

석유시추용 인코넬 625강의 FCAW용접에 의한 저온 충격강도에 관한 연구

박경동* · 안도경** · 정재욱**

*부경대학교 기계공학부

**부경대학교 대학원 기계공학부

**부경대학교 대학원 기계공학부

A Study on Low Temperature Impact Strength of Inconel 625 for Petroleum Application by FCAW Weld

KEYUNG-DONG PARK*, DO-KEYUNG AN** AND JAE-WOOK JUNG**

*School of Mechanical Engineering, Pukyong National University, Pusan 608-739, Korea

**Graduate School of Mechanical Engineering, Pukyong National University, Pusan 608-739, Korea

**Graduate School of Mechanical Engineering, Pukyong National University, Pusan 608-739, Korea

KEY WORDS: FCAW 플럭스코어 아크용접, Weld Shield Gases 용접보호가스, Weld Characteristics 용접특성, Impact test 충격시험, Extremely Low Temperature 극저온

ABSTRACT: Above all Ni-alloys Inconel 625 is used widely in plate of welding structural materials such as turbine case, a combustor of liner. In general, weldability of Inconel 625 is not well because of poorly liquids of weld metal also it have a broken probability of the welding crack. In case of FCAW weld process, it is not easy to develop of welding materials, because it is possible only fillet welding at view position of look down except for butt welding. But recently, though it is more used by FCAW process, owing to welding materials worked at the vertical position. the study for FCAW weld of Inconel 625 is actively not yet worked.

In this study, the weldability and weld characteristics(mechanical characteristics, corrosive property) of Inconel 625 are considered in FCAW weld associated with the several shielding gases((80%Ar + 20% CO₂, 50%Ar + 50% CO₂, 100% CO₂) in viewpoint of welding productivity. The results of impact test are follows; It was evaluated 70J at shielding gas of 100% CO₂, and obtained about 35J at the other shielding gases. If it was used for parts be required the impact value at the extremely low temperature, it is expected to have the advantage of using the 100% CO₂ shield gas than the others.

1. 서 론

Ni 합금중에서 대표적인 Inconel 625강은 터빈 케이싱, 연소실 라이너 등과 같은 박판의 용접구조용재료로 널리 사용되고 있다. 그리고 섭씨 980℃에서도 질기고 강한 성질이 있으며, 특히 산화, 부식에 잘 견디고, 인산용액에 강하다. 때문에 화학 및 오염 방지 시설용 배관, 밸브 해상장비에 사용된다.

Inconel 625강은 용접성이 탁월한데, 적용되는 용접기법은 주로 GTAW 용접법이 사용되고, SMAW, GMAW, SAW, FCAW 등의 용접법이 일부 사용되고 있다.

FCAW 용접기법의 경우, 용접재료의 개발이 쉽지 않아서, Butt 용접은 불가능하고, 아래보기 Fillet 용접만 가능할 정도로 용접재료의 개발이 늦었다. 그러나, 최근에 와서 Vertical-up

용접자세까지 가능한 용접재료가 개발되어 점차 사용빈도가 높아지고는 있지만, 아직도 Inconel 625강의 FCAW용접에 관한 활발한 연구는 진행되지 못하고 있는 실정이다. 그리고 용접 이후 Bead 와 Bead 사이 혹은 Pass 와 Pass 사이의 전 후 처리 작업(Grinding, Cleaning, Brushing 등)은 산업생산 현장에서 최근의 친환경 작업 개념에서도 필히 피하지 않으면 안되는 공정인데, Inconel 625강은 용접자세에 있어서의 제한성 및 용접생산성의 문제점으로 인하여 용접사에게는 작업기피 대상이 될 뿐만 아니라 높은 자재의 단가로 인해 용접 결함 등의 발생시에 수정이 불가하고 대체하여야 할 경우에는 경제적인 부담도 대단히 높은 재질이다.

따라서 본 연구에서는 최근에 많이 개발되고 있는 Inconel FCW(Flux Cored Wire) 용접재료를 사용하여 용접의 작업성을 높이고 용접부의 품질을 향상 시킬 수 있는 용접기법을 개발하여 생산현장의 용접생산성을 향상시키고자 용접중에 사용하는 보호가스(Shielding Gas)의 종류를 변화시켜가면서 저온충

제1저자 박경동 연락처: 부산광역시 남구 용당동 산100번지

051-620-1592 parkkd@pknu.ac.kr

격시험을 통해 최적의 보호가스 종류를 찾고자 하였으며 아울러 현상성이 있는 최적의 용접조건을 구하고자 한다.

2. 실험장치 및 방법

2.1 모재 및 용접재

본 연구에 사용된 모재는 Inconel 625 파이프로 두께는 19mm 이고, 직경은 14"파이프를 사용하였다. Fig. 1에는 시편의 취부상태와 충격시험편들을 나타내었고, Table 1과 2에 모재의 화학조성과 기계적성질을 나타내었다.



Fig. 1 Base metal & Impact specimens

Table 1 Chemical composition of base metal

Element(wt.%)													
C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Ti	Fe	Nb	Mo	Al	Co	Ta
0.03	0.15	0.12	0.009	0.002	22.3	60.4	0.21	3.9	3.4	9.1	0.14	0.2	0.05

Table 2 Mechanical properties of base metal

Yield Strength (MPa)	Tensile Strength (MPa)	Elongation (%)	Hardness (HV10)
556	948	50.1	241~267

Table 3 Chemical composition of FCAW filler metal

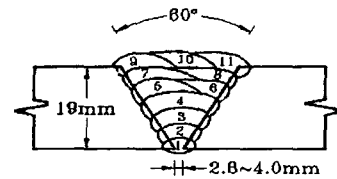
Element(wt.%)													
C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Ti	Fe	Nb	Mo	Al	Cu	Rem
0.062	0.38	0.15	0.005	0.002	21.5	61.8	0.17	3.21	3.58	8.82	0.28	0.03	0.05

그리고, 본 연구에 사용된 용접재료는 파이프이기 때문에 GTAW와 FCAW를 사용하였는데, 초층과 둘째층에는 GTAW로 6G 자세로 용접을 하고 나머지층은 FCAW로 파이프를 회

전시키면서 1G 자세로 용접을 하였다. Table 3에 FCAW 용접재료의 화학조성을 나타내었고, Table 4에 용접조건을 나타내었다.

Table 4 Welding Parameters and Sequence

Pass No.	Welding Process	Welding Parameters			Heat Input (kJ/cm)	Interpass Temp. (°C)
		Ampere (A)	Volt (V)	Speed (CPM)		
1	GTAW	100	11	65.2	12.7	19
2	GTAW	160	13	10.9	17.0	51
3	FCAW	190	27	22.7	13.6	33
4	FCAW	200	28	21.4	15.7	78
5	FCAW	190	27	21.1	14.6	94
6	FCAW	190	27	20.8	14.8	58
7	FCAW	190	27	25.4	12.1	117
8	FCAW	190	27	24.8	12.4	136
9	FCAW	180	26	22.2	12.6	58
10	FCAW	180	26	23.0	12.2	79
11	FCAW	180	26	22.6	12.4	103



2.2 시험장치 및 방법

저온충격 시험을 위해 시험편을 냉각제(액화질소, -196°C)에 침지시켰다가 재빨리 꺼내어 Fig 2의 샤르피 시험기에 장치하여 시험하였고, 샤르피 시험에서는 냉각제에서 시험편을 꺼내 평균 5초 이내에 시험을 완료할 수 있으므로 시험동안 온도상승은 크게 문제삼지 않았다.

경도시험은 Fig. 2의 비커스경도계를 사용하였고, 압흔간격은 0.5mm로 모재, 열영향부, 용접부 순으로 찍었다.

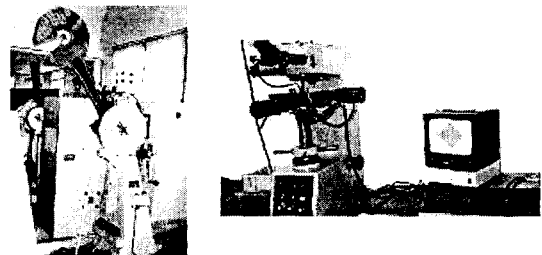


Fig. 2 Charpy tester & Micro vickers hardness tester

3. 시험결과 및 고찰

3.1 보호가스 종류에 따른 경도시험

Table 5와 Fig 3을 보면, 용접부의 경우

100%CO₂ > 50%Ar + 50%CO₂ > 80%Ar + 20%CO₂의 경향을 나타내었다.

Table 5 Results of hardness test

KIND	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
80Ar + 20CO ₂	320	306	321	322	299	303	296	306	302	302
100%CO ₂	362	361	359	361	370	372	368	364	361	361
50Ar + 50CO ₂	319	314	310	322	317	314	318	317	319	324
KIND	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
80Ar + 20CO ₂	302	302	309	309	310	312	306	305	311	309
100%CO ₂	361	354	351	375	358	356	353	360	360	362
50Ar + 50CO ₂	323	319	317	280	295	311	314	316	310	301
KIND	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
80Ar + 20CO ₂	301	318	307	300	269	270	262	261	269	286
100%CO ₂	343	341	340	329	342	342	332	333	342	337
50Ar + 50CO ₂	287	302	296	314	298	295	295	304	306	304
KIND	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
80Ar + 20CO ₂	271	278	270	279	276	284	281	278	285	274
100%CO ₂	344	342	338	347	340	340	327	327	327	353
50Ar + 50CO ₂	304	315	320	311	312	292	305	307	301	309

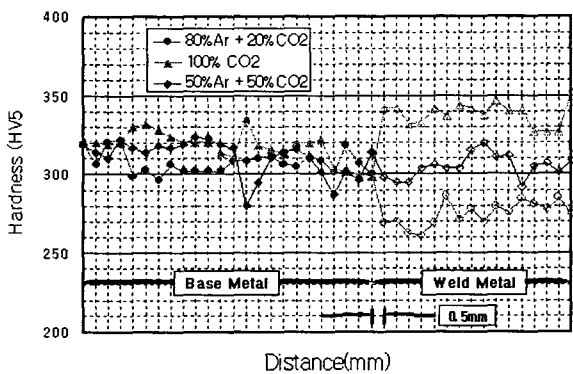


Fig. 3 Result of hardness test

3.2 저온충격시험

Inconel 625강을 극저온에서 사용하기 위한 최적의 용접조건을 알아내기 위해 -196℃로 냉각된 시험편을 충격시험하였다. 80%Ar+20%CO₂보호가스에서 약 70J 정도의 가장 양호한 결과를 나타내었고 나머지 보호가스는 약 35J 정도로 비슷한 결과를 볼 수 있다.

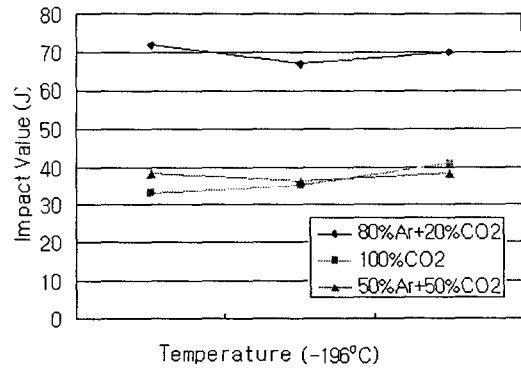


Fig. 4 Result of Charpy Impact Value

3.3 조직변화 관찰

Fig. 5는 용접후에 각 보호가스별로 마크로시편을 가공하여 폴리싱 한 후 에칭(염산)하여 용접금속(Weld Metal) 및 열영향부(Heat Affected Zone)의 미세조직을 관찰한 것이다.

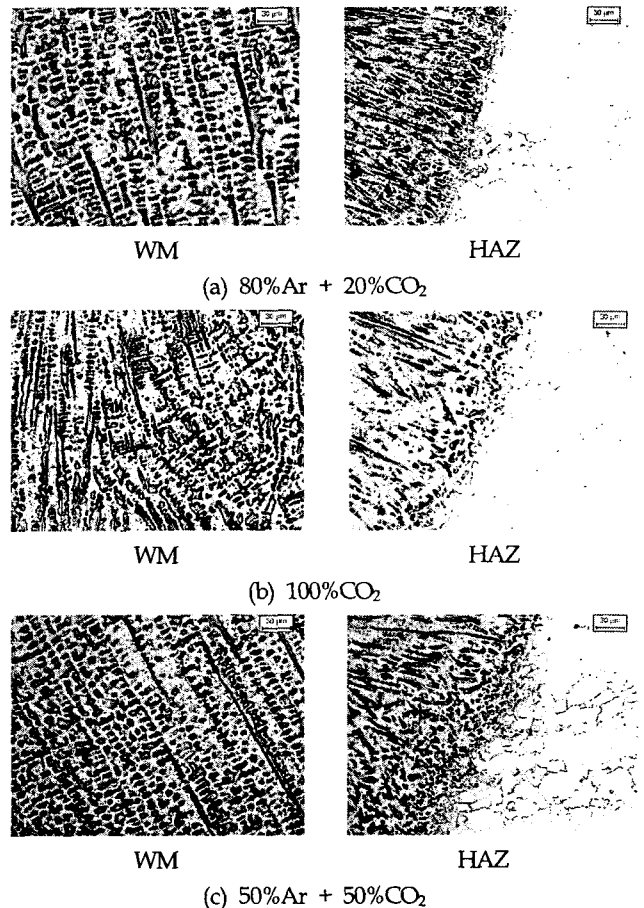


Fig. 5 Minuteness structure on shielding gases

4. 결론

Inconel 625강에 대한 경도 및 저온충격시험을 실시한 결과

다음과 같은 결과를 얻었다.

(1) Table 5와 Fig 3을 보면, 용접부의 경우 경도가 100%CO₂ > 50%Ar + 50CO₂ > 80%Ar + 20%CO₂ 의 순으로 나타났다. 이를 통해 보호가스의 CO₂ 양이 Inconel 625강의 경도값은 345(HV)를 초과하지 못하도록 되어있는데, 80%Ar+20%CO₂ 보호가스와 50%Ar+50%CO₂ 는 이 규정(NACE MR0175 code)을 만족하지만 100%CO₂ 는 규정을 만족하지 못하고 있다. 따라서 이 규정에 따른다면 100%CO₂ 보호가스는 사용하기 어렵다고 판단된다.

(2) Fig 4를 통해 알 수 있듯이 80%Ar+20%CO₂ 보호가스가 가장 낮은 충격강도를 얻을수 있었다. 따라서 Inconel 625강을 극저온에서 사용하려면 취성을 고려하여 80%Ar+20%CO₂ 보호가스를 사용하는 것이 유리할 것으로 판단된다.

(3) 용접후에 각 보호가스별로 마크로시편을 가공하여 폴리싱한 후 에칭(염산3 : 질산1 : 초산0.5) 하여 용접금속 및 열영향부의 미세조직을 관찰한 결과, 보호가스 종류에 따른 미세조직의 차이는 거의 없는 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

대한용접학회 (2001). "용접 · 집합 용어사전", pp 235.

Cieslak, M. J. (1991). "The Welding and Solidification Metallurgy of Alloy 625", *Welding Journal*, 70(2), pp 49-56.

Zhao, Q. H., Gao, Y., Devletian, J. H., Mccarthy, J. M., and Wood, W. E. (1992). "Microstructural Analysis of Ni Alloy 625 Cladding Over Carbon Steel", *Proc. of 3rd Int. Conf. International Trends in Welding Science and Technology*, S. A. David and J. M. Vitek, eds., ASM, Materials Park, Ohio, pp. 339-343.

Dupont, J. N. (1996). "Solidification of an Alloy 625 Weld Overlay", *Metallurgical and Material Transactions A*, Vol. 27A, pp. 3612-3620.

Dupont, J. N. (1997). "Solidification and Welding Metallurgy of Experimental Ni Base and Fe Base Alloys Containing Nb, Si and C", Ph.D. Thesis, Lehigh University.

Cieslak, M. J., Headley, T. J., and Frank, R. B. (1989). "The Welding Metallurgy of Custom Age 625 PLUS Alloy", *Welding Journal*, 68(12), pp 473-482.

2004년 5월 3일 원고 접수

2003년 7월 20일 최종 수정본 채택