

클라우드 컴퓨팅기반 소성가공 공정 해석 기술

글 전만수, 이민철, 엄재근/최호준,임성주,김정태 ... MFRC/한국생산기술연구원 ... msjoun@paran.com

1. 서론

소성가공은 크게 체적소성가공과 판재소성가공으로 구분되며, 체적소성가공산업은 대기업에서부터 중소기업에 이르기까지 넓게 분포하는 반면, 판재소성가공은 주로 대기업체에서 이루어지고 있다. 체적소성가공은 단조, 압연, 압출, 인발, 특수소성가공법 등으로 구분

된다. 단조는 인류의 물질 문명과 그 역사를 같이 하는 매우 오래된 금속 성형 기술이며, 타 소성가공 공법의 발달에 초석이 되었다. 이러한 이유로 단조는 체적소성가공을 대표하는 용어로 사용되기도 한다.

체적소성가공은 소재의 부피에 대한 표면적비가 작으며, 소재의 두께나 단면적을 심하게 변형시키는 제

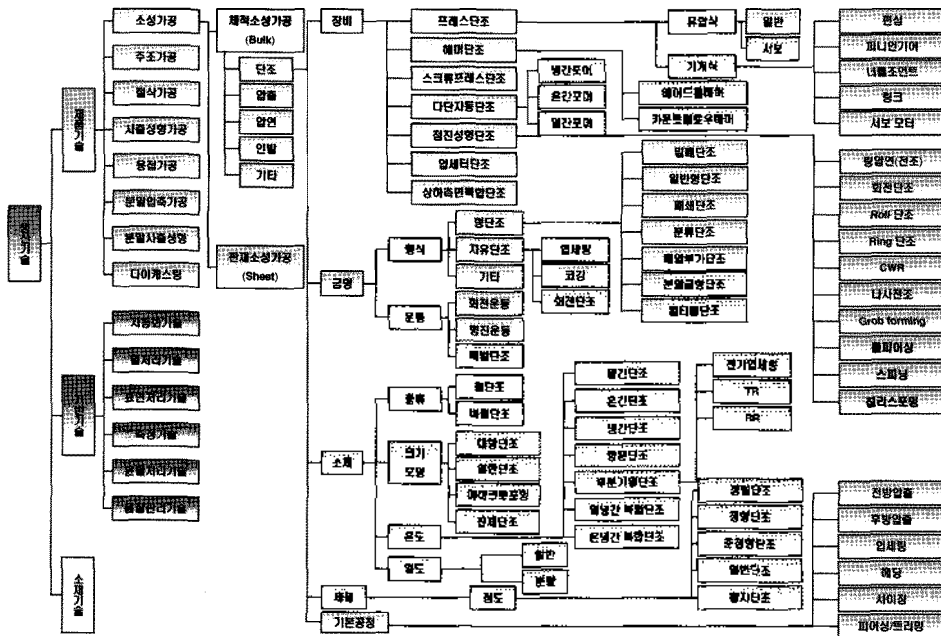


그림 1. 소성가공, 체적소성가공, 단조

조 기술이다. 따라서 소재는 대량의 소성변형을 겪으며, 단면과 형상이 크게 변화한다.

소성가공의 구성 요소는 소성가공상비(프레스, 헤머 등), 금형 및 다이세트, 재료 등이다. 물론 소재의 형태와 성형온도, 금형의 형태 및 운동 특성, 장비의 구동 방식 등에 의하여 체적소성가공 기술은 그림 1에서 보는 바와 같이 매우 다양하게 분류되고 있다.

경험에 의존할 경우, 소성가공 공정의 개발에는 많은 시행착오가 불가피하다. 시행착오는 개발기간과 개발비용의 증가를 초래한다. 이러한 문제를 해소하기 위하여 최근 40여 년간 소성가공 공정의 해석 기술, 즉 소성가공 시뮬레이션 기술이 광범위하게 연구되었다[1-6]. 그 결과, 대부분의 단조 전문회사에서 관련 소프트웨어를 활용하고 있으며, 이 기술의 활용은 점진적으로 필수화되고 있다고 해도 과언이 아니다.

공정의 해석 또는 시뮬레이션 관점에서 소성가공의 특징을 요약하면 다음과 같다.

- 가. 이론이 난해하다.
- 나. 공정설계가 창의적이다.
- 다. 다단 공정이 기본이다.

전술한 이유로 소성가공 시뮬레이션 기술은 타 분야에서의 해석 기술에 비하여, 개발자나 사용자 입장에서 모두 어려움이 따른다. 특히 원거리에 위치한 컴퓨터 및 소프트웨어 지원 환경에서는 다단 공정으로 인하여 발생하는 문제가 매우 심각할 수 있다. 궁극적으로 발생하는 모든 문제의 해소에는 한계가 있을 수밖에 없으나, 자동화의 정도와 지능화의 정도에 따라, 독립된 소프트웨어 환경에서 해석이 가능한 공정들 중에서 80% 이상의 공정에 대한 해석이 가능하다고 사료된다. 물론 전통적인 일반 단조 전문회사의 주요 공정 대부분에 적용이 가능할 것으로 사료된다. 이러한 판단에 근거하여 기존의 단조 시뮬레이터에다 자동화 기능을 대폭 개선한 클라우드 컴퓨팅기반 체적소성가공 시뮬레이션 시스템의 개발이 진행되고 있다.

현재 자동차산업의 급속한 외형 성장과 소성가공품의 지속적 증가로 단조회사의 규모가 커졌으며, 단조회사가 수적으로 크게 증가하고 있다. 그 결과, 약 500여 개에 이를 것으로 추산되는 영세 단조전문회사, 또는 단조 관련 일반 기업체의 경우 인적 기반이나 경제적 문제로 인하여 단조 시뮬레이터의 도입 및 활용이 용이하지 않다는 실정이다. 반면, 국내외적으로 단조품의 사용자로부터 단조 시뮬레이션 결과의 요청이 점증할 것이므로 국가적 차원에서의 인력 양성과 영세 중소기업체의 지원을 위하여 클라우드 컴퓨팅기반 체적소성가공 시뮬레이션 시스템의 개발과 지비용 활용 지원은 뿌리산업의 육성과 전통 주력산업의 경쟁력 제고 차원에서 시의적절하다고 사료된다.

본 기고에서는 클라우드 컴퓨팅을 기반으로 하는 소성가공 CAE 해석 기술을 소개한다.

2. 클라우드 컴퓨팅 기반 소성가공 시뮬레이터 ISCMetalForming

한국생산기술연구원의 ISC (Internet Simulation Center) 에서는 클라우드 컴퓨팅을 기반으로 하는 CAE 콘텐츠들을 지원한다. ISC는 6대 생산기반분야에서 관련 공학해석용 소프트웨어의 활용을 제공하는 것을 목적으로 하고 있으며 현재 주조공정, 열처리공정, 사출공정 분야를 서비스하고 있다. 2011년말부터 소성가공 분야에서 서비스가 이루어질 계획이다. ISCMetalForming은 전술한 목적에 부합되도록 정확성이나 사용의 편리성 등의 측면에서 검증된 AFDEX를 개조한 것으로 한국생산기술연구원의 ISC 전용 체적소성가공 시뮬레이터의 명칭이다.

현재 시점에서 ISCMetalForming은 이론적으로 강소성 재료와 강체 금형의 가정에 바탕을 두고 있으며, 단조 또는 소성가공 중 소재의 유동해석 기능과 열전달해석 기능, 금형의 열전달해석 기능과 구조해석 기능 등을 갖추고 있다. 소성가공 공정 시뮬레이션에서

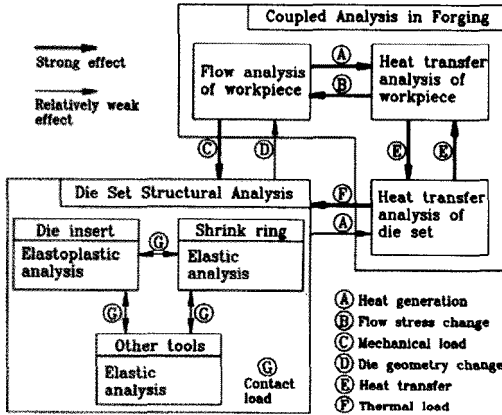


그림 2. 소성가공과정 해석 및 해석간의 상호연계성

소재의 유동해석과 열전달해석은 서로 연계되어 있고 이들은 금형의 열전달해석과도 연계되어 있다. 그러나 금형 구조해석은 소재의 유동해석과 열전달해석, 금형의 열전달해석 등에 종속될 뿐 연계되어 있지 않다고 가정한다. 금형의 구조해석은 강체의 가정하에서 얻어진 성형하중 정보로부터 금형에 걸리는 응력과 변형 등을 구하는 것이다. 전술한 내용을 도시하면 그림 2와 같다.

ISCMetalForming은 크게 전처리기, 후처리기, 2D 솔버(2차원 솔버), 3D 솔버(3차원 솔버)로 구성되어 있다. 전처리기와 후처리기는 사용의 편리성 도모 차원에서 통합적으로 운영되는 반면, 솔버는 2D와 3D가 전혀 다르다. 2D는 평면변형 문제와 축대칭 문제 전용인 반면, 3D는 모든 문제에 적용이 가능하다. 그러나 여기서 강조해 두어야 할 점은 2D로 해석 또는 해결 가능한 문제를 3D 기능을 이용하여 해결하는 것은 정확도나 생산성의 양면에서 바람직하지 않다는 것이다.

그림 3과 그림 4는 각각 ISCMetalForming의 전처리기와 후처리기를 나타내었다.

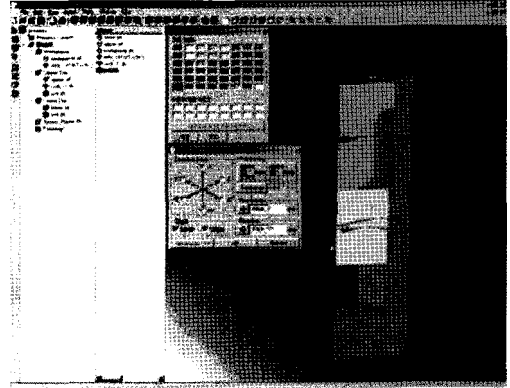


그림 3. ISCMetalForming의 전처리기

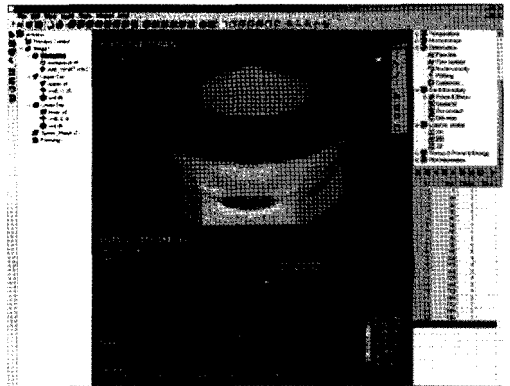


그림 4. ISCMetalForming의 후처리기

ISCMetalForming이 탑재될 ISC의 클러스터 시스템은 약 100여대의 연산을 위한 클러스터 및 각종 서비스의 컨트롤 및 모니터링 그리고 웹 서비스를 위한 서버군과 사용자 접속의 보안강화를 위한 보안관련 장비들로 구성되어 있다. 연산을 위한 서버는 각 노드당 8개의 코어 및 32GByte의 메모리를 갖고 있으며, 서버간의 MPI (Message Passing Interface)형 병렬연산을 지원하기 위한 고속통신라인인 2배속 인피니밴드가 설치되었다.

3. ISCMetalForming의 적용 가능 주요 예제

ISCMetalForming은 전통적인 다단 체적소성가공공정의 해석 목적에 적용이 가능하다. 전통적인 다단 체적소성가공 공정은 대부분의 단조 전문업체의 공정을 포함한다고 볼 수 있다. 그러나 다단 공정의 해석 진행 과정에서 사용자의 판단에 따라 정보를 변경해야 하는 소성가공 공정에는 적용은 원거리 서비스의 특성상 지원이 불가능하다. 즉, 각 단계에서의 스트로크가 명확하게 정의된 경우에만 적용이 가능하다. 가령, 금형의 초기화가 필요한 경우에는 적용이 불가능하다. 실질적으로 약 80% 이상의 체적소성가공 공정의 해석에 적용이 가능하며, 기업체에 따라서는 99% 이상의 공정이 적용 대상이 될 수도 있다. 물론 원거리로 인한 해결이 불가능한 문제는 센터 또는 관련 기관을 방문하여 해결이 가능하다.

그림 5-10에 적용 가능한 주요 소성가공 공정을 예시하였다. 그림 5에 3단 축대칭 열간자동단조 공정의 해석결과와 함께 실험결과를 나타내었다. 그림 6에서는 5단 축대칭 냉간자동단조공정의 해석결과와 함께 실험결과를 나타내었다[8]. 그림 5와 6은 2D 해석(축대칭 해석, 즉 2차원 해석)을 실시한 것이다.

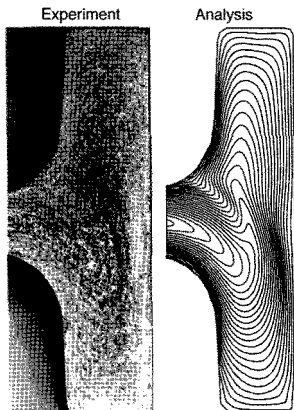


그림 5. 3단 축대칭 열간자동단조 공정

그림 7은 2단 로터폴 냉간단조공정의 해석결과이며, 그림 8은 2단 베벨기어 폐쇄단조공정의 해석결과이다 [9-10]. 그림 9는 금형구조해석 결과를 나타낸 것이다.

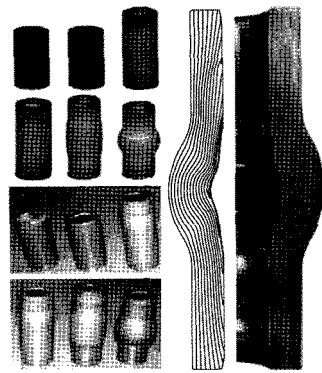


그림 6. 5단 축대칭 냉간자동단조 공정

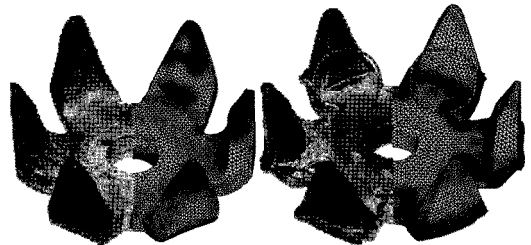


그림 7. 2단 로터폴 냉간단조 공정

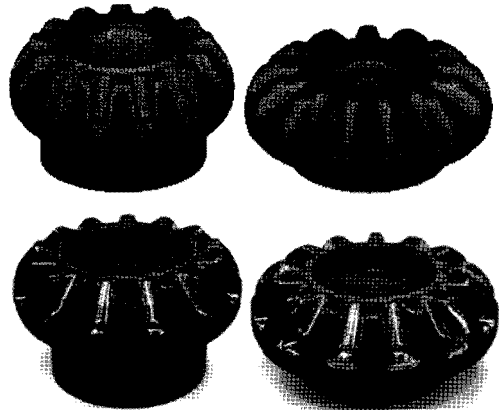


그림 8. 2단 베벨기어 냉간단조 공정

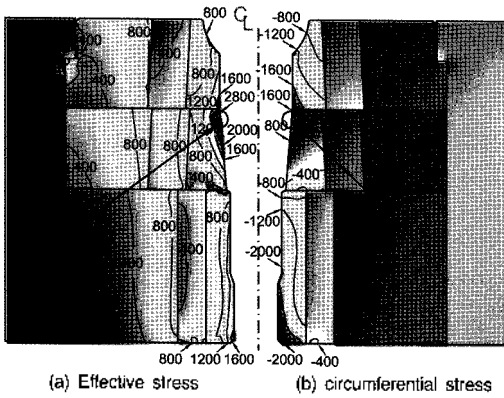


그림 9. 축대칭 금형구조 해석

그리고 그림 10은 주요 적용 가능 공정을 나열하였다.

4. 결론

소성가공은 제조공정 중 비교적 에너지를 작게 사용하기 때문에 친환경적이며, 기술 및 자본 집약도가 높기 때문에 우리나라에서 관련 산업은 지속적으로 발전할 것으로 전망된다. 후발개도국의 저임금에 근거한 가격경쟁력으로부터 다소 벗어나 있기 때문이다. 특히 자동차산업의 급속한 양적 팽창과 더불어 급성장하는 우리나라의 자동차부품산업으로 인하여 소성가공산업은 고속성장을 당분간 지속될 전망이다.

단조품의 경우, 대부분 동력전달부품으로 소비되고 있기 때문에 내구성이 요구되므로 엄격한 품질인증을 요구하며, 최근에는 설계 및 엔지니어링에 대한 요구가 점점증하고 있다. 이 설계 및 엔지니어링 업무의 중심에는 소성가공 시뮬레이터가 자리잡아 가고 있다. 반면, 소성가공 전문인력의 보급은 감소하고 있고, 영세 단조회사가 크게 증가하고 있기 때문에 전문화된 환경 변화에 능동적으로 대응하지 못하고 있다. 이러한 현안 문제를 해결하고 주력산업의 경쟁력을 좌우하는 뿌리산업의 건실한 성장 환경을 조성하기 위하여 클라우드 컴퓨팅을 기반으로 하는 소성가공 CAE 해석

용 소프트웨어 ISCMetalForming이 개발되고 있다.

ISCMetalForming은 원거리 지원으로 인한 일부의 기능의 활용상 제약을 받지만, 교육은 물론이고 자체적으로 시스템 확보가 어려운 중소기업체의 일반 단조공정의 개발에 크게 기여할 것이며, 해외 단조품 사용자의 설계 및 엔지니어링 관련 요구에 능동적으로 대응토록 하는데 기여할 것으로 사료된다. 특히 지역별 거점 지원 기관을 선정하여 근접 지원을 실시한다면, 원거리 지원에 따른 제약이 크게 완화될 것이다.

각주

본 서비스는 지식경제부의 “사이버 제조설계 시뮬레이션 기술확산 사업”의 일환으로 제공되고 있다.

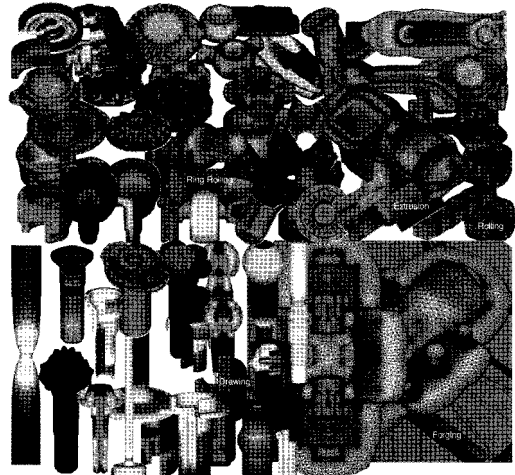


그림 10. 주요 적용 가능 공정

참고문헌

1. AFDEX, <http://www.afdex.com>
2. EESY-2-FORM, <http://www.cpmgmbh.de>
3. DEFORM, <http://www.deform.com>
4. FORGE, <http://www.transvalor.com>
5. Simufact, <http://www.femutcc.com>
6. QForm, <http://www.quantor.com>

7. M. S. Joun, H. K. Moon and R. Shivpuri, "Automatic simulation of a sequence of hot-former forging processes by a rigid-thermoviscoplastic finite element method". J. Eng. Mater. Technol. Trans. ASME 1998, Vol. 120, No. 4, pp. 291-296, 1998.
8. J. G. Eom, H. J. Kim, M. S. Joun, S. G. Park and S. W. Yoo, "Simulation and design of an automatic multi-stage forging process having a pipe making process". proc. Kor. Soc. Mech. Eng. Spring Conf., pp. 464-472, 2006.
9. M. C. Lee, S. H. Chung, S. M. Jang and M. S. Joun, "Three-dimensional forging simulation with tetrahedral elements and hexahedral elements and their difference and similarity". Finite Elements in Analysis and Design, Vol 45, No. 11, pp. 745-754, 2009.
10. M. C. Lee, R. H. Park, B. Y. Jun and M. S. Joun, "Adaptive finite element analysis of an enclosed die forging process of a bevel gear and its experimental verification". Journal of the Korean society of Precision Engineering, Vol. 23, No. 4, pp. 37-43, 2006.