

철근 가스압접의 접합조건에 대한 연구

이철구*, 서성원*, 채병대**, 남복현**

A Study on the Weld Condition of Gas Pressure Welding in Steel Bars

Chul Ku Lee*, Seong Won Seo*, Byoung Dae Chae**, Bok Hyun Nam**

Abstract

Recently, it has increased that the importance of gas pressure weldment of steel bars in large construction bars. But there has hardly been any studies about it. Therefore we need more research. SD40 steel bar (32mm in diameter) which has been practically used at construction sites are tested about tension, bending, fatigue, a macro structure and micro structure at longitudinal section and hardness to find out the mechanical property and best welding ranges in some cases of mechanical cut and gas cut before gas pressure welded.

It is that a gas-pressure welded zone of steel bar where was cleaned of impurities in way of two-upsetted method is more excellent bending and tension property than the regulation of KS D 0244 . Also gas cut bars gained hardness from the heat affected zone so. In conclusion, to improve the weldability of steel bars, it is considered best to clean mechanically cut surfaces and then weld them by a method of 2 step upset way.

Key Words : gas pressure weld(가스압접), mechanical cutting(기계절단), gas cutting(가스절단), steel bar(철근), bulge(벌지), recrystallization temperature(재결정 온도)

1. 서 론

가스압접은 1940년 미국 킨젤⁽²⁾(A.B. Kinzel)에 의해 개발된 것으로 재결정온도(recrystallization temperature)이상의 온도로 가열한 후 가압하여 벌지⁽³⁾(bulge)가 생기게 하

는 용접법이다. 즉, 재료를 가열하여 재결정 온도 이상이 되면 축 방향으로 압력을 가해 압접하는 방법이다.

가스압접은 주로 철근, 레일, 파이프의 접합에 사용되어 왔고, 1955년 이후 일본이외에서는 전혀 쓰이지 않게 되었다. 그 이유는 좋은 재료를 이용해서 올바르게 가스압접

* 서울산업대학교 기계공학과
(이철구: chullee@duck.snut.ac.kr)

** 서울산업대학교 산업대학원 기계공학과

된 이음부는 모재와 거의 같은 성능을 나타내지만, 불량한 가스압접 이음부에서는 전혀 강도가 나오지 않고, 게다가 외관검사 만으로 좋고 나쁨을 모르기 때문이다. 그러나 유일하게 일본에서는 이음부의 품질검사법을 개발, 이음부의 품질향상을 위한 연구를 지속적으로 했기 때문에, 오늘날과 같이 철근, 레일의 접합법으로서 확고한 지위를 확보할 수 있게 되었고 현재는 건설 전반에 걸쳐 철근이음이 가장 신뢰성 있는 공법으로 정착되었다. 반면 국내의 철근가스압접은 1970년대 일본 기술진에 의한 하얏트 호텔 신축을 계기로 적용되기 시작하여 현재 약 30여 년의 역사를 가지고 있다. 최근 토목, 건축 공사의 대형화에 따라 철근 콘크리트용 강봉은 큰 강도, 큰 직경을 요구한다. 과거에는 직경이 25mm이하의 철근이 주로 현장에 사용되어 왔으나, 최근에는 교량, 댐, 방조제, 고층건물, Olympic town, L.N.G. tank등의 대형 토목공사와 지하구조물의 특수공사 및 원자로 기초 공사 등에 직경 35-42mm인 철근이 점차적으로 사용되어지고 있다.

가스압접법은 화염의 사용으로 인한 작업 안전성의 염려, 기후에 따라 이음부 강도가 좌우되고 작업진행 여부가 결정된다는 점등의 문제점을 내포하고 있으나 가스압접 이음은 시공이 단순하고 장비의 운반이 쉬워 각 부위에서 신속하고 정확한 이음을 할 수 있다는 장점이 있고, 그 신뢰성 확보를 위한 검사장비와 자동화된 압접장비 등이 지속적으로 개발되고 있어 건설현장에서 가스압접 이음의 사용은 날로 증대할 것으로 예상된다.

또한 가스압접은 가열온도가 1200℃ 부근이기 때문에 전기용접의 일종인 아크용접과 같은 고온용융에 따르는 복잡한 문제점인 잔류응력, 축방향 비틀림, 산소 등의 가스혼입, 취성파괴등을 회피할 수 있는 이점이 있다. 이렇듯 가스압접은 토목, 건축 및 레일 등 다양한 분야에서 높은 비중을 차지하고 많은 연구가 되었으나, 각 나라마다 기후, 작업조건, 아세틸렌 농도, 재료의 성분비에 있어서 약간의 차이가 있어 일률적인 시공이 어렵고, 가장 중요한

안전상의 문제로 대두될 수 있기 때문에 용접부를 세심히 검사할 필요가 있다. 이에 본 연구는 실제 공사현장에 사용되고 있는 철근을 시험대상으로 하여 기계적 특성을 규명하여 가장 적절한 용접성 여부를 알아보고 정량화하기 위하여 다음과 같은 내용의 연구를 진행하였다. 본 연구에서는 철근의 기계 절단과 가스 절단 후 가스압접 한 압접부의 인장강도, 굽힘, 피로, 조직, 경도실험을 함으로써 철근에 대한 기계적 특성을 규명하고 적절한 용접범위와 시공 조건을 검토하였다.

2. 실험장치 및 방법

2.1 실험장치

현재 국내에서는 자동압접장치의 생산이 없는 실정으로 대부분 일본 제품을 사용하고 있으며, 오토웰바(Auto wel-bar)라는 상품명으로 수입되고 있다. 본 실험에 사용된 압접기 또한 동일하다. Fig. 1은 자동가스압접기의 일반적인 구성도이다. 자동가스압접기는 가열장치, 가압장치로 구

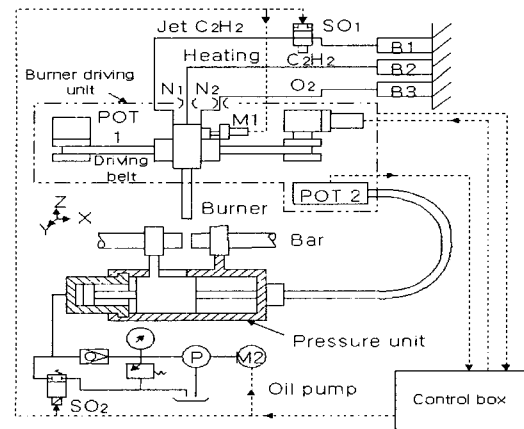


Fig. 1 Diagram of gas pressure welding machine

Table 1 Chemical compositions and mechanical properties of specimen

Material	Chemical compositions(wt%)								mechanical properties		
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Cu	Sn	Yield strength (MPa)	Tensile strength (MPa)	Elongation (%)
SD40	0.28	0.27	1.08	0.014	0.018	0.16	0.26	0.016	402	596	25

성된다. 또한 가열장치와 가압장치의 동작 및 가스공급을 미리 설정한 압접조건에 의해 제어하고 압접작업을 자동적으로 진행시키는 제어장치 등으로 구성되어 가열 및 가압작업을 반복할 수 있는 가스압접장치이다.

2.2 실험방법

2.2.1 시험편 제작

본 실험에 사용된 재료는 철근 콘크리트용 이형 봉강 SD40, 공칭지름 32mm이고, Table 1은 시험편의 화학적 조성비 및 기계적 성질을 나타냈다. 시험편의 형상은 Fig. 2에 나타내었다.

일반적으로 토목공사에서 널리 사용되어지고 있는 2단 업셋트 법, 3단 업셋트 법으로 본 실험을 실시하였다. 압접 방법은 실제 현장에서 행해지고 있는 표준적인 조건으로 제작하였고, 극간은 0, 3, 5mm로 하였다.

Table 2에 철근 단면의 변화에 대하여 나타내었다. 즉 철근 직각 절단기를 사용하여 기계절단 후 접합하는 2개의 철근 단면을 연삭다듬질과(A), 접합면에 빨간 녹을 부착(B) 하였다. 또한 접합하는 2개의 철근단면을 현장에서 사용하는 산소-LPG가스를 이용하여 절단 한 상태(C)로 하여 압접하였다.

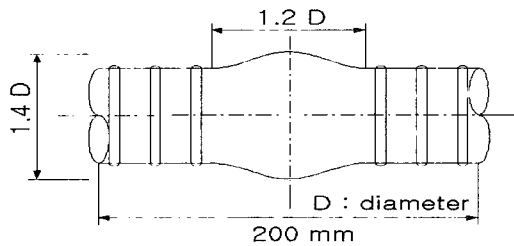


Fig. 2 Test specimen

Table 2 Condition of interface

Symbol	Condition of interface (one side)
A	Grinder finish (Mechanical cutting)
B	Rusty (All over the surface)
C	As gas cutting

2.2.3 인장시험

본 실험은 접하는 두 철근의 접합면에 대해 기계절단

한 것과 기계절단 된 면에 불순물 부착, 그리고 가스절단 후 가스압접 한 압접부에 대한 인장강도와 파단위치, 즉 파단면이 압접면인가 아니면 모재인가를 조사하였다.

인장 시험 방법은 KS D 0244의 규정에 의해 KS B 0802에 따라 시험하였다.

2.2.4 굽힘시험

압접시 가해지는 열로 인해 압접부는 취성화 됨으로 굽힘에 대해서 매우 취약한 상태를 나타내게 된다. 따라서, 압접 전 접합하는 두 철근의 단면에 대한 조건을 달리 하여 압접부에 대한 또는 모재부에 대한 균열이나 파단이 발생하는 것을 조사하여, 완전한 이음부를 이루는 조건과 가스압접 이음의 연성과 굽힘성능에 미치는 영향을 파악하였다.

2.2.5 피로시험

피로시험은 피로 시험기(Satec w-4100)에 의해 실시하였다. 시험편은 길이는 350mm(압접재에서는 압접부를 중앙으로 하였다.)로 하고 척에서의 파단을 막기 위해 척부와 시험편과의 사이에 동판을 끼웠다.

2.2.6 조직검사

금속조직 시험편은 압접부 중앙을 고속절단기로 자른 후, 조직시험편의 금속면을 질산으로 부식시킨 후 광학현미경으로 조직상태를 살펴보고, 압접 실험체의 중심부를 촬영하였다.

2.2.7 경도시험

본 실험은 열영향부(Heat affected zone)의 경도 시험법 KS D 0893규정에 의해 열영향부(HAZ)의 경도를 Shimadzu-micro vicker's hardness tester로 측정을 하였다. 표면에서 3mm, 중심부인 16mm의 지점을 관찰하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 인장시험

Fig. 3은 2단 업셋트 법과 3단업셋법에 의한 압접부의 인장강도를 단면 처리 상태별 및 극간별로 정리하여 나타냈다. 횡축은 기계절단(A, B)과 가스절단(C)시 접합단면부의 단면 처리 상태를 종축은 인장강도를 나타냈다. 그림 중의 실선 및 파선은 인장강도의 변동폭을 나타내고 있다. Fig. 3에서 보듯이 가장 안정한 인장강도 특성 즉, KS

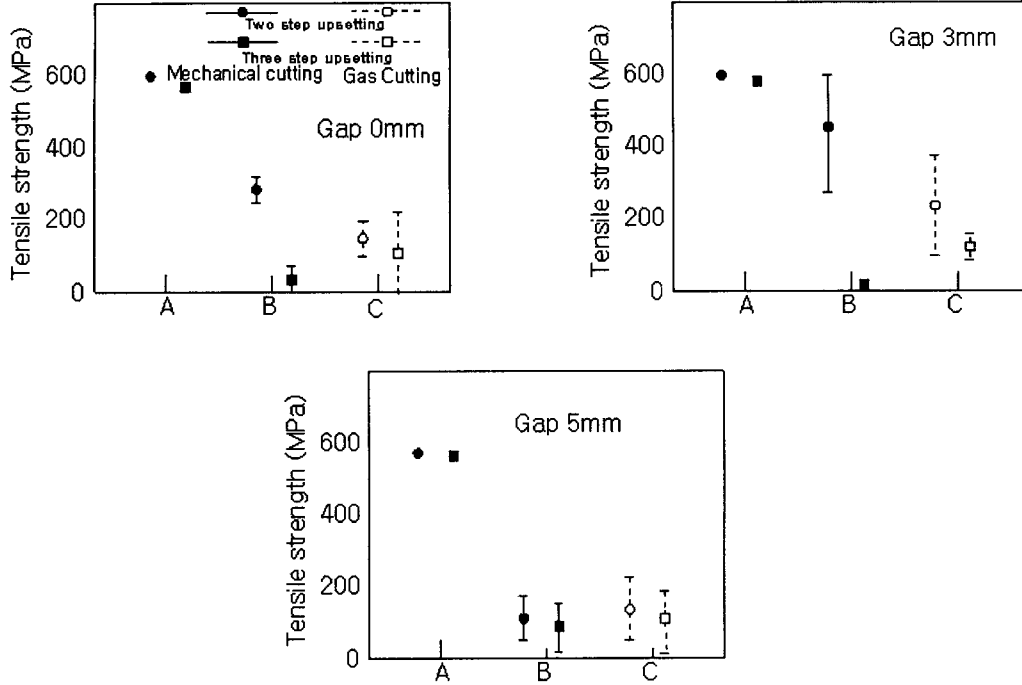


Fig. 3 Tensile test results of gas pressure welds

Table 3 Bending test results of gas pressure welds.

Two step upsetting process(%)									Three step upsetting process(%)								
Gap 0mm			Gap 3mm			Gap 5mm			Gap 0mm			Gap 3mm			Gap 5mm		
A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
100	67	0	100	0	0	100	0	0	100	0	0	63	0	0	0	0	0

D 3504에 규정한 인장강도의 90% 이상인 압접부를 얻을 수 있는 것은 철근의 기계절단 후 접합하고자 하는 단면부에 대하여 연삭다듬질을 한 것 즉, 가스절단으로 인한 접합하고자 하는 단면부의 열영향을 받지 않는 것이 안정한 인장강도의 특성을 갖는 것으로 사료된다.

또한 Fig. 3에서 기계절단 후 접합하고자하는 철근 단면부에 대한 연삭다듬질을 한 경우의 시험편에서 모두 모재의 파단인것에 비해, 기계절단을 한 시험편이라도 접합면에 불순물이 있을 시에는 접합면에서 파단을 보임을 알 수 있었다.

본 실험의 결과 양호한 인장강도 특성을 얻기위해서는

철근의 기계절단 후 접합하고자 하는 철근 단면의 상태를 연삭다듬질을 하고, 2단 업셋법으로 극간 0mm에서 가스 압접을 하는 것이 적절한 것으로 판단된다.

3.2 굽힘시험 결과

Table 3은 굽힘시험 결과에 미치는 단면 처리 상태 및 극간의 영향을 압접방법 별로, 굽힘시험 결과를 백분율로 나타내었다. 본 굽힘시험에서는 압접면에서의 파단 혹은 깨짐이 생기지 않고 90°까지 구부린 시험편만을 합격으로 판정하였다. 철근의 기계절단 후 접합하고자 하는 두 철근의 단면을 연삭다듬질을 하지 않고, 녹 부착과 가스

절단을 한 시험편에서는 합격하는 것이 극히 적음을 알 수 있었다. 기계절단 후 접합 단면에 대한 연삭다듬질 한 시험편에 대한 인장시험 결과에서 모재 파단을 보였지만 3단업셋트 법으로 극간 3mm, 5mm에서 기계절단을 한 시험편에 대한 굽힘시험 결과 압접부 파단을 보였다. 이것으로 보아 굽힘시험 결과 압접 방법과 극간에 대하여 차이가 있음을 알 수 있다. 즉 3단 업셋트 법에서는 연삭다듬질이라고 해도 극간 5mm의 경우와 극간 3mm의 경우에도 압접부 파단을 보인것은 3단 업셋트 법은 2단 업셋트법에 비해 불충분한 압접부를 형성시키기가 쉬운 것으로 보인다. 이상의 굽힘시험의 결과에서 양호한 굽힘 특성을 얻기 위해서는 철근을 기계절단 후 접합 하고자 하는 두 철근 단면의 연삭다듬질을 하고 극간 0mm에서 2단 업셋트 법으로 가스압접을 하는 것이 적절한 것으로 판단된다.

3.3 피로시험

Fig. 4에 AT는 철근의 가스절단을 한 압접부, AW는 철근의 기계절단을 한 압접부, B는 모재이다. 반복횟수는 10⁷ 회까지의 피로 시험 결과를 나타냈다. 또한 Fig. 5에서의 응력은 시험 하중과 철근의 모재 단면적에 의한 것이고, 최소 2승법에 의해 나타냈다. Fig. 5에서 2×10⁶ 회에 있어 피로 강도를 구하면 철근의 가스절단에 의한 압접부는 164.6 MPa, 철근의 기계절단을 한 압접부는 174.5MPa, 모재는 197.9MPa이 된다. Fig. 4에서 철근의 기계절단과 가스절단에 의한 강도의 차이가 적음을 알 수 있다

3.4 조직검사

Fig. 5는 가장 적절하다고 판단된 2단 업셋트 법으로 극간0mm에서 각각 기계절단과 가스절단을 한 후 접합 하고자 하는 접합면을 연삭다듬질을 하고 가스압접을 한 시험편에 대한 압접부의 미세조직(Micro structure)을 나타냈다.

Fig. 5에서 No.1, No.2는 압접부와 열영향부의 조직이다. Fig. 5(a)와 (b)에서 보듯이 압접부보다 열영향부로 갈수록, 또한 기계절단보다 가스절단후 압접된 조직이 보다 작은 결정립과 침상조직으로 구성되어 있음을 알 수 있다.

조직검사 결과 철근의 압접 전 가스 절단의 열로 인한 철근의 조직의 변화 즉, 압접부 표면 조직이 기계절단된 철근보다 결정입의 미세화와 침상조직의 생성이 압접부의 성능에 영향을 줄 것으로 판단된다.

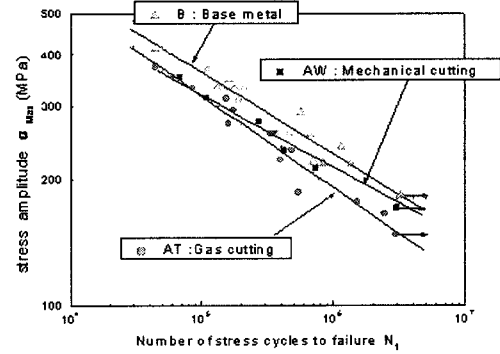


Fig. 4 Fatigue test results of gas pressure weld.

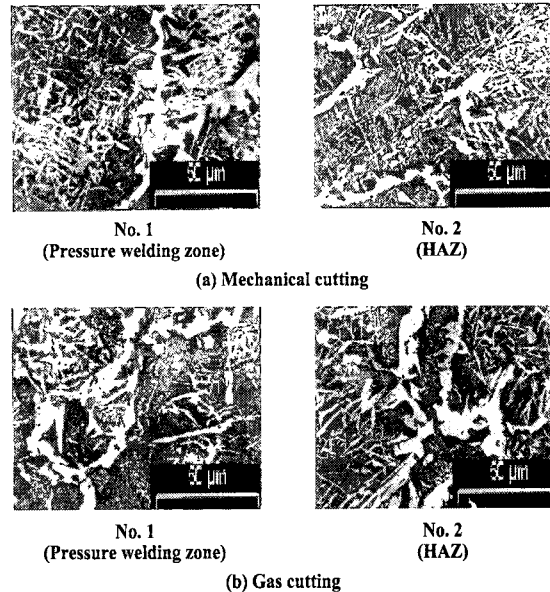


Fig. 5 micro structure at longitudinal section

3.5 경도시험

Fig. 6은 각각 철근의 기계절단 한 것과 가스절단 한 시험편에 대해 가스압접 후 축방향으로의 경도분포를 나타내었다.

가스절단을 한 시험편은 기계절단을 한 시험편보다 압접부에서 약 30-40Hv정도의 차이가 있음을 알 수 있다. 특히 가스절단한 시험편은 축방향 45-50mm떨어진 위치에서 경도가 저하되는데 이 원인은 A1변태점상에서 가열되어 조직이 미세화된 결과로 보인다.

본 실험에서는 가스절단 시 압접전에 이미 열영향부(HAZ)가 생겨 압접면에 대한 조직의 변화로 인하여 경화되고 이로 인해 철근의 용접성에 영향을 미치는 것으로 사료되어진다.

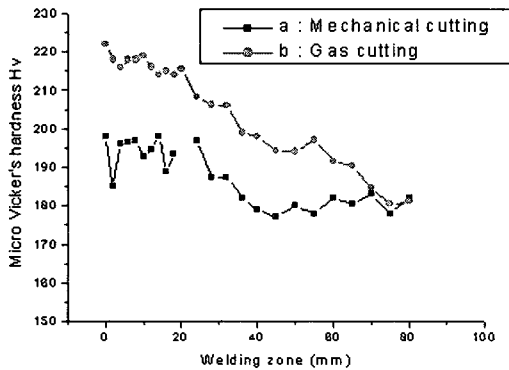


Fig. 6 Distribution of hardness on gas pressure welding zone

4. 결론

본 연구는 가스압접 전 철근의 기계절단과 가스절단이 철근의 용접성에 어떤 영향을 미치는지를 알아보기 위해 단면 처리 상태, 접합부의 극간을 변화시켜 압접부의 인장강도, 굽힘, 피로, 조직, 경도시험을 하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 인장 및 굽힘시험에서 압접방법과 극간, 그리고 기계절단 한 것과 가스절단한 것에 대해 차이가 있음을 알았다. 두 철근의 단면을 연삭다듬질하고, 극간 0mm, 2단 엇셋법으로 가스압접을 하는 것이 적절하다고 판단된다.
- (2) 가스절단을 한 부분에서 높은 경도값과 낮은 피로 강도값을 가지는 것은 철근의 용접성에 영향을 미치는 열영향으로 사료된다. 따라서 시공 시 기계절단 후 가스압접을 하는 것이 바람직하다.

후 기

본 연구는 서울산업대학교 교내 학술연구비에 의해 연구되었음.

참 고 문 헌

- (1) 이리형, 양지수, 윤영호, 박성식, "국내 철근 가스압접기술의 현황과 전망", 콘크리트학회지 제 9권, 6호, pp. 38-46, 1997
- (2) 이봉원, "Gas압접의 Bulge Dia. 변화가 용접성에 미치는 영향에 관한 연구", 한양대학교 대학원 석사논문, pp. 1~5, 1984
- (3) R.Yamamoto, M.Tatsumi, K.Veyama, and H.Oishibash, H.Dautzenberg, J.H Zatt, J.H, "quantitative determination of deformation by sliding wear", Wear, vol.23, pp. 9~19, 1973
- (4) H.Oishibash, K.Ueyama, "熱間せん断法による品質評價メカニズムに関する検討", 日本銲接學會論文集 第14卷 第2 , 1996, pp. 422~428
- (5) 권영대, "레일가스 압접부의 균열성장에 관한 연구", 한양대학교 산업대학원 석사논문, 1984, pp. 1~17
- (6) 철도기술연구원, "레일 용접부의 특성에 관한 연구", 철도청, 12월호, 1987, pp. 1~44
- (7) 이철구, "초음파 용접을 이용한 폴리에틸렌 수지의 접합", 한국공작기계기술학회지, 제6권, 제3호, pp. 73~81, 1977
- (8) 이철구, "초음파 용접을 이용한 전선의 접합", 한국공작기계기술학회지, 제9권, 제4호, pp. 41~47, 2000