

Contents

1. AFDEX_V21 수정버전(V21R03) 출시

2. AFDEX_V21R03 솔버 개선사항

- 2.1 고온압축시험의 온도 보상
- 2.2 피크변형률 계산의 직접법
- 2.3 Pilger rolling 공정의 자동 해석
- 2.4 이중 곡률 변형경화

3. AFDEX_V21R03 전후처리기 개선사항

- 3.1 3D, 금형 요소망 자동밀도부과 기능
- 3.2 다물체 해석시, 객체별 열박음 온도 조건 입력 기능
- 3.3 다물체 해석시, 객체간 마찰조건 추가 및 개선

4. 공지 사항

- 4.1 2022년 정기교육 및 온라인 강좌 활용 수시 교육 안내

1. AFDEX_V21 수정버전(V21R03) 출시

2021년 11월 1일, AFDEX_V21R02 버전을 출시하였다. 그 사이 이 버전의 개선이 진행되었고, AFDEX_V21R03 버전이 2022년 4월 셋째 주 출시될 예정이다. 솔버와 전후처리기의 개선 사항은 2절과 3절에서 확인할 수 있다.

2. AFDEX_V21R03 솔버 개선사항

2.1 고온압축시험의 온도 보상

압축시험 시에 시편은 시험 중에 온도 상승을 겪고 마찰에 의하여 베어링을 발생시키게 된다. 이 온도 상승과 마찰의 영향을 유동곡선에 반영시키는 것은 쉽지 않다. 일부의 재료가 특정의 조건 하에서 그 영향을 무시해도 큰 오차를 발생시키지 않는다. 그러나 대부분의 경우에는 반드시 그 영향을 반영해야 한다. 시험기로부터 얻은 초기의 유동정보는 등온과 균질압축의 가정하에서 구한 것으로 실제와는 상황(유동응력, 열전도율, 열용량 등)에 따라 크게 차이가 날 수 있기 때문이다.

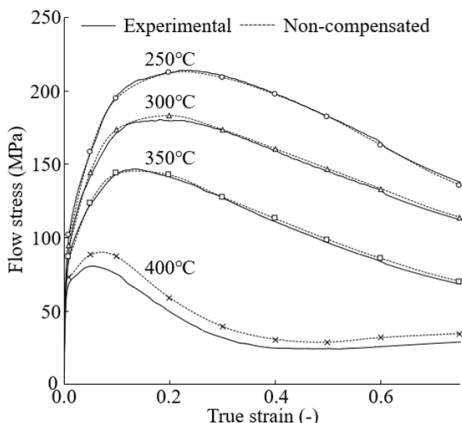


그림 2.1 압축시험에서 얻은 첫 유동곡선

그림 2.1은 AZ91E 마그네슘 합금의 압축시험에서 얻은 온도 보상 이전의 유동곡선(실선)과 피팅된 곡선(파선)이다. 마찰은 경험적으로 볼 때, 고온 압축시험에서 그 영향이 크지 않다. 시험 과정에서 마찰을 최소화시키는 것도 그 원인 중에 하나이지만, 마찰에 의하여 발생한 베어링 현상이 유발하는 변형의 비균질성으로 증가된 변형저항은 베어링 현상에 의하여 억제된 상대적으로 작은 접촉 면적에 의하여 상쇄되기 때문이다. 그림 2.1의

유동곡선을 입력하여 압축시험을 해석해 보면, 예측과 실험 압축하중의 차이는 매우 크다(그림 2.3에서 Non-compensated 곡선 참고).

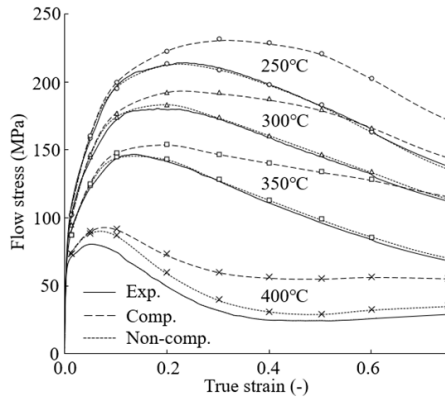


그림 2.2 온도를 보정한 유동곡선

그림 2.2는 온도를 보정한 유동곡선이다. 이 유동곡선으로 압축시험을 해석한 결과와 실험 결과를 그림 2.3에 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이, 두 결과의 차이는 크지 않다. 평균 오차는 약 3.7%에 머무르고 있다.

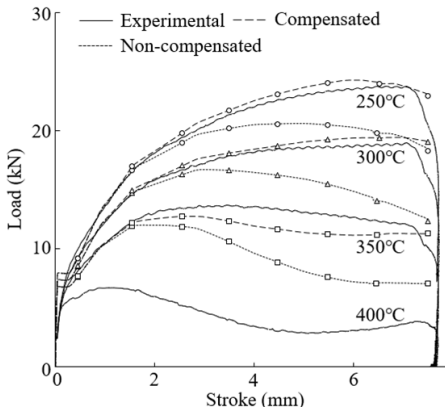


그림 2.3 압축시험을 해석한 결과와 실험한 결과의 비교

2.2 피크변형률 계산의 직접법

열간단조 중 미세구조의 예측을 위하여 피크변형률 및 50% 변형률의 정보가 요구된다. 기존의 방법은 이 정보들을 변형률, 변형률속도, 온도 등의 함수로 입력해야 한다. 이 함수는 매우 복잡하여 오차를 증가시키는 핵심적 요소이다.

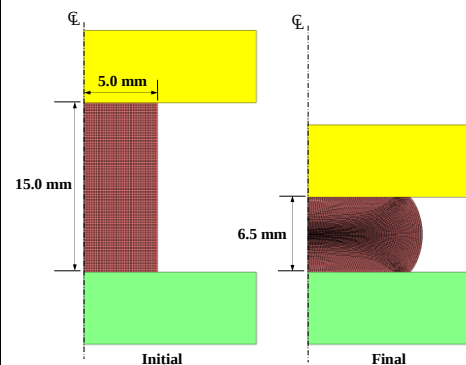
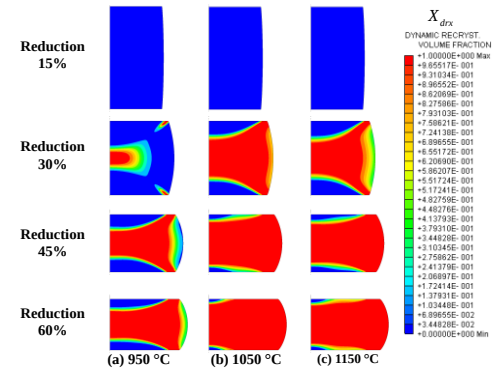


그림 2.4 적용 사례(업세팅 공정)

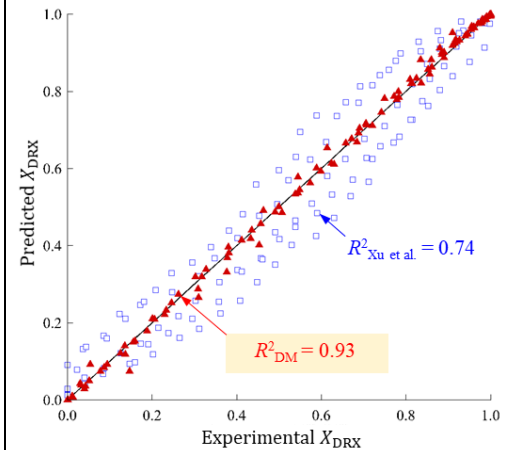
그리고 이 함수가 유동함수에 민감하게 영향을 받기 때문에 재료마다 다르며 비전문가가 이것을 찾는 것이 사실상 불가능하다. 따라서 이것은 미세구조의 예측 기능의 실용성을 크게 떨어뜨리고

있다.

최근 AFDEX는 고정도의 유동응력 표현법을 지원받게 되었다. 정확한 유동곡선의 수식적 표현이 가능하기 때문에 이를 이용한 직접법(Direct method)을 피크변형률 및 50% 변형률의 획득법으로 개발하였다. 그림 2.4는 적용 공정을 나타내고 있다.



(a) Xdrx의 분포



(b) 결과의 정확도 (붉은 색: 직접법)

그림 2.5 예측 및 실험 결과의 비교

그림 2.5(a)는 Xdrx를 나타낸다. 그림 2.5(b)에서 보는 바와 같이 예측결과와 실험결과가 공학적으로 거의 일치하였다(붉은색은 직접법을 활용한 AFDEX의 결과이며, 파랑색은 문헌의 결과이다). 이 결과를 사용하여 예측한 결정의 크기는 46.3 μm 이며, 실험치에 대한 평균오차는 2.7%이다. 상세한 내용은 곧 발간될 예정인 관련 논문(M. S. Joun et al., 2022, A general and accurate approach for predicting microstructural evolution using a direct method to calculate flow-related dynamic recrystallization kinetic parameters, J. Mater. Res. Technol.)에서 확인할 수 있다.

2.3 Pilger rolling 공정의 자동 해석

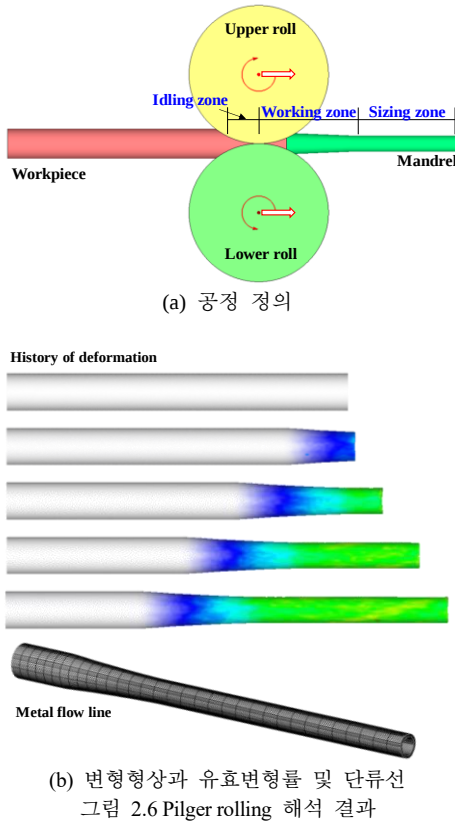
Pilger 롤링 공정은 단 공정으로 고단면 감소율의 파이프 재료를 신장시킬 수 있는 특수 생산 기술이다. 이 공정은 일종의 점진성형 소성가공 기술이며, 압연, 압출, 업세팅 등이 혼합된 특수 소성가공 기술이다. Pilgering 공정을 활용하면, 자동화와 친환경 고수율로 파이프의 대량생산이 가능하다. 그러므로 일정 규모 이상의 고급 금속 파이프의 대량생산을 위한 기존의 인발 공정은 점진적으로 대체될 가능성이 높다.

Pilgering 공정의 특징은 회전과 병진 운동이 동시에 부과된 성형용 금형(입체 롤)과 내경의 치수를 통제하는 맨드릴에 있다. 재료는 규칙적으로 회전되거나 이동된다. 특히 전통적인 파이프 인발 공정과는 달리, 소성변형이 반복적인 압축력에 기

인하기 때문에 제품의 품질이 다단 인발 공정에 의하여 생산한 것과 큰 차이가 있다.

최근 AFDEX는 Pilgering 공정의 완전 자동 해석 기능을 갖추었다. 이송간격, 회전각도 등의 기본 정보와 요소망의 두께 방향 가중치 등의 입력으로 강소성 및 음해법 탄소성 유한요소법을 이용한 전 공정의 자동해석이 가능해졌다.

그림 2.6은 문헌에서 발굴한 예제를 해석한 결과이다. 이 결과는 금형 및 재료의 운동 규칙의 입력으로 전자동으로 얻는 것이다.



2.4 이중 곡률 변형경화

스테인레스 강과 같이 인장시험에서 네킹점의 공칭변형률이 크고 파단점과 네킹점 사이의 공칭 변형률 차이가 작을 경우, 그림 2.7에서 보는 바와 같이, 이중 곡률(Double curvature)을 갖는 변형경화 특성을 보인다.

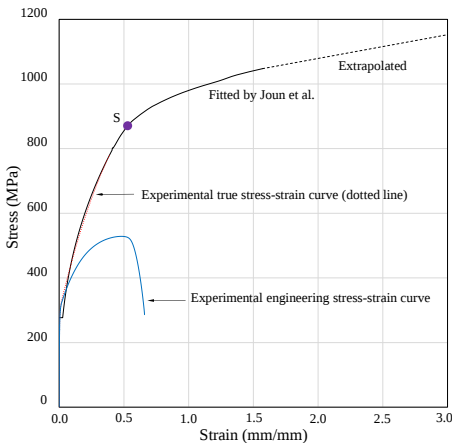


그림 2.7 상온에서의 SUS 304의 인장시험곡선과 유동곡선

이러한 유동특성은 최근 몇몇 연구자들에 의하여 밝혀졌다. 이러한 이중 곡률 변형경화능을 기존의 전통 유동모델로 표현하는 것은 불가능하다. 최근 AFDEX 연구팀은 이중 곡률 변형경화 특

성을 효과적인 표현을 위하여 극한곡률변형률(Extreme curvature strain)의 개념을 도입하여 Voce-Ludwik 모델을 개발하였다. 그림 2.8은 제안된 모델을 활용하여 획득한 유동곡선과 인장시험으로부터 획득된 이중 곡률 변형경화 특성곡선을 비교하고 있다. 스테인레스 강과 같은 고변형률 하에서 고강도를 갖는 금속 재료의 유동응력의 정확한 획득과 수식화는 이들의 소성가공에 매우 중요하다.

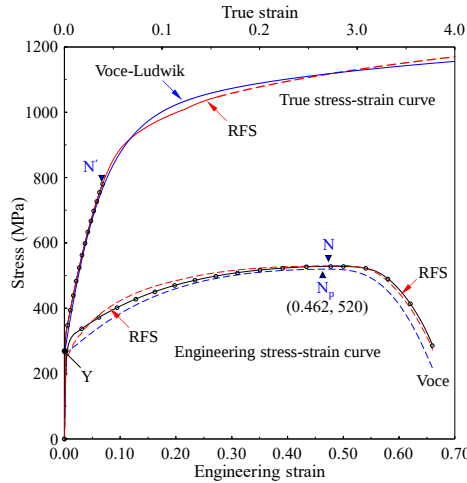


그림 2.8 피팅된 유동곡선과 실험 유동곡선의 비교

3. AFDEX_V21R03 전후처리 개선사항

3.1 3D, 금형 요소망 자동밀도부과 기능

AFDEX_V21R02 까지, 비등은 해석 및 금형구조 해석 시, 금형에 대해서는 등간격 요소망을 사용하여 열전달해석 및 구조해석을 실시하였다. AFDEX_V21R03 부터 금형의 코어부를 자동으로 인식하여 요소망 밀도를 자동적으로 부과하는 기능이 제공된다. 이 신 기능으로 과거에 사용자가 조밀 밀도 영역을 지정하던 번거로움이 해소될 것이다. 그림 3.1은 적용 사례이다.

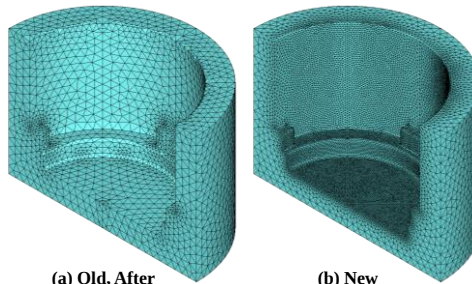


그림 3.1 금형의 자동 조밀 요소망 생성

3.2 다물체 해석 시, 객체별 열박음 온도 조건 입력 가능

구 버전에서는 다물체 해석 시에 물체 간의 열박음 조건을 고려할 수 없었다(구 버전서도 금형 부품 간의 열박음 조건의 고려는 가능했음).

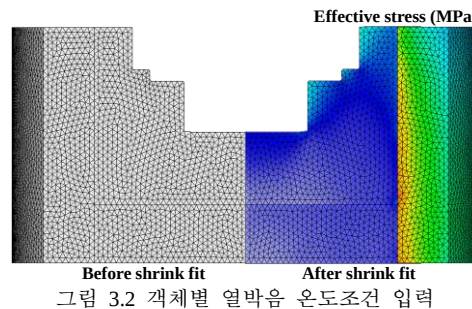


그림 3.2 객체별 열박음 온도조건 입력

AFDEX_V21R03 에서는, 그림 3.2에서 보는 바와 같이 다물체 해석 시, 객체별 열박음을 고려한 해석 기능을 제공한다.

3.3 다물체 해석 시, 객체간 마찰조건 추가 및 개선

AFDEX_V21R02 에서는, 다물체 해석 시, 물체 간의 마찰 조건으로 쿨롱마찰법칙만 제공되었다. AFDEX_V21R03 부터 쿨롱마찰법칙, 일정한단마찰법칙, 하이브리드마찰법칙 등을 제공한다. 그림 3.3은 다물체 해석 시에 사용되는 객체간 마찰조건 입력 UI를 나타낸다.

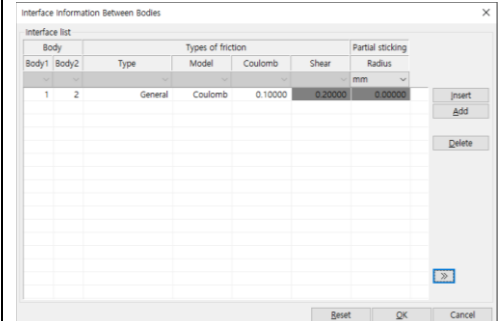


그림 3.3 다물체 해석에 사용되는 객체간 마찰조건 입력 UI

4. 공지사항

4.1 2022년 정기교육 및 온라인 강좌 활용 수시 교육 안내

1분기 동안 진행되지 못하였던 오프라인이 COVID-19로 완화로 진행될 예정이다. 정기 교육 일정을 참고바라며, 교육 신청 관련하여서는 교육 일 2~3주 전 별도로 공지될 예정이다.

표 4.1 2022 정기교육 일정

회차	장소	날짜	지역
1	경남테크노파크	5월 19일(목)~20일(금)	창원
2	한국금형기술교육원	6월 16일(목)	시흥
3	동의대 제조기반전산교육장	9월 22일(목)	부산
4	경남테크노파크	10월 27일(목)~28일(금)	창원

그리고 소규모 인원의 방문 교육(AFDEX 진주 교육장 활용)은 상시로 실시되고 있다.

한편, 최근 유튜브 채널을 통한 이론 및 사용법 교육이 크게 강화되었다. 현재 소성역학 및 유한요소법에 관한 이론과 AFDEX 사용법 등이 교육되고 있다. 아울러 비전공자를 위하여 정역학 및 고체역학, 수학 등에 관한 교육도 이루어지고 있다.

2022년도에는 보다 전문화된 유튜브 교육 프로그램들을 통하여, 사용자의 전문화에 힘을 계획이다.

유튜브에서 AFDEX를 검색하거나 아래 링크에서 AFDEX 채널에 접속할 수 있다.
(<https://www.youtube.com/c/AFDEX>)