

1. AFDEX_V20R01 출시

AFDEX_V20R01이 6월 초순 출시될 예정이다. 신기능의 확장성과 고객 요구에 대한 신속대응을 감안한 프로그램의 대대적 구조변경에 따라 예년에 비하여 약 2개월 늦게 발표된다. 빠른 신버전의 기다리고 있는 사용자들에게 양해를 구한다. 대신 급하게 신기능 및 개선된 기능을 요구하는 기업체들에게는 MFRC에서 관련 기능을 이용한 해석 지원을 실시하고 있다.

최신 버전은 경사진 스프링부착금형의 처리, 금형에 의한 임의 방향 하중 부과 공정 해석, 냉간단조 금형의 압입공정 해석, 이방성 재료 해석, 다물체의 단별 연속해석 등을 위한 신기능이 추가되었고, 열전달 고려 냉간단조의 탄소성 해석, 소재자체접촉 해석, 공기간힘 해석, 상세설계 기반 공정의 해석, 판단조 공정 해석, 링플링 공정의 해석, 자유단조의 완전 자동해석 등을 위한 기능의 강화를 특징으로 한다.

그리고 사용자의 편리성 및 프로그램의 확장성을 위한 대대적인 전후처리 기능의 개선이 이루어졌다.

2. AFDEX_V20 신기능 및 개선기능

다음은 AFDEX_V20 적용 사례 중 특별한 사례이다.

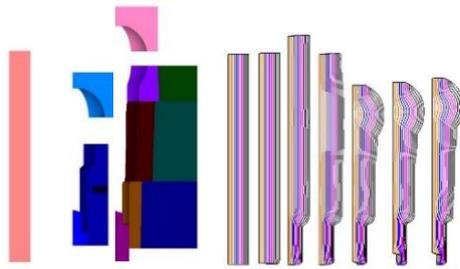
2.1 냉간단조에서 온도/재료 모델의 영향

강의 냉간단조 중 온도의 영향은 일반적으로 무시되고 있다. 그 원인은 비압축조건에 크게 영향을 받는 예측된 변형 형상이 공정설계에 충분히 유용하기 때문이며, 단조 시뮬레이션의 첫 번째 목적이 바로 여기에 있기 때문이다.

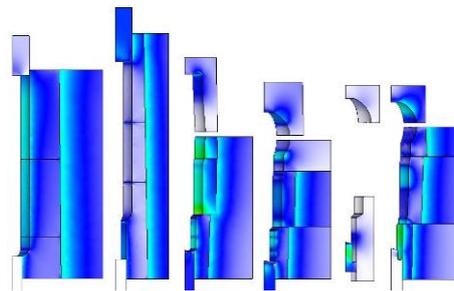
최근 제조공정의 스마트화에 따른 장비 및 금형의 엄격한 관리 및 유지보수가 요구되기 때문에 보다 정교한 성형하중 및 금형의 수명 등에 관한 예측이 요구되고 있으며, 이에 부응하기 위한 해석 기술의 발전이 가속되고 있다. 특히, 자동다단냉간단조의 경우, 고속생산 및 연속생산으로 경우에 따라서 온도의 영향을 무시할 수 없다. 특히 성형하중 한계 문제와 금형의 파손 문제에 노출된 고강도 재료의 냉간단조에서 온도를 고려한 공정해석은 불가피한 측면이 있다.

여기서는 500°C 이하에서 압축시험 결과로 획득된 SUS304의 유동응력을 이용하여 볼 스타드 제조공정을 해석한 결과를 바탕으로 온도 및 재료모델이 해석결과에 미치는 영향을 소개한다. 그림 2.1은 온도 및 금형 탄성변형 고려 해석결과를 나타내며, 표 2.1은 다양한 조건 하에서 획득된 5단과 6단에서의 최대 성형하중과 금형의 최대응력을 비교한다. 표 2.1에서 보는 바와 같이, 온도를 고려한 경우를 기준으로 했을 때, 온도의 고려 유무에 따라(Case 1과 Case 3의 비교) 5단의 성형하중과 금형의 응력이 Case 3을 기준으로 각각 약 105%와 62% 높게 나타났다. 반면, 소재의 탄성변형 고려 유무에 따른 성형하중 및 금형 최대응력의 변화는 무시할만한 수준이며, 의미있는 경향성을 나타내지 않고 있다. 이론적으로 볼 때, 온도, 금형의 탄성변형, 소재의 탄성변형 등의 인위적 배제에 따라 성형하중이 증가함을 감안할 때, 동일한 유동응력 조건으로 예측

된 작은 성형하중과 금형 응력이 실공정에 더 가깝다. 그러나 단류선의 육안 비교결과는 모두 무시할 수 있는 정도의 차이에 머물렀다.



(a) 초기소재, 공정설계 (5 단, 6 단), 단류선



(b) 금형의 응력 (Case 3)

그림 2.1 공정설계 및 단류선 예측 결과

SUS304는 고강도 소재이며, 중온 이하에서도 온도에 따른 유동응력의 감소가 크기 때문에, 단조 가능 여부를 검토할 때, 유동응력의 온도 의존도를 체크하는 것이 바람직하다.

표.2.1 재료 및 금형의 모델링에 따른 예측 결과

Case	Max. forming load [kN]		Max. effective stress [MPa]	
	Stg. 5	Stg. 6	Stg. 5	Stage 6
1 ①	187.0	866	3240	2430
2 ②	95.7	611	1870	1980
3 ③	91.3	597	2000	1940

①Case 1은 등온 및 강재금형, ②Case 2는 비등온 및 탄성금형; ③Case 3은 비등온 및 강재금형

2.2 경사진 스프링부착금형의 처리

AFDEX에서 하중 부과 금형, 즉 바인더 금형(binder die)은 주로 판단조에서 성형방향에 수직인 금형의 단면으로 판재를 눌러주는 역할을 담당해 왔다. 이 금형은 하중부과에 따라 발생하는 다수의 수치적 문제를 해결하는데 효과적임이 입증되어 있다. 최근 개선된 바인더 금형 기능이 사용되기 시작하였다. 이 기능은 성형방향으로 하중을 부과하고, 이것에 수직인 방향으로의 속도 또는 변위 구속조건을 가하는 것으로 그림 2.1에서 보는 바와 같이 제 5단의 운동하는 하부 금형에 사용되었다.

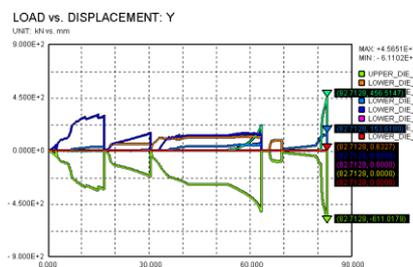


그림 2.2 성형하중 선도

그림 2.2는 탄소성 유한요소법으로 해석한 성형하중 선도를 나타내며, 5단에서 성형하중의 균형이 적절함을 알 수 있다. 즉, 하형과 소재가 접촉되기 이전에는 바인더 금형과 소재는 모두 강체 하강을 하기 때문에 하중이 0에 가깝다. 소재가 소성변형을 받는 시점부터 상하 하중의 균형을 만족하면서 성형이 발생하며, 이 때, 바인더에 의한 소재의 유동, 즉 팽창이 구속된다.

2.3 판단조용 금형 운동 통제 기능 고도화

Q2에 발표될 신버전에서는 최근까지 판단조 목적으로의 사용자와 JSOL(AFDDEX의 일본의 협력 파트너)이 요구한 모든 금형 운동의 표현이 가능하도록 하였다. 판단조 공정의 경우, 금형 간의 상대운동이 비교적 복잡하게 얽혀 있다. 따라서 설계자의 창의적 아이디어를 반영하는데 기능적으로 어려움이 따르는 것이 사실이다. 현재 다양한 실용 공정에 적용하여 금형 간의 상대 운동 및 하중 부과 기능을 충분히 검증하였다. 그리고 프로그램의 구조 개선을 통하여 추후에 발생할 수 있는 사용자의 신 기능 요구에 능동적으로 대응할 수 있는 체계를 갖추었다. 사용자의 창의적 공정설계 기술을 개발자가 앞서가는 것은 사실상 불가능하므로 개발자의 신속 대응 능력은 매우 중요한 요소이다. 그림 2.3은 바인더 기능과 종속금형의 기능을 사용한 판단조 공정의 해석 사례이다. 이 공정의 해석에는 다양한 개선된 하중부과 금형 및 금형 간의 거리 구속 부과 기능이 사용되었다.

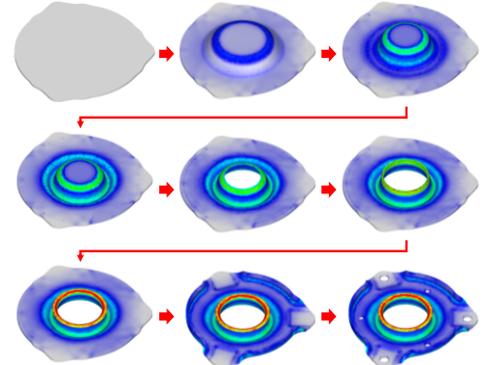


그림 2.3 판단조공정 해석

2.4 공기간힘 영역의 정의 방법 개선

최신 버전에서 공기간힘 현상의 해석 기능이 보강되었다. 구 버전으로는 프로그램의 계산 효율 제고 목적으로 공기간힘 해석을 위해서 관심영역을 표시해야 하며, 간힘 공간의 체적탄성계수를 압력의 함수로 입력해야 한다.

공기간힘 현상으로 발생하는 압력이 일정 이상에 이르면, 공기 누설이 발생하는데, 이것을 정확하게 모델링하는 데는 한계가 있다. 해석 중, 소재와 금형간의 폐공간 내의 압력이 접촉면에서의 최저 압력의 일정비율에 이르면 강제적으로 압축비를 낮추고 있다. 압축비는 그 이전 해석 스텝의 결과를 바탕으로 수동적으로 결정되고(즉, 폐공간의 압력과 성형 문제가 연계되어 있지 않음) 과도한 압력은 해의 수렴성을 보장할 수 없기 때문이다. 그리고 압축비에 따른 압력의 상승 관계도 정확하게 확보하는 것이 용이하지 않다. 폐공간에 존재하는 기름이나 윤활성분의 비율 등이 압력의 증가와 공기의 빠짐에 따라 영향력이 급증할 것으로 예상되지만, 그 관계를 밝히는 것과 그 시점을 맞추어 급증하는 압력을

수치적으로 표현하는 것이 사실상 불가능하다. 따라서 종료 직전, 하중이 급증하는 구간에서 예측결과가 실제의 결과를 정확하게 예측하는 것에 실패할 수도 있다. 그러나 경험적으로 볼 때, 그 직전의 결과는 표면결함을 예측하는데 부족함이 없다고 사료된다. 그림 2.4에 공기간힘의 실험결과와 예측결과를 일부 비교하고 있다.

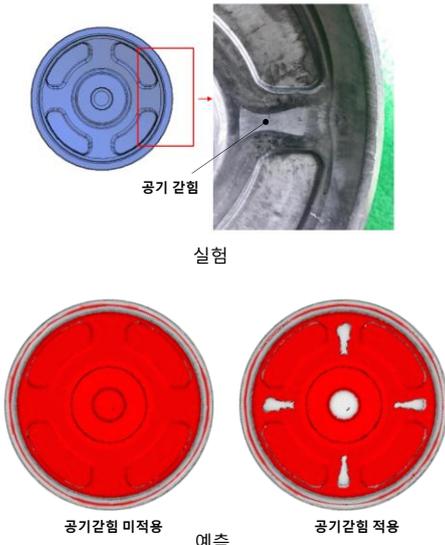


그림 2.4 공기간힘의 실험결과와 예측결과

2.5 소재자체접촉 기능 강화

현재까지 발표된 버전에서, 3차원 해석의 경우, 계산 효율 목적으로 접촉 가능 구간의 사용자 입력이 요구되었다. 이것은 접촉 가능성이 감지되는 시점에서 프로그램을 정지하고 연속해석을 실시해야 하는 문제와 함께 축대칭에 가까운 소재자체접촉 영역을 가진 공정의 해석을 어렵게 하는 문제를 야기하였다. 최신 버전에서는 소재 자체 접촉 기능의 작동 유무의 선택만으로 모든 입력이 완료되도록 하였다. 그림 2.5는 가상의 공정에 적용한 결과이다.

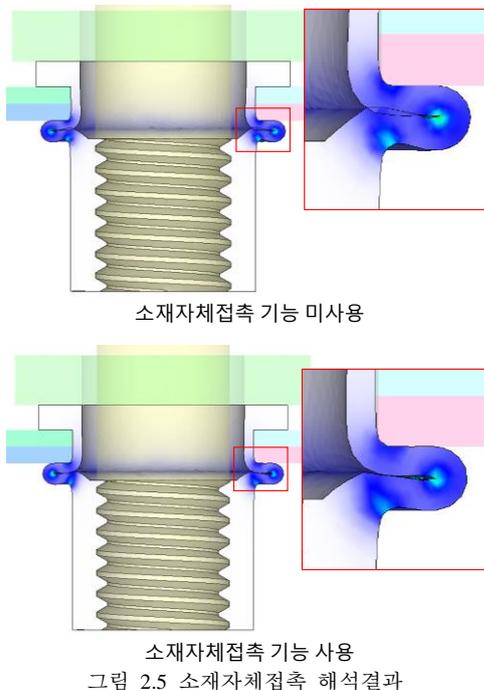


그림 2.5 소재자체접촉 해석결과

2.6 링롤링 공정 해석 기능 개선

링롤링 공정의 특징으로 전체의 표면절점 중에서 상대적으로 매우 작은 접촉절점의 수, 환상의 연속된 변형 구간, 힘을 부과하는 금형 및 도구 등을 들 수 있다. 이로 인하여 발생하는 첫

번째의 문제는 정상적으로 이론적 접촉 조건을 부과하는 것이 불가능하다는 점이다. 다시 말해 마찰언덕의 존재와 이로 인한 역학적 균형이라는 압연의 고유 특징을 고려한 해석이 불가능하다는 것이다. 이러한 문제는 인위적인 경계조건의 부과가 불가피하게 만든다. 가령 해석결과에서 폭퍼짐의 양이 다소 과다할 경우, 이를 방해하는 마찰력을 강제적으로 부과하거나 일부 영역에서 미끄러짐을 방지해야 한다. 신버전에서는 이러한 강제 부과 조건 기능을 추가하였으며, 사용자가 직접적으로 접촉조건을 보다 손쉽게 부과할 수 있도록 하였다. 두 번째의 문제는 국부적 요소망 조밀화를 불가능하게 하므로 잦은 요소망 재구성을 배제하기 위하여 AFDEX는 환상 요소망도 조밀화 기능을 이미 제공해 왔다. 세 번째의 특징인 하중 부과 금형 또는 도구의 문제를 위하여 AFDEX는 이미 몇 가지 기능을 제공하고 있다. 최신 버전에서는 접촉 영역에서 기존 기능의 수치적 안정성을 제고시켰으며, 임의 방향의 하중부과 금형 기능을 새로 개발하여, 특히 가이드롤의 하중 부과 기능으로 사용하여, 실공정과 동일하게 소재의 흔들림의 통제 목적으로 사용할 수 있도록 하였다. 한편, 임의 방향 하중 부과 금형은 다른 창의적 공정의 해석 목적으로도 활용될 수 있을 것이다. 그림 2.6은 최신 버전으로 획득된 링롤링 공정의 해석 결과이다. 이 해석결과는 기존 기능에서 다소 높게 예측된 폭퍼짐량을 크게 줄여줌으로써 실험결과에 근접한 것이다.



그림 2.6 링롤링 공정의 실험결과와 예측결과

2.7 강화된 상세 공정설계 정보 활용 해석

신 버전에서는 실공정의 상세설계 정보를 그대로 활용하여 해석하는 기능이 더욱 강화되었다. 대개의 경우, 공정의 특징적인 부분만을 대상으로 다수의 가정에 근거한 해석 모델을 사용하는 것이 대부분이다. 이것은 공학적 측면에서 올바른 방법이며, 개발자로서 권유하는 바이다. 그러나 금형의 구조해석에 관심이 있을 경우, 이미 앞서서도 본 바와 같이, 해석결과는 가정에 크게 영향을 받지만, 금형의 형상과 조립 등에도 매우 큰 영향을 받는다. 따라서 다양한 목적으로 실공정 전체를 대상으로 하는 해석 기술이 요구되어 왔다. 이 기능은 프로그램 상에서 다수의 기능적 요소의 개선을 요구한다. 가령, 두 금형 사이로의 소재 흐름 허용 여부를 결정하거나 통제하는 기능이 필요하다. 신 버전에서는 이러한 문제의 특징과 사용자의 창의적 요구에 부응할 수 있도록 많은 개선이 이루어졌다.

2.8 이방성 재료의 해석 기능

현재 이방성 재료 관련 기능의 확보가 진행 중이다. 현재 강소성 기능이 확보되어 있으며, 내년도부터 사용자들에게 본격적으로 제공될 예정이다. 그러나 기본 기능은 올 10월로 예정된 2020년 개정판에 탑재될 것이며, 현재 연구 차원에서 활용하고자 하는 사용자에게는 정보 교환을 전제로 그 기능이 제공될 수 있다.

2.9 냉간단조 금형의 압입공정 해석

AFDEX는 고유의 열박음 해석 기능을 제공하고 있으며, 이것은 열박음에 의한 예압을 고려한 단조중 금형의 구조해석에 효율적으로 적용되어

왔다. 기존의 기능을 이용하여 압입박음도 열팽창 등을 고려하여 열수축에 의한 예압으로 변환하여 해석할 수가 있다. 대다수의 경우는 별 문제가 되지 않을 것으로 판단된다. 그런데 압입박음의 양이 매우 클 경우, 압입과정에서 발생하는 스링크링 또는 튜브 형태의 금형 부품의 변형과 점진적인 접촉영역의 확대 과정에서 역학적 균형이 충족됨으로 인하여 무시할 수 없는 부위별 예압량의 차이가 최근의 연구(연구결과 중간 보고회) 결과에서 발표되었다. 그림 2.7은 압입에 따른 유효응력을 나타내고 있다. 이 해석은 다물체 해석 기능을 활용하여 획득되었다. 소재는 탄소강 재료로 모델링되었다.

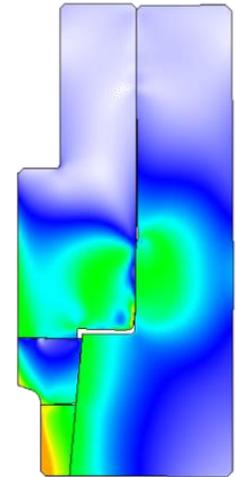


그림 2.7 압입에 따른 예압의 유효응력

3. 공지사항

3.1 이론 교육 알림

최근의 코로나 19로 인하여 대학에서 대면 강의가 불가능하게 되었다. 따라서 경상대와 MFRC는 수학적 배경, 인장시험, 정역학, 고체역학, 소성역학, 대변형 이론, 유한요소법 등에 이르는 단조 시뮬레이션 관련 전 분야에 대한 동영상 강의 자료를 작성하여 제공하고 있다. 이 자료는 학생의 교육 자료로 만들어졌지만, AFDEX의 이론 및 사용자를 위한 역할 교육 목적으로도 활용되는데 손색이 없을 것으로 사료된다.

그리고 최근AFDEX의 교육용 따라하기 예제 20여 개가 유한요소법 및 소성역학 수학생들의 교육목적으로 영어로 제작되어 제공되고 있다. 이 역시, 새로운 공정을 접하는 AFDEX 사용자 및 AFDEX 활용 교육자들에게 큰 도움이 될 것이다. 관련 자료는 학생들의 교육 스케줄에 따라 업로드되고 있으며, www.afdex.com의 Education and conference 메뉴에서 만날 수 있다.

3.2 Altair webinar 개최

5월 28일, 전만수 교수는 전세계의 Altair 사용자 또는 잠재사용자를 대상으로 판단조에 관한 웹 세미나를 실시한다. 관련 홍보 자료는 발간될 블로그 통해서 만나볼 수 있다. 블로그 주소는 확정되지 않아 추후 AFDEX 홈페이지에서 공지할 예정이다.

AFDEX는 현재 Altair의 Altair Partner Alliance(APA)이며, 이를 통하여 다수의 글로벌 사용자를 확보하고 있다. 글로벌 사용자의 특징은 단조품의 사용자들로서 단조품을 활용한 종합 엔지니어링에 다수가 관심을 두고 있다는 점이다. 이런 고객의 요구에 부응하기 위하여 다물체 기능 및 최적설계 기능 등의 강화에 힘써 왔다.