

# 핫스탬핑공법 차체부품 성형 후 급형 냉각해석 적용 연구

## Study of Die Cooling Analysis for the Hotstamping Chassis

\*# 최보성<sup>1</sup>, 이덕영<sup>2</sup>, 최원호<sup>3</sup>

\*# B.S.Choi(bschoi74@utp.or.kr)<sup>1</sup>, D.Y.Lee<sup>2</sup>, W.H.Choi<sup>3</sup>

<sup>1</sup>울산테크노파크 자동차기술지원단, <sup>2</sup>대구대학교 자동차산업기계공학부, <sup>3</sup>(주)신영

Key words : Die Cooling Analysis, Cooling channel, Hotstamping, Partial Quenching, Phase analysis

### 1. 서론

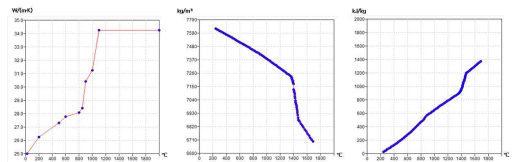
핫스탬핑에 의한 성형은 기존의 고강도강을 이용한 상온 성형법과는 달리 일반강을 모재로 고온으로 가열, 고온 성형과 담금질을 유도하는 급냉의 연속 공정으로 이루어지며 이를 통해 성형 전 약 500~800MPa 강도를 지닌 강재를 이용, 성형 공정 후 약 1300~1600MPa의 고강도 부품을 얻는 신성형 공법이다. 즉, 핫스탬핑 성형법은 일반강이 가지는 고온에서의 우수한 연신률과 낮은 인장강도, 담금질 후 마르텐사이트 변태로 인한 강화를 이용하여 초고강도화, 스프링백의 감소, 그리고 두께 감소로 인한 부품의 경량화를 동시에 얻을 수 있는 장점을 지니고 있다. 핫스탬핑 공정의 장점을 극대화하기 위해서는 상온 성형에서와 같은 공정 변수, 예를 들어 블랭크 홀딩력, 마찰계수, 펀치압, 이외에도 적절한 냉각 시스템의 설정 등 핫스탬핑에 필수적인 고유의 공정 최적화가 필수적이다. 본 연구에서는 핫스탬핑 급형 냉각 해석시 판재와 급형 사이의 열전달과 급형과 냉각 시스템 사이의 열전달을 고려하여 부분적으로 제품의 강도를 조절하기 위한 공정조건 도출, 양산성을 고려한 급형의 온도 예측을 수행하여 제품의 상변화를 예측하였다.

### 2. 핫스탬핑 급형 냉각해석 수행

핫스탬핑을 이용하여 해석시 성형완료 후 판넬의 온도분포는 700℃ 정도이나 이는 성형해석시 급형 및 판넬의 열전달에 의한 온도변화만을 고려한 것이고 복사나 공기와의 대류에 의한 온도변화는 고려되지 않았으므로 급형냉각 해석시 판넬의 초기 온도를 650℃, 급형의 온도는 25℃, 냉각수의 온도 10℃의 조건으로 급형 냉각해석을 수행하였다. 급형 냉각해석시 판넬 성형 후 급형 단립 상태가 10초, 판넬이 없는 상태의 쿨링을 14초, 즉 1사이클

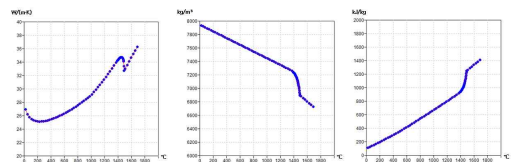
을 본 공정의 목표치인 24초를 가정하여 양산성 검토를 위한 10사이클 동안의 급형 온도해석을 수행하였다. 급형 냉각해석을 위해 프로캐스트(ProCAST) 프로그램을 사용하였고 급형의 온도는 사이클이 진행됨에 따라 수렴함을 알 수 있었다. 10사이클 해석 후 수렴된 급형의 온도를 이용하여 상변태 해석을 수행하였으며 상변태 해석시 1사이클(24초) 이후 36초 동안의 공냉조건으로 해석을 수행하였다. 판넬의 상분포를 예측함으로써 부분 쿨칭을 통한 부분적으로 원하는 강도를 가지는 판넬 생산공정조건을 도출할 수 있다.

해석에 사용된 메쉬의 타입은 사면체 요소이고 요소개수는 9,722,828개이다. 물성치는 양산 급형과 핫 보론강에 사용되는 가장 유사한 물성치로 하였으며 Fig 1과 Fig 2에 급형과 판넬의 열전도율, 밀도, 그리고 엔탈피를 나타내었다.



(a) Thermal Conductivity (b) Thermal Density (c) Thermal Enthalpy

Fig. 1 Materials of Die



(a) Thermal Conductivity (b) Thermal Density (c) Thermal Enthalpy

Fig. 2 Materials of Panel

급형의 냉각해석을 위한 냉각 채널 조건은 아래

Fig. 3과 같이 3가지로 하였다. 조건 1은 일반적인 냉각채널이고, 조건 2의 경우에는 하형측 중앙에 200℃의 오일 가열(Oil Heating) 조건을 주었으며, 조건 3의 경우 중앙 냉각채널을 삭제하였다.

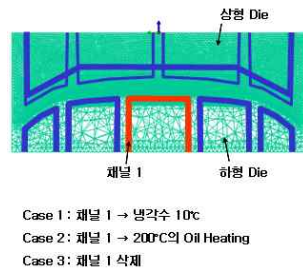


Fig. 3 Conditions of Cooling Channel

사이클 해석 동안 노드들에서의 온도 이력을 확인하기 위해 상형에서 2개, 하형에서 2개의 노드를 선택하였으며 그 중 3번째 노드에서의 온도이력을 Fig. 4 (b)에 나타내었다.

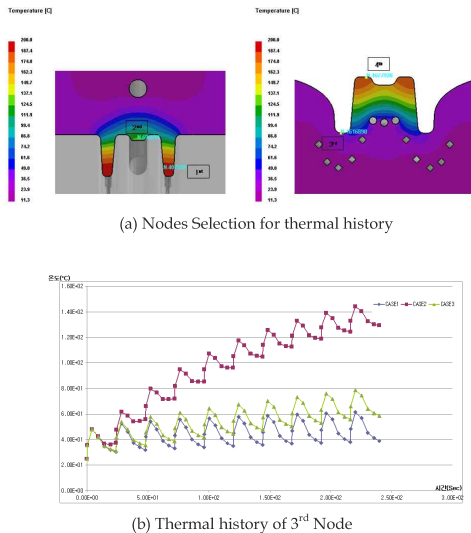


Fig. 4 Nodes Selection and Thermal history

양산성을 고려하기 위해 10번의 사이클 해석을 수행하였고 해석결과 거의 모든 노드에서 금형의 온도가 수렴함을 확인할 수 있었다. 10사이클 해석 후의 금형 온도를 이용하여 상변태 해석을 수행하였으며 각 냉각조건에서의 판넬 상분포를 Fig. 5에 나타내었다.

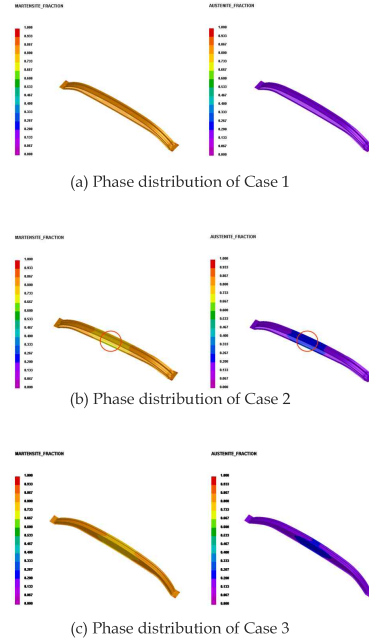


Fig. 5 Phase distribution of each case

### 3. 결론

상변태 해석 후 조건 1, 2, 3 모두의 경우에서 페라이트, 베이나이트 상은 거의 나타나지 않았고 조건 1의 경우 80% 이상의 마르텐사이트 상과 10% 정도의 오스테나이트 상을 가짐을 확인할 수 있었다. 조건 2의 경우 마르텐사이트 상이 많이 분포하나 부분적으로 마르텐사이트 상 60%, 오스테나이트 상 40% 정도의 분포를 가지는 부위가 존재한다. 조건 3의 경우도 대부분의 부위에서 마르텐사이트 상이 분포하나 판넬 중앙 부위에는 마르텐사이트 상 70%, 오스테나이트 상 30% 정도의 분포를 가진다. 이는 냉각채널의 설계 변경을 통하여 상분포를 조절함으로써 제품에서 부분적으로 원하는 강도를 얻을 수 있음을 보여준다.

### 참고문헌

1. 조열래, “HPF(Hot Press Forming)용 강재 및 부품 개발 동향”, 제 42회 철강기술 심포지엄, 111-122, 2007
2. 이명규, 김성준, 정우창, “초고강도 자동차 부품 제조를 위한 프레스 하드닝 기술 현황”, 기계와 재료, 82-93, 2008.10