韓國精密工學會 2001年度 秋季學術大會論文集 pp.101~104 KSPE 01F035

Projection Welding을 이용한 쾌속 3차원 조형법의 개발

강상무*(목포대 대학원 기계공학), 이상찬(목포대 기계공학), 양동렬(KAIST 기계공학)

Development of Rapid Prototyping Technique using Projection Welding

S. M. Kang(Mech. Eng. Dept., MPU), S. C.Lee(Mech. Eng. Dept., MPU), D.Y.Yang(Mech. Eng. Dept.,KAIST)

ABSTRACT

The purpose of this study is the development of the extensive Rapid Prototyping Technique, which can resolve the long-term manufacturing process, shrinkage and deformation occurring rapid prototyping technique. To begin with, the various specimens for tensile and bending test were manufactured on the basis of this modeling technology. Then, many kinds of the laminate pieces for the test were made by using the sheet steels 1 ㎜ and 2 ㎜ thickness which is composed of the same ingredient. Not only the mechanical strength of the both of the laminate specimens by the developed Rapid Prototyping using projection welding and non-laminate specimens of 5 ㎜ thickness were evaluated, but the mechanical strength of the specimens of the tensile and bending test composed of heterogeneous components were also estimated.

Key Words : Rapid Prototyping Technique(쾌속 3차원 조형술), Laminate(적층)

1. 서론

현대 사회에서는 소비자의 다양한 기호에 맞는 제품을 생산하는데 있어서 제품 개발 기간 단축과 제작비용을 줄일 수 있는 제작 방법이 절실히 요구되고 있다. 따라서 제품생산 방법에 있어서도 소품종 대량생산체제에서 다양한 모델을 빠른 시간에 공급하는 다품종 소량 생산체제로의 변화가 요구되어 왔다. 이에 따른 제품개발 기간의 단축과 원가절감이라는 명제의 구현을 위한 새로운 개념으로 '동시공학(Concurrent engineering)'이 대두되었다. 즉 제품개발 초기부터 제품개발상의 모든 단계를 동시적으로 상호협력하에 이루어지게 함으로써, 제품개발 과정의 수정 보완 단계를 효율화하여 결과적으로 제품경쟁력을 향상시키고자 하는 노력이 계속적으로 이루어져 왔다.[1]

최근 급격히 부상하며 각광받고 있는 쾌속 3차원 조형법(Rapid Prototyping Techniques)은 이런 동시공학을 구현하는 대표적인 기술이라고 할 수 있으며, 현재 제품개발에 있어 매우 중요한 단계인 시작품 제작공정의 혁신을 주도하고 있다. 기존의 시작품 제작공정은 대부분 수가공으로 이루어졌으며, 이는 상당한 시간과 경비를 필요로 한다. 이에 반해 쾌속 3차원 조형법은 CAD 데이터를 이용하여 빠르고 정확하게 복잡한 형상의 시작품을 만들 수 있다. 이는 시작품 제작기간을 단축하고, 경비를 절감할 수 있다. 또한, 시작품의 수정, 보완이 용이하여 전체적으로 제품개발 기간을 크게 줄일 수 있다.[1~3]

쾌속 3차원 조형법의 상용화는 1986년 미국의 3D System사가 개발한 Stereolithography가 시초이다 이후, 오늘날까지 CAD 데이터로부터 3차원 형상을 직접 만들 수 있는 여러 가지 쾌속 3차원 조형법이 개발되었으며, 적층재료에 따라 SLA(광경화성수지), LOM(종이), SLS(고체분말), FDM(왁스) 등이 있다. 또한 부분적으로 이런 재료를 이용하여 인베스트먼트(Investment casting)용의 마스터 모델(Master model) 등에 응용하기도 한다. 기존에 상용화된 쾌속 3차원 조형법(SLA, LOM, FDM, SLS 등)은 적층재료가 비기능성 재료이기 때문에 직접 제품으로 사용하지 못하고 단순히 시제품으로만 활용하고 있다.[1]

최근에는 금속을 이용한 시작품과 부품(part) 제작에 대한 쾌속 3차원조형법이 활발히 연구되고 있다. 금속 재료로 만들어진 시작품은 디자인 검증과 평가뿐만 아니라, 제품의 기계적 강도나 인성

평가와 같은 제품의 시험성 평가에도 사용될 수 있으므로 그 효율성이 매우 높다. 소량생산의 경우에는 쾌속 3 차원 조형법을 이용하여 제품을 바로 만들거나 금형(mold)을 제작하려는 시도가 이루어지고 있다.

본 논문에서는 프로젝션 용접기(projection welding machine)를 이용하여 컴퓨터로부터 데이터를 받아 금속 박판을 적층하는 쾌속 3 차원 조형법을 개발하고, 인장시편과 굽힘시편을 제작하여 평가하였다. 이렇게 금속 재료로 만들어진 시작품은 제품의 기계적 성질을 시험하거나 바로 실제품을 만드는데 응용될 수 있을 것이다.

2. 시작품 제작장치 및 방법

2.1 시작품 제작장치

본 연구에서 개발하려는 공정은 프로젝션 용접을 이용한 적층 기술을 개발하려는 것이다. 프로젝션 용접은 용접하려는 재료에 작은 돌기(projection)를 만들고 전기를 통전(通電)하면 작은 돌기부에서 전기저항에 의한 국부적인 저항열로 용착시키는 방법이다.

개발하고자 하는 쾌속 조형법의 공정 순서는 Fig. 1 과 같다. 먼저, Fig. 1 과 같이 컴퓨터를 이용하여 3 차원 제품 설계를 한 후 2 차원 단면형상으로 분할하고, 레이저 형상 절단기를 이용하여 각 단면의 형상대로 가공한다. 형상대로 가공한 금속 박판을 돌기 생성 후 프로젝션 용접기를 이용하여 용접 적층한다.

Fig. 2(a) 는 금속 박판에 돌기를 생성하기 위하여 돌기 생성용 압력다이를 이용하여 돌기를 생성하는 모습이다. 그리고 Fig. 2(b) 는 Fig. 2(a)에서 돌기를 생성한 박판을 전기를 통전하면서, 압력을 가하여 금속 박판을 한 층씩 용착하여 적층하는 모습이다. 이러한 공정은 한 번의 전기 용접으로 한 층이 형성되어 적층 시간이 짧아지고, 돌기부에서만 국부적으로 열이 발생하고, 압력을 가하기 때문에 수축과 변형이 적게 발생되어 Fig. 2(c) 와 같은 안정된 형상을 만들 수 있다.

본 연구에서는 위와 같은 방법으로 SUS304 와 SS41 재질을 이용하여 KS B 0801 규정의 인장시험 시편과 KS B 0803 규정의 굽힘시험 시편을 제작하였다.

2.1 Projection Welding 을 이용한 시작품 제작

프로젝션 용접을 이용하여 인장시편 및 굽힘시편 시제품을 다음과 같은 방법으로 제작하였다.

1) 인장시편과 굽힘시편의 규격은 KS B 0801 규정과 KS B 0803 규정에 의거 제작하였다

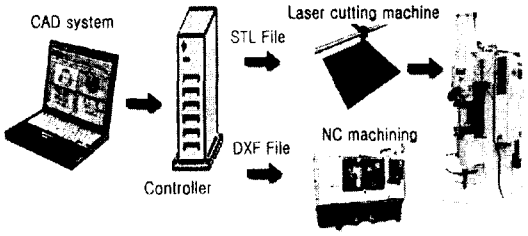
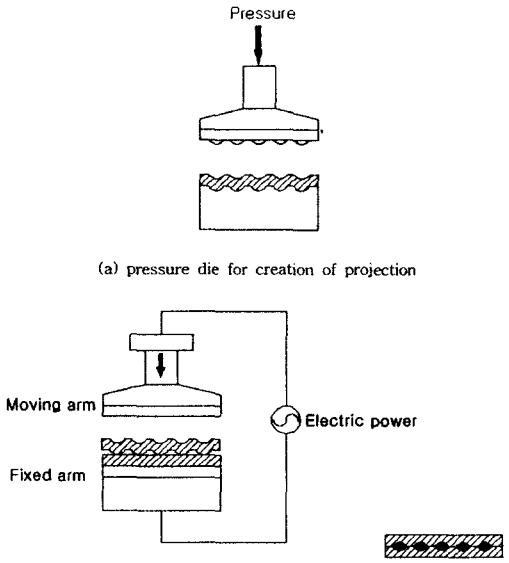


Fig. 1 Manufacturing Process of Rapid Prototyping Technique using Projection Welding



(a) pressure die for creation of projection

(b) process of projection welding (c) product

Fig. 2 Schematic diagrams of projection welding

2) 프로젝션 용접을 이용한 쾌속 3 차원 조형법으로 금속 박판을 적층하기 위하여 Table 1 과 같이 SUS304 와 SS41 의 금속박판을 준비하였다.

Table 1 Composition of tensile specimen and bending

	Tensile specimen	Bending specimen
NO. 1	SUS304 1 1 ㎜ * 5EA S	SUS304 1 1 ㎜ * 5EA
NO. 2	(SUS304 2 ㎜ * 2EA) + (SUS304 1 ㎜ * 1EA)	(SUS304 2 ㎜ * 2EA) + (SUS304 1 ㎜ * 1EA)
NO. 3	(SS41 1 ㎜ * 3EA) + (SUS304 1 ㎜ * 2EA)	(SS41 1 ㎜ * 3EA) + (SUS304 1 ㎜ * 2EA
NO. 4	(SUS304 2 ㎜ * 2EA) + (SS41 1 ㎜ * 1EA)	(SUS304 2 ㎜ * 2EA) + (SS41 1 ㎜ * 1EA)

3) 준비된 시험편에 돌기를 생성하기 위한 압력 다이(pressure die)와 프로젝션 용접을 위한 탄소 전극을 만든다.
4) 압력다이를 이용하여 준비된 시험편에 돌기(projection)를 생성한다.
5) 돌기가 생성된 시편을 프로젝션 용접기를 이용하여 한층씩 용접하여 적층시킨다.

2.3 시작품 적층 경계면 처리

프로젝션 용접을 이용한 쾌속 조형법은 일정 두께의 박판(sheet)을 적층하는 것이므로 제조된 시작품의 표면에 층이 생기게 된다. 이러한 현상은 쾌속 3 차원 형상 제조법의 전반적인 문제점이기도 한다.

본 연구에서는 층이진 표면을 처리하기 위해 시제품 주변을 NC 머시닝 을 이용하여 가공처리 하였다. NC 머시닝을 사용하기 위해서는 G 코드가 필요하기 때문에 시제품 드로잉(drawing)시 가공치수 0.5 ㎜를 더 주었다. G 코드 파일의 생성과정을 단계별로 보면 다음과 같다.

1) 1 단계 : Drawing file 을 DXF 파일로 변환하였다.
2) 2 단계 : 정해진 스캐닝 방법에 따라 경계면만 처리할 수 있도록 각 요소 처리하였다.
3) 3 단계 : G 코드로 전환, 출력시킨다.
4) 4 단계 : NC 머시닝으로 경계면을 처리한다.

위에서 생성한 G 코드를 바탕으로 NC 머시닝을 이용하여 시제품의 적층경계면을 가공한다.

3. 시작품의 강도 실험

3.1 인장시험 결과 및 고찰

본 실험에서 사용한 인장시편은 인장시편은 Table 2 와 같다. 여기서 인장시편 NO. 5 (SUS304 5T)와 NO. 6 (SS41 5T)는 프로젝션 용접을 이용한 쾌속 조형법으로 제작한 NO. 1 ~ NO. 4 의 인장시편과 인장강도를 비교하기 위하여 5 ㎜ 두께의 박판을 가공하여 제작한 것이다.

Fig. 3 는 각각 5 개 시편들의 인장시험 결과에 대한 평균치의 Stress-Strain 곡선을 나타낸 것이다. 동일 재질 SUS304 1T 5 장으로 적층한 NO. 1 시편과 SUS304 2T 2 장과 SUS304 1T 1 장으로 적층한 NO. 2 시편의 경우 NO. 5 시편의 강도와 비슷한 강도가 나올 거라는 예상과는 달리 Fig. 3 에서 나타나 있는 것처럼 NO. 1 시편이 NO. 5 시편보다 큰 인장강도, 항복강도가 나왔으며 NO. 2 시편은 NO. 5 시편보다 인장강도, 항복강도가 작게 나왔다. 이는 인장강도의 경우 프로젝션 용접으로 적층한 시편이 충분한 강도를 유지할 수 있음을 확인할 수 있었다.

다음 NO. 3, NO. 4 시편의 경우는 강도가 서로 다른 재질 즉 SUS304 와 SS41 재질로 결합되어진 시편이다. NO. 5, NO. 6 시편의 강도는 Fig. 3 에 나타낸 바와 같이 큰 차이가 나는데 이 두 재료를 적절하게 조합하여 적층한 결과 NO. 4 Stress-Strain 곡선처럼 NO. 5 시편보다는 인장강도가 낮았지만 주목할 만한 인장강도를 얻었다.

Table 2 Composition of tensile specimen

	Composition	Processing method
NO. 1	SUS304 1 1 ㎜ * 5EA	Lamination with using projection welding
NO. 2	(SUS304 2 ㎜ * 2EA) + (SUS304 1 ㎜ * 1EA)	Lamination with using projection welding
NO. 3	(SS41 1 ㎜ * 3EA) + (SUS304 1 ㎜ * 2EA)	Lamination with using projection welding
NO. 4	(SUS304 2 ㎜ * 2EA) + (SS41 1 ㎜ * 1EA)	Lamination with using projection welding
NO. 5	SUS304 5 ㎜ * 1EA	Direct processing
NO. 6	SUS304 5 ㎜ * 1EA	Direct processing

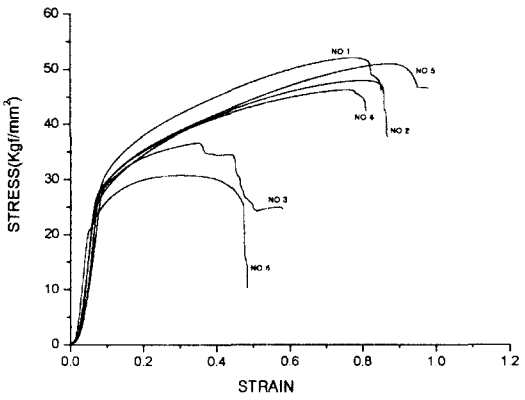


Fig. 3 Stress-strain curve of tensile specimens

3.2 굽힘시험 결과 및 고찰

본 실험에서 사용한 굽힘시편은 인장실험에서 사용한 Table 2 와 동일하게 구성 제작하였다.

굽힘시험에서는 적층한 시편들의 강도가 Fig. 4 에서 볼 수 있듯이 직접 가공한 NO. 5 시편의 강도만큼 미치지 못하였다. Fig. 4 에서 SUS304 5T 로 이루어진 NO. 5 시편과 SS41 5T 로 이루어진 NO. 6 시편의 Stress-Strain 곡선은 완만한 곡선을 보인 반면,

프로젝션 용접으로 적층되어진 NO. 1, 2, 3, 4 의 시편의 곡선은 불규칙하게 나왔다. 이는 굽힘시험에서는 굽힘하중을 받는 시료의 위치에 따라 굽힘 변형에 큰 차이가 있고, 이러한 차이에 의해 굽힘변형이 큰 곳에서 먼저 접합 부위가 탈락하는 것이 원인인 것으로 예상된다.

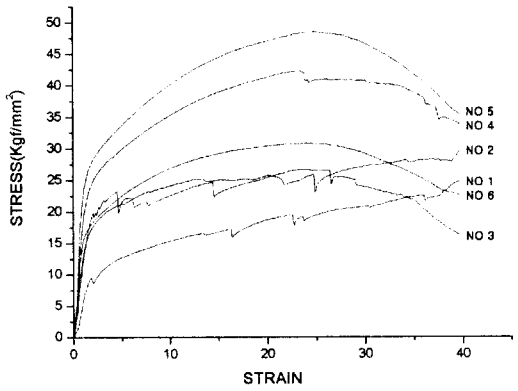


Fig. 4 Stress-strain curve of bending specimens

4. 결론

본 연구에서는 프로젝션 용접을 이용한 쾌속 3 차원 조형법을 개발하고, 이 조형법에 의해 제작된 인장시편 및 굽힘시편을 직접 가공한 시편과의 기계적 특성을 실험한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 인장시험을 통하여 동일 재질을 적층한 시편(NO. 1, 2)이 직접 가공한 시편(NO. 5)처럼 충분한 강도를 유지할 수 있음을 확인할 수 있었다.
2) 인장시험 NO. 4 시편에서 볼 수 있듯이 강도가 적정한 재질과 상대적으로 강도가 떨어지는 시편의 조합이 NO. 5 시편 강도와 비슷하게 나옴을 알 수 있었다. 이는 저렴한 재질을 이용하여 강도의 향상을 가져올 수 있는 가능성을 볼 수 있었다.
3) 굽힘시험을 통하여 5 장을 적층한 시편(NO. 1, NO. 3)보다는 3 장을 적층한 시편(NO. 2, NO. 4)의 강도가 높게 나타난 것을 볼 수 있었다. 이는 용접부위가 많은 시편일수록 굽힘강도가 현저히 떨어지는 것을 볼 수 있었다.
4) 굽힘시험에서 융점이 높은 SUS304 재질의 조합(NO2)보다는 융점이 낮은 SS41 재질의 조합(NO4)이 더 강도가 높음을 알 수 있었다.

본 연구를 통하여 돌기 생성시 돌기부의 개수가 강도에 미치는 영향에 대해 연구의 필요성이 요구되었으며, 프로젝션 용접시 용접부의 용착 상태 및 용접부의 열 변형에 따른 재질의 상태 변화에 대해 연구의 필요성이 요구되었다. 또, 서로 다른 재질의 조합시 조합 순서에 따른 강도의 변화가 어떻게 변화는지에 대해서도 앞으로 더 많은 연구의 필요성이 요구되었다.

참고문헌

1. 신민철, " 금속재료를 이용한 직접식 3 차원 형상 제조 공정의 실험적 연구" , 한국과학기술원, 1995 년, p.1-2.
2. J.P.Kruth, "Material Incress Manufacturing by Rapid Protoyping Techniques", Annals of the CIRP, Vol.40/2/1991, p.603-614.
3. 이우종, 홍유석, 이용한, " 신속시작체계 정립 방안" , 대한기계학회지/제 33 권 제 4 호, 1993 년, p.297-310.