

일반구조용압연강(SS400)을 이용한 엔진배기 매니폴드 플랜지의 프레스가공 기술

Press Die Making Technology for Flange of Engine Exhaust Manifold with SS400

*이배경¹, #류호연¹, 이희진¹, 김호준² 김덕규³

*T. K. Lee¹, #H. Y. Ryu(hyryu@kitech.re.kr)¹, H. J. Lee¹, H. J. Kim², D. K. Kim³
¹ 한국생산기술연구원 동남권기술실용화본부, ² 부산대학교, ³ 대진강업(주)

Key words : Exhaust manifold, Press die, casting, blanking, piercing, coining, shaving

1. 서론

최근 세계 자동차 시장은 석유자원의 고갈로 인한 에너지 문제와 지구 온난화로 인한 환경규제강화로 CO₂ 배출량 저감, 연비 향상 등의 자동차 부품 경량화 기술개발이 요구되고 있다. 이러한 경향에 따라 자동차 부품은 재료 교체나 구조 변경에 의한 경량화가 도모되고 있으며, 자동차의 도어라든지 차체에서 하중을 줄일 수 있는 많은 부품들이 경량화 소재로 전환되어지고 있는 추세이다. 자동차의 배기장치도 경량화를 최근 적극적으로 검토하는 과정에 있으며 국내에서도 완성차 업체의 엔진 경량화 개발에 따라 배기계 모듈 전체 중량의 상당 부분을 차지하는 배기 매니폴드를 기존 주철 소재의 주조(casting) 제품에서 25% 이상 경량화한 프레스 제품으로 개발,양산되어 고급대형차종에서부터 중·소형차종으로 점차 적용이 확산되는 과정에 있다.

세타(θ) II 엔진부품의 경량화 적용 사례에서 엔진부도주철 엔진에서 경량화 알루미늄 실린더 엔진으로 변화되었고, 고열과 출력에 관계없는 흡기부의 매니폴드는 플라스틱제로 경량화되어 적용되어진지 오래다. 최근에는 출력부의 배기 매니폴드를 스테인리스 박판재료로 부품을 제작하여 차량의 경량화로 대체시키고 매니폴드를 구성하는 성형가공과 제작방식도 기계절삭가공과 드릴가공 등의 공정에서 프레스 성형공정으로 바뀌고자 한다. 하지만 기존에 생산되어 지는 배기 매니폴드 플랜지는 주물성형으로 생산되어 제품의 무게가 무겁고 또한 절삭가공(평면가공)과 홀가공(볼트체결 구멍) 등이 추가로 후가공으로 이어져 제품의 단가를 낮출 수 있는 다른 가공기술방법의 필요성이 대두되었다. 하지만 프레스성형 공정으로 바꾸어 플랜지제품을 생산하면 플랜지를 경량화 시킬 수 있어서 모듈화 되어진 제품에서 상당한 부분을 경량화 시킬 수 있다.

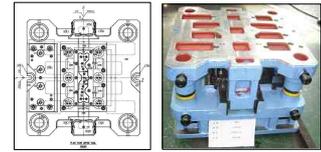
따라서 본 연구에서는 부품제작에 따른 제작 공정을 줄이고 기계가공 등의 후가공이 없이 경량화가 가능한 플랜지 생산 프레스 금형 시스템에 설계하고자 한다.

2. 엔진배기 매니폴드 플랜지 가공 공정

엔진배기 매니폴드 플랜지 프레스가공 금형공정 순서는 두께가 12mm인 SS440 재료를 사용하여 전체적인 제품의 외곽형상 전단가공 블랭킹(blanking)공정 금형, φ 43mm 매니폴드의 배기부와 연결되어질 4개의 홀을 전단가공하는 피어싱(piercing) 1차 공정 금형, φ 10mm의 7개 볼트를 체결할 수 있는 구멍 가공을 수행하는 피어싱(piercing) 2차공정 금형, 볼트체결부를 mm로 압착시키며 제품의 평탄도를 잡는 가공하는 코이닝(coining) + 리스트라이킹(restriking)공정 금형, φ 10mm의 7개 볼트 체결구멍을 φ 12mm로 확대하고 배기부 구멍들의 치수를 마무리하는 가공하는 셰이빙(shaving)공정 금형 등 5공정으로 금형을 설계 제작하고자 한다.

2.1 블랭킹공정 금형설계 및 제작

본 연구에서 수행하는 제품은 대략 370mm × 80mm × 12mm로 중앙에 배기구멍과 연결하는 직경 43mm 구멍이 4개, 그리고 외곽에 볼트를 체결하는 체결 직경이 12mm인 구멍이 7개가 있어서 전체적인 전단 하중을 감소시킬 수 있는 단발금형으로 설계 제작하고자 한다. 제작된 블랭킹금형과 블랭킹금형으로 만들어진 플랜지를 아래 Fig.1에 나타내었다.



(a) drawing & manufactured press die



(b) Plange made by blanking press die

Fig.1 Blanking press die

2.2 피어싱 1차 및 2차 공정 금형설계 및 제작

본 금형은 매니폴드의 배기부와 연결 되어질 φ 43mm 4개의 홀을 전단가공하는 피어싱 1차 및 2차 공정 금형이다. 본 금형은 프레스 금형의 가장 보편적인 피어싱 고정을 나타내는 것으로 금형의 공정에는 어려움이 없어서 재료를 자유낙하식으로 설계하여 스크랩처리를 쉽게 하였다 설계된 피어싱 1차 및 2차 공정 금형은 아래 Fig.2 같다.



(a) Piercing 1th. press die & manufactured Plange

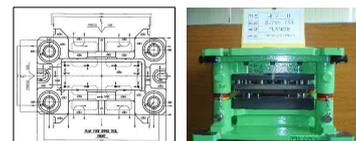


(b) Piercing 2th. press die & manufactured Plange

Fig.2 Piercing press die

2.3 코이닝+리스트라이킹 공정 금형설계 및 제작

본 금형은 앞의 피어싱 1차 및 2차 공정이 완료되어진 제품을 가지고 볼트를 체결하는 구멍(φ 10mm, 7개)에 직경이 25mm, 깊이가 1mm로 코이닝성형가공하고, 3공정의 전단가공을 거치면서 블랭크 전체에 발생되어진 휨 현상을 개선하도록 하는 공정이다. 즉, 펀치가 재료를 다이 속으로 밀어 넣으며 발생한 재료의 휨 현상을 평탄하게 맞추는 공정을 수행하도록 금형을 Fig.3과 같이 설계 제작하였다.



(a) drawing & manufactured press die

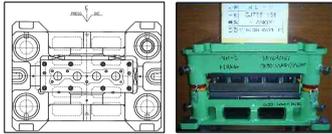


(b) Plange made by coining & restriking press die

Fig.3 Coining & restriking press die

2.4 셰이빙 공정 금형설계 및 제작

본 금형은 최종적인 금형공정으로 앞의 피어싱 2차 공정이 완료되어진 제품을 가지고 볼트를 체결하는 구멍(Φ 10mm, 7개)을 볼트가 체결되어지는 구멍(Φ 12mm, 7개)으로 확장하고, 배기 구멍의 4개를 마무리 치수 가공하는 금형을 설계 제작하였으며 설계도와 제작된 금형은 아래 Fig.4에 나타내었다.



(a) drawing & manufactured press die



(b) Plange made by shaving press die

Fig.4 Shaving press die

3. 해석을 통한 성능 검증

3.1 평탄도 검사

비접촉 3차원측정기에 의해 분석된 내용을 분석한 결과 블랭킹과 피어싱 1차, 2차 공정을 거치면서 발생되었던 부품의 평탄도는 코이닝과 리스트라이킹 공정을 거치면서 측정결과를 평탄도 공차 범위가 5/100 mm 안에 편중하고 있어서 양호하게 분석되었으며 그 결과는 아래 Fig.5와 같다.

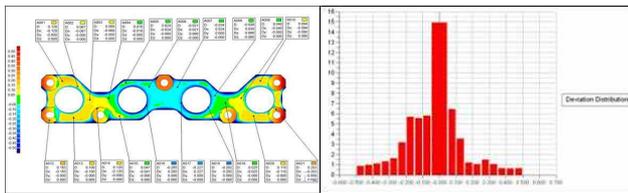


Fig.5 Flatness rate by 3D measuring instruments.

그리고 비접촉 3차원측정기에 의해 측정된 데이터를 검증하기 위해 평탄도 검사는 시편을 정반 위에 올려놓고 간이적인 평탄도 측정시스템 측정기(두께측정 스테이지, 일본, 미쓰도요, 분해능(0.001mm))를 가지고 Fig.6과 같이 다시 측정하여 분석하였고, 구멍의 치수 측정은 홀 측정기(홀측정기, 일본, 미쓰도요, 분해능 0.001mm)로 측정하였으며, 그 결과 시편들은 이번 평탄도 검사에서 모두 합격하였다.



Fig.6 Flatness and hole size measurement of the plange

3.2 주요부위별 위치치수 측정

비접촉 3차원 측정기로 각 주요부위별 위치를 분석한 내용은 평가 항목과 동일하게 지정하여 측정 분석을 수행 하였다. 치수측정을 하고자 하는 제품의 주요치수별 측정위치를 Fig.7에서와 같이 선정하여 평가를 수행하였다.

그리고 Table 1은 3차원측정기에서 측정한 주요부위별 치수 측정 데이터를 나타내고 있으며 개발된 각 프레스공정 금형들에 의해 전단 가공 되어진 치수위치들은 각 기준 거리의 공차 범위인 $\pm 0.3\text{mm}$ 에 전부 합격하였다.

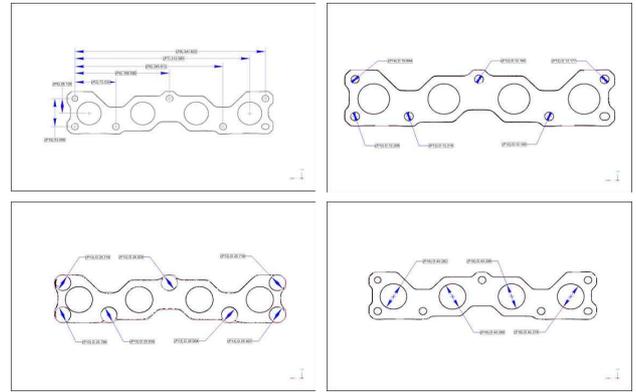


Fig.7 Measurement of the major position size

Table 1 Comparison of measured roughness data

Table legend	Name	Measured	Nominal	Deviation	Status
Table data	P2	73.539	73.500	0.039	PASS
	P4	169.590	169.500	0.090	PASS
	P6	265.612	265.500	0.112	PASS
	P7	313.585	313.500	0.085	PASS
	P8	341.622	341.500	0.122	PASS
	P9	28.126	28.000	0.126	PASS
	P10	53.056	53.000	0.056	PASS

4. 결론

본 연구는 엔진배기 매니폴드 플랜지 일체형 성형기술 개발을 위하여 기존에는 프레스공정 및 기계가공 공정이 합쳐져서 8공정으로 이루어지던 공정을 각종 단발 금형공정으로 설계·제작하여 프레스 작업현장에 적용을 완료함으로써 생산율을 향상시킬 수 있게 되었고, 이는 순수한 프레스금형에 의한 생산방식으로 생산현장을 변화시켜 생산성과 작업공정의 합리화도 이루게 되었다. 또한 공정상 복잡하게 적체되며 쌓이는 부품들의 누적도 없애고, 기계가공 이후 이루어지던 쇼트공정인 제조공정을 줄일 수 있었다. 그리고 본 연구를 통해 두꺼운 판재도 성형 할 수 있는 프레스공정의 금형설계·제작 공정 기술을 확보함으로써 불량률 제어 및 고품위 플랜지의 프레스 생산이 가능하게 되어, 향후 금형설계 및 제작현장의 다양한 프레스 부품개발에 적용 될 것으로 기대된다.

후기

본 연구는 울산단지혁신클러스터 추진단에서 시행한 “현장맞춤형 기술개발사업”에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

1. T. Noguchi, T. Yasuki, T. Nakakubo and T. Atsumi, "Thermal Stress and Deformation Analysis of Exhaust Manifold of Internal-Combustion Engine", 1984
2. W.Zhang, S. Xing, B. Liu, "Study on a CAD/CAM System of Die Casting", Journal of Materials Processing Technology, Vol. 63, 1997
3. S. Y. Lee. and S. G. Lim., "Three Dimensional Measurements Using Machine Vision", Journal of the Korean Society of Precision Engineering, Vol. 18, 2001.
4. M. J. Kim. and S. Y. Kim. and S. S. Lee. and E. C. J., "The Inspection of Press Forming Product Through Application of Reverse Engineering System", Transactions of the KSME, A, Vol. 28, 2004.
5. Vukota Boljanovic, "Sheet Metal Forming Processes and Die Design ", 2005