

Chemical Tanker의 선체에 있어서 Corrugated Bulkhead의 냉간가공 및 열처리 특성연구

A study on the characteristics of cold formed and heat treated bulkhead of chemical tanker

정문섭, 최우현

(주)한진중공업, 기술지원팀

1. 서론

Chemical Tanker의 선체 중 화물창 구역의 Transverse bulkhead와 Center bulkhead는 선체의 중량감소와 buckling에 대한 강도 보완의 일환으로 steel plate를 일정한 형상으로 절곡하여 corrugation type으로 제작한다. Steel plate의 절곡은 대형 프레스에 가압 jig를 장착한 후, steel plate 위에 그려진 가압 line을 따라 가압하여 이루어진다. 일반적으로 corrugated bulkhead 제작을 위한 steel plate 절곡각은 110 °이며 곡률반경은 100R을 기준으로 시공된다.

100R의 곡률 반경을 갖는 corrugated bulkhead를 제작하기 위해서는 steel plate에 여러 개의 가압 line을 긋고 가압 jig를 이용하여 수차례 가압하여야 하므로 많은 가공시수가 소모된다. 따라서 corrugated bulkhead의 곡률 반경을 40R로 변경하여 시공시 한 개의 가압 line만을 긋고 1회 가압으로 요구하는 40R의 곡률 반경을 갖는 corrugated bulkhead plate를 얻을 수 있으므로 생산성향상 효과를 기대할 수 있다.

따라서 본고에서는 corrugated bulkhead plate의 곡률 반경을 40R 절곡하였을 경우에 절곡된 steel plate가 갖는 물성과 물성 변화 값이 rule의 요구값을 충족하지 못했을 경우의 대책방안 등에 대해 검토하였다.

2. 시험재 및 시험방법

2.1 시험재

본 시험에 사용된 강재는 Chemical Tanker에 일반적으로 사용하는 선체용 강재인 A grade (mild steel)와 AH-32 grade(higher tensile strength steel) 강재를 이용하였으며 화학조성과 기계적 성질은 Table 1, 2와 같다.

Table 1. Chemical composition of the test plate(wt%).

	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Ni	Mo	Cu	Nb
A grade	0.15	0.23	0.82	0.017	0.014	0.044	-	-	-	-	-
AH grade	0.16	0.24	1.45	0.014	0.007	0.54	0.02	0.02	0.024	0.12	0.004

Table 2. Mechanical properties of the test plate.

	Yield strength (kg/mm ²)	Tensile strength (kg/mm ²)	Elongation (%)	Impact value (J)	Hardness (Hv1, 15s)
A grade	28.9	46.3	32	150	145
AH grade	39.7	55.5	23	150	184

2.2 시험방법

실선에서 사용되는 조건과 동일하게 곡률반경 40R로 절곡한 후, 절곡하지 않은 기존 강재와의 물성치를 비교/검토하였다. 또한 절곡(cold formed)된 steel plate는 다양한 형태로 열처리를 실시하여 충격 흡수에너지의 변화를 파악하였으며 열처리 조건은 Table 3과 같다. 대형 프레스로 절곡된 steel plate의 열처리는 전기 가열로에 삽입하여 실시하였다.

Table 3. Heat treatment condition for cold formed area.

Heating temp.	As cold formed	250°C	600°C	600°C	700°C	700°C
Holding time	-	1 hr	1 min	10 min	1 min	10 min

Heating temp.	600°C & 250°C	700°C & 250°C
Holding time	1 min & 1 hr	1 min & 1 hr

2.3 시편 채취

절곡부에서의 충격시편채취는 절곡 line을 기준으로 표면 아래 1mm에서 실시하였다.

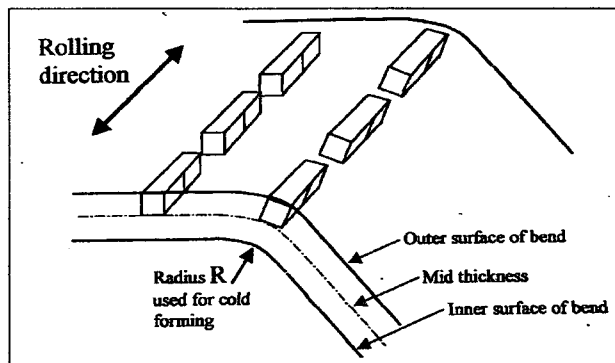


Fig. 1 Sampling of Charpy V-Notch Impact test specimen.

3. 실험결과

3.1 냉간가공 전/후의 steel plate 물성 비교

선체용 강재 A grade(mild steel)에 대한 충격시험 결과, 40R의 곡률반경으로 절곡된 steel plate는 초기 강재가 갖는 값보다 크게 저하되지 않았으나 AH grade의 경우에는 충격흡수에너지가 현저하게 저하되어 기존강재의 18% 수준에 불과하였다.

이는 강재의 냉간가공에 의한 조직상의 변화에 기인한 것으로 판단되며 연강과 고장력강을 이용한 냉간가공시 충격흡수에너지의 변화는 매우 크다는 것을 알 수 있었다.

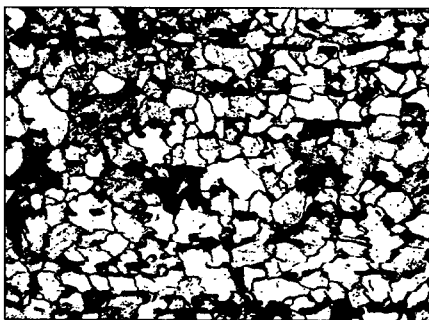


Fig. 2 Microstructure of grade 'A' steel plate.

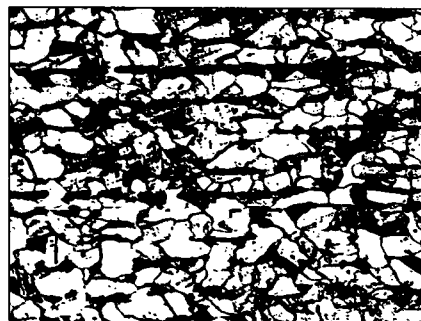


Fig. 3 Microstructure of grade 'A' steel plate with cold formed.

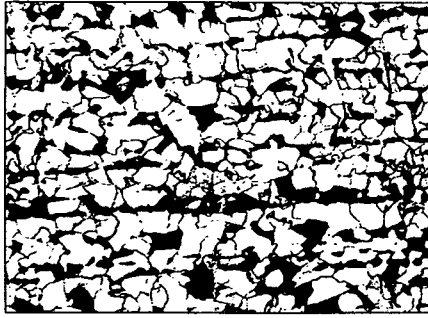


Fig. 4 Microstructure of grade 'AH' steel plate.



Fig. 5 Microstructure of grade 'AH' steel plate with cold formed.

Table 4. Mechanical characteristics of cold formed plate compare with as rolled one.

	As rolled condition			Cold formed condition				
	Yield st. (kg/mm ²)	Impact value (J)	Hardness (Hv1)	Tensile st. (kg/mm ²)	Impact value (J)	Hardness(Hv1)		
						상	중	하
A grade	46.3	150	145	55.2	100	188	159	186
AH grade	55.5	150	184	62.8	18	227	195	223

3.2 냉간가공 시편의 열처리 정도에 따른 물성 변화

여러 형태의 열처리를 실시한 후, 각각의 시편에 대해 충격흡수에너지를 조사해 본 결과 열처리 조건에 따라 많은 차이를 나타내고 있다.

Table 5. Notch toughness of cold formed plate after heat treated.

Heat treating condition	250°C 1hr	600°C 1min	600°C 10min	700°C 1min
Impact value(J)	70.2 39.2 29.4	103.0 84.3 79.4	129.4 107.8 150.0	107.8 150.0 119.6
Heat treating condition	700°C 10min	600°C 1min & 250°C 1hr	700°C 1min & 250°C 1hr	
Impact value(J)	108.8 98.0 108.8	120.5 76.4 91.1	126.4 150.0 125.4	

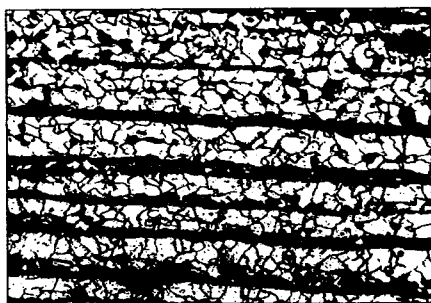


Fig. 6 Heat treated with 250°Cx1hr

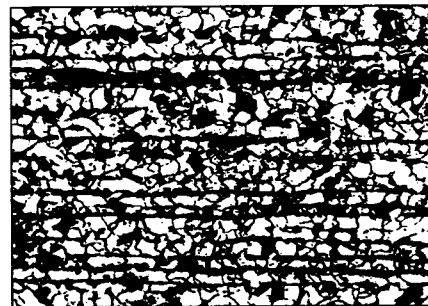


Fig. 7 Heat treated with 600°Cx1min

4. 결 론

Chemical tanker의 선체중 corrugated bulkhead의 제작에 있어서 steel plate의 절곡 곡률반경을

40R로 시공시, A grade steel은 충격값이 rule의 요구를 만족하므로 사용상의 문제점은 없으나 AH grade와 같은 고장력강의 경우에서 충격값이 현저하게 저하되어 후열처리를 하여 사용하는 것이 바람직한 것으로 나타났다. 그러나 물성 회복을 위한 열처리 작업등을 시공하기 위해서는 고비용이 소모되므로 corrugated bulkhead의 곡률반경은 100R 수준으로 유지하는 것이 바람직한 것으로 판단된다.

【참고문헌】

- [1] “Metals Handbook”, Vol-1,4. 8th edition ASM.
- [2] “Guide line for strain ageing testing of corrugated bulkhead”, D N V Rule.

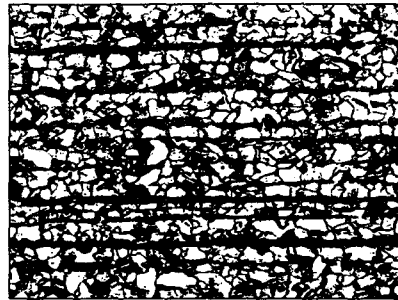
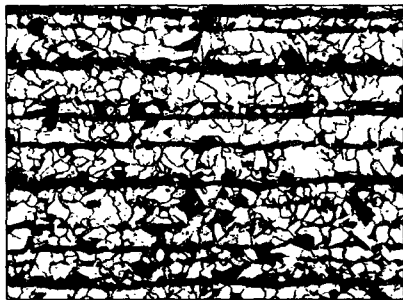


Fig. 8 Heat treated with 600°Cx10min Fig. 9 Heat treated with 700°Cx1min

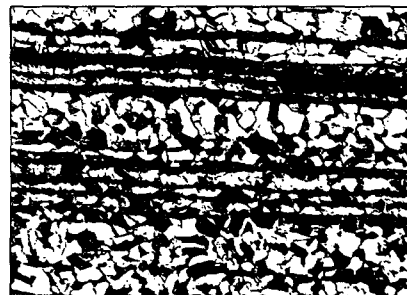
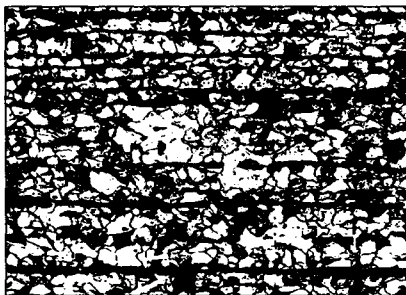


Fig. 10 Heat treated with 700°C x 10min Fig. 11 Heat treated with 250°Cx1hr
after 600°C x 1min

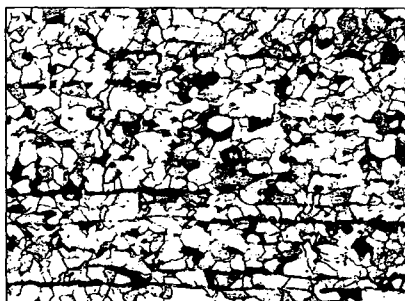


Fig. 12 Heat treated with 250°C x 1hr
after 700°C x 1min