

[43] 하이드로포밍 기술개발 현황

EBN산업뉴스 기사전송 2004-12-27 00:00

1. 요약

과거 자동차의 구성소재는 보디에서 차축에 이르기까지 대부분 철판으로 이루어졌다. 철판을 휘거나 금형을 사용하여 다양한 형태로 성형한 후 최종적으로 각각의 부품을 용접하거나 조립하여 자동차를 완성시켰다.

이에 비해 하이드로포밍은 금형속에 들어가 있는 강관속에 물 등의 액체를 주입하여 내부에서부터 강한 액압을 가하여 복잡한 형상으로 일체성형하는 공법이다. 관의 중간부분을 확관 가공하는 하이드로벌지 가공법과 굽혀진 강관의 일부를 확관 가공하는 하이드로포밍 가공법으로 나뉜다.

하이드로포밍공법의 가장 큰 특징은 한 개의 파이프로 요철이 있거나 휘어진 복잡한 형태의 부품을 단 한번에 만들어 낼 수 있다는 것이다. 그만큼 몇 개나 되는 부품을 맨 마지막에 용접해서 이어야 했던 과거 공법에 비해 부품개수가 적어지는 장점이 있다. 또 용접을 해야 하는 곳이 적어 파이프의 전체 강도가 세지고 게다가 가볍기까지 하다.

최근에는 빗물배수파이프 등의 건축자재나 금속제 파이프 등 다양한 제품에 활용되고 있으며 1990년대 후반이후부터는 자동차부품가공 분야에서도 주목받기 시작해 점차 도입이 늘고 추세다. 최근 한 자동차부품회사에서는 부품수 감소와 공정 개선을 통해 생산 비용을 30%나 삭감하는데 성공하기도 했다.

일반적으로 하이드로포밍 기술은 강관(Tube) 내부에 액체를 주입한 후 압력을 가하여 성형 다이스(Dies)형상과 같이 성형하는 냉간성형가공 기술로, 제조공정은 하이드로포밍 강관(Tube)→시앤시 벤딩(CNC Bending)→하이드로포밍→천공(Piercing) 가공→조립 순으로 이뤄진다.

하이드로포밍 기술은 크게 차체에 적용 되고 있는 하이드로포밍(Hydroforming)과 용접 블랭크(Tailored Blank), 차체 레이저 용접, 알루미늄 및 마그네슘과 같은 경량 소재의 적용 기술이 대표적인 사례로 꼽히고 있다.

애초에 하이드로포밍 공법은 배 기계관련 부품의 제작에 많이 사용됐지만, 1999년 이후 샤시 부품 제작에 많이 적용됐으며, 현재는 차체 부품 제작에 적용하기 위한 기술개발이 활발히 이루어지고 있다. 아울러 하이드로 포밍 공법은 알루미늄 스페이스 프레임(Space Frame)제작시 벤딩 소재의 정도를 높이는 방법으로도 많이 사용되고 있다.

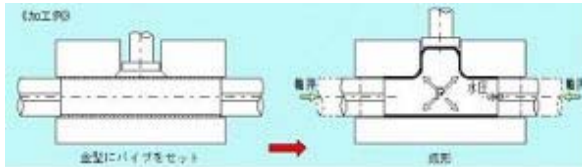
2. 각국의 기술 도입

본격적인 하이드로포밍 가공기는 1990년에 독일 듀셀돌프에서 개최된 전시회에서 처음으로 소개됐다. 자동차제조현장에서의 도입은 일본보다 구미 빨랐다. 1993년에 미국의 클린턴 대통령이 차

세대 자동차의 공동개발 구상을 내세운 것이 계기였다.

‘PNGV(Partnership for a New Generation of Vehicles)’라고 이름붙여진 이 구상은 오늘날은 일반화된 2000cc급 자동차와 같은 가격대로 연비가 3배인 자동차를 만들자는 것이었다. 1리터당 34km 주행이 목표였다. 그 배경에는 자동차배기가스에 의한 지구온난화 등의 환경오염에 대한 대책과 석유전락 등이 있었다.

<하이드로포밍 기술의 기본 모형>



이를 계기로 국제철강협회(IISI)가 경량화를 목적으로 한 ‘ULSAB (Ultra Light Steel Auto Body) 프로젝트 (18개국 35개사)’를 추진하기 시작했다.

이 프로젝트에는 일본의 철강제조회사도 참가했다. 처음의 목표는 스틸 화이트보디의 상태로 종전보다 25% 경량화하는 것이었다. 이를 가능케 한 것이 하이텐이나 테일러드블랭크, 하이드로포밍 등의 신기술이었다. 현재 이 프로젝트는 두번째 라운드 단계에 들어섰다.

지역별로는 구미 국가들 중에서는 단연 독일이 선두주자다. 독일에서는 96년에 독일기술자협회(VDI)의 주도로 하이드로포밍기술의 국가규격(DIN)이 만들어졌다.

<자동차에 있어서의 기술 적용범위>



독일의 특징이자 강점은 산·관·학이 하나가 되어 기술개발을 주도해가는 전통과 규격이 마련될 때까지의 강력하게 프로세스를 추진하는 단결력에 있다. 물론, 오늘날 독일 이외에 나라에서도 뛰어난 하이드로포밍 제품이 생산되고 있다.

이에 비해 일본의 자동차회사에서는 최근 시판되는 자동차에서 하이드로포밍 기술을 이용하고는 있으나 구미에 비해서는 뒤늦은 감이 없지 않다. 하지만 정부의 ‘국가산업기술전략’에서 중요한 소재기술로서 하이드로포밍을 들고 있는 등 최근의 세계적인 하이드로포밍의 흐름에 일본도 합류하고 있다.

이처럼, 자동차제조현장에서의 하이드로포밍의 도입은 구미주도로 진행되어 왔지만, 일본에서도 일찍부터 하이드로벌지 가공의 고도기술을 축적한 기업이 있으므로 일본의 기술레벨은 결코 낮은 수준인 것은 아니다. 다만, 당시는 일본의 자동차회사가 이 기술에 그다지 주목을 하지 않았던 것 뿐이다.

참고로 일본의 하이드로포밍가공기 제조회사는 카와자키유공, 오프톤, 야마모토수압공업소의 3개사가 대표적이며 대형 철강회사들도 시장참여하고 있다. 철강회사중에서 비교적 일찍부터 진출한 곳은 스미토모금속공업으로 그룹의 스미토모중기계공업과 연계하여 제품을 공급하고 있다.

3. 기술의 종류 및 장단점

하이드로포밍 기술은 크게 2가지로 나눌 수 있는데, 관재와 판재를 이용, 성형하는 방법이 있다. 현재 관재 하이드로포밍 부품은 전세계 자동차사에서 가장 많이 사용하고 있는 추세이며, 그 적용 부품 역시 점차 확대 되고 있는 추세다.

<관재 및 판재 성형법의 장단점>

초기 하이드로포밍은 Exhaust Manifold와 같은 배기계 부품에 주로 적용됐지만 점차 Engine Cradle을 비롯한 샤시 부품으로 적용이 확대되고 있으며 최근에는 차체 부품으로 그 범위가 차츰 확대 되고 있는 추세다. 하지만 판재 하이드로포밍(Sheet Hydroforming)은 아직까지도 후드나 루프 및 도어 판넬에 일부 개발되어 있는 실정이다.

관재 하이드로포밍은 차체 설계부문에서 차체 경량화를 목적으로 사용되고 있지만 생산 기술적인 측면에서는 부품수를 감소 시켜 조립 공정을 단순화 할 수 있으며, 조립 정도를 향상시킬 수 있는 효과가 있다.

관재를 이용한 하이드로포밍을 기존 프레스 공법과 비교해보면 프레스 성형공법은 하나의 완성품을 만들기 위해 3~5공정이 필요하며, 성형된 부품을 조립하기 위해서 스폿(Spot)용접 또는 CO2용접 방법을 사용해야 한다.

또한 용접을 하기 위해 플랜지면이 있어야 하기 때문에 조립 부품의 무게는 자연 증가할 수 밖에 없다. 하지만 하이드로포밍은 프레스성형과 같은 다수의 공정이 줄어들고 플랜지면이 불필요함에 따라 경량화 효과를 높일수 있는 장점을 갖고 있다.

관재를 이용한 하이드로포밍 부품중 가장 많이 적용되고 있는 분야는 엔진 크래들(Engine Cradle)로 Opel 자동차는 엔진 크래들을 하이드로포밍 공법으로 개발하여, 금형비를 60%, 부품비를 20%, 무게를 30%씩 각각 감소 시킨 사례를 발표한 적이 있다.

4. 국내외 기술 현황

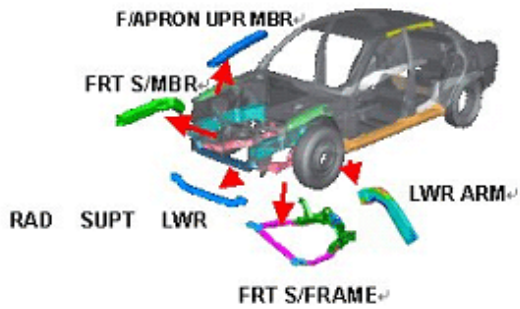
현재 세계적으로는 하이드로포밍 부품이 널리 사용되어지고 있지만 아직까지 우리나라에서는 그 적용 범위가 넓지 않은게 현실이다.

물론 유럽에서도 하이드로포밍 부품 생산은 아직까지는 배기계(Exhaust Manifold)에 적용되고 있는게 대부분이지만 향후 환경규제가 강화될 것으로 전망됨에 따라 지속적인 증가가 예상된다. 아울러 건축부문에 있어서도 주로 샤시 부품에 많이 적용되고 있지만, 향후 프레임류로 적용이 확대될 것으로 예상되고 있다.

<세부 공정 및 엔진 크래들>

유럽에서 자동차 구조부를 포함한 차체부품 중 하이드로포밍용 소재를 이용하는 부분은 ST14와 ST37, QST E300, Fe P04 등이 대표적이다. 현대자동차에서도 하이드로포밍에 관한 기술개발을 시작하는지는 10년 가까이 돼 베르나의 서브 프레임(Sub-Frame)을 시작차에 적용, 테스트한 후 부터 본격적인 개발이 이뤄지고 있다.

자동차 엔진 크레들(Engine Cradle) 제조공정



용되는 ERW용접은 사용할 수가 없고, 레이저 용접을 사용하여 제작하고 있다.

성형된 관재는 레이저 용접 방법으로 용접 되어진다. 일단 두께가 얇기 때문에 용접할 부위의 절단면의 형상 및 정도가 중요하다. 차체 부품중에는 특정 부위에 강성을 높이기 위해서 보강재를 삽입하여 제작하는 부품들이 많이 있다. 현재 프레스

부품들은 용접 블랭크(Tailor Welded Blank)로 많이 교체되어 적용 되고 있다.

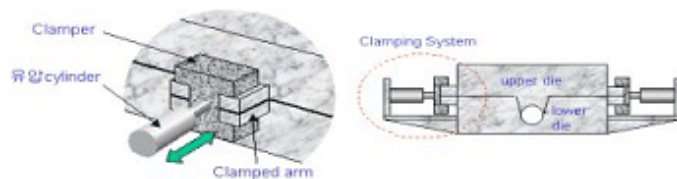
하지만 하이드로포밍으로 성형한다면 기존 관재로는 전체 두께가 증가하여 차체 중량을 증가시킬 수 있다. TWT(Tailor Welded Tube)는 이러한 문제점들을 해결할 수 있는 방법으로 향후에 실용화 될것으로 전망하고 있다. 따라서 현대 자동차에서는 선행연구 개발 개념으로 TWT에 관한 연구를 수행했으며 하이드로포밍 부품을 제작하여 시험차에 장착하여 실험하고 있다.

TWT를 적용하기에 가장 적합한 부품으로는 프런트 사이드 멤버(Front Side Member)가 있다. 이 부품은 용접 블랭크가 적용된 부품으로서 하이드로포밍을 적용하기 위하여 제품형상을 일부 변경시키고 주변 부품도 변경시켰다.

TWT를 사용한 하이드로포밍은 용접부의 파단 및 얇은 두께부의 파단을 사전에 고려하여 설계해야 할 것으로 판단이 된다. 차체부품 중에는 동일두께 동일외경으로 제작하기 어렵고 확관율과 두께가 동시에 고려되어야할 부품이 있다. 대표적인 부품으로는 센터 필러(Center Pillar)가 있다.

센터 필러의 형상은 상단부와 하단부의 제품 단면 길이의 차이가 크다. 따라서 하이드로포밍으로 제작하기에 코니컬 형상의 관재를 사용하지 않으면 성형이 불가능하다는 결론에 도달할 수 있다.

6. 금형 및 프레스 개발 추이



근래에는 하이드로포밍에 관한 기초 기술에 관한 연구를 비롯하여 장치에 관한 연구도 많이 하고 있다. 하이드로포밍 부품을 생산하기 위하여 대용량의 고압

발생장치(Intensifier)와 대형 유압 프레스가 필요했다. 그리고 이 장비들은 단독 라인으로 설치되는 것이 보통이어서 기존 프레스 공법 대비 경제성 및 생산성에 관하여 많은 의문이 제기돼 왔다.

과거 국내에서 하이드로포밍 시제품 제작을 위한 대형 고가의 하이드로포밍 장비가 없어서 시제품의 제작이 불가능했다. 따라서 현대 자동차에서는 하이드로포밍 공법으로 시제품을 개발하기 위해 기존의 유압 프레스를 이용하고, 고압 발생 장치를 국내업체와 개발하여 하이드로포밍 시제품 제작용 장비를 보유하게 됐다.

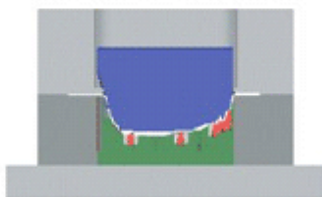
이 때 사용할 수 있는 프레스 용량은 1500t이며 현재 10여개 부품을 시제품으로 개발, 차체를 제작했다. 하지만 현대자동차에서 1차 개발한 시제품 제작용 하이드로포밍 장비로는 부품 제작에 제한이 있었다. 기존에 사용중인 유압 프레스는 프레스 금형 트라이 아웃(Try out)용으로 주로 사용하고 있기 때문이다.

결국 1500t 이상의 프레스 용량이 요구되는 부품을 성형하기 위해서 기존 프레스의 사양을 변경하지 않고, 하이드로포밍 부품을 성형하기 위해 금형을 닫은후 클램프(Clamp)로 내부 압력을 지지해주는 하이드로포밍 금형을 설계해 제작하는 방법을 시도하게 됐다.

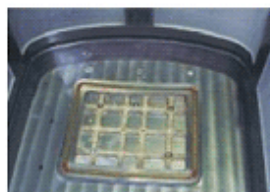
하이드로포밍 프레스는 단독 고압프레스 장비에 자동화 장비를 설치하여 라인 개념으로 꾸며지는 것이 일반적이다. 기존 하이드로 포밍 장비와는 달리 프레스가 모듈화 되어 있으며 성형시 고압으로 금형을 지지하는 것이 아니라 프레스 구조물을 기계적으로 고정(Locking)시킴으로서 고압에 대한 반발력을 유지할수 있게 한 사례이다.

관재(Tube) 하이드로 포밍 공법을 이용한 차체 부품은 현재 사용량이 많이 늘어나고 있다. 그러나 판재를 이용한 하이드로 포밍 부품은 생산성 및 투자비 문에 생산량이 크게 늘어나고 있지 않고 있다. 판재 하이드로 포밍은 펀치(Punch)금형만으로 부품을 성형하는 기술로 기존 프레스 금형 공법에서 다이측은 액압 탱크로 구성돼 있다.

<판재 복합 하이드로포밍>



(a) 복합 성형 금형 구조



(b) 루프(Roof)용 복합 성형 금형

이 경우 금형 비용이 프레스 금형비용보다 적게 소요되어 소량 생산 차종에 적합한 공법으로 평가 받고 있다. 판재 하이드로포밍은 독일의 쉐러(Schuler)사와 일본의 아미노(Amino)사에서 많은 기술을 갖고 있다. 판재 하이드로 포

밍은 제품 형상에서 최소 곡률을 갖는 부분이 유압 프레스의 용량 및 성형 가압력을 결정 한다.

그래서 후드와 루프의 경우 제품의 형상도 크고 특정 부위에 곡률이 작기 문에 실제 필요한 프레스 용량은 5000t 이상을 요구하게 된다. 따라서 최근에는 제품의 최소 곡률을 성형하기 위해 하이드로포밍 성형과 프레스 성형이 복합된 성형 공법(Combined Hydromechanical Manufacturing)을 적용하고 있다. 이 공법의 특징은 루프 제작시 금형 체결력(closing Force)을 감소 시킨 것으로, 단순히 하이드로 포밍만으로 제품을 성형할 때 200,000kN이었던 것을 복합 성형 공법을 사용, 25,000kN으로 대폭 줄일 수 있다는 결과가 발표됐다.

판재 하이드로포밍은 기존 프레스 성형과 비교하여 보면 생산 라인을 새로 도입하는 것과 비교하여 연간 4만 부품 이하를 생산하는 경우에 경제적인 것으로 보고 되고 있다. 그 이유는 금형비를 절감할 수 있는 장점이 크기 때문이다.

7. 보급에 있어서의 장애요인

일본에서 하이드로포밍이 보급되지 않았던 이유중 하나로 종전의 가공방법에 비해 비용면에서 우

위성이 없었다는 점을 들 수 있다. 일본의 판재성형기술은 세계에서든 뛰어난 수준이다. 그 기술을 이용하여 판재를 성형가공함으로써 저비용으로 생산할 수가 있었다. 반면, 관재는 비싸며 새로운 설비투자도 해야 한다.

자동차회사의 설비담당자나 생산기술자가 ‘판재를 쓰면 싸게 제조할 수 있는데 왜 비용이 더드는 생산방식으로 변경해야하는가’라고 생각한 것은 당연한 일일지도 모른다. 하이드로포밍기술이 앞으로 더 보급될지 여부는 자동차회사에서의 도입에 달려있다. 무엇보다 자동차산업은 워낙 광범위하므로 영향력이 크다. 양적규모가 커지면 비용이 싸진다. 그런 의미에서 일본은 구미보다 한발 늦긴 했으나 지금부터 급성장할 여지는 충분히 있다.

또, 2차가공용 관재의 개발이 하이드로포밍의 보급에 있어서 중요한 요인이 된다. JIS규격에서는 강관 소재에는 구조용 강관, 배관용 강관, 열처리용 강관의 3종류가 있는데, 그대로 쓰는 것이라는 전제가 있어 규격화가 되었지 않다.

즉, 2차가공용 관재라는 개념은 아직 없다. 강관은 2차가공하는 소재라는 인식하에 2차가공에 적합한 관재를 개발하는 일이 필요하다. 더욱이, 최근 하이드로포밍이 자동차에서 도입되어 철강회사에서도 가공성을 향상시킨 강관개발에 주력하고 있는 상황이다.

8.향후의 제품개발 방향

하이드로포밍은 일반적인 프레스에 비해 금형에 의존하기보다는 재료 특성에 걸맞게 압력을 제어하는 노하우에 더 의존하는 가공법이다. 따라서 하이드로포밍의 성공여부는 외부로부터의 압력부하나 힘을 가하는 타이밍이나 크기, 속도 등을 어떻게 컨트롤하는가에 달려있다. 이러한 요소들의 최적치는 형상이나 재료에 따라 다르기 때문에 각각의 조건에 적합하게 제어해야한다.

야마모토수압공업소의 후쿠무라 고문(특급유압기능사)은 하이드로포밍가공기의 과제로서 “하이드로포밍가공은 높은 내압이 걸리는 경우가 많기 때문에 기계가 차지하는 면적이 클 수 밖에 없는데 앞으로는 소규모 공업장에서도 가동할 수 있는 콤팩트한 가공기 개발이 요구될 것”으로 내다봤다.

향후의 제품개발 방향으로는 ‘현재 각 공장에서 가동하고 있는 프레스에 필요한 기구를 장착하기만 하면 하이드로포밍 가공이 가능해지는 제품 개발’과 ‘여러가지 기능을 복합해서 갖춘 제품을 개발하여 고부가가치를 만드는 일’을 들 수 있다.

하이드로포밍 가공은 비용절감과 공정 삭감, 경량화 등을 통해 영역을 광대하게 넓힐 수 있는 분야이다. 향후, 자동차산업 뿐만 아니라 다양한 방면에서의 도입이 기대되고 있는 최신 기술분야다.

<참고 문헌>

1. 하이드로 포밍 부품 적용 및 기술 개발 현황(서만석, 김덕환
현대자동차 튜링센터 금형 기술개발팀)
2. <http://www.neutech.co.kr>
3. http://www.poscoauto.co.kr/docs/kor/techshow/tech_hydro.jsp

4. <http://www.komma.org/Document/Magazine/MT200307/page100.htm>
5. <http://plasticity.kimm.re.kr/research08.html>
6. http://www.seahsteel.co.kr/stu/stu_menu2_2.asp
7. M. S. Suh "Applications and Trends of Sheet Materials for Autobody" The 7th Steel Symposium Development of Automotive Materials and Parts for Weight Reduction(2000), P241~247
8. HMC Technical Review, 2001, "A Study on the Product Design of Automotive Structure Component Using Advanced Hydroforming, J.Y. Lee, P540~549
9. Schuler Hydroforming Gmbh(獨) Technical Meeting Report (2002)
10. AP&T(獨) Technical Meeting Report (2002)
11. Weil engineering Gmbh (獨) Technical Meeting Report (2002)
12. Amino Corp.(日) Technical Meeting Report(2001)

문의처 : 이창환 선임연구원

전화 : 3299-6015

이메일: chree@kisti.re.kr

- © 2004 EBN, 무단 전재 및 재배포 금지 -

이 기사 주소 : <http://news.nate.com/view/20041227n28466>