

3VC7C 형 공기압축기 손상에 대한 야금학적 고찰 A metallurgical study on the Air Compressor Damage-type 3VC7C

박수중*[†], 최영태*

SooChoong Park*[†], YungTae Choi*

Abstract

In case of metal damage of railway rolling stock parts, Scientific and systematic approach shall be certainly carried out. For this, the cause of damage of materials can disclose exactly through metal metallurgy examinations. Material damage and defects are happened by a use condition and use material selection on a design. structural factors. Also, the cause and type of damage have toward direct relevance. In this paper, In order to reveal the metal damage cause of the air compressor-type 3VC7C, We studied the cause and countermeasure through the observation that used metal microscopes and scanning electron microscope regarding failure surface of damage parts and the review regarding parts specification and manufacturing process.

Keywords : Accident investigation, damage diagnosis

초 록 철도차량의 부품의 금속손상 시 과학적이고 체계적인 접근이 반드시 수행되어야 한다.

이를 위해서는 재료의 손상상태를 금속야금학적으로 살펴 봄으로서 손상의 원인을 정확히 밝혀낼 수 있다. 재료의 손상 및 결함은 사용조건과 설계상의 사용 소재 선택 및 구조적인 요인에 의해서 발생되는데, 손상의 원인과 유형도 위와 같은 요인들과 직접적인 관련성을 갖는다.

본 논문은 3VC7C 형 공기압축기의 금속손상원인을 밝히기 위해 손상 부품의 파단면에 대한 금속현미경 및 주사전자현미경을 이용한 관찰과, 손상의 주요원인 이라고 사료되는 부품에 대한 규격서 및 제조공정에 대한 면밀한 검토를 통해 원인과 대책에 대하여 연구 하였다.

주요어: 사고조사, 손상진단

[†] 교신저자: 서울메트로 철도사업처 SE팀 (금속재료기술사) hakusing@seoulmetro.co.kr

* 서울메트로 군자차량사업소 정비팀

1. 서론

부품의 금속피손 발생시 재료의 손상상태를 금속야금학적으로 살펴 봄으로서 사고의 원인을 정확히 밝혀낼 수 있다. 재료의 손상 및 결함은 사용조건과 설계상의 사용 소재 선택 및 구조적인 요인에 의해서 발생되는데, 손상의 원인과 유형도 위와 같은 요인들과 직접적인 관련성을 갖는다.

2. 본론

2.1 3VC75C 공기압축기 구조

모터 구동식 3VC75C 공기압축기는 2 단계 압축 작용을 하는 3 개의 실린더열, 공기냉각압축기능부 및 모터 아마추어가 압축기 크랭크축 연장선상에 조립된 완전 밀폐형 D.C.모터로 구성되어 있다.

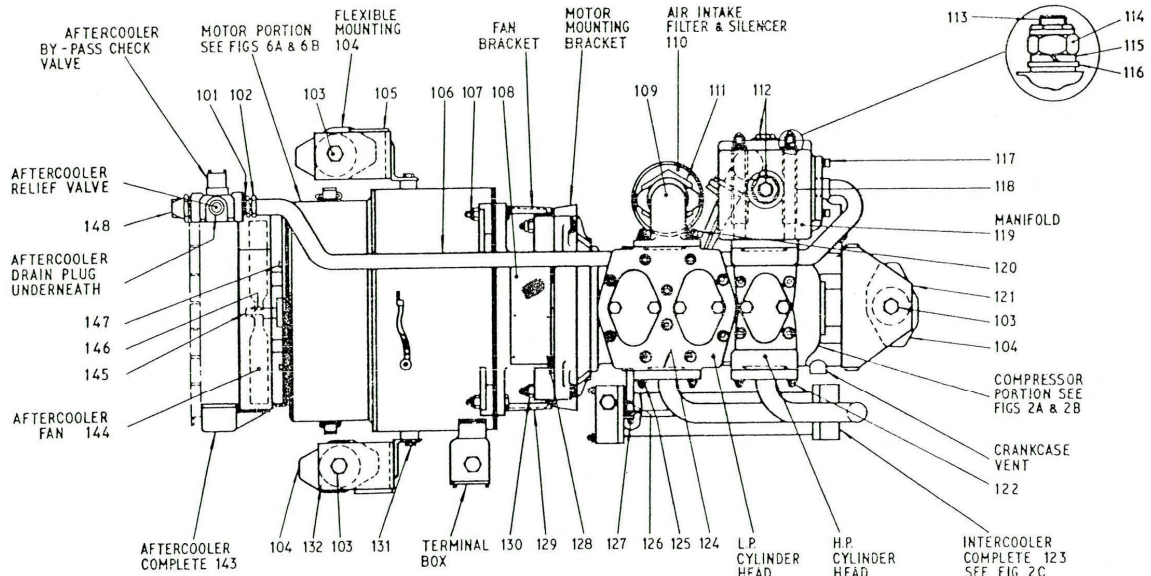


Fig.1. 3VC75C 공기압축기 도면

압축기능부는 윤활유통을 겸한 크랭크실 및 2 개의 저압 실린더는 1 개의 알루미늄 주물로 되어있고 거기에 분리된 구상 흑연 강주물로 된 고압 실린더 삽입시켜 볼트로 고정했다. 크랭크축은 단조강이며, 3 개의 크랭크핀은 120° 씩 서로 동일한 회전각을 이루고 있으며, 평형추가 볼트에 취부되어있다. 2 개의 저압 피스톤은 알루미늄합금이고 고압부는 중량의 균형을 유지하기 위해 주강종으로 되어있다. 각 피스톤은 한개의 테이퍼진 상단부 링과 안쪽으로 계단을 이룬 압축링 및 윗쪽과 아래쪽에 각각 위치한 2 개의 오일링이 끼워져 있다. 한개의 실린더에는 흡입 및 배출변이 있고 저압 및 고압부에는 동일한 밸브가 사용되었는데, 포켓 형상을 하고 있다. 튜브식 중간냉각기는 저압실린더와 고압실린더 사이에 있으며, 구조된 분기관이 고압부 출구에 연결되어 공급관에서의 완충작용을 하기 위한 팽창 챔버

역할을 하고 있다. 중간냉각기의 가장 낮은 부분에 배수변 플러그가 있다. 강제급유식 기어펌프는 크랭크축 끝에 연결 취부되어 작동되며, 유통의 윤활유는 필터를 거쳐 크랭크축과 커넥팅로드의 급유통로를 통해 주베어링, 커넥팅로드 대단부 및 소단부 베어링에 급유한다. 필터에는 조정이 가능한 안전변이 결합되어 있어 윤활유가 유통안으로 되돌아 갈 수 있도록 하며, 직통변(Bypass Valve)은 필터부가 막히는 경우등의 고장시에도 급유가 가능하도록 하고 있다. 팬 브래킷은 모터 취부브래킷에 볼트로 고정되어 크랭크축의 연장부에 취부된 팬과 모터를 일체화 하고 있다.

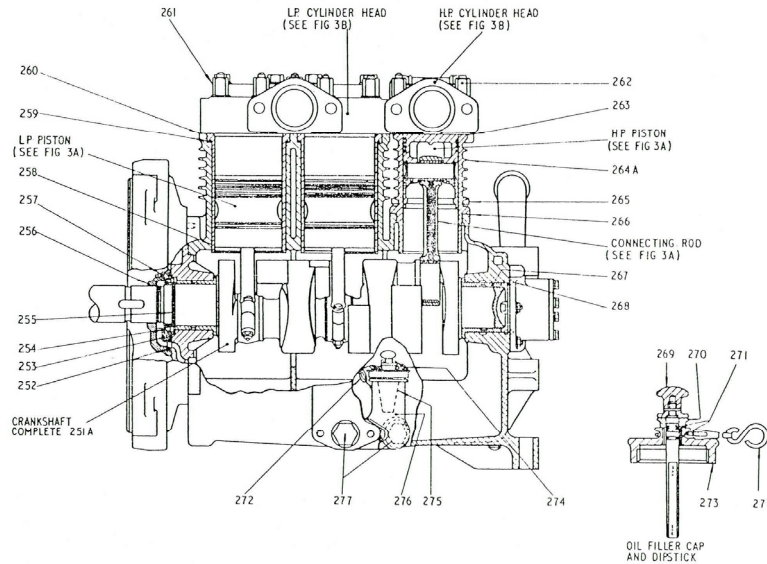


Fig.1. 3VC75C 공기압축기 압축기능부 도면

2.2. 3VC75C 공기압축기 손상진단

공기압축기의 파손상태를 살펴보면 고압실린더고착열화 현상이 관찰되며, 실린더헤드의 파손 과 고압 피스톤이 파손이 관찰된다. 또한 흡배기 밸브 스프링이 파손되어 내부에서 관찰됨에 따라 그 원인은 흡배기 스프링의 파손에 따라 고압실린더내에 금속파편이 피스톤과 실린더 사이에 흡착되어 실린더의 고착과 피스톤의 파손을 야기 한 것으로 사료된다.

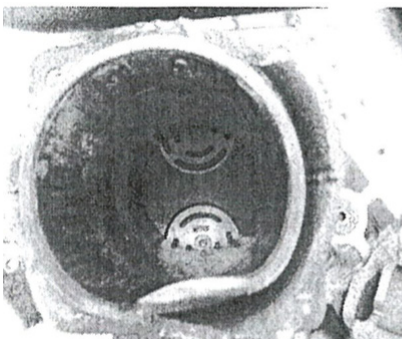


Fig.3. 고압실린더 고착열화

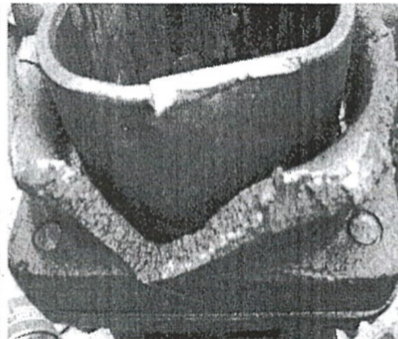


Fig.4. 고압실린더헤드파손

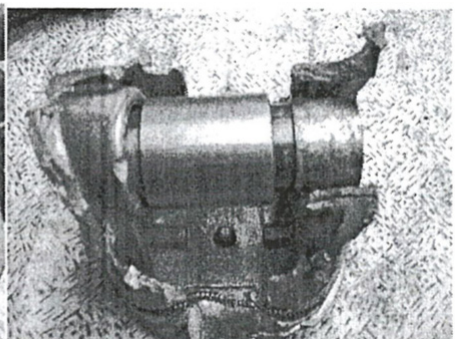


Fig.5. 피스톤파손

2.2.1 3VC75C 흡배기 벨브 스프링의 파손상태

공기압축기의 흡배기 스프링의 파손상태를 관찰해 보면 설계 및 구조상 취약부분 노치가 될 수 있는 내측 모서리나 구멍 부분에서 파손이 일어난 것이 아니라 불특정 부위에서 파손이 일어났음을 알 수 있다.



Fig.6. 흡배기벨브 스프링의 파손상태 1



Fig.7. 흡배기벨브 스프링의 파손상태 2

파손된 스프링의 주사전자현미경으로 저 배율로 확대해서 관찰해본 결과 파손 부위에 표면 흠과 균열이 발견된다.

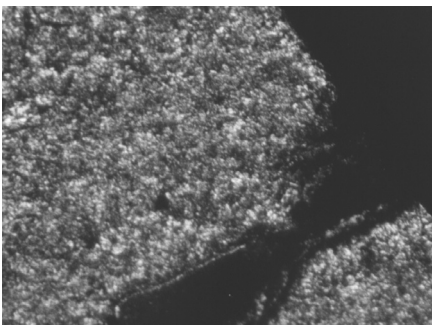


Fig.8. 흡배기벨브 스프링 표면흠

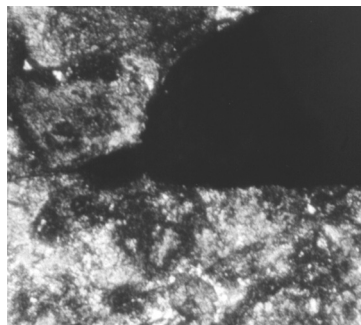


Fig.9. 스프링 표면노치

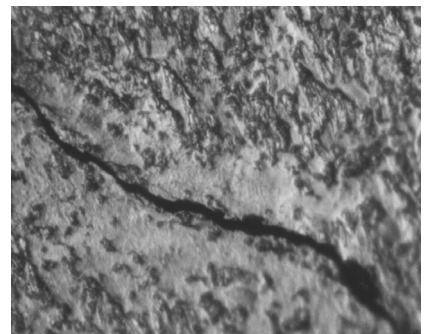


Fig.10. 스프링 Crack

2.2.2 3VC75C 흡배기 스프링 신품의 관찰

사용하지 않은 신품스프링의 주사전자현미경으로 저 배율로 확대해서 관찰해본 결과 다수의 표면 노치 및 흠이 발견과 함께 균열이 발견되었다.

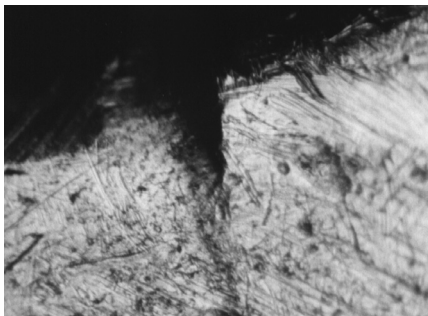


Fig.11. 스프링 표면노치

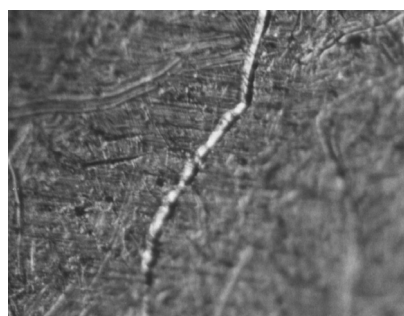


Fig.12. 스프링 Crack

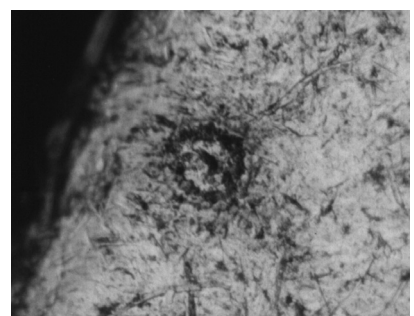


Fig.13. 스프링 표면 흠

2.2.3 3VC75C 흡배기 스프링 의 열처리 전후의 금속조직 비교관찰

사용하지 않은 신폼스프링의 열처리 전과 후의 금속조직을 관찰결과 열처리후의 금속조직에서 크롬 탄화물이 증가된 것과 그 크기가 증가된 것을 알 수 있다.

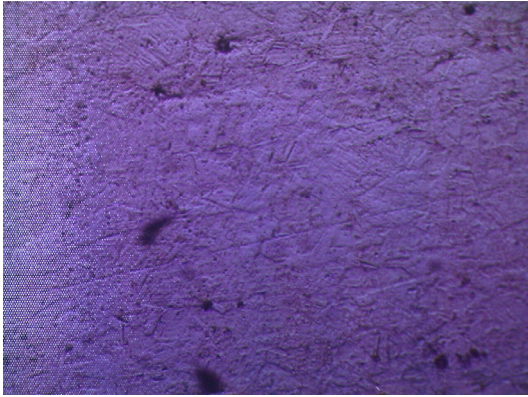


Fig.14. 열처리 전 금속조직



Fig.15. 열처리 후 금속조직

2.2.4 3VC75C 파손손원인 분석 결과

스프링판의 파손사진을 보면 설계 및 구조상 취약부분 노치가 될 수 있는 내측 모서리나 구멍 부분에서 파손이 일어난 것이 아니라 불특정 부위에서 파손이 일어났음을 알 수 있다. 손상부 및 주변부 Micro 사진을 보면 표면 흠과 그곳에서 시작된 파손부와 균열을 볼 수 있다. 또한 육안으로 볼 때 건전한 신폼에서도 표면 흠을 발견할 수 있는데, 이는 제조과정에서 발생한 흠으로 사료된다.

스프링 판의 형상 균히기 작업 400 °C 열처리작업후의 사진을 보면 열처리 전에 비해 크롬 탄화물의 양이 증가해 있음을 알 수 있다. 크롬탄화물이 과다 석출할 경우 취성이 증가하여 충격에 약해 지게 된다. 스웨덴 SANDVIK사의 재질 카다로그에 따르면 7C27M02재질에 대한 기계적 성질변화를 최소화 하기 위한 열처리 온도를 350 °C 이하로 하도록 명시 하고 있다.

위의 사항을 살펴볼 때 스프링 판의 절손 원인은 스프링의 형상 균히기 열처리온도 350°C 이하를 준수하지 않고 400 °C의 온도에서 열처리함에 따라 크롬탄화물 과다 발생하여 스프링의 재질 취화된 것과 부품 재료의 기계가공 중 발생 한 표면 흠에 의해 밸브사용 환경 (130°C - 230°C) 의 열악한 환경에서 반복동작에 의해 표면 흠이 노치 효과를 나타내 균열이 발생하고 균열이 성장하여 파단에 이른 것으로 사료된다.

이를 방지하려면 제작과정 중 열처리 온도 준수와 기계가공 중 표면 흠이 발생 하지 않도록 하여야 하며 검수 및 정비에서 할 수 있는 조치 사항은 밸브의 교환 주기를 단축하는 방법이 있다.

3. 결 론

공기압축기의 고압실린더고착열화 및 실린더헤드의 파손, 고압 피스톤이 파손파손원인은 흡배기벨브의 스프링 파손에 따라 고압실린더내에 금속파편이 피스톤과 실린더 사이에 흡착된 것에 의한 것이다. 이는 흡배기벨브스프링의 파손원인은 형상 균히기 열처리온도 350℃ 이하를 준수하지 않고 400 ℃의 온도에서 열처리함에 따라 크롬탄화물 과다 발생하여 스프링의 재질 취화된 것이 1차원인이며, 스프링의 기계가공 중 발생 한 표면 흠이 2차 원인이 되어 (130℃ - 230℃) 의 환경에서 반복동작에 의해 표면 흠이 노치 효과를 나타내 균열이 발생하고 균열이 성장하여 파단에 이른 것으로 사료된다.

위의 결과를 종합해보면 흡배기 벨브의 스프링제작에서 사소한 규정 미 준수가 공기압축기 파손으로 이어 졌음을 알 수 있었다. 이를 방지하기 위해서는 부품 납품 시 철저한 품질관리가 요구 된다.

참고문헌

- [1] 김정근, 박해웅 공역 '금속재료의 균열과 파괴' 초판 도서출판 골드 pp123-132 (2003)
- [2] 박수중, 임상윤, 서울메트로 '차량분야 연구발표회' (2001) '전동차 부품의 금속손상 진단 및 결함원인 규명을 통한 안전사고 방지대책'
- [3] Howard B.Cary, 'Msonern welding Tehchnology' Fifth edition 피어슨 에듀케이션코리아(주) pp.715-735 (2002)
- [4] 石井勇五郎 '신판 비파괴 검사공학' , 두산동아 pp.127-131 (1999)
- [5]. 조종춘외 13명 '금속손상진단' 초판 진영사 pp.201-205 (2002)