유동곡선

2.3 커플링과 케이싱 파이프 조립공정 해석

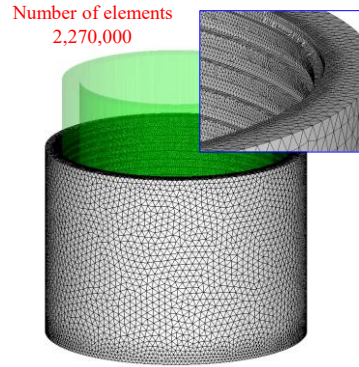
기존의 조립공정 해석 기술은 단순 압입 공정 또는 나사산이 비교적 적은 나사 조립 공정에 적용되었다. 최근 난해한 조립공정에 속하는 커플링의 케이싱 파이프 조립공정에 대한 해석을 진행하였다.

해당 모델의 사이즈는 5.5인치이며, 커플링의 경우, 한 방향 조립 기준으로 나사산 수가 약 20 여 개이다. 중심부 주위에서 한쪽 방향으로 약 1.8° 기울어진 형태의 복잡한 3차원 형상 모델이다. 기계식 조립 방식을 대상으로 16~17개의 나사산이 서로 맞닿는 방식으로 커플링과 케이싱 파이프가 조립되는 공정에 대한 해석을 수행하였다.

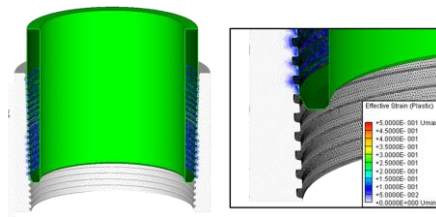
그림 2.8(a)와 그림 2.8(b)는 각각 해석모델과 초기 요소망을 나타낸다. 그림 2.8(c)와 그림 2.8(d)는 각각 유효변형률과 유효응력을 나타내었다.



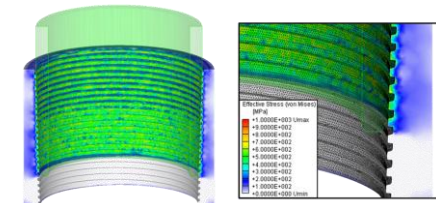
(a) 해석모델



(b) 요소망



(c) 유효변형률 분포

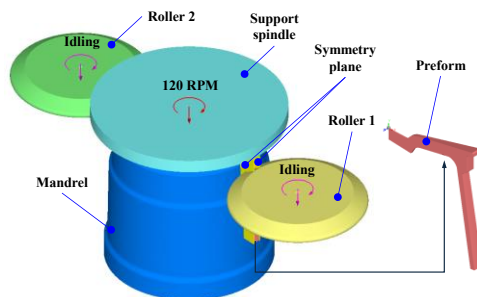


(d) 유효응력 분포

그림 2.8 커플링-케이싱 파이프 조립공정 해석

2.4 플로우포밍 공정의 성형해석

플로우포밍(스피닝, 롤포밍 포함)은 금속판재, 중공 실린더, 원뿔형 등의 다양한 형상의 제품을 회전하는 롤러를 이용하여 성형한다. 최근, 고객들의 요구에 부응하기 위하여 가상의 자동차 휠 플로우포밍 공정의 해석 모델에 대한 성형해석을 실시하였다. 대상 제품은 냉간 조건이지만, 실제의 자동차 휠의 플로우포밍은 온간, 열간 등 다양한 온도 조건에서도 이루어진다. 또한 롤러 형상과 수에 따른 성형 조건과 특성이 다양하다.



(a) 해석모델 및 프리폼 형상

Press

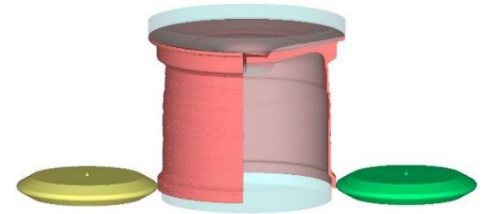
Spiral Press

Angular / translational velocity

Time	RPM1	RPM2	Translational velocity (v,z)
s	rev/min	rev/min	mm/s
0	120	0	-5.5
2	120	0	-5.5
2.001	120	0	0.0635
33.5	120	0	0.0635
33.501	120	0	2.2105
38.25	120	0	2.2105
38.251	120	0	0.0339
156.25	120	0	0.0339
156.251	120	0	2
163.25	120	0	2
163.251	120	0	0
180	120	0	0

OK Cancel

(b) 시간에 따른 롤의 속도 프로파일



(c) 해석결과

그림 2.9 가상의 자동차 휠 플로우포밍 해석

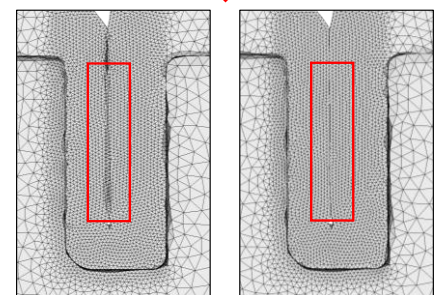
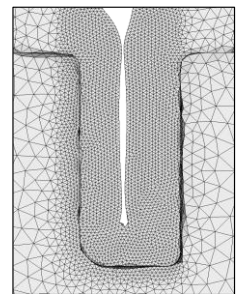
그림 2.9(a)는 해석 모델을 나타내고 있으며, 회전성형(점진성형의 일종)의 특성상 해석 시간이 많이 소요되기 때문에 소재에 대칭면을 적용하여 10°의 해석 모델을 사용하였다. 2개의 물체가 사용되었다. 그림 2.9(b)에 시간에 따른 롤러의 속도 프로파일을 나타내고 있다. 그림 2.9(c)에는 가상 플로우포밍 공정에 대한 최종 해석결과를 나타내고 있다.

3. AFDEX_V26R01 기능 개선

3.1 소재-소재 접촉 기능 개선

AFDEX_V24R02 버전부터 개선된 소재간 접촉 루틴이 제공된다. 두 가지의 적용 예제를 소개한다. 이전 버전에서는 그림 3.1(a)의 중앙에서 보는 바와 같이 소재 사이의 간섭 문제가 발생하였다. AFDEX_V24R02는 그림 3.1(a)의 우편에서 보는 바와 같이, 개선 표면을 따라 소재가 침투되지 않고 실제에 근접한 해석 결과를 얻었다.

그림 3.1(b)는 두번째의 적용 예제이다. 금형의 접촉면에서 소재-소재 사이의 접촉이 연속적으로 발생하는 예제이다. 해석결과는 비교적 정교한 자체접촉(Self-contact) 문제가 처리되고 있음을 강조하고 있다.



개선 전

(a)

개선 후

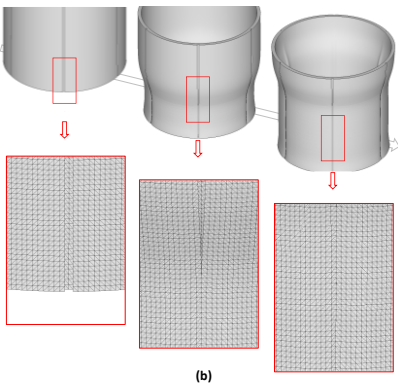


그림 3.1 소재-소재 사이의 연속적 자체접착 공정

3.2.3 4차원 피어싱/트리밍 옵션 다양화

AFDEX 3D의 경우 속도가 부과된 금형을 기준으로 피어싱 또는 트리밍을 실시한다. 이 기능에 익숙하지 않은 사용자들은 피어싱 또는 트리밍 공정 설정 시, 잦은 실수를 범하는 것으로 판단된다. 따라서 이해를 돕고 실수를 방지하기 위하여 해석 조건 입력창에 이 기능을 설명하는 이미지를 추가하였다. 그리고 AFDEX_V26R01부터는 피어싱/트리밍과 관련된 세 가지 선택 기능이 추가되었다. 첫번째는 사전 성형이 없는 상태에서 즉시 피어싱/트리밍을 수행하는 기능이다. 두번째는 속도가 부과된 금형에 투영된 재료의 제거 여부를 선택하는 기능이다. 세번째는 피어싱/트리밍용 전단 영역의 자동추출 여부를 선택하는 기능이다. 그림 3.2는 피어싱과 트리밍 입력창에 추가된 이미지를 나타내었다.

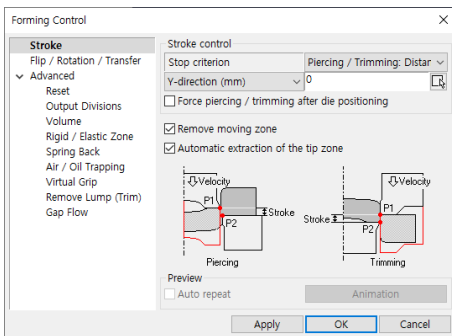


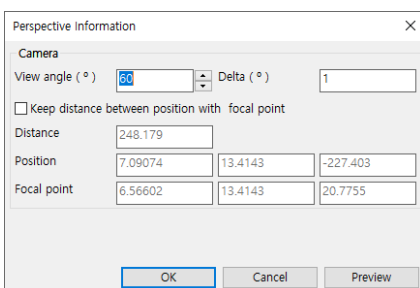
그림 3.2 변경된 피어싱/트리밍 UI

3.3 2차원 DXF Importing 기능 강화

이전 버전까지는 블록으로 처리된 CAD 데이터를 불러오기 할 경우 형상 인식에 오류가 발생하는 경우가 있었다. AFDEX_V26R01부터 블록으로 작성된 모델의 불러오기가 가능하도록 하였다. 다른 파일에서 삽입 또는 복사하여 붙여넣기로 작성된 모델도 불러올 수 있다.

3.4 AFDEX_SP 원근조정 기능 개선

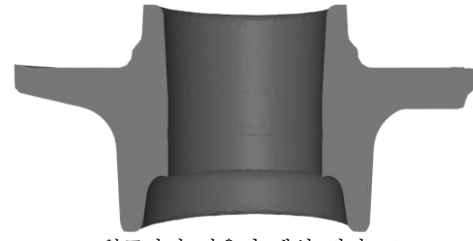
뷰 화면의 배경에서 마우스 오른쪽 버튼을 클릭함으로써 원근감 조정을 위한 정보를 설정할 수 있다. 이 항목을 선택하면 원근조정 기능 설정창이 실행된다. 기존에는 각도 변경 시 초점과 카메라 사이의 거리가 자동으로 변경되어 모델의 크기가 부적절하게 되는 현상이 있었다.



(a) 원근조정 설정창



(b) 단조품



(c) 원근감이 적용된 해석 결과 View

그림 3.3 원근조정 기능 설정 적용 사례

이를 해결하기 위해 거리를 유지하는 기능을 추가하였다. 그림 3.3에서 원근조정 설정창과 적용 사례를 확인할 수 있다.

3.5 라이선스 매니저 개선

AFDEX 라이선스는 V24R01 버전부터 네트워크 타입으로 변경되었다. 그러나 서버 PC의 재부팅 후 라이선스 매니저가 자동실행되지 않는 문제를 해결하기 위하여 서비스 앱으로 전환하였으며, V24R02 버전부터는 서버용 라이선스 매니저를 분리하였다. 그래서 서버 PC에는 AFDEX 라이선스 매니저를 설치해야 한다. 로컬 PC는 서버 PC의 ip, port 번호를 입력하여 라이선스를 사용할 수 있다.

4. 소식 및 공지사항

4.1 2025년 정기교육 및 온라인 강좌 활용 수시 교육 안내

2025년 하반기 정기교육은 표 4.1의 일정으로 진행된다. 교육 신청 관련하여서는 교육일 3주 전 별도로 공지될 예정이다. 교육일, 교육 내용은 변경될 수 있다.

표 4.1 2025년 정기교육 일정

회차	장소	날짜	지역
4	MFRC 교육장	07월 10일(목)	진주
5	한국생산기술연구원	09월 17일(수)	시흥
6	MFRC 교육장	11월 06일(목)	진주

한편, 최근 유튜브 채널을 통해 온라인 교육을 크게 개편하였다. AFDEX 공식 유튜브 채널에서 소성역학 및 유한요소법에 관한 이론과 AFDEX 사용법 등을 확인할 수 있다. 아울러 비전공자를 위하여 정역학, 고체역학, 수학 등에 관한 교육도 이루어지고 있다.

AFDEX 공식 유튜브 주소는 아래와 같다.
(<https://www.youtube.com/c/AFDEX>)

4.2 글로벌 강소기업 1000+ 기업 지정

2025년 4월 중소벤처기업부의 글로벌 강소기업 1000+ 기업으로 지정되었다. 이는 당사의 독자적인 CAE 소프트웨어 개발 역량과 지속적인 기술 혁신, 그리고 글로벌 시장에서의 성장 가능성을 높이 평가받은 결과이다. 이번 선정을 통해 해외 진출 지원, 연구개발(R&D) 자금, 마케팅 등 다양한 정부 지원을 받게 되며, 이를 바탕으로 글로벌 경쟁력을 더욱 강화해 나갈 예정이다. 앞으로도 세계 시장을 선도하는 소성가공 공정해석 솔루션 기업으로서 고객 여러분께 더 나은 가치를 제공할 수 있도록 노력할 것이다.

4.3 Altair AI+CAE 최신 기술 행사 참가

당사는 최근 한국, 인도네시아, 타이완, 일본 등 APAC 지역에서 개최된 파트너사 Altair의 AI+CAE 최신 기술 행사(Altair Technology Day Indonesia 2025, ATC Taiwan 2025, ATC Japan 2025)에 참가하였다.

오는 7월에는 말레이시아에서 열리는 ATC Malaysia 2025 행사에도 참석할 예정이다.



(a) Altair Technology Day Indonesia 2025



(b) Altair Technology Conference Taiwan 2025



(c) Altair Technology Conference Japan 2025

JOIN US

ALTAIR TECHNOLOGY CONFERENCE
MALAYSIA

July 22, 2025
Le Meridien, Putrajaya

REGISTER NOW



(d) Altair Technology Conference Malaysia 2025
그림 4.1 Altair AI+CAE 기술 행사 참가

4.4 MetalForm China 2025 참가

2025년 6월 17일부터 20일까지 4일간 중국 상하이에서 진행된 아시아 최대 규모 MetalForm China 2025(중국 국제금속성형전람회 2025)에 ㈜엠에프알씨가 참가하였다.