

국부가열과 점진적 성형원리를 이용한 'U'형상의 단면을 가진 제품의 가변단면 성형 Forming process of variable Cross-section of a profile employing incremental forming and local heating

*박종철¹, 성대용¹, 이성욱¹, 양동열¹, 차명환²

* J. C. Park¹, D.Y. Seong¹, S.U. Lee¹, #D.Y. Yang(dyyang@kaist.ac.kr)¹, M.H. Cha²

¹한국과학기술원 기계공학과, ²POSCO

Key words : Variable cross-section, Incremental forming, Local heating

1. 서론

롤성형(Roll forming) 공정은 가늘고 긴 판재를 연속으로 배열된 롤에 공급하여 판재의 굽힘공정을 연속적으로 실행한다. 목표 단면형상을 획득할 때까지 배열된 롤에 의해 점진적 판재굽힘 성형한다. 롤의 마모도 적고, 스크랩이 거의 발생하지 않고, 일정한 단면형상을 가지는 상대적으로 길이가 긴 제품을 연속적으로 대량 생산 가능하여 경제적이다. 또한 부가공정들과의 결합이 용이하여 추가성형을 가능한 장점이 있다[1,2].

산업에서 요구되는 복잡한 단면형상의 생산에는 한계점이 있어 이를 개선하고자 가변단면형상을 갖는 롤성형 제품을 성형하기 위한 여러 연구들이 산업계와 학계등에서 시도되고 있다. 그러나 냉각의 단면 성형되는 성형천이부에서 판재의 공급방향으로 압축과 인장이 연속적으로 발생하면서 성형오차 및 성형결함이 발생하기 쉽기 때문이다.

본 연구에서는 기존공정들의 한계점들을 개선하기 위해서 국부가열과 점진적 성형원리를 이용한 가변단면 성형 공정의 도입하였다. 실험계획법을 바탕으로 한 해석을 통해 공정변수와 형상오차와의 관계를 분석하고 제안된 공정의 적용 가능성을 검토하고자 한다.

2. 국부가열과 점진적 성형을 이용한 가변단면 성형

점진적 성형의 개념은 각 단계에서 성형량을

나누어 성형하는 것이다. 각 단계에서 소재는 성형롤을 폭 방향으로 임의의 변위와 횡수를 제어하여 성형량을 제어한다. 제안된 공정은 점진적 폭성형을 통해 1 회 성형으로 제작할 수 없었던 성형량을 가지는 가변단면 성형제품을 성형할 수 있다.

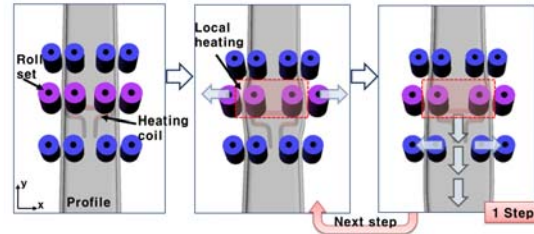


Fig. 1 Schematics of the proposed forming apparatus

국부가열과 점진적 성형을 이용한 가변단면 성형공정의 폭성형 공정 순서는 Fig. 1 과 같다. 소재를 장치에 공급 후, 고주파 가열코일을 작동시켜 국부가열을 시작한다. 소재의 국부가열영역이 약 600℃에 도달하면 중앙부의 성형 롤셋을 폭 방향으로 이동하여 소재의 폭 성형을 시작한다. 이어 소재를 드로잉하여 폭 성형을 연속적으로 한다. 폭성형과 드로잉 중에는 가열코일을 계속 작동시켜 약 600℃를 유지하여 성형이 용이하도록 한다. 드로잉 속도는 가열코일에 의해 소재가 연속적으로 약 600℃에 도달할 정도의 속도를 유지하여야 한다. 드로잉이 끝나면 냉각수로 급냉한다. 이로써 폭 성형 공정의 1 스텝이 완료되고, 폭성형량을 점진적으로 늘여 동일한 과정을 반복하여 다음 스텝을 수행한다.

3. 공정변수의 해석적 분석

본 해석은 가변단면을 가지도록 폭성형 해석하기 위해 ABAQUS 6.9 Explicit 코드를 이용하였다. 사용된 요소는 S4RT(4-node doubly curved general-purpose shell, bilinear temperature in the shell surface)이다. Fig. 2 와 같이 주요 공정변수로 성형 롤 간의 거리인 경간거리(L), 성형 롤 직경(D), 가열구간으로 선정하였다.

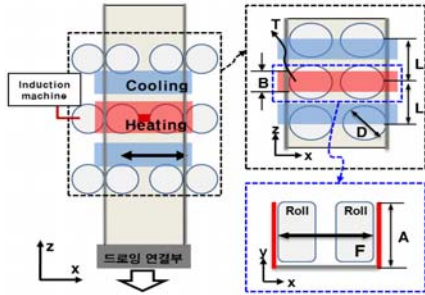


Fig. 2 Schematics of the process parameters

세 가지 공정변수에 대하여 3 수준으로, 실험계획법에 의한 해석계획을 수립한 표이다. 따라서 해석 경우는 총 9 가지 이다. 가열온도(T)는 열간실험에서 인장실험을 수행한 결과로 성형성이 개선되는 최적의 조건 600℃ 로 선정하였고, 그 이외의 공정변수인 경간 거리는 25mm, 30mm, 35mm 으로 5mm 간격으로 변수 수준을 결정하였다. 롤 직경은 16mm, 20mm, 24mm 로 결정하였다. 그리고 시편단면의 가열구간은 전체부분, 바닥부, 측면부로 결정하였다.

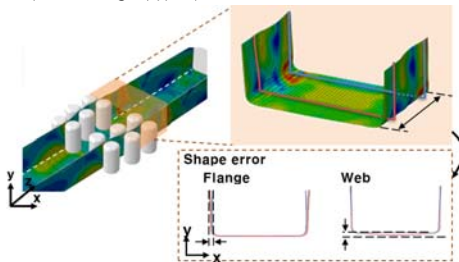


Fig. 3 Schematics of Shape error parameters

형상오차는 Fig. 3 에서 정의하였다. 폭성형하였을 때, 발생하는 굽힘 및 좌굴에

의해 발생하는 주름으로 바닥 형상의 최대 최소 높낮이 차이를 형상오차로 정의하였다. 측면 형상오차도 동일한 방식으로 정의 하였다. 소재의 두께는 0.55mm, 폭성형량(F) 9mm 일 때, 롤직경 16mm, 경간 거리 25mm, 전체 영역을 가열하였을 때, 바닥면 형상오차가 최소가 된다. 롤직경이 작을수록, 경간거리가 작을수록 형상오차가 작아지는 경향을 확인할 수 있었다. 측면 형상오차의 경우, 롤직경 20mm, 경간거리 25mm, 바닥면 가열하였을 때, 성형오차가 가장 작았다. 롤직경과 가열구간에 대해서는 경향을 찾을 수 없었고, 경간거리가 짧아짐에 따라 형상오차가 개선됨을 확인할 수 있었다. 이는 바닥면 형상오차와 공통적인 경향임을 확인하였다.

4. 결론

본 연구는 점진적 성형과 국부가열을 통한 가변단면 성형 가능한 신 공정 개념의 제안과 함께 이와 관련된 성형 가능성 및 공정변수 분석에 대하여 해석적 연구를 수행하였다.

성형에 직접적으로 영향을 줄 수 있는 인자로서 롤직경, 롤간 거리(경간거리), 가열단면영역을 선정해 성형에 유리한 변수조건을 규명하였다. 해석적인 결과로서 유효소성변형률 및 형상오차 등을 살펴보았을 때 성형부위의 롤직경이 작을수록, 경간거리가 짧을수록 좌굴 등의 결함 없이 굽힘에 유리한 것으로 나타났다.

후기

본 연구는 (주)POSCO 사외위탁과제의 연구결과이며 많은 도움에 감사드립니다.

참고문헌

1. Nishikawa N., et al, "Development of Roll-Forming Technology With Gradual Cross-Sectional Change", SAE transactions, Vol. 106, No 5, pp. 961~966., 1997
2. P. Groche, G. von Breitenbach, M. Jöckel, A. Zettler: New tooling concepts for future roll forming applications", In: Proc. ICIT2003, Slovenia, 2003