

화학설비 배관 등의 비파괴검사 및 열처리에 관한 기술지침

2012. 7.

한 국 산 업 안 전 보 건 공 단

안전보건기술지침의 개요

- 제정자 : 김 기 영
- 개정자 :
 - 이 만 재
 - 연구원 화학물질센터 한인수
- 제 · 개정경과
 - 1993년 11월 화학안전분야 기준제정위원회 심의
 - 1993년 12월 총괄기준제정위원회 심의
 - 1995년 9월 화학안전분야 기준제정위원회 심의
 - 1996년 4월 총괄기준제정위원회 심의
 - 2001년 5월 화학안전분야 기준제정위원회 심의
 - 2001년 6월 총괄기준제정위원회 심의
 - 2008년 4월 화학안전분야 기준제정위원회 심의
 - 2012년 7월 총괄제정위원회 심의(개정, 법규개정조항 반영)
- 관련규격 및 자료
 - KS B 0888 : 배관 용접부의 비파괴검사 방법
 - ASME B 31.3 : Process piping
- 관련법령 · 고시 등
 - 산업안전보건기준에 관한 규칙 제256조 및 제277조의 규정에 의거 작성됨.
- 기술지침의 적용 및 문의

이 기술지침에 대한 의견 또는 문의는 한국산업안전보건공단 홈페이지 안전보건 기술지침 소관 분야별 문의처 안내를 참고하시기 바랍니다.
- 공표일자 : 2012년 7월 18일
- 제 정 자 : 한국산업안전보건공단 이사장

화학설비 배관 등의 비파괴검사 및 열처리에 관한 기술지침

1. 목 적

이 지침은 산업안전보건법(이하 “법”이라 한다) 산업안전보건기준에 관한 규칙(이하 “안전보건규칙”이라 한다) 제256조(부식방지) 및 제277조(사용 전의 점검 등)의 규정에 의한 화학설비 배관의 내면 및 외면의 손상, 변형, 부식 등으로 인한 재해를 방지하기 위하여 배관 등의 비파괴검사 및 후열처리에 필요한 사항을 정하는데 그 목적이 있다.

2. 적용범위

이 지침의 적용범위는 안전보건규칙 별표7(화학설비 및 그 부속설비의 종류)의 화학설비의 부속 설비중 파이프·밸브·튜브·부속류 등이 용접에 의하여 연결된 배관에 적용한다.

3. 정의

(1) 이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 다음과 같다.

- (가) “위험물질”이라 함은 안전보건규칙 별표1(위험물질의 종류)에서 규정하는 물질을 말한다.
- (나) “비파괴검사”라 함은 배관 등의 용접부 건전성을 확인하기 위하여 실시하는 방사선투과시험, 초음파탐상시험, 자분탐상시험 또는 침투탐상시험 등을 말한다.

- ① 방사선투과시험(Radiographic examination)
목적물에 방사선을 투과시켜 필름에 감광시킨 후 현상하여 관찰함으로써 재료 내부 또는 외부의 불연속 유무를 검사하는 비파괴 시험방법을 말한다.
 - ② 초음파탐상시험(Ultrasonic examination)
초음파의 반사를 탐지하여 내부 또는 표면 불연속부의 존재와 그 위치를 확인하는 비파괴 시험방법을 말한다.
 - ③ 자분탐상시험(Magnetic particle practice examination)
철 및 철 합금강의 표면 또는 그 근처에서 크랙과 유사 불연속부를 탐지하는 방법으로 주로 자성재료에 불연속부를 나타낼 수 있게 만든 자성분말을 뿌려 탐상하는 방법을 말한다.
 - ④ 침투탐상시험(Liquid penetration examination)
침투액을 이용하여 비 다공성 비철금속과 재료표면의 불연속부의 탐지를 위한 비파괴방법을 말한다.
- (다) “용접전 열처리”라 함은 용접시 급열에 의하여 모재에 발생할 수 있는 결함을 방지하기 위하여 용접 전에 모재를 일정온도 이상으로 가열하는 것을 말한다.
- (라) “가열온도”라 함은 용접 전에 모재를 가열하여야 하는 최소 온도를 말한다.
- (마) “권장가열 온도”라 함은 용접전 가열해야 하는 최소 권장온도를 말한다.
- (바) “후열처리”라 함은 배관 등을 맞대기 용접 등에 의하여 연결하고 용접에 의한 잔류응력을 제거하기 위하여 용접부위를 일정시간동안 일정온도로 가열·유지하는 것을 말한다.
- (2) 그 밖의 용어의 정의는 이 지침에 특별한 규정이 있는 경우를 제외하고는 산업안전보건법, 같은 법 시행령, 같은 법 시행규칙 및 안전보건규칙에서 정하는 바에 따른다.

4. 비파괴검사 적용대상

맞대기(Butt)용접 또는 홈(Groove) 용접한 부위는 다음과 같이 방사선투과시험 또는 초음파탐상시험과 같은 비파괴검사를 하여야 한다. 다만, 초음파탐상시험은 방사선 투과시험이 곤란한 경우에 한하여 실시하여야 하며 구조적으로 방사선 투과시험 또는 초음파탐상시험이 불가능한 경우에는 자분탐상시험 또는 침투탐상시험을 실시할 수 있다.

(1) 다음의 경우에는 모든 용접부에 대하여 100 % 비파괴검사를 하여야 한다.

(가) 안전보건규칙 별표1(위험물질의 종류)의 제7호에서 규정하는 독성물질을 취급하는 배관

(나) 같은 지침 제6항에 의하여 용접 후 열처리를 하여야 하는 배관

(다) 영하 30 ℃ 이하 또는 300 ℃ 이상의 위험물질을 취급하는 배관

(2) 제(1)항 이외의 배관 중 위험물질을 취급하는 배관의 두께가 10 mm 이하인 경우에는 10 % 이상, 10 mm를 초과하는 경우에는 20 % 이상의 비파괴검사를 실시하여야 한다.

5. 비파괴검사

5.1 방사선투과시험

방사선투과시험의 방법과 결과의 판정은 다음과 같다.

(1) 강재의 용접부에 대한 방사선투과시험은 KS B 0845(강 용접 이음부의 방사선투과시험 방법)에 따르고 투과사진은 상질이 A급 이상, 계조계의 값이 A급 이상으로 써 다음과 같이 적합하여야 한다.

(가) 루트의 용입불량

엇갈림이 없는 부분의 용입불량은 1개의 길이가 20 mm 이하이고 연속된 용접선 300 mm당의 합계 길이가 25 mm 이하이어야 한다.

(나) 엇갈림에 의한 용입불량

루트의 한쪽의 각이 노출되어 있을때 용입불량 1개의 길이가 40 mm 이하이고, 연속된 용접 길이 300 mm당의 합계 길이가 70 mm 이하이어야 한다.

(다) 내면 결함

결함의 사진농도가 결함과 접하는 모재부의 사진농도를 넘지 않는 경우에는 결함 길이에 관계없이 적합한 것으로 취급한다. 그러나 결함의 사진농도가 결함과 접하는 모재부의 사진농도를 넘는 경우에는 제(마)호의 용락과 같이 판정한다.

(라) 융합불량

모재와 용접 금속 사이의 융합불량은 융합불량 1개의 길이가 20 mm 이하이고, 연속된 용접길이 300 mm당의 융합불량 합계길이가 25 mm 이하이어야 한다. 용접 패스 사이의 융합불량은 융합불량 1개의 길이가 20 mm 이하이고, 연속된 용접길이 300 mm당의 합계길이가 30 mm 이하이어야 한다.

(마) 용 락

용락은 어떤 방향을 측정한 치수도 1개당 길이가 6 mm 또는 관의 살두께중 작은 쪽의 치수보다 작아야하며 연속된 용접길이 300 mm당의 합계길이가 12 mm 이하이어야 한다.

(바) 가늘고 긴 슬래그의 혼입

가늘고 긴 슬래그의 혼입은 슬래그 1개의 길이가 20 mm 이하이고, 폭이 1.5 mm 이하이어야 하며 연속된 용접길이 300 mm당의 합계길이가 30 mm 이하이어야 한다. 평행으로 늘어선 슬래그 혼입 간의 간격이 1 mm 이상이면 각각 독립된 슬래그 혼입으로 간주한다.

(사) 독립된 슬래그 혼입

독립된 슬래그 혼입은 1개의 길이가 6 mm 이하이고, 폭이 3 mm 이하이며, 연속된 용접길이 300 mm당의 길이가 12 mm 이하이어야 한다.

(아) 텅스텐 혼입

텅스텐 혼입은 KS B 0845 부속서 4, 제4종 결함 분류 중 1류, 2류, 3류 중의 하나이어야 한다.

(자) 기포 및 이것과 유사한 원형 결함

기포 및 이와 유사한 원형 결함은 KS B 0845 부속서 4, 제1종 결함 분류 중 1류, 2류, 3류 중의 어느 하나이어야 한다.

(차) 파이프 결함

파이프 결함은 KS B 0845 부속서 4, 제2종 결함 분류 중 1류, 2류, 3류 중의 어느 하나이어야 한다.

(카) 중공비드

중공비드는 1개의 길이가 10 mm 이하이고, 연속된 용접길이 300 mm당의 합계길이가 50 mm 이하이어야 하며 길이가 6 mm를 넘는 것은 인접한 중공비드와 50 mm 이상 떨어져 있어야 한다.

(타) 터 집

터집은 모두 불합격으로 한다.

(파) 결함의 집적

제(가)호 내지 제(카)호까지 언급한 결함이 혼재하는 경우 결함 길이의 합이 배관의 원둘레길이의 8% 이하이어야 하며, 연속된 용접길이 300 mm당의 50 mm 이하이어야 한다. 다만, 제(나)호에 해당하는 결함은 예외로 한다.

(하) 언더컷

내면의 언더컷은 1개의 길이가 50 mm 이하이고, 합계길이가 배관 원둘레 길이의 15 % 이하이어야 한다.

(가) 결함의 사진 농도

① 투과 사진 상의 크기에서 합격하는 결함이라도 사진 농도가 모재부의 사진 농도보다 뚜렷하게 높은 경우에는 불합격으로 한다.

② 내면의 비드의 사진농도가 뚜렷하게 낮은 경우에는 불합격으로 한다.

(2) 알루미늄 및 그 합금 용접부에 대한 방사선투과시험은 KS D 0242(알루미늄용접부의 방사선투과시험 방법 및 투과사진의 등급분류 방법)에 따르며 등급분류 2급 이상이어야 한다.

(3) 스테인리스 강재의 용접부에 대한 방사선 투과시험은 KS D 0237(스테인리스 강 용접부의 방사선 투과시험 방법 및 투과사진의 등급분류 방법)에 따르며 상질 및 농도차가 보통급 이상으로 등급분류 2급 이상이어야 한다.

(4) 티탄의 용접부에 대한 방사선 투과시험은 KS D 0239(티탄 용접부의 방사선 투과시험 방법)에 따르며 결함 분류에 의한 3류 이상이어야 한다.

5.2 초음파탐상 시험

초음파탐상 시험은 KS B 0896(강 용접부의 초음파탐상시험 방법)에 따르며 다음과 같이 적합하여야 한다.

(1) 결함의 평가점수는 <표 1> 및 <표 2>에 따라 산출하며 결함 1개의 점수가 3점 이하로써 연속된 용접길이 300 mm당의 합계점수가 5점 이하이어야 한다.

(2) 동일하다고 간주되는 깊이에서 검출된 결함 사이의 간격이 큰쪽 결함의 지시 길이와 같거나 또는 짧은 경우는 동일 결함 군으로 간주하고 결함 간격을 포함하여 연속된 결함으로 간주한다.

(3) 2방향 이상에서 탐상하여 얻은 결함의 지시길이가 서로 다른 경우에는 큰쪽의 값을 결함의 지시길 이로 한다.

<표 1> 초음파탐상시험에서 결함의 지시길이 구분

단위 : mm

관의 살두께(t)	결함의 지시길이 구분		
	A	B	C
6이상 18이하	6	9	18
18초과	t/3	t/2	t

<표 2> 초음파탐상시험에서의 결함의 평가점수

단위 : mm

결함의 에코높이(t)	결함의 지시 길이의 구분			
	A 이하	A 초과 B 이하	B 초과 C 이하	C 초과
영역Ⅲ	1점	2점	3점	4점
영역Ⅳ	2점	3점	4점	4점

5.3 자분탐상시험

- (1) 끼워넣기(Socket)용접 또는 필렛(Fillet)용접 등은 4항에 규정한 비율에 따라 자분탐상시험 또는 침투탐상시험을 실시하여야 한다. 다만, 침투탐상시험은 자분탐상시험이 곤란한 경우에 한한다.
- (2) 자분탐상시험은 KS D 0213(철강재료의 자분탐상시험 방법 및 결함 자분모양의 등급분류)에 따르며 다음과 같아야 한다.

(가) 터짐에 의한 자분모양이 없어야 한다.

(나) 독립 자분모양 및 연속 자분모양은 1개의 길이가 8 mm 이하이어야 한다.

(다) 분산 자분모양의 평가는 <표 3>에 따르며 연속된 용접길이 300 mm당의 합계점수가 10점 이하이어야 한다. 다만, 원형 자분모양이 있을 때는 <표 4>에 따라 평가한다.

<표 3> 자분탐상 시험에서의 결함 평가

분류	자분모양의 길이		
	1 mm 초과 2 mm 이하	2 mm 초과 4 mm 이하	4 mm 초과 8 mm 이하
선형 자분 모양 및 연속 자분 모양	1점	2점	4점
원형자분 모양	침투 탐상 시험에 따른다.		

5.4 침투탐상시험

침투탐상시험은 KS B 0816(침투탐상시험방법 및 지시 모양의 분류)에 따라 염색침투탐상시험 또는 형광 침투탐상시험으로 하며 다음과 같아야 한다.

- (1) 터짐에 의한 침투지시 모양이 없어야 한다.
- (2) 독립 침투지시모양 및 연속 침투지시 모양은 1개의 길이가 8 mm 이하이어야 한다.
- (3) 분산 침투지시모양의 평가는 <표 4>에 따르며 연속된 용접길이 300 mm 당의 합계점수가 10점 이하이어야 한다.
- (4) 원형 침투지시모양과 선형 자분모양 및 연속 자분모양이 혼재할 때에는 각각 <표 4>에 따라 각각 평가점수를 구하고 합계점수가 연속된 용접길이 300 mm 당 10점 이하이어야 한다.

<표 4> 침투탐상 시험에서의 결함 평가

분류	침투지시 모양의 길이		
	1 mm 초과 2 mm 이하	2 mm 초과 4 mm 이하	4 mm 초과 8 mm 이하
선형 침투 지시 모양 및 연속 침투 지시 모양	1점	2점	4점
원형 침투 지시 모양	-	1점	4점

5.5 비파괴검사 재시험

(1) 용접부의 방사선투과시험 등 비파괴검사에 불합격한 경우에는 다음에 근거하여 보수를 하고 합격하여야 한다.

(가) 전길이 방사선투과시험을 한 것은 불합격 원인이 된 결함부를 완전히 제거하여 재 용접하고 그 부분에 대하여 방사선투과시험을 다시 하여 합격하여야 한다.

(나) 부분 방사선투과시험을 한 것은 합격하지 못한 부분에 인접한 2곳 혹은 합격하지 못한 방사선 사진이 대표하는 용접이음, 이음부분 또는 이음균 중에서 임의로 2곳을 선정하여 다음의 요령으로 방사선투과시험을 해야 한다. 다만, 이 시험을 생략하고 그 용접이음 부분 또는 이음균의 전길이 방사선투과시험을 하여 합격을 하는 경우는 적합한 것으로 간주한다.

① 임의로 선정한 2곳 모두 방사선투과시험을 한 결과 합격했을 때는 그 용접이음, 이음부분 또는 이음균은 최초의 방사선투과시험의 결과가 불합격된 부분을 완전히 제거하여 재 용접하고 그 부분에 대하여 다시 방사선투과시험을 하고 합격하면 방사선투과시험에 합격한 것으로 간주한다.

② 상기의 2곳 중 적어도 1곳이 방사선투과시험을 한 결과 합격하지 않았을 때에는 용접이음, 이음부분 또는 이음균의 전체길이에 대해 합격하지 않은 것으로 간주하고 용접을 다시 해야 한다.

다만, 그 용접이음, 이음부분 또는 이음균의 전체길이에 대해 방사선투과시험을 하고 합격하지 않은 모든 결함부를 완전히 제거하여 재 용접하고 그 부분에 대해 방사선투과시험을 하여 합격하면 방사선투과시험에 합격한 것으로 간주한다.

(2) 방사선투과시험 이외의 비파괴검사(육안검사, 자분탐상시험, 침투탐상시험 및 초음파탐상시험)에서 결함이 검출되어 불합격 되었을 때에는 불합격된 결함부를 완전히 제거·보수하고 비파괴검사를 다시 실시하여 합격해야 한다.

6. 열처리

6.1 용접전 열처리

(1) 모재를 용접 전에 <별표 1> 의 가열온도 이상으로 가열하고 용접하여야 한다.

(2) 작업장의 기온이 0 ℃ 이하에서 <별표 1>의 권장가열 온도란에 수치가 기재되어 있는 모재를 용접하는 경우에는 반드시 권장가열 온도 이상으로 가열한 후 용접하여야 한다.

6.2 용접부의 후열처리

(1) 배관 용접부의 후열처리는 <별표 2>의 기준에 따른다.

(2) 안전보건규칙 <별표 1>의 제7호에서 규정하는 독성물질을 취급하는 배관은 제(1)호의 규정에도 불구하고 관의 두께와 무관하게 후열처리 하여야 한다. 다만, 후열처리 하지 않는 재질은 그러하지 아니하다.

(3) <별표 2>에서 정한 P-3, P-4 및 P-5 모재에 대하여는 후열처리 한 후에 5.3항 또는 5.4항에 따라 비파괴 시험을 하여야 한다.

(4) 후열처리 후 실시한 비파괴 검사 시 부적합한 것으로 판정된 경우에는 불합격 부위를 수정하고 후열처리를 한 후 재시험하여 적합해야 한다.

6.3 열처리시 고려사항

(1) 열처리시 용접전 예열, 용접중 층간온도, 후열처리, 가열 및 냉각 속도, 배관 공칭 두께 등이 충분히 고려되어야만 만족스러운 열처리 효과를 기대할 수 있다.

(2) 배관 공칭 두께 및 용접부 형상 등을 검토하여 가장 적합한 열처리 방법을 적용하여야하며 급격한 가열 및 냉각은 용접부의 균열이나 비틀림을 야기할 수 있으니 주의하여야 한다.

(3) 예열과 층간온도는 온도지시 크레용(Crayon), 비접촉식 적외선 고온계(Infrared noncontact pyrometer), 접촉식 고온계 등의 공인된 기구로 측정되어야 하며 오오스테나이트 스테인리스강에 사용되는 온도 지시 크레용이나 팻렛(Pallets)은 부식을 초래하거나 기타 유해한 영향을 주지 말아야 한다.

(4) 열처리 과정동안 시간, 온도 선로 및 도표가 작성되어야 하며 보고서에는 가열율, 유지온도 및 시간, 냉각율과 열처리되는 부분이 확실하게 기술되어야 한다.

6.4 열처리 방법

탄소강, 저합금강, 고합금강 재료의 열처리 온도 및 시간은 <별표 1> 및 <별표 2>의 권장 규정에 따른다. 다만, 비철금속의 경우 배관의 가공 또는 용접후 열처리는 적용하지 않는다.

그러나 특별히 시효경화 처리되거나 특정 환경에 노출되어 있는 경우에는 예외로 한다. 배관 열처리 방법으로는 다음과 같다.

(1) 노내 열처리법(Furnace heat treatment)

열처리 대상물인 배관 및 용기 등을 대형화로에 넣고 가열하는 것으로 공장 제작 배관 또는 용접 배관의 후열처리에 있어서 가장 효과적인 열처리 효과를 기대할 수 있다.

(2) 전자유도 가열법(Induction heating treatment)

절연된 동소재의 전도체(전자유도 가열 코일)를 가열될 용접부 주위에 감고 저주파인 25 Hz, 60 Hz, 400 Hz를 사용하여 가열하며 주로 60 Hz가 가장 널리 사용된다.

(3) 토치 가열법(Torching heating treatment)

열처리될 용접부에 단일 버너 또는 링 버너를 사용하여 직접 용접부를 가열하는 방법으로 열은 배관 외부에서 내부로 전달된다.

(4) 전기저항 가열법(Electric resistance heating treatment)

니크롬 전선을 배관 용접부에 감싸고 열처리 온도까지 승온될 수 있게 전류를 인가하는 것으로 전류는 직류가 사용되며 특별 전력공급 장치나 용접기로부터 얻어진다.

(5) 발열반응에 의한 가열(Exothermal heating treatment)

원통 모양의 형태로 발열 반응물(알루미늄 분말, 금속 산화물, 내산화합물, 고착제의 복합물)을 예열 처리되어야 할 배관 용접부 주변에 부착하고 산소아세틸렌이나 프로판 토치를 이용하여 점화 연소시켜 이때 발생하는 반응열에 의해 용접부가 가열된다.

<별표 1>

배관의 용접전 열처리 기준

모재의 구분	모재의 종류	관의 두께 (mm)	최소규격 인장강도 (kgf/mm ²)	가열온도 (°C)	권 장 가열온도 (°C)
P- 1, 2	탄소강	≤ 25 > 25 전 체	≤ 49 전 체 > 49	- - -	10 80 80
P-3	저합금강 Cr≤ $\frac{1}{2}$ %	≤ 13 > 13 전 체	≤ 49 전 체 > 49	- - -	10 80 80
P-4	저합금강 $\frac{1}{2}$ % < Cr≤2%	전 체	전 체	150	-
P-5	저합금강 2 $\frac{1}{2}$ % < Cr≤10%	전 체	전 체	180	-
P-6	고합금강 (마르텐사이트계)	전 체	전 체	-	150
P-7	고합금강 (페라이트계)	전 체	전 체	-	10
P-8	고합금강 (오오스테나이트계)	전 체	전 체	-	10
P-9A, 9B	저온용합금강	전 체	전 체	-	90
-	Cr-Cu 강	전 체	전 체	150 ~ 200	-
-	Mn-V 강	전 체	전 체	-	80
-	27Cr강	전 체	전 체	150	-
-	8Ni, 9Ni강	전 체	전 체	-	10
-	5Ni강	전 체	전 체	10	-
P- 21~52		전 체	전 체		10

<별표 2>

배관의 후열처리 기준

모재의 구분	모재의 종류	관의 두께 (mm)	최소규격 인장강도 (kgf/mm ²)	후열 처리 여부	후열처리 온도범위 (°C)	열처리 요구시간		브린넬 최대 경도치 (주6)
						관두께 25 mm 당 요구시간(hr)	최소 요구 시간(hr)	
P- 1, 2	탄소강	≤ 20 > 20	전 체 전 체	미 실시 실 시	- 600 ~ 650	- 1	- 1	- -
P- 3	저합금강 Cr≤ $\frac{1}{2}$ %	≤ 20 > 20 전 체	≤ 49 전 체 > 49	미 실시 실 시 실 시	- 600 ~ 720 600 ~ 720	- 1 1	- 1 1	- 225 225
P- 4	저합금강 $\frac{1}{2}$ % < Cr≤2% ≤ 2%	≤ 13 > 13 전 체	≤ 49 전 체 > 49	미 실시 실 시 실 시	- 700 ~ 750 700 ~ 750	- 1 1	- 2 2	- 225 225
P- 5	저합금강 2 $\frac{1}{2}$ % < Cr≤10% ≤ 10%	≤ 13 > 13	전 체 전 체	미 실시 실 시	- 700 ~ 750	- 1	- 2	- 241
P- 6	고합금강 (마르텐사이트계)	전 체	전 체	실 시	730 ~ 800(주1)	1	2	241
P- 7	고합금강 (페라이트계)	전 체	전 체	미 실시	-	-	-	-
P- 8	고합금강 (오오스테나이트계)	전 체	전 체	미 실시	-	-	-	-
P-9A, 9B	저온용합금강	≤ 20 > 20 전 체	전 체 전 체 전 체	미 실시 실 시 실 시	- 600 ~ 640 730 ~ 820(주2)	- $\frac{1}{2}$ $\frac{1}{2}$	- 1 $\frac{1}{2}$	- - -
-	Mn-V 강	≤ 20 > 20 전 체	≤ 49 전 체 > 49	미 실시 실 시 실 시	- 600 ~ 700 600 ~ 700	- 1 1	- 1 1	- 225 225
-	27Cr강	전 체	전 체	실 시	630 ~ 700(주3)	1	1	-
-	Cr-Ni-Mo강	전 체	전 체	선택사항	1000 ~ 1040	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	-
-	5Ni, 8Ni, 9Ni강	≤ 50 > 50	전 체 전 체	미 실시 실 시	- 550 ~ 600(주4)	- 1	- 1	- -
-	Zr R60705	전 체	전 체	실 시	540 ~ 600(주5)	$\frac{1}{2}$	1	-

(주) 1 ASTM A 240, Gr.429에 상응하는 재질은 621 ℃ ~ 663 ℃의 온도범위에서 후열 처리 하여야 한다.

2 후열처리 후에 가능한 한 신속히 냉각하여야 한다.

3 후열처리 후 650 ℃까지는 시간당 60 ℃이하로 냉각하여야 하며, 650 ℃이하에서는 취성(Embrittlement)을 방지하기 위하여 빠른 속도로 냉각하여야 한다.

4 후열처리 후 320 ℃까지는 시간당 170 ℃이상으로 냉각하여야 한다.

5 용접 후 14일 이내에 후열처리 하여야 한다. 후열처리 후 430 ℃까지는 시간당 280 ℃이하로 냉각하고 430 ℃부터는 대기중에서 냉각하여야 한다.

6 열처리로서 후열처리 한 경우에는 용접부의 10 %에 대해 브린넬 경도를 측정하고, 현장에서 국부적으로 열처리 한 경우에는 용접부 전체에 대하여 경도 측정하여야 한다.