

講	座
---	---

大韓熔接學會誌
第7卷第4號 1989年 12月
Journal of the Korean
Welding Society
Vol.7, No.4, Dec., 1989

클래드鋼의 製造方法과 利用技術*

日本 高壓力 技術 協會 클래드鋼위원회

譯 최 영 국**

The Manufacturing of Clad Steel and Its Utilization

High Pressure Insitute of Japan Clad Committee, Y.G.Choi

6. 클래드강의 설계 특성

6.1. 클래드강의 강도

6.1.1. 허용응력

SUS304, 316 등 통상의 스테인레스강은 내력 규격치가 낮기 때문에 항복점 설계의 경우 허용응력을 높게 취할 수 없다. 또 인장강도는 연강보다도 높지만 고온역으로 되면 탄소강이 350°C까지 상온의 허용응력치를 사용할 수 있는 것에 대해 스테인레스강에서는 고온으로 됨에 따라 허용응력치가 낮게 되어 연강과는 반대로 된다.

이들의 조건하에서는 클래드강을 이용하면 모재 측의 높은 설계허용응력에 의해 판두께를 감소할 수 있다. 그때 모재에 고장력강을 사용하는 것에 의해 더욱 판두께 경감효과가 크게 된다. 이 판두께 경감효과에 의한 클래드화의 흥미는 압력용기와 같이 사용판 두께가 두껍고, 고온에서 사용되는 용도에 있어서 현저하다.

JIS G3601(스테인레스 클래드강)에는 종류로서 1종과 2종으로 분류되어 있고, 2종이 클래드재를 강화재로서 고려하지 않고 설계한 것에 대해, 1종

은 클래드재를 강화재로서 설계한 것으로 되어 있다.

또 각종 용도에 있어서의 설계기준에 있어서도 클래드재를 강도 인자로 포함하는 것을 반드시 부정하고 있지는 않지만, 현상은 케미컬 탱커, 일반 탱크 등 1, 2의 용도를 제외하고, 일반적으로는 클래드재를 부식재로서의 강도 인자에 포함하지 않고 설계되어 있는 경우가 많다. 이 때문에 얇은 용기 등에서는 스테인레스강에 비해 클래드강의 전 두께가 얇게 되지 못하고, 클래드강 사용에 의한 판두께의 유효활용이 되고 있지 않는 것이 실정이다. 금후 1종 클래드강을 사용할 때, 클래드재도 강화재로 포함하여 설계되어 클래드의 흥미를 충분히 활용될 것이 기대된다.

6.1.2. 접합강도

클래드의 접합강도에 대해서는 규격에서는 전단강도로 규정되어 있지만 현상의 전단강도 수준은 규격치(예를들면 JIS G3601스테인레스 클래드강에서는 20kgf/mm² 이상)을 크게 상회하고 있는 한편, 시공시 및 실제 사용시를 가상하여 열사이클 부가시도 충분한 전단강도가 확보되어 있는 자료가 보고되어 있다. 이 예를 Fig. 12, 13에 나타낸다.

* 본강좌는 본학회와 일본 고압력 기술협회가 공동으로 실시한 기술 세미나에서 강의한 내용을 제7권 제3호에 이어서 연재한 것임.

** 한국해양대학

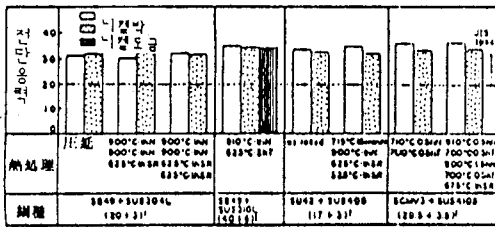


Fig. 12 열처리가 전단강도에 미치는 영향

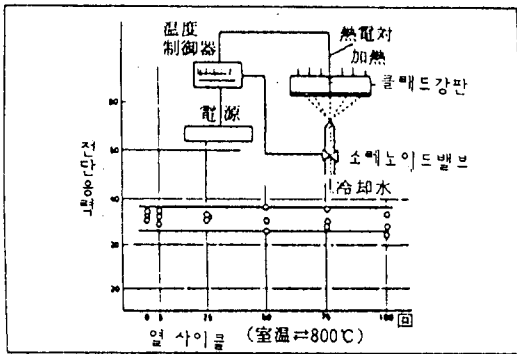


Fig. 13 반복가열과 전단강도와의 관계

더욱이, 최근은 케미컬 탱커에 있어서의 탱크 저판과 격벽과의 용접, 압력용기에 있어서의 동판 내부에 인터널과의 용접시에 클래드강판의 클래드 재를 깎아내지 않고 직접 용접하는 것도 많게 되었지만, +자용접이음에 의한 인장강도, 계면의 피로특성 등 여러가지 면에서 충분한 계면의 접합 특성을 갖고 있는 것이 확인되고 있다.

Table4, Fig.14,15에 이들의 예를 나타낸다.

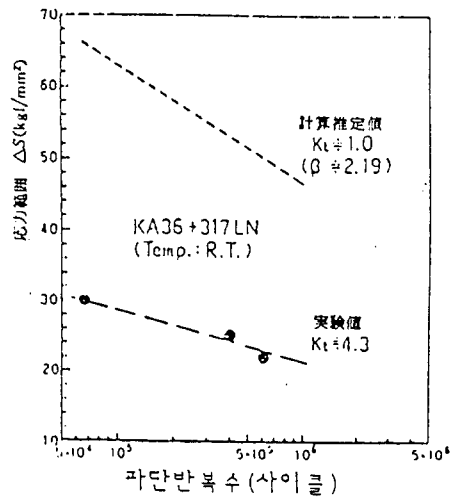
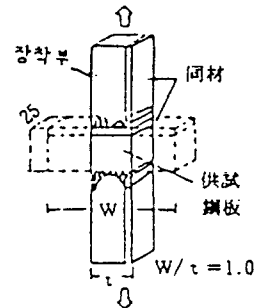


Fig. 14 노치환봉시험편에 의한 계면피로시험결과

Table 4 클래드강판의 +자 필렛용접 이음 인장시험결과

鋼 種	板 두께 (mm)	中間材	측면굽힘시험 (용접그대로)	十字熔接이음引張試驗 (SR法)	
			r=2.0'	TS (kgf/mm²)	破 斷 位 置
SB49+ SUS316L ¹⁾	40+6	없 음	good	49.9	母 材
		니 켈 금	good	49.7	母 材
		니 켈 박	good	49.9	母 材
SB42+ SUS405 ²⁾	17+3	없 음	good	46.0	장 착 부
SCMV3 + ³⁾ SUS410S	15+3	니 켈 금	good	62.3	장 착 부
	29+3.5	니 켈 박	good	56.9	界 面



- 1) 910°C·1hN-625°C·2hT熔接(-620°C·4h SR)
- 2) 910°C·10minN-910°C·10minN熔接(-625°C·2h SR)
- 3) 910°C·10minN-730°C·20minT-930°C·3hN-675°C·15hT 熔接(-675°C·4, 8h SR)
- 4) SMAW110~130A-24V-15cpm (클래드재)
- 5) SMAW170~210A-24V-15cpm

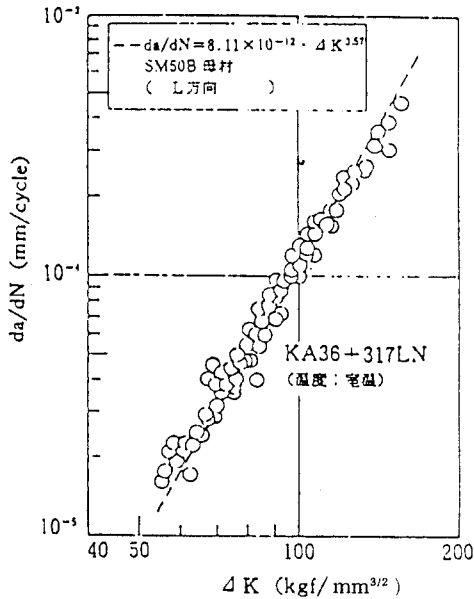


Fig. 15 클래드강판의 피로균열전파특성

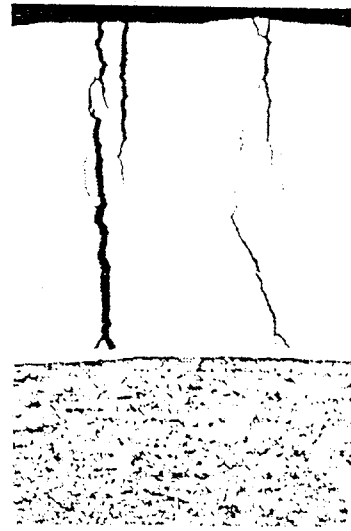


Photo. 15

6.2. 내식성

클래드강의 내식성에 대해서는 기본적으로 클래드재의 종류에 따라 결정되지만, 압연 클래드강, 구조압연 클래드강 등은 강화재인 모재의 특성을 발휘시키기 위해, 또 규정상 각종의 열처리가 행해지는 것이 있으므로, 클래드재의 종류의 선정 혹은 화학성분에 대한 배려가 필요하다.

한편 오스테나이트계 스테인레스강의 약점인 응력부식균열감수성이 높은 것에 대하여, 클래드강에서는 상온 이상에서 사용되는 기기의 경우, 내면의 스테인레스강 쪽이 팽창계수가 크기 때문에 열팽창차가 유효하게 작용하여 응력부식균열이 일어나기 어렵고, 만약 생겨도 Photo. 15에 나타낸 바와 같이 클래드재와 모재와의 경계에서 균열이 정지하는 것을 알 수 있다. 같은 현상이 내공식성에 대해서도 Photo. 16에 나타난 바와 같이 보고되고 있다.

클래드강의 응력부식균열이 관통하지 않는다는 특징은 저장조에 응용되고 있고, 최근의 스테인레스강제 저장조에서는 클래드강 또는 페라이트계 스테인레스강의 사용이 권장되고 있다.

또 클래드강을 기계어로 사용하는 경우, 일반적으로 외면이 연강으로 되기 때문에 도장하여 사용

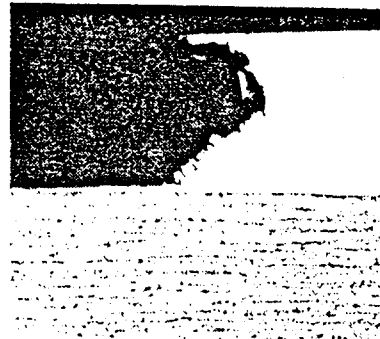


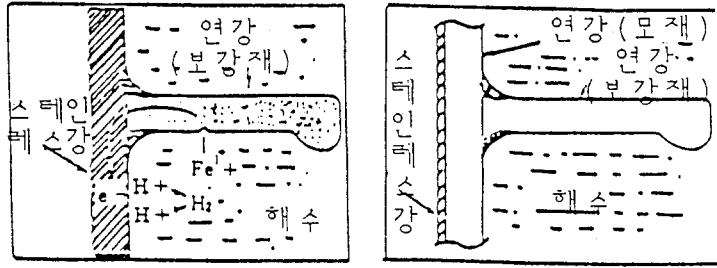
Photo. 16

하고, 스테인레스강 특유의 외면 응력부식균열에 대한 불안으로부터 해방된다.

더욱이 외면전식의 면에서도 클래드강이 유리하고, 일례로서 케미컬 탱커의 탱크재에 스테인레스강을 사용한 경우의 원탱크 측의 보강재(연강)의 부식이 있어, 도장을 해도 견디지 못하고 도장막의 파손에 의한 이 종류의 위험이 항상 따라 다니지만 Fig.16과 같이 클래드강을 이용하는 것에 의해 완전하게 방지할 수 있다.

6.3. 열전도성

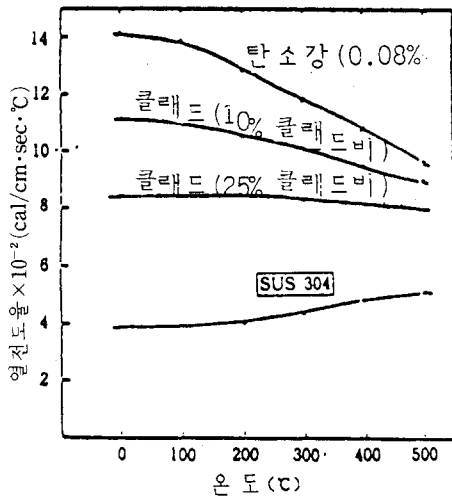
오스테나이트계 스테인레스강은 열전도율이 탄



(a) 전식이 일어남 (b) 전식이 일어나지 않음

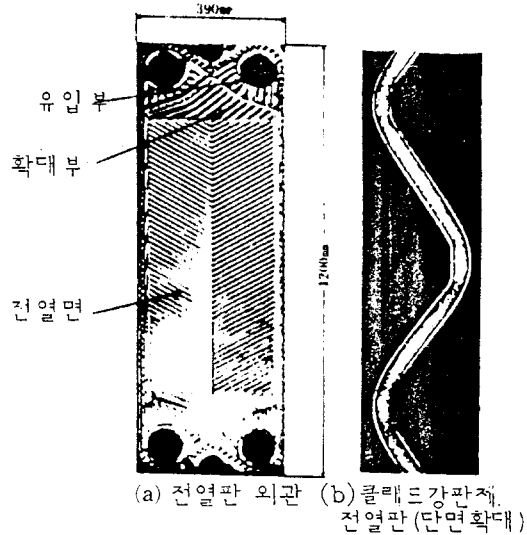
Fig. 16 케미컬 탱커에 스테인레스강 혹은 클래드강을 사용한 경우의 전식

소강의 1/2-1/3로 작고, 열전도성이 요구되는 용도에는 불리하게 된다. 이것에 대해 클래드로 바꾸어 놓으면 Fig.17에 나타낸 바와 같이 열전도율이 탄소강에 가깝게 되고, 난방기에서는 보다 균일한 온도분포가 얻어지고, 플레이트 열교환기에 있어서는 총괄 전달계수를 높게 취할 수 있는 등의 장점이 있다. (Fig. 18, Fig. 22참조)



K : 열전도율 a : 각 구성재 두께비(%)
첨자 1은 모재 2는 클래드재

Fig. 17 클래드강판의 열전도율(판 두께 방향)



(a) 전열관 외관 (b) 클래드강판제 전열관 (단면확대)

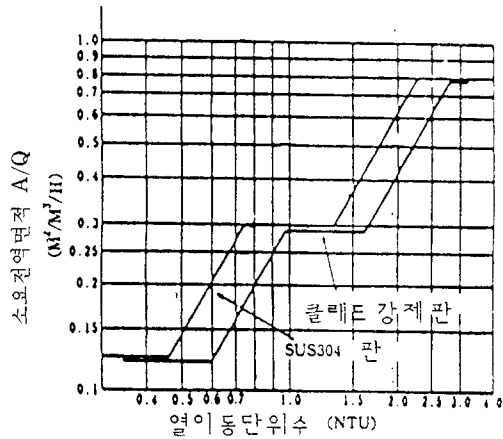


Fig. 18 유량당의 소요 전달면적의 비교

6.4. 시공상의 특성

클래드강은 스테인레스강에 비교하여 아래와 같은 시공성이 뛰어나고, 가공비 절감에 기여한다.

(1) 가스 절단이 용이

스테인레스강은 보통의 가스절단이 불가능하지만, 클래드강은 가스절단을 행할 수 있다. 이 경우 굵은 불꽃으로 절단산소압을 내려 모재 측으로부터 절단을 행한다. 이 절단 조건의 예를 Table 5에 나타낸다.

(2) 열변형이 적다.

Table 6에 나타낸 바와 같이 탄소강에 비해 스테인레스강은 열팽창계수가 크기 때문에 용접에 의한 수축이 크고, 변형도 생기기 쉽다. 클래드강은 탄소강에 가까운 특성을 갖는다.

(3) 대판 제조가 가능

제조방법에 의하지만, 일반적으로 스테인레스강 판보다 클래드강판의 쪽이 큰 사이즈의 강판의 공급이 가능하고, 용접선을 감소시키는 장점이 있다.

(4) 연강 용접재료의 부분 사용

클래드강을 맞대기 용접할 때, 모재(탄소강)끼리의 용접에는 탄소강의 용재가 사용된다. 특히 압력용기와 같이 두꺼운 경우에는 Fig. 19(상)에 나타낸 것과 같이 스테인레스강재에 비해 용재비의 경감효과가 크다.

(5) 외면측의 용접에 연강용재의 사용이 가능

케미컬 탱커의 탱크 외면은 보강을 위한 보강재(연강)가 대량으로 사용되지만, 탱크재로서 스테인레스강을 사용한 경우에는, Fig. 19(하)와 같이 보강재와 탱크재와의 용접에는 스테인레스강의 용재를 사용하지 않으면 안되는 것에 대해, 클래드강의 용재를 사용한 경우는 연강의 용재를 사용할 수 있다.

(6) 외면 도장성이 양호

케미컬 탱커에의 왕탱크에 있어서 탱크재로서 스테인레스강을 사용한 경우, 전식의 관점으로 부터 스테인레스강 측에도 도장이 필요하게 된다.

일반적으로 스테인레스강 측으로의 도막의 부착성은 연강에 비해 좋지 않기 때문에 블라스트에 의한 조도의 확보와 Sa3.0을 목표로 한 제청도수

Table 5 가스절단조건(예)

板 두께 (mm)	火口徑 φ (mm)	切斷 酸素壓 (kg/cm ²)	切斷速度 (mm/分)
(2+6)	1,3	0,5	500/600
(2+10)	1,3	1,0	450/550
(2+17)	1,6	1,7	400/500
(3+22)	1,9	2,0	400/500
(3+33)	2,3	2,0	350/450
(3+46)	2,3	2,1	300/400

Table 6 시공시의 현장 기준의 일례

鋼 種	軟 鋼	스테인레스강
수축여유	1mm/M	1.5~2.0mm/M

Table 7 연강 및 스테인레스강의 도장성의 비교

鋼 種	研掃材	下地處理정도(블라스트의 정도)			
		10~30%	70%程度	100%程度	100%×2
SS41	銅	×	○	○	○
	그리드	×	○	○	○
SUS304	銅	-	×	○	-
	그리드	-	×	○	-
SUS317L	銅	-	×	○	○
	그리드	-	×	○	○
317LN	銅	-	×	×	×
	그리드	-	×	○	○

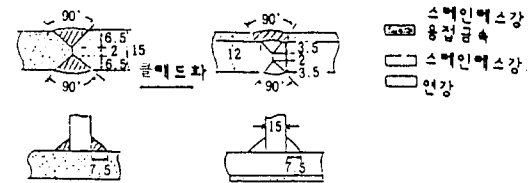


Fig. 19 맞대기 이음 및 이음의 클래드화에 의한 장점

가 필요하게 된다. 이것에 대해 클래드강에서는 외면이 탄소강이기 때문에 스테인레스강에 비해 훨씬 도장성이 뛰어나므로 가동중의 박리에 대한 신뢰성이 높다. 그 비교를 Table 7에 나타낸다.

(7) 용접부의 초음파탐상시험

오스테나이트계 스테인레스강의 용접부를 탐상

하는 경우, 결정립 조대화에 의한 감쇠가 크게 되는 결과, 탐상감도가 현저하게 저하하는 것 및 의사에코의 발생에 의한 결함에코와의 식별이 곤란하게 되는 문제점이 지적되고 있다. 클래드강에서는 대부분을 점유하는 연강부는 완전히 비파괴검사가 가능하고 품질보정의 관점으로부터도 우수하다.

6.5. 클래드강 사용에 있어서의 배려해야 할 사항

이상 설명한 바와 같이 클래드강의 기능재료로서의 우위성외에, 클래드강은 기본적으로는 이중금속에 의한 복합강판이므로 그것에 기인하는 다음과 같은 단점도 갖고 있다.

- (1) 이중재 용접이 포함되어 있으므로, 용접시공이 약간 복잡하게 된다.
- (2) 모재와 클래드재에서 최적 열처리온도조건이 다르므로 사용강종 내지 시공프로세스에 제약을 받는다.
- (3) 강판의 단면이 그대로 액체에 침적되는 용도의 경우, 전식방지의 처리가 필요하다.
- (4) 가열냉각과정에 있어서 팽창계수의 차에 의한 잔류응력이 발생한다.

이들 중 (1), (2)에 대해서는 HPIS E105(스테인레스 클래드강판 가공기준) 등에 의해 시공의 지침이 표시되어 있고, (4)에 대해서도 잔류응력의 거동은 해명되어 있고, 또 저장조와 같은 좋은 방향으로 쓰이는 경우도 있어 이들의 성질을 설계, 시공, 사용조건에 충분히 배려하여 클래드강을 적용하면 클래드강의 우위성을 최대한으로 활용할 수 있다.

6.6. 도장 및 라이닝과의 비교

클래드강을 연강의 도장과 비교하면 재도장이 용이하고, 장기간 수명이 요구되지 않는 경우는 도장이 유리하지만 유지 비용이 크게 되는 경우는 클래드강의 쪽이 유리하게 된다. 라이닝과 비교한 경우도 초기비용은 클래드강 쪽이 높지만 부압환경 또는 열전도성이 요구되는 경우는 라이닝은 적합하지 않고, 또 조업온도의 변화가 빈번하게 일어나는 경우, 라이닝의 경우 이음매의 피로의 문제가 있다. 더욱이 구조물로서의 신뢰성면에서는 클래드강의 쪽이 뛰어나고, 용도, 환경조건에 의해 취사선택해야 한다.

7. 클래드강의 경제성

7.1. 강재로서의 경제성

클래드강 본래의 목적은 탄소강 또는 저합금강의 뛰어난 구조재로서의 강도, 가공성 및 경제성에 부가하여, 각종 합금 비철금속을 접합시킨 복합재료를 얻는 것에 의해 이들이 갖는 내식성이나 내마모성을 동시에 만족시키는 것에 있다.

한편, 통상의 강재에 비해 공정이 복잡하게 되고 겹보기 상의 단가(중량당)는 클래드재(각종 합금 또는 비철금속) 단체보다 높게 되는 경우가 있지만 클래드강의 우수한 기능의 하나인 고강도(특히 허용응력)에 의한 중량경감이 얻어지는 것으로부터, 결과적으로 재료비의 절감이 가능하게 되고 있다.

이러한 클래드강의 경제성은 Table 2에 나타난 기능재료로서의 평가를 합하여 행할 필요가 있고 다음에 압력용기, 수문 및 케미컬 탱크를 예로 하여 용접조립품으로서의 경제성을 설명한다.

7.2. 용접조립품으로서의 경제성

7.2.1. 압력용기

압력용기의 두께를 결정하는 재료의 허용응력을 Fig. 20에 나타낸다. 용기의 대부분은 고온(상온 이상)에서 사용되지만 100°C 이상에서는 일반적으로 스테인레스강은 탄소강이나 저합금강보다 허용응력이 저하하고, SUS 304의 경우, 350°C에서는 상온의 1/2정도로 된다. 이 때문에, 고온압력용기에서는 클래드강을 사용하는 것이 대폭적인 중량경감으로 연결되어 경제적이다. Fig. 21에는 이 경우의 필요 판 두께 및 재료 원가에 대해 SUS 304L 스테인레스강과 SUS 304L 클래드강(모재 :

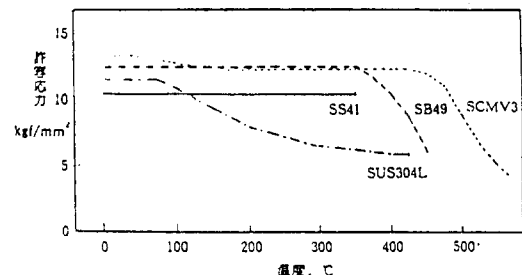


Fig. 20 각종 재료의 고온역에서의 허용응력 (JIS B8243 발췌)

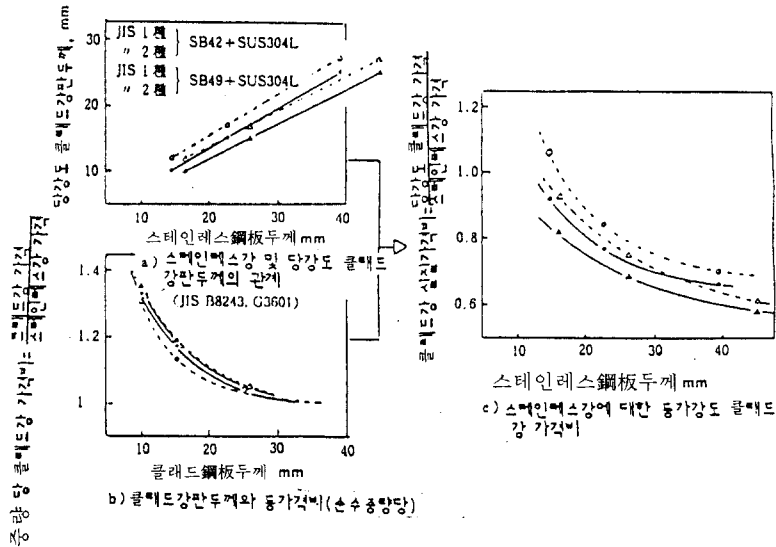


Fig. 21 고온고압용기에 있어서의 스테인레스강에 대한 클래드강의 재료원가 비교 예(설계조건 : JIS 1종 및 2종, 설계온도 300°C, 클래드강판 두께에는 SUS304L 3mm를 포함)

SB42 및 SB49)을 예로 비교한 것이다.

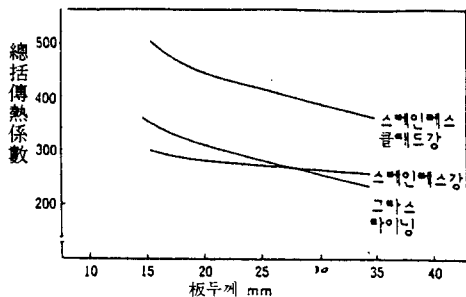
판 두께가 비교적 얇은 경우에는 클래드강은 별로 경제적이지 않은 듯 보이지만, 이 단계에서는 단순히 재료비만을 나타낸 것이고 클래드강으로서의 가공의 용이함(가스절단 가능) 및 각종의 기능을 가미하여 평가되지 않으면 아니된다.

예를들어, 자켓 불이 반응용기에 있어서의 자켓의 불임이 용이하고, 동시에 복합재료로서의 열전도성이 양호하기 때문에 고온사이클의 단축을 꾀할 수 있는 등이 그 예이다. Fig.22에 스텐인레

스강 및 스테인레스 클래드강의 전열계수의 예를 나타냈다. 또 클래드강의 원가는 클래드비(전 두께에 점유하는 클래드재의 두께)에 의해서도 변한다.

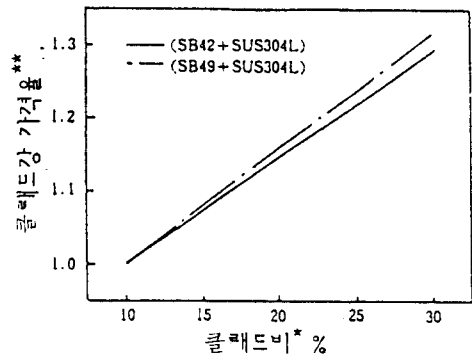
Fig.23에 그 예를 나타내지만, 클래드재 두께의 설정은 부식량으로서 필요 최소한으로 하는 것도 클래드강의 경제성을 높이기 위해 중요하다.

또한, 계산례로서, 고온압력용기(석유화학공업에 있어서의 중합조)를 스테인레스강만으로 설계한 경우와 클래드강을 사용한 경우의 제조원가를



- (1) 클래드강의 경우, 클래드재 3mm를 포함
- (2) 그라스라이닝의 경우 라이닝 두께만은 1.2mm
- (3) 수조내외의 경막계수는 계산의 편의상 $h_i = h_o = 1200$

Fig. 22 각종 재료의 총괄전달계수 계산예 (열화비닐 중합조)



- * 클래드재두께/클래드강 두께
- ** 10% 클래드비가격(1)에 대한 임의의 클래드 비가격의 비율

Fig. 23 클래드비와 클래드강 가격의 관계

Table 8 재료의 차이에 의한 압력용기 제조원가 비교를 위한 모델용기와 설계조건, 규격 압력용기의 조건 고온압력용기의 경우(1종)

設 計 基 準	設計壓力/設計溫度	內徑×胴長(mm)	材 料 種 類	板 厚 寸 (mm)	材 料 重 量
ASME VIII, DIV.1	36, 7kg/cm ² G/300℃	3, 300×5, 395	SA302-C+TP316L (클래드강)	45+4	49,000 (kg)
			SA240-TP316L (스테인레스강)	69	69,200 (kg)

비교해 보았다. 압력용기의 설계규격을 Table 8에, 계산결과의 내역을 Fig.25에 나타낸다. 이 경우, 용기의 두께는 클래드강 쪽이 29%얇게 되고, 기기 총중량에서는 28%경감 가능하다. 반대로 클래드강의 단가가 스테인레스강의 1.14배이므로 해서 용기의 제조원가를 보면 재료비 및 용재비의 저감효과가 크고, 스테인레스강 사용의 경우에 대해 클래드강을 채용하면 용기의 제조원가는 86%로 된다.

이러한 고온압력용기에서는 클래드강 이외에 스테인레스강 육성용접을 채용할 경우도 있지만 용기 두께가 100℃이하에서는 클래드강을 이용하는 쪽이 원가절감이 된다. 또 당연한 것이지만 클래드재료로 티탄, 지르코늄, 탄탈, Ha 등의 고가인 내식재료를 사용한 클래드강의 경우는 이 경향이 보다 현저하게 된다.

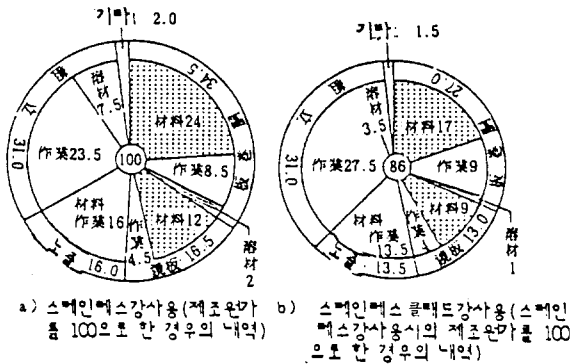


Fig.24 고온압력용기에 스테인레스강 혹은 클래드강을 이용한 경우의 제조원가비 예 (중합조에서의 예)

7.2.2. 수분, 방류관

이 분야는 도장 혹은 라이닝의 경합분야로 단지 재료의 경제성으로부터 볼 때 꽤 엄한 분야이다. 수분의 방식대책으로서 도장, 라이닝 및 전기방식이 종래부터 있었지만 이들과 클래드강과의 대비를 시험한 것이 Table 9이다.

Table 9 환경별 방식방법

환경	大氣中		水線部		水中部	
	A	B	A	B	A	B
塗 裝	◎	◎	○	△	○	×
라 이 닝	◎	◎	◎	○	○	×
電氣防食	×	×	○	○	◎	◎
클래드강	◎	-	◎	-	◎	-

◎ : 施工可能 유효
 ○ : " 약간 유효
 △ : " 그다지 유효하지 않음
 × : 施工不可能 또는 효과없음
 (A→新設構造物, B→既設構造物)

종래법에서는 어느것도 일장일단이 있지만 클래드강에서는 어떠한 환경에서도 유효하고, 어느 정도의 보수유지의 자유를 기대할 수 있다.

이 점에 대해 대형화천언을 예로서 각종의 재질에 있어서 원가비료를 한 것이 Table 10이고, 공장 제작비, 설치비 및 재도장비를 생각하면 스테인레스강에 비해 클래드강은 압도적으로 우위이고, 보수유지 단계에서 종래의 도장연간의 약 1/3로 축소되고, 유지비를 포함한 전체의 비용에서도 도장방식보다 훨씬 경제성이 뛰어난 것을 알 수 있다.

한편, 방류관이나 주 게이트에 있어서도 초기투자비에서는 불리한 클래드강이지만, 대케비테이션성 및 보수유지의 자유의 점이 평가되어 현재 이 분야에서는 반드시 클래드강이 사용되고 있다.

또 비교적 재도장에 의한 보수가 용이한 부위라도 하천의 수질에 따라, 예를들면, 상류에서 화산성 온천원이 존재하는 등, 산성도가 강한 경우 내식성에 대한 높은 신뢰성으로부터 클래드강이 전면적으로 채용된 경우가 있다(냄에 있어서의 월류면의 게이트의 예).

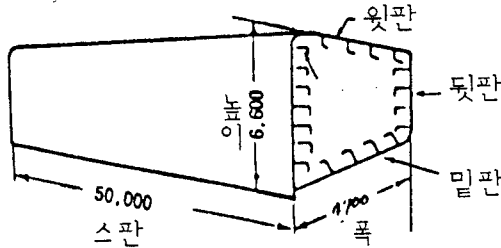
7.2.3. 케미컬 탱크용 적하 탱크

부식성이 심한 약품을 운반하는 케미컬 탱크의 적하 탱크에 대해, 또는 라이닝이 이용되는 것도

Table 10 대형하천언에 각종 재료를 이용한 경우의 합계비용 예

項 目		材 料	SS41 SMA41	SUS304	SUS클래드	
					SS41+SUS304	SMA50+SUS304
許容應力度(kgf/cm ²)			1200	1050	1200	1800
板두께 (mm)	스킨플레이트, 背板		36[34]	38[38]	37[34]	26[23]
	頂板, 底板		22[20]	22[22]	23[20]	20[17]
鋼材總重量(T/門)			555	585	585	505
施工性	据付工程 (日)		67	80	73	65
	용접변형		◎	× 수축이 크다	△	△
A工場製作費+据付費比較			114	183	139	121
				(100)	(76)	(66)
B 再塗裝 費比較	壽命50年 7年피치 덧칠		37	0	12	12
총비용 比較 A+B			110	126	111	97
總合評價			○	△	○	◎

수 문의 크기



있지만, 부식문제로 현재는 스테인레스강 또는 스테인레스 클래드강이 전부 사용되고 있다. 클래드강의 분야로서는 약간 판 두께가 얇기 때문에(6-15mm가 주) 강재로서의 경제성이 어려운 범주임에도 불구하고 실제에는 많은 실적을 갖고 있다.

그 이유는 Table 11에 나타낸 바와 같이 건조 및 운행 중에 걸쳐, 클래드강이 뛰어난 기능성을 갖기 때문이다. 조선소에서 건조에 있어서는 ① 가스절단이 가능 ② 용접 등 열가공에 의한 수축이 연강에 가깝고 작고, ③ 스테인레스강 용접재료의 절감이 가능 ④ 방오재(연강)의 용접이 가능 ⑤ 발라스트탱크 측의 도장이 용이한 등의 많은 이점이 클래드강을 이용한 경우에 얻어지기 때문

이다. 더욱이 운행후는 복합강판이므로 오스테나이트계 스테인레스강 특유의 공식, 응력부식균열 등의 부식에 의해 전과저지기능이 있고, 반대로 생겨도 검출이 용이하고 고치기 쉬운 점에서 선주 혹은 사용자의 높은 평가를 받고 있다.

탱크 용적이 크게 되면 될수록 대면적의 강판을 공급할 수 있는 클래드강의 쪽이 용접선의 삭감에 의한 용접비용의 개선이 가능하고, 동시에 취급 등에 관해서도 이점을 들 수 있다.

Fig. 25는 케미컬탱커를 건조하는 경우의 필요 판두께와 원가를 스테인레스강과 클래드강에 대해 비교한 것이며, 모재에 고내력강(YS≥32kgf/mm²)을 이용하는 것에 의해 전 두께 9 이상의 클래드강에서는 강재의 상태에서도 경제성이 인정되는 것을 알 수 있다.

Table 12는 스테인레스강과 스테인레스 클래드강에 대해 필요 용접재료를 포함한 재료비를 10,000톤급의 케미컬 탱커를 예로 계산한 거시이다. 계산이고, 작업비를 포함하지 않았으므로, 그 차는 구입재료비의 변동에 의하지만, 연강을 모재로 한 클래드강을 이용한 경우, 대강 8-15%에 상당하고, 더욱이 건조 및 운행상의 이점을 더하면, 이 분야에 있어서 클래드강 사용상의 이점은 매우 매력있는 것이라고 말할 수 없고, 스테인레

Table 11 클래드강을 케미컬 탱커에 이용한 경우의 일반적 특징(스테인레스강에 대한 것)

	주요항목	재료의 특징	
		스테인레스강	클래드강
建造時 (造船所)	1) 切斷性	· 가스切斷不可能 (프라스마 만)	· 가스切斷可能
	2) 熔接性	· 軟鋼에 의한 畫面熔接不可 (전스테인레스재)	· 外面軟鋼熔接不可 (블라켓, 보강재등)
	3) 熔接材料費	· 스테인레스강熔材만	· 70%는 軟鋼熔材可
	4) 熔接線長	· 일반적으로 광폭이 곤란, 용접선 증가	· 일반적으로 콘치수로
	5) 熔接에 의한 收縮, 變形	· 클래드강에 비해 크다 (열팽창계수가 크기때문)	· 연강과 같이 생각해도 좋다. 작다
	6) 材料強度(耐力)	· 일반적으로 클래드강보다 작다	· 高溫耐久大 (스테인레스강에 대해 10%-20%크다)
就航後 (船主취급자)	7) 外面塗裝性	· 特殊下地處理要	· 良好
	8) 電食性	· 電位差腐食(外面/(블라켓등의 사이)의 危險性大)	· 外面電食의 危險없음
	9) 耐食性	· 孔食, SCC가 진전하기 쉽다	· 孔食, SCC에 대한 進展阻止能力大
	10) 維持, 管理	· 孔食, SCC를 검출하기 어려움	· 孔食, SCC發生時검출이 용이

Table 12 케미컬탱커용 저하탱크에 이용한 강재의 차이에 의한 탱크제조원가 비교

케미컬 탱커		스테인레스강판재	스테인레스 클래드강판재
		1000톤, DWT級	
使用鋼板	鋼種	SUS316L	(A級鋼+SUS316L)
	치수	15×2,000×8,000	(9+3)×2,000×8,000
	量	250톤, 132枚	200톤, 133枚
熔接施工 	이음		
	熔材	스테인레스강 : 1,610kg	스테인레스강 : 230kg 軟鋼 : 1,290kg
	鋼板	96.9	85 ~ 91.8
	熔接材料	3.1	0.7
	計	100.0	85.7~92.5
	改善		14.3~ 7.5

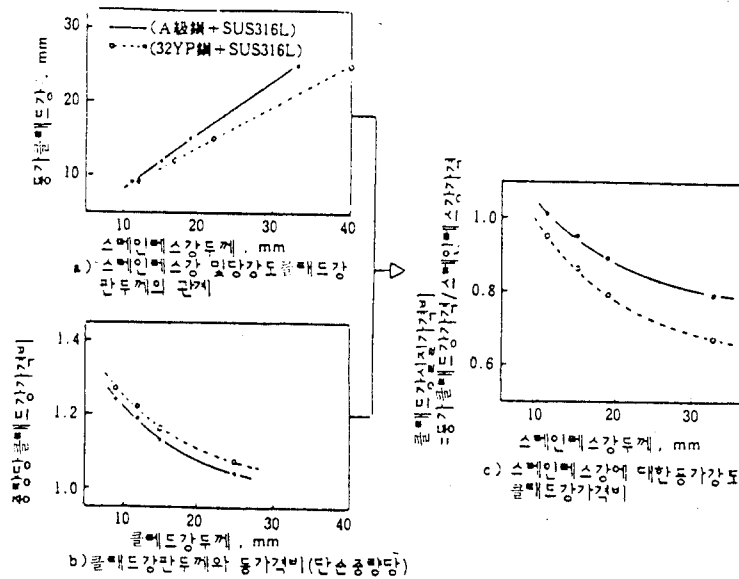


Fig. 25 케미컬 탱커-적하탱크용 강재의 종류와 경제성비교 예

스강에 대신하여, 근년 많은 실적을 갖게 된 이유이기도 하다. 또 내항용에 주로 채용되고 있는 소형 케미컬 탱커(JG급, 운수국 기준)에서는 Single hull이 많이 채용되고, 이 경우에는 스테인레스강을 이용 할 수가 없고, 클래드강이 주로 채용되고 있다.

8. 금후의 전개

클래드강의 용도는 5장에서 설명한 바와 같이 케미컬 탱커로부터 발전용 설비, 조선, 농기구, 파이프라인, 리니어 모터용 리액션 플레이트 등의 공업용 재료뿐만 아니라, 저장조, 조리기, 칼 등의 민생품에 이르기까지 다종·다양하다. 그의(스테인레스 클래드강) 생산량도 1973년의 12,000톤으로부터 착실하게 증가하여 1984년에는 45,000톤에 달하고 있다. 이것은 복합재료로서의 뛰어난 기능성 및 경제성을 이용한 것이다.

상기의 외에 여기 수년간 착실하게 사용량이 증가하고 있는 용도로서 이중재 이음(Transition Joint)가 있다. 예를들면, 알루미늄, 알루미늄-강 등 용접이 곤란한 소재의 전식 등 많은 문제가 존재하고 있다. 이것이 각각의 재료 사이에 동-알루

미늄 클래드나 알루미늄 클래드강을 삽입하는 것으로 각각 동종재 용접이 가능하게 되었다. 또 용접일체 구조물이기 때문에 그 신뢰성이 향상되고, 보수유지가 용이하게 되어 시공비도 절감하는 장점이 있다. 이 방면에서는 클래드강은 뛰어난 접합계면의 강도와 많은 조합이 가능한 것으로부터 금후도 계속 증가해 갈 것으로 생각된다.

내식성 구조용 재료로서의 기능, 경제성, 성차원의 면으로부터 클래드강의 평가는 확고한 것이 있지만 클래드재를 강도부재로서 취급하는 등 합리적인 사용법의 보급, 제조기술의 진보에 의한 조합의 다양화와 함께 용도, 양의 일층 확대도 기대된다.

한편, 이를 위해서는 클래드강의 단면처리 등의 이용가공기술의 확립이나 접합기구의 해명, 복합재료로서의 조합의 다양화 등을 달성할 필요가 있다.

어찌되었던 금속계 복합재료로서 각각의 금속의 특징을 살리고, 또 복합화에 의해 전혀 새로운 기능의 부가할 수 있는 클래드는 지금부터 점점 시장의 요구에 응해 조합의 다양화에 의해 새로운 기능을 창조하고, 더욱 발전해 갈 것으로 생각된다.