

새로운 리벳 공법에 의한 접합기술

加藤 亨¹ · 森 謙一郎²

New Riveting Technology

T. Kato, K. Mori

1. 서론

리벳에 의한 접합은 나사, 볼트 너트 체결, 크립잇기 등과 같이 요소접합법으로 분류되어[1] 에부터 쓰이고 있는 접합공법이다. 리벳 접합 공법은 그림 1에 표시한 슬릿 리벳[2], 튜브라 리벳[3]과 같이 시공시에 리벳의 끝을 리벳팅기에 의해 변형 시켜서 접합하는 양측공법과 편측에서 심축을 끌어서 접합하는 블라인드 리벳공법이 있으며 그림 2에 표시한 바와 같이 분류된다. 최근에 자동차산업[4]에서 복잡한 바디 단면 구조에 부품을 붙일 때 사전에 너트를 용접할 필요가 없는 블라인드 리벳이 사용되기 시작하여 자동차의 생산비용 절감에 공헌하고 있다. 그 경향은 가전산업, 침대산업[5], 주택산업 등으로 확대 발전해오고 있다.

최근에는 자동차의 중량을 경감시키기 위해 알루미늄합금판이나 고장력 강판의 적용이 주목되고 있으며 용접이 곤란한 재료나 용접이 다른 이종금속의 접합에 셀프 피어싱 리벳이 각광 받고 있다. 셀프 피어싱 리벳은 로보트화나

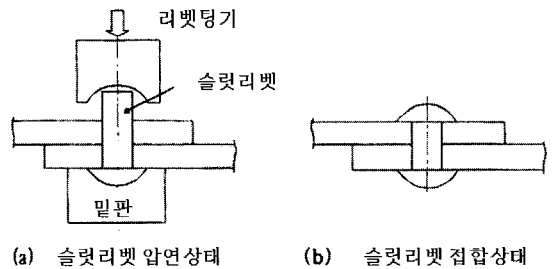


그림 1 슬릿 리벳의 접합과정

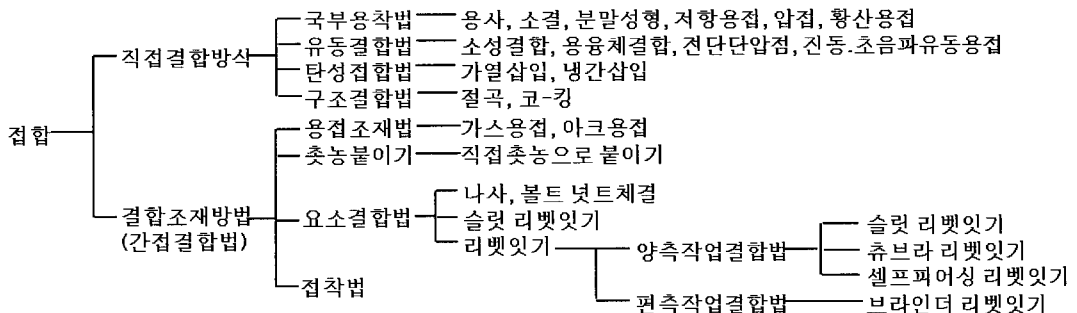


그림2 접합공법의 분류

1. ポップリベットファスナー(株)CAE실, 441-8540 豊橋市野依町 細田, Japan
 2. 豊橋기술과학대학 공학부 생산시스템공학계 441-8580 豊橋市 天伯町雲雀ヶ丘 1-1, Japan
 - 원고출처 : 塑性加工 I, V.47-541(2006), 119-123.
 - 번역자 : 박정서(자유번역가), 김인수(금오공과대학교 신소재시스템공학부, 교수)

자동접합을 이용하여 새로운 접합공법으로 발전하고 있다.

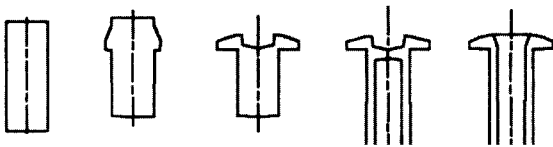
본 원고에서는 일반적인 리벳 제조방법과 최근 에 산업에서 널리 이용되고 있는 블라인드 리벳 공법, 자동차 산업에서 주목하고 있는 셀프 피어싱 리벳에 대하여 그 구조와 접합원리 및 자동화된 접합장치에 대하여 서술하고자 한다.

2. 리벳의 제조공법

2.1 냉간단조에 의한 리벳의 제조

일반적인 슬릿 리벳은 코일상의 선재로 만들어지며 횡형의 단조기인 헤딩기에 의해 성형된다. 선재가 일정한 길이로 절단되어 예비성형 후 고정 가공에 의해 리벳 플렌지부가 성형된다. 한편 중공인 블라인드 리벳에서는 그림 3에 표시한 바와 같이 공정의 도중에 후방압출 가공을 하여 최후에 피어싱에 의한 구멍 뚫기 공정으로 관통구멍을 성형하고 있다. 복잡한 형상품은 단조공정 단조기인 홈성형기로 성형한다. 이들 공정은 볼트의 제조공정과 유사하며 재료로 냉간 단조용 강재인 SWCH 재가 많이 쓰인다.

리벳은 최종 사용자가 소성변형을 하여 접합하는 제품이기 때문에 단조 후 가공경화를 제거하기 위해 가열하였다가 천천히 냉각하는 작업이 이루어진다.



(a) 소재 (b) 플렌지부 예비성형 (c) 플렌지부 고정성형 (d) 후방압출에 의한 몸체부 성형 (e) 구멍내기 성형

그림3 중공 리벳의 제조공정

2.2 리벳의 표면처리의 동향

철강계 리벳에는 방청을 목적으로 도금을 시행하고 있다. 도금에는 전기아연 도금이 많이 사용되지만 표면의 크롬메이트에서 6가 크롬이 환경문제로 사용이 어렵게 되어 있어 지금까지는 3가 크롬메이트 층으로 변화하고 있다. 가까운 장래 크롬 사용을 전면 폐지 움직임도 있어 새로운 도금 방법의 개발이 요망되고 있다.

3. 블라인드 리벳의 구조와 접합원리

3.1 블라인드 리벳의 구조

블라인드 리벳은 한쪽에서 용이하게 접합되는 것으로 통상 슬릿 리벳 공법에서 할 수 없는 결 표면층에 공구를 삽입하기 어려운 경우에 적용되는 방법으로 1916년 Wylie[6]에 의해 고안되었다. 그 후 1927년 블라인드 리벳용 공구가 고안되어 [7] 본격적으로 이용되기 시작하였다. 블라인드 리벳은 그림4에 표시된 몸체부와 플렌지를 갖는 리벳 바디, 바디를 변형시키는 두부를 갖는 맨드렐 등 2개의 부품으로 되어있다. 맨드렐에는 미리 설정된 하중으로 파단 되도록 조임부가 붙어 있다.

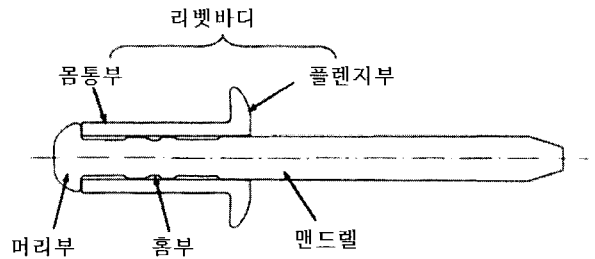


그림 4 블라인드 리벳의 구조

3.2 블라인드 리벳에 의한 접합과정

그림 5에 블라인드 리벳에 의한 접합과정을 표시한 것이다. 리벳의 선단에 바디, 플렌지를 누르면서 맨드렐을 리벳 바디를 벌지 변형시켜 모재에 밀착한다. 충분히 밀착한 후, 맨드렐의 조임부를 파단하면 접합과정이 종료된다. 나사접합공법과 다르게 체결 토크를 관리할 필요가 없으며 같은 인력으로 접합되는 잇점이 있다.

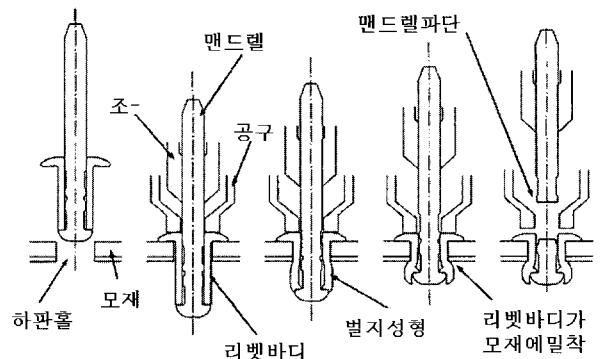


그림 5 블라인드 리벳의 접합과정

그림 6에 4.0mm 직경의 알루미늄제 블라인드 리벳의 접합작업시간을 표시한 것이다. 공구가 맨드렐을 끌기 시작해서 약 0.1에서 0.2sec 로 작업이 끝난다. 접합 작업시간의 짧아 공구가 맨드렐 부를 잡고 유지하기 쉽기 때문에 그림 7에 표시한 연속식 공구가 실용화되고 있다. 또 그림 8에 표시한 무인화 라인에 대응한 자동화에 의한 리벳 접합방법이 많은 생산라인에 실제 적용되고 있다.

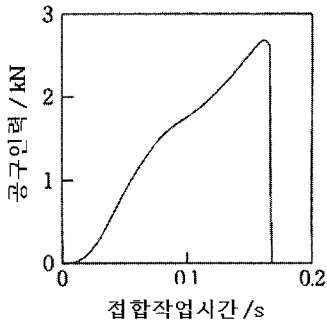


그림 6 블라인드 리벳 접합시간

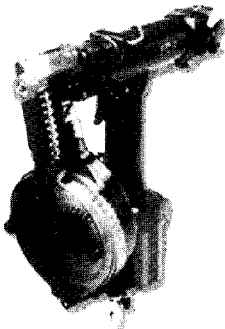


그림 7 연발식 리벳팅기

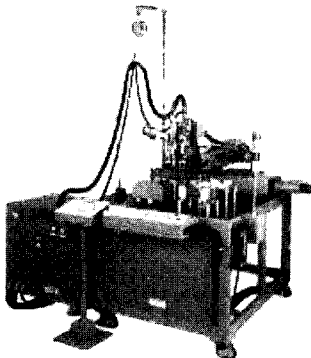


그림 8 자동화된 리벳 접합장치

3.3 블라인드 리벳의 종류, 형상, 강도의 규격

블라인드 리벳의 종류는 매우 다양하며 대표적인 블라인드 리벳의 종류 형상 및 강도는 ISO 규격[8] 이나 JASO 규격[9] JIS 규격[10]으로 설정되어 있으며 접합 후의 대표적인 형상을 그림 9에 표시하였다. 일반적인 리벳 (a)에 대해, 접합후의 나오는 부분이 작은 (b), (e), 비관통구멍 바디의 (c), 슬릿 바디를 사용한 (d)등이 있다. 규격상의 강도나 각각 리벳 메이커의 표시강도는 모재 파괴가 발생하지 않는 열처리한 철판에 접합할 때에 리벳 단체의 파괴강도를 표시하고 있다. 따라서, 실모재를 리벳 접합할 때 강도는 리벳 강도와 다를 수 있다. 특히 저강도 모재나 박판 모재를 리벳 접합한 경우의 접합부파괴강도는 모재 파괴에 의한 강도가 되는 경우가 있으며 리벳의 표시강도 이하에서 파괴할 가능성이 있다. 설계자가 리벳을 지정할 때 모재의 강도 등을 고려하여 접합부 전체의 강도를 사전에 파악하며 적당한 리벳을 선정할 필요가 있다.

필요한 접합강도를 얻기 위하여 각 리벳에 적절한 모재 아래구멍 지름, 적절한 모재 두께를 정

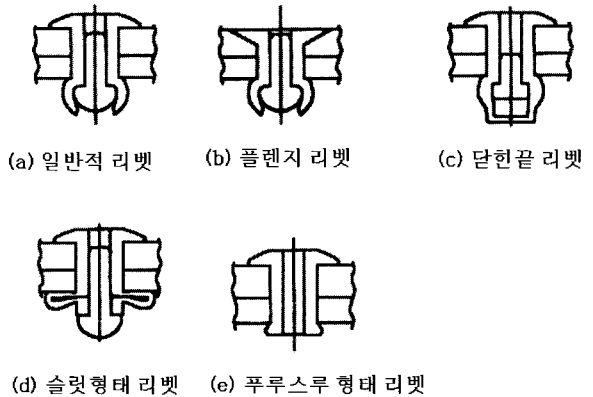
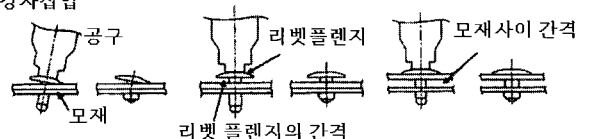


그림 9 블라인드 리벳의 대표적인 접합상태

밀통로 리벳의 경사삽입



(a)경사접합에 의한 (b) 플렌지 뜯겨짐에 의한 (c) 모재 뜯겨짐에 의한 불량

그림 10 블라인드 리벳 접합작업에 의한 불량발생

하여 올바른 모재 조건을 설정할 필요가 있다. 또 접합 작업시에 리벳을 모재에 바르게 밀어붙이면서 접합하는 것이 필요하며 그림 10 에 표시한 작업에서는 리벳 플렌지의 굽힘, 리벳의 들뜸, 모재의 들뜸 불량 등이 발생하여 사전평가에서 얻은 적절한 접합강도가 얻어지지 않는다.

4. 셀프 피어싱 리벳에 의한 접합

4.1 셀프 피어싱 리벳의 접합과정

그림11은 셀프 피어싱 리벳의 접합과정을 표시한 것이다. 셀프 피어싱 리벳에서는 펀치에 의해 리벳을 직접 압입 리벳이 상판을 관통하고 다시 하판에 침입하여 다이에 의해 각부가 넓혀져서 빠지지 않게 되는 접합이다. 셀프 피어싱 리벳 공법을 슬릿 리벳 공법이나 블라인드 리벳 공법과 같이 미리 구멍을 낼 필요가 없다. 따라서 생산성이 매우 높다.

그림12에 셀프 피어싱 리벳에 의한 알루미늄 합금판 끼리의 접합 결과를 표시한 것이다. 여기서 t_u , t_d 은 각각 상판 두께와 하판 두께를 표시한다. 리벳과 하판과의 사이에 오버랩이 형성되어 강고한 접합이 일어나고 있다.

4.2 셀프 피어싱 리벳의 개발 역사

1978 년 셀프 피어싱 리벳의 원형이 되는 특허가 출원[11] 되어 그 후 이 접합 공법은 유럽에서 실용화되었다. 유럽의 자동차 생산회사가 경량화를 목적으로 한 알루미늄 합금 판의 바디 개발에 있어서 셀프 피어싱 리벳을 사용했기 때문에 자동차의 제조 라인에서 사용 가능한 공법이 되었다. 초기의 리벳 접합장치는 유압을 사용하여[12] 펀치를 구동 했지만 최근에는 그림 13 에 표시한 것과 같이 서브 모터를 사용한 전기식의 압입 장치가 실용화 되었기 때문에 리벳 압입량이 안정화 되고 접합성이 향상 되었다. 그 결과 셀프 피어싱 리벳의 이용이 더욱 확대되고 있다.

4.3 셀프 피어싱 리벳에 의한 알루미늄 합금판과 연강판의 접합

셀프 피어싱 리벳은 판에 직접 리벳을 압입하기 때문에 이종금속 간의 접합이 가능하다. 알루미늄 합금판과 연강판에 대하여 몸체부 직경 5.3mm, 길이5mm 의 셀프 피어싱 리벳 접합한 결과를 그림14에 표시하였다. 그림12에 표시한

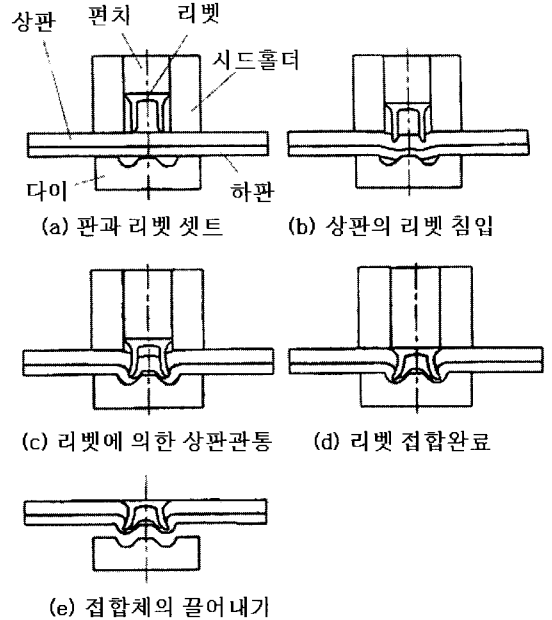


그림 11 셀프 피어싱 리벳의 접합과정

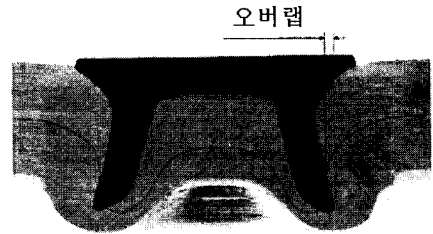


그림 12 오버랩이 형성된 알루미늄 합금판 사이의 접합

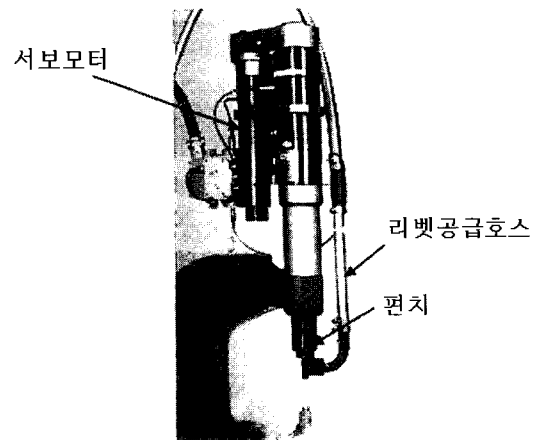


그림 13 서브모터를 사용한 셀프 피어싱 리벳의 압입장치

알루미늄 합금판의 접합과 같이 리벳과 하판의 사이에 오버랩이 형성되어 양호한 접합이 얻어지고 있다.

판의 조합에 의하여는 간단한 접합이 얻어지지 않는 경우가 있다. 그림 15에 표시한 바와 같이 리벳이 하판을 관통하여 하판에 원주상의 찢어짐이 생긴다. 하판의 찢어짐은 물이 침입하여 부식의 원인이 된다. 그림 16에 표시한 바와 같이 상판이 하판을 국부적으로 잡아당겨 하판이 0.1mm 이하로 감소하여 조임이 생긴다. 그림 17에 표시한 바와 같이 하판에 리벳의 걸기가 작고 압입한 후 분리되어 접합되지 않는다. 셀프 피어싱 리벳에 의한 판 접합에서는 이와 같은 불량 발생하지 않도록 리벳 길이, 다이의 형상 등을 결정할 필요가 있다[13].

4.4 셀프 피어싱 리벳에 의한 알루미늄 합금판과 초고장력강판의 접합

상판을 고장력강판(SPFC980), 하판을 알루미늄 합금판으로 하여 연강판인 경우와 같은 조건으로 접합한 결과를 그림 18에 표시하였다. 리벳 각 부분이 상판 내에서 크게 변형하고 리벳이 하판 내에 진입하지 않게 되면 접합이 이루어 지지 않는다. 다이의 형상을 개량하고 판의 변형거동을 변경한 경우 단단한 초고장력강판과 알루미늄 합금판의 접합도 그림 19와 같이 가능하게 됐다[14]. 셀프 피어싱 리벳에 의한 접합에서는 접합조건을 최적화하면 알루미늄 합금판 들로 부터 초경장력강판과 알루미늄 합금판의 이중금속의 접합까지 폭 넓은 용도로 사용된다.

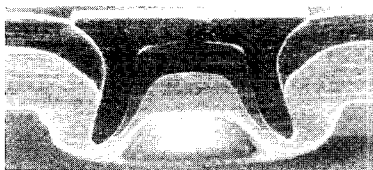


그림 14 연강판과 알루미늄 합금판의 접합



(a) 하판 크랙 발생 (b) 관통 발생시의 단면

그림 15 관통 발생 불량

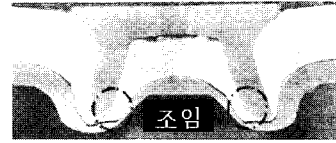


그림 16 조임 발생 불량

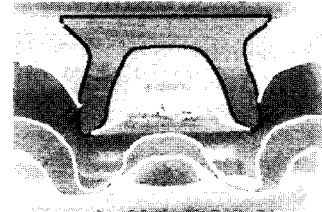


그림 17 분리 발생 불량

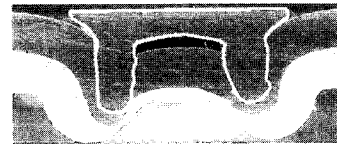


그림 18 알루미늄 합금판 접합용 다이를 사용한 초고장력 강판과 알루미늄 합금판의 접합($t_w=1.4\text{mm}$ $t_f=1.5\text{mm}$)

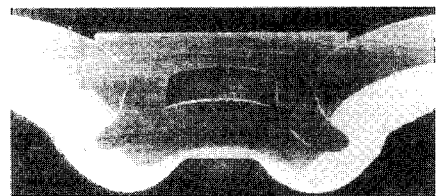


그림 19 다이 개량을 한 초고장력 강판과 알루미늄 합금판의 접합($t_w=1.4\text{mm}$ $t_f=1.5\text{mm}$)

5. 셀프 피어싱 리벳의 접합장치

5.1 셀프 피어싱 리벳의 접합장치 구성

셀프 피어싱 리벳 접합장치는 자동화 라인으로 사용할 수 있도록 개발되었다. 그림 20에 표시한 것과 같이 리벳과 프레임, 피더, 콘트롤러로 되어 있다. C 프레임은 공기압으로 구동하는 선형 슬라이더로 후로딩되어 접합할 때 자유로이 상하 운동이 가능한 구조를 가지며 리벳을 압입할 때에 모재에 여분 하중을 작용 하지 않고 압입할 수 있어 압입에 의해 모재가 큰 변형이 일어나는 것을 방지한다.

리벳팅기에는 피더에서 이송된 리벳이 리벳팅기 측면에서 내삽되고 로봇에서 신호를 수신하여 자동접합한다.

5.2 접합장치에 의한 체크 기구

셀프 피어싱 리벳에 의한 접합에는 미리 설정된 후판, 판조합, 판재질, 리벳 길이, 다이 등을 실제의 접합작업 상에도 같은 상태일 필요성이 있다. 이것 때문에 자동화에 의한 접합을 행할 때 작동 중에 각 인자를 확인하고 그때 마다 합불판정을 하면서 리벳 압입을 수행하고 있다.

그림21에 판정 흐름도를 표시하였다. 모재의 총판두께나 리벳 길이가 설정과 달라진 경우 압입하기 전에 기계를 정지하여 문제점을 유출함으로써 치명적인 결함의 발생을 방지하고 있다. 접합장치에서 판재질, 판조합, 정확한 리벳 경도를 압입하기 전에 판단하는 것은 어렵지만 압입 과정의 하중변화가 설정시와 같으면 설정조건으로 접합되어 있다고 판단된다. 그래서 장치에는 로드셀이 내장 되어 각각 타점에서 압입 하중이 측정된다. 측정한 결과를 그림22에 표시한 콘트롤러의 화면상 횡축에 펀치 스트로크, 종축에 압입 하중으로 그래프를 그림으로서 기준하중곡선에 대한 거리를 측정하여 합불을 판정하고 있다.

실제의 셀프 피어싱 리벳 접합에서는 예비평가와 일치하는 압입량으로 수행할 필요가 있다. 그래서 최근에 프레임의 탄성변형이나 펀치의 탄성변형도 고려에 넣은 수차 스트로크 보정장치를 내장하는 장치가 있어 압입량을 일정하게 조절하고 있다.

5.3 프레임 구조

자동차의 바디 생산라인에서 용도를 고려하여 외형상의 C프레임이 쓰인다. 압입 하중은 50KN에서 80KN의 커다란 하중이 필요하며 C프레임 또는 하중에 견디내는 구조가 필요하게 된다. 특히 깊숙한 타점을 접합할 때는 대형의 C프레임이 필요하며, 다관절 로봇에 C프레임을 잡아 유지하는 경우 중량의 증가가 문제가 된다. 그래서 그림23에 표시하는 경량화 C프레임이 개발 되어 실용화 되고 있다.

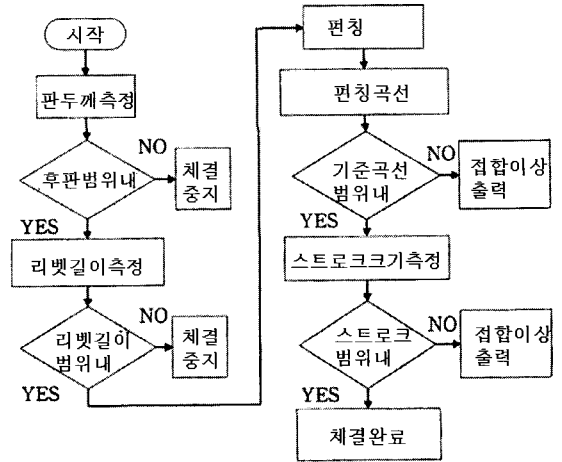


그림 21 자동화된 셀프 피어싱 리벳의 접합장치에 있어서의 작업 흐름도

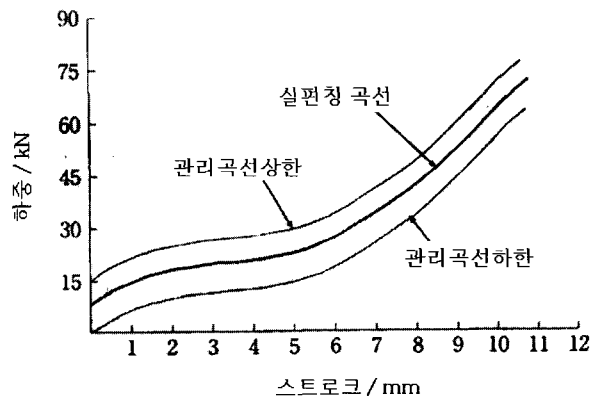


그림 22 셀프 피어싱 리벳 접합시의 하중변화판정 표시

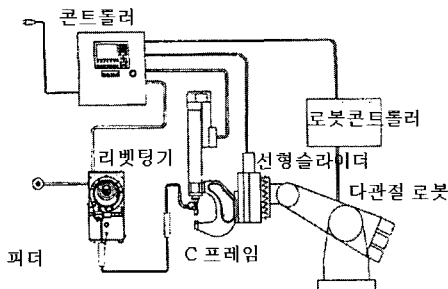


그림 20 셀프 피어싱 리벳의 접합 장치

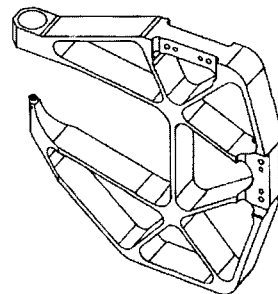


그림 23 경량화한 셀프 피어싱 리벳의 프레임

6. 결 론

리벳 접합은 오래되었을 뿐만 아니라 새로운 접합공법의 하나이다. 각 시대의 요구에 부응하여 가면서 새로운 리벳 접합법이 개발되며 항상 진화하고 있다. 그 결과 최근의 자동화 요구에도 충분히 대응함으로써 우수한 접합공법중의 하나가 되었다. 그러면서 설계자가 리벳을 선정하는 경우 전체의 접합강도에 대하여 충분한 사전검토가 필요하며 그 강도를 달성하기 위해 리벳의 종류, 형상, 도재의 상태 및 접합작업 방법에 이르기 까지 전 공정을 결정할 필요가 있다. 리벳 메이커는 각 설계자와 제휴하여 이 공정의 결정에 적극적으로 참여하고 적절한 리벳 접합을 확장시킬 필요가 있다. 셀프 피어싱 리벳 공법에서는 다이의 형상 결정이 중요하며 최근 유한요소 해석을 이용하여 사전검토, 형상의 최적화를 이룰 수 있을 수 있다고 기대하고 있다. 재료기술, 프레스 기술 등의 향상으로 새로운 소재에 의한 새로운 리벳 소성 가공품이 날로 개발되고 있다. 접합기술은 이들의 최근 가공기술과 더불어 새로운 시대를 열어가는 중요한 요소 기술이다. 리벳 접합은 어려운 접합 문제를 타파하는 접합공법의 하나이며 앞으로 더욱 발전할 수 있다고 판단되는 공법이다.

본 논문은 한국소성가공학회와 일본소성가공학회의 번역 게재협정에 의하여 저자의 허락을 생략하고 번역하여 게재합니다.

참 고 문 헌

- [1] 町田輝史: 塑性과加工, 34-391(1993), 856~ 864.
- [2] 日本規格協會: JIS-B-1213(1995).
- [3] 日本規格協會: JIS-B-1213(1976).
- [4] 小川達也,谷川脩,加藤亨:自動車技術, 50-12(1996), 49~53.
- [5] 原賀康介 : 塑性과加工, 43-494 (2002), 174~ 178.
- [6] Wylie, H. N. : Great Britain Patent 106169, (1917).
- [7] Wylie, H. N. : Great Britain Patent 286471, (1928).
- [8] 例之 國際標準化協會: ISO-15977 (2002).
- [9] 自動車規格 : JASO-F-206 (1992).
- [10] 例之 日本規格協會: JIS-B-1087(2004).
- [11] Fuhrmeister,R. : United States Patent 4106180, (1978).
- [12] 遠藤五男 : 輕金屬溶接, 39-10 (2001), 464~471.
- [13] 加藤亨,安部洋平,森謙一郎,吳宣:塑性과工, 47-541 (2006), 149~153.
- [14] 加藤亨,安部洋平,森謙一郎: 平 17 塑加春講論, (2005), 107~108.