

단조가공 스테인리스강의 Auto. TIG 용접작업 특성

The characteristics of Auto. TIG welding for Forged Stainless Steel

최우현, 김종삼
(주)한진중공업, 기술지원팀

1. 서 론

Austenite계 stainless강의 경우 내식성 및 저온에서의 기계적 설질이 매우 양호하므로 박판의 소재로서 내부식 특성이 요구되는 저온화물 저장시설이나 액화천연가스운반선(LNG선) 등의 화물저장 tank의 사용재로 널리 적용되고 있다.

이들 초저온 tank의 작업에 있어서는 각종 사용 목적상 각각의 특별한 형상이 요구되고 있으며 제품의 제작은 열간 단조작업이 많이 이용되고 있다. 제작 공정도 rule에서 특별히 정한 절차에 의해 제작되어지는 경우가 많다. 일반적으로 austenite계 stainless의 제품의 경우는 열처리에 의한 정도의 향상이 불가능하므로 냉간가공 등의 방법으로 적정 경도를 유지하도록 제작하고, 단조(forged) 가공재의 경우는 열처리후에 사용되고 있다.

본 연구는 초저온 액화가스운반선 건조에 있어서 화물창 작업에 사용되고있는 STS. 304L 단조가공 제품인 collar stud에 대해서 Auto. TIG 용접작업 진행중에 나타난 용접작업성의 저하 및 나사산의 손상(몽그리짐) 원인을 조사하고 제품의 제작공정과 용접작업 특성을 검토하여 개선방안을 제시하였다.

2. 작업특성

2.1 재료 및 작업 특성

Austenite계 stainless강은 저온에서의 기계적 특성이 양호하여 저온 tank의 제작 소재로서 많이 이용되고 있으며, 열간단조 가공재로 사용되는 강재의 경우 불순물의 편석으로 인한 결함을 예방하기 위하여 구성성분 요소중 유황(sulphur)의 함유량을 특별히 제한하고 있다. 본 제품(collar stud)의 제작은 20φ의 STS.304L cold drawn bar를 소재로 하여 열간단조 작업으로 필요한 형상을 만들고 용체화열처리 후에 기계가공작업으로 공정을 마무리하여 박판의 36% Ni강에 제품의 collar 부분이 lap 용접으로 설치된다.

구 분	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr
기준값	max.	max.	max.	max.	max.	10.00-17.00-	17.00-
(GTT)	0.030	1.00	2.00	0.045	0.008	12.00	19.00
사용재	0.029	0.425	0.976	0.022	0.001	10.14	17.96

Table1. collar stud 사용 소재의 화학조성(STS. 304L)

구 분	제작공정	Size	Tensile	Ra	Hardness
STS. 304L	cold drawn bar	20 φ	68 kg/mm ²	73 %	92 (HR-B)

Table2. collar stud 사용소재의 기계적특성

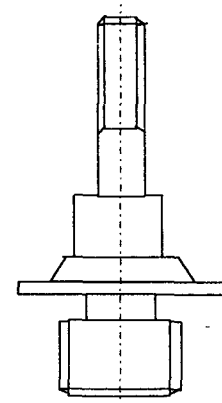


Fig1. collar stud 형상

2.2 용접 작업

화물창을 구성하는 36% Ni강 박판에 lap 용접으로 설치되며, 수동 및 자동 TIG용접이 적용되고 있다. 자동용접을 적용 할 때는 제품 head부의 나사를 이용하여 welding head를 설치/고

정하여 용접을 진행하게 된다. 이러한 자동용접 작업과정중 제품의 작업성이 기존것 보다 상당히 저하되는(용입 및 각목부족) 경향과 welding head를 고정하는 나사산의 일부가 손상(뭉그러짐)되는 현상이 발생되었다.

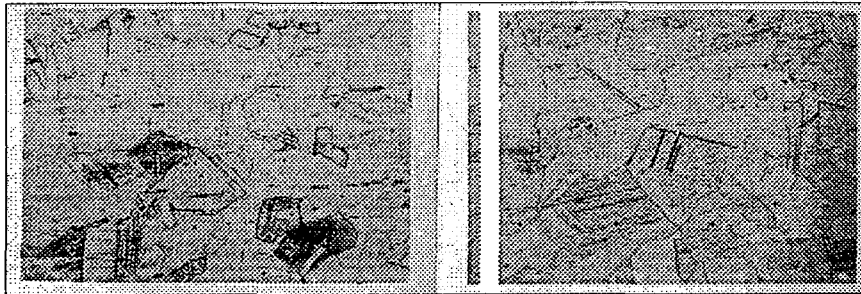
3. 현상파악

3.1 Forging/용체화 열처리 가공 절차

Forging 가공시의 가열온도는 약 1200℃ 정도이었으며 1회의 열간 단조작업으로 제품의 형상을 만들어 rule에서 요구하는 조직배열(fiber)을 유지하였다. 용체화 열처리는 JIS규정에 따라 수행하였고, 가열온도는 1040℃ 였으며 냉각은 gas fan cooling 방법이 적용된 것으로 확인되었다.

3.2 STS.304의 단조가공재의 조직분석

신/구 사용재간의 결정립의 크기가 경도변화에 따라 각기 다른 양상을 나타내고 있으며, 경도가 낮아질수록 결정립의 크기가 커지고 전체적으로는 구재료의 결정립의 크기가 상대적으로 작은 것으로 확인되었다.



(“구” 재료)

(“신” 재료)

Fig2. 신/구 사용재의 금속조직 (x200)

3.3 STS.304의 열처리 특성

Austenite계 stainless강재의 경우 냉간가공 작업으로 적정강도를 유지하게 되나 작업성에 영향을 미치는 이러한 현상들은 제품의 제작과정중 수반된 입열에 의한 경도저하(연화현상)가 발생된 것으로 추정되어 열처리방식에 의한 제품의 경도값 변화양상을 기사용제품과 신규 사용재를 상호 비교하여 조사하였다.

열처리 조건은 가공 완제품을 stainless강의 용체화열처리 온도인 1100℃ 에서 1시간 유지 후 냉각과정을 다르게하여 상호경도값을 비교하였다.

(단위:HR-B)

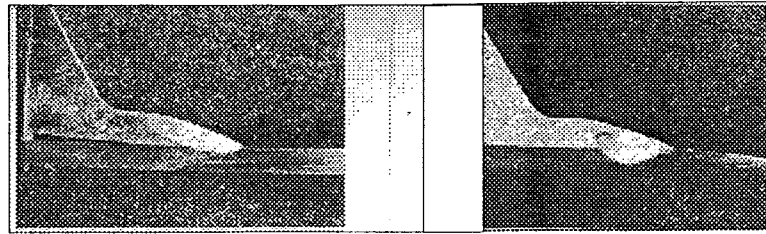
구 분	가공완제품	노 냉	공 냉	수 냉
구사용재	72.8	65.5	62.2	75.3
신사용재	64.7	62.3	59.7	70.7

Table3. collar stud 신/구 사용재의 열처리후 경도변화 특성

3.4 용접 품질확보를 위한 용접조건의 개선

수동 TIG 용접에서는 신/구 재료에 대한 용접성이 별다른 차이가 없는 것으로 나타났으나, Auto. TIG 용접 적용시에는 전반적으로 구사용재가 양호한 용접성이 나타나고 있다. 구사용재와 동일한 조건을 신사용재에 그대로 적용한 경우는 적정한 각목과 용입이 얻어지지 않았다. 하지만 신사용재의 경우는 전류상승, 용접속도의 감소, pulse 주기의 감소, 전극봉 간극조정 등

의 조건중에서 한두가지 항목만의 변경 적용으로도 rule에서 요구하는 적정 수준의 품질을 확보할 수 있었다.



(“신” 재료)

(“구” 재료)

Fig3. 신/구 사용재의 용접단면(x12)

4. 결과 고찰

4.1 Auto. TIG 용접적응성 개선

일반적으로 단조작업으로 가공된 austenite계 stainless steel의 경우 TIG 용접 적응성이 양호한 것으로 평가되고 있다. 상기 제품(collar stud)의 경우는 열간단조 가공시 collar의 edge 부분에 특정 성분의 편석으로 인해서 조직의 불균일 현상이 일어나 용접성에 영향을 미칠수 있는 여지는 있으나, 재료의 화학적 구성성분 및 온도변화에 따른 재질의 변화가(상변태) 일어나지않는 특성 등을 고려한다면 실질적인 영향은 크지 않은 것으로 판단된다. 또한 결정립이 조대화되었다 하여 용접성이 저하될 가능성도 없는 것으로 추정된다. 따라서 현소재에 적절한 용접조건을 확보할 필요가 있다.

용접조건 변경은 사용전류, pulse조건, 용접속도, 전극봉 간극조절 등 여러 가지가 있을 수 있으나, 실질적 용입 및 각목의 확보에 유리하며 현장작업에 보다 용이하게 적용될 수 있는 방법으로서 전류값의 상승과 전극의 간극조정 부분만을 고려하더라도 기 WPS 조건 범위내에서 적정 품질의 유지가 가능한 것으로 판단된다.

4.2 Forged STS.강재의 열처리 경화

Austenite계 stainless steel의 단조 가공품의 경우 가공응력의 제거, 탄화물의 재고용처리 및 기계가공성의 향상을 위해서 고용화 열처리가(950~1150℃) 이루어진다. 또한 열처리에 의한 경화는 불가능한 것으로 알려져 있다. 하지만 사용목적상 적정경도가 요구 될 경우에 주어진 조건하에서 최상의 경도를 유지하기 위해서는 가공경의 관리에 유의해야 할 것이다.

신제품의 경우는 조직의 구조상 결정립이 상대적으로 크게 성장된 것으로 확인되고 있다. 이는 열간 단조시의 가열온도가 적정온도(1040~1150℃)보다 높은 온도범위(1200℃)에서 작업이 수행 될 때 결정립의 성장이 있었던 것으로 추정된다. 또한 열처리시 공냉이 적용 되었으므로 최종 제품의 경도값 저하에 어느정도 영향을 미친것으로 판단된다.

Austenite계 stainless강의 경화를 위해서는 냉간가공작업이 가장 유효할 것이다. 하지만 냉간가공경화가 여의치 않고 열간가공작업이 수반되는 경우의 적정 경도를 확보하기 위해서는 결정립의 조대화를 방지할 수 있는 단조공정의 관리가 필요하고, 후열처리시는 필히 급속냉각이 이루어질 수 있도록 고려되어야 한다.

4. 결론

4.1 Auto. TIG 용접적응성

모재 두께가 0.7~1.5mm 정도인 초박판 lap joint의 TIG 용접 적용시 고려해야 할 용접 조건으로서 용접전류, 용접속도, pulse 주기, 전극봉의 간격 등이 전반적으로 적정한 조건으로 설정

되어야 하며 적절한 jig를 사용 해야만 rule에서 요구하는 용접품질을 만족할 수 있게 된다.

특히, 단조작업 과정을 거친 가공재와 접합이 이루어지는 경우에는 용접성이 변화될 수 있다는 점을 고려하여 작업이 수행되어야 한다. 신제품에 대한 적정 용접조건의 확인은 기본조건(WPS)에서 큰 변화가 필요없으며, 용입/각목 불량률의 경우 약간의 전류상승 및 전극의 간격 조절로서도 적절한 용접품질을 유지할 수 있다.

4.2 Forged STS. 강재의 경도 유지 방안

단조 작업된 austenite계 stainless강의 경우는 열처리에 의해 원소재 만큼의 경도를 회복(유지) 할 수 없다. 적정 경도가 요구될시는 냉간가공 공정을 추가하도록 하며, 제품의 가공 특성상 냉간가공이 불가능할 경우에는 각각의 가공 단계마다 결정립의 조대화 및 불균일 조직이 발생되지 않도록 가열온도 관리에 유의하고, 용체화 열처리시에도 급속냉각이 이루어져 동일조건에서의 최고 경도를 유지할 수 있도록 하는 공정관리가 필수적이다.

【참 고 문 헌】

- [1] "Welding Handbook", Ext, Doc. N-1096, GTT, 1994.
- [2] "Welding Handbook", vol-2,3. 8th edition. AWS, 1991.
- [3] "Stainless steel manual", vol-1, 삼미특수강, 1982.
- [4] "스테인리스강 품질특성과 열처리, 용접기술" 교재, KITA, 1997.
- [5] "Collar studs", Ext. Doc N-367F, GTT, 1991.
- [6] "JIS Standard, G4305"