

AA탄 날개결합체 J형 너트 품질개선에 관한 연구

안대희*, 손병철*

*국방기술품질원

e-mail:mirae4@dtaq.re.kr

Research on quality improvement of AA wing assembly J-type nut

Dae-Hee An*, Byoung-Chul Shon*

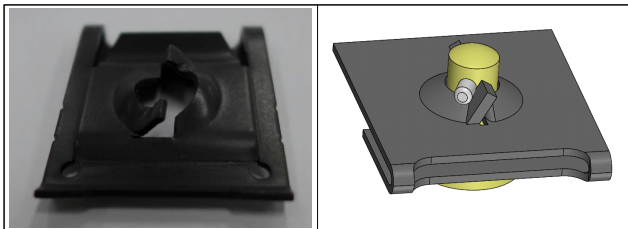
*Defense Agency of Technology and Quality

요약

본 논문은 AA탄 날개결합체를 결합하기 위해 사용되는 J형 너트의 파손 현상 개선에 관한 내용이다. 파단면 확인결과 취성파괴에 의한 것으로 취성파괴를 유발할 수 있는 요인을 식별하여 원인분석을 수행하였다. 원인분석 결과 표면처리 공정(전기아연 도금)이 원인이었다. 전기아연 도금 전 도금의 밀착성 향상을 위해 산세 처리한다. 이때 고탄소강이 산에 노출되면 고탄소강이 취화되어 수소취성이 발생한다. 수소취성 제거를 위해 도금 후 후처리 공정이 있지만 수소취성을 완전히 제거할 수 없는 경우 수소취성에 의해 파손이 발생할 수 있음을 확인하였다. 해당 문제를 해결하기 위해 표면처리 방법을 산세 공정이 없는 전착도장으로 변경을 검토하였다. 전착도장의 내식성 및 파손 영향성을 확인하기 위해 전기아연 도금이 적용된 제품과 비교 시험하였다. 시험결과 전착도장 제품이 전량 동등 이상의 성능으로 전착도장을 적용할 수 있었다. 본 연구내용을 통해 향후 탄약 개발 시 소재선정 등에 참고자료로 활용되기를 기대한다.

1. 서론

J형 너트는 스테드 결합체와 함께 AA탄의 날개결합체를 결합하기 위해 사용되는 부품으로 형상과 체결 구조는 그림 1과 같다.



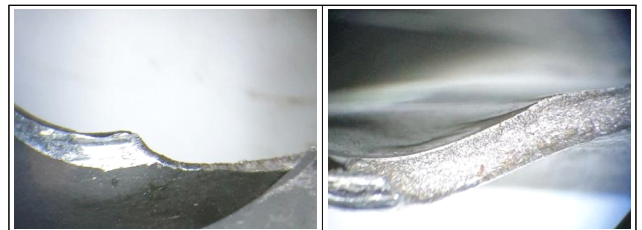
[그림 1] J형 너트 형상 및 체결 구조

BB년 CC전투비행단 등 3곳의 전투비행단에서 운용중인 J형 너트의 약 45.35%에서 파손 및 마모가 발생해 사용자만이 제기되었다. AA탄 운용 중 J형 너트 파손으로 인해 날개결합체가 분리되는 경우 운용상 추가 위험이 발생할 수 있어 문제 해결이 필요한 실정이다. 본 논문에서는 J형 너트가 파손되는 원인을 부품 제작 공정별로 분석하였으며, 원인분석 결과에

따른 해결방안에 관한 내용을 소개한다. J형 너트의 품질개선을 통해 AA탄 운용 간 신뢰성을 확보하며 문제 발생 시 해결을 위한 행정 및 비용 절감의 효과를 기대한다.

2. 원인분석

현미경을 통해 확인한 제품의 파단면은 그림 2와 같다. 파단면이 평형하며 늘어나거나 네킹 등의 소성변형이 없고 피로파괴가 없어 취성파괴로 추정하였다.



[그림 2] J형 너트 파단면

취성파괴에 의해 파단이 발생한 것으로 분석하여, 취성파괴가 발생할 수 있는 요인을 특성요인도 분석을 통해 원자재,

부품가공(프레스), 특수공정(열처리, 표면처리)의 4가지 요인을 식별하였다. 요인별 원인분석 결과는 다음과 같다.

2.1 원자재

J형 너트의 원자재는 KS D 3551의 SK5M 특수마대강으로 원소재 불량에 의한 요인 분석을 위해 화학적 조성/기계적 성질을 분석하였다. 분석결과는 표 1과 같으며 규격을 만족하여 원소재 불량에 의한 요인은 배제하였다.

[표 1] J형 너트 원소재(SK5M) 분석결과

항목	C (%)	Si (%)	Mn (%)	P (%)	S (%)	Cr (%)	Ni (%)	Cu (%)	경도 (HV)
규격	0.80 ~0.90	0.35 이하	0.50 이하	0.03 이하	0.03 이하	0.30 이하	0.25 이하	0.25 이하	200 이하
결과	0.90	0.21	0.38	0.011	0.003	0.14	0.009	0.01	170

2.2 부품가공(프레스)

J형 너트는 전체 형상을 잡는 1차 프레스, 결합 부위 1차 밴딩을 하는 2차 프레스, 결합 부위 2차 밴딩을 하는 3차 프레스로 총 3단계에 걸쳐 성형된다. 이때 치수불량 및 프레스 금형 관리 미흡에 의한 요인 분석을 위해 완성품의 각 공정별 주요 부위 치수, 금형 관리 이력, 공정 중 치수변화에 대해 검토하였다. 확인결과 모든 공정에서 치수는 규격을 만족하였으며 금형 또한 자주/공정 검사를 통해 주기적으로 관리되어 부품가공에 의한 요인은 배제하였다.(치수 및 금형 관리 기준은 도면과 관련된 사항으로 보안상 수치는 비공개)

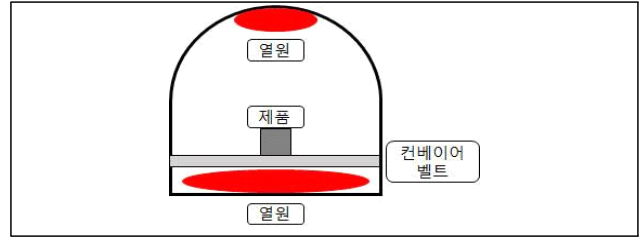
2.3 특수공정(열처리, 표면처리)

2.3.1 열처리

열처리 작업은 켄칭(Quenching)-템퍼링(Tempering)의 순서로 진행된다. 열처리 공정의 경우 열처리로 내부의 위치에 따른 품질 영향성을 확인하였다. 켄칭로 내부 단면은 그림 3과 같으며 컨베이어 벨트를 통해 이동하며 열처리가 진행된다. 켄칭로 위치별 품질 영향성을 확인하기 각각 좌측, 중앙, 우측에 배열하여 열처리를 진행하였다. 결과는 표 2와 같으며 위치에 따른 경도 차이는 없다고 판단하였다.

템퍼링로의 내부 단면은 그림 4의 a와 같다. 내부의구역을 그림 4의 b와 같이 나누고 열처리 후 내부 위치에 따른 경도 값을 측정하였다. 결과는 표 3과 같으며 내부 위치에 따른 경도 차이는 미미한 수준으로 템퍼링로의 내부 위치에 따른 경도 차이는 없다고 판단하였다.

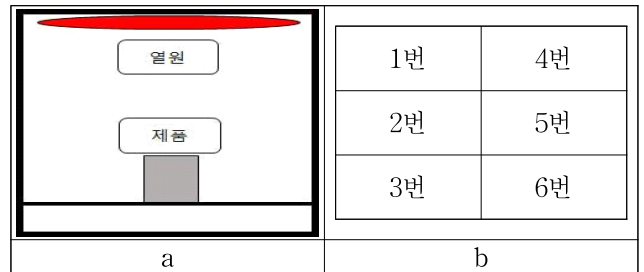
켄칭과 템퍼링 열처리 공정을 확인한 결과 열처리로 내부 위치에 의한 제품별 경도 차이는 없는 것으로 확인되어 열처리 공정에 의한 요인은 배제하였다.



[그림 3] 켄칭로 내부 단면

[표 2] 켄칭로 위치에 따른 경도

위치	좌측			중앙			우측		
	#1	#2	#3	#1	#2	#3	#1	#2	#3
순서									
경도 (HRA)	85	85	85.3	85	84.5	85	85	85.3	85.3
HRC 환산 (평균)	67.1			66.7			67.3		



[그림 4] 템퍼링로 내부 단면

[표 3] 템퍼링로 위치에 따른 경도

위치	경도(HRA)					
	1번	2번	3번	4번	5번	6번
#1	74.5	74.8	74.7	74.7	74.4	74.5
#2	74.5	74.9	74.9	74.6	74.2	74.8
#3	74.7	74.6	74.6	74.3	74.4	74.4
HRC 환산 (평균)	47.8	48.1	48.1	47.8	47.4	47.8

2.3.2 표면처리

J형 너트의 표면처리는 아연도금을 적용한다. 아연도금은 크게 전처리(산세)-아연도금-후처리(수소취성 제거) 단계로 진행된다. 산세는 도금 밀착성 확보를 위한 필수공정이지만 원국광(1987)[1], 우지훈(2016)[2], 양원석 등(2018)[3]의 연구를 통해 산세 공정이 철강의 수소취성을 일으킬 수 있는 것을 확인하였다. 후처리를 통해 수소취성을 제거할 수 있지만, 완벽하게 제거되지 않는 경우 수소취성에 의해 파손이 발생할 수 있어 개선이 필요하였다.

3. 성능개선 및 시험결과

먼저 산세 시간을 줄여 문제를 해결하기 위해 산세 시간에 따른 영향성을 검토하였다. 산세 시간을 달리한 제품을 10회 반복체결 및 체결 후 200시간을 유지하는 방법으로 시험하였으며 시험조건 및 결과는 표 4와 같다. 산세 시간을 줄이는 경우 파손을 방지할 수 있지만 산세 시간이 줄어들면 도금에 부패음이 발생하여 품질문제가 발생하였다. 또한, 관련 기술자료(ASTM B 633, DIN 50961) 확인결과 소재의 인장강도가 약 HRC 45 이상인 경우 전기도금을 적용할 수 없다고 되어 있어 현재 J형 너트에 적용되는 전기아연 도금은 부적합한 방법으로 판단되어 도금방법 변경이 필수적이었다.

[표 4] 산세 시간별 파손 발생 확인 시험 결과

구분		산세 시간					
		15분	30분	45분	60분	90분	120분
시험1	10회 반복체결	0	0	0	0	0	0
시험2	체결 후 200시간 유지	0	0	1EA 파손	2EA 파손	1EA 파손	3EA 파손

전기아연 도금을 대체하기 위해서는 산세 공정이 없으며 현재의 전기아연 도금의 성능을 동등하게 구현할 수 있는 표면처리 방법이 요구되었다. 다양한 표면처리 방법을 검토한 결과 복잡한 형상에도 도막 두께가 일정하여 방청성 및 도장 효율이 뛰어난 전착도장을 선정하였다. 전착도장의 내식성 확인을 위해 전기아연 도금 제품 5개와 전착도장 제품 5개를 제작하였으며, 96시간 염수분무 시험을 수행하였다. 시험결과 두 제품 모두 전량 양호해 전착도장의 내식성이 기존 전기아연 도금과 동등한 성능을 가지는 것을 확인하였다. 다음 문제가 되었던 파손에 관련된 시험으로 앞선 시험과 같이 10회 반복체결 및 체결 후 200시간 유지 후 상태를 확인하는 방법으로 수행하였다. 시험결과 전착도장을 적용한 제품 전량 파손 및 마모가 발생하지 않아 표면처리 대체 방법으로 적절함을 확인하였다. 이후 기술변경을 통해 J형 너트의 표면처리 방법을 변경하였으며 현재까지 같은 문제가 재발하지 않아 효과성을 확인하였다.

4. 결론

본 연구에서는 AA탄에 적용되는 J형 너트의 파손에 따른 원인분석 및 개선방안에 관한 연구를 진행하였다. 원인분석 결과 전기아연 도금의 전처리 공정(산세)으로 인한 수소취성 파괴가 주원인이었다. 문제해결을 위해 표면처리 방법을 전기아연 도금에서 전착도장으로 변경을 검토하였고 성능 확인

을 위해 관련 시험(염수분무, 체결시험)을 하였다. 시험결과 전착도장을 적용한 제품 전량 내식성을 가지고 있으며 체결 시험 간 파손이 발생하지 않아 표면처리 방법 변경을 통한 문제해결이 타당함을 확인하였다.

본 연구는 고탄소강의 내식성 강화를 위해 전기아연 도금 적용 시 발생할 수 있는 한계점에 대해 고찰하였으며, 향후 탄약 개발 시 유사한 소재를 적용하는 경우 참고자료로 활용될 수 있도록 기대한다.

참고문헌

- [1] 원국광, “아연 도금의 수소취성과 대책”, 한국기술사학회지, 제 20권 2호, pp. 45-49, 6월, 1987년
- [2] 우지훈, “표면처리 수소취성의 발생기구 및 아연니켈합금 도금에서의 특성”, 한국표면공학회 2016년도 추계학술대회 논문집, 제 2016권 11호, pp. 126, 11월, 2016년.
- [3] 양원석, 서지원, 안승호, “자동차 강재의 수소취성 연구에 대한 고찰”, 한국부식방지학회지, 제 17권 4호, pp. 193-201, 8월, 2018년.

DOI : <http://dx.doi.org/10.14773/cst.2018.17.4.193>