

국방분야 베어링 도면정비 및 관리방안 연구

A Study on the Correction and Management of Bearing Drawings in the Defense Field

이일랑^{1*}, 김태원²

Il-Lang Yi^{1*}, Tae-Won Kim²

〈Abstract〉

In this paper, we introduce the results of investigating and overhauling bearing drawings in the defense field, and propose an effective bearing drawing management system. We identify the features and performance items that must be regulated in the bearing drawing. After reviewing the validity of the bearing drawings, we classify the incorrect drawings by factor. To achieve greater effect, standardized formats are needed to incorporate into the drawing in the early stage. We propose the introduction of a bearing drawing management system so that the developing bearing technology can be applied quickly to the defense sector. As other elementary parts of the machine have similar problems, we think this study will help develop improvement plans.

Keywords : Bearing, Drawing, Specification, Standardization, Defense

1* 정회원, 국방기술품질원 기동화력기술팀, 선임연구원,
E-mail: ily@dtqa.re.kr

2 국방기술품질원 품질기획팀, 선임연구원

1* Land Systems Engineering Team, Defense Agency for
Technology and Quality

2 Quality Planning Team, Defense Agency for Technology
and Quality

1. 서론

회전축과 지지대 사이의 마찰을 최소화하여 기계작동의 효율을 향상시키는 베어링은 대부분의 산업에서 중요하게 쓰이는 핵심 기계요소부품으로써 무기체계의 무장, 동력, 현수, 통신, 제어 등 주요 장치에 다양한 형태로 적용되어 군수품 성능과 신뢰성은 물론 군 전력에 큰 영향을 미친다. 적절하지 못한 품질과 성능의 베어링 적용은 때에 따라 심각한 문제를 야기할 수 있다. 예를 들어, 유도무기의 방향을 결정짓는 회전체용 베어링이 고장날 경우 원하는 목표를 타격할 수 없고, 전차 변속기에 적용되는 베어링에 문제가 생길 경우 동력전달이 원활하지 못하여 기동이 어려워지므로 큰 전력을 손실할 수 있다.

베어링은 이와 같이 중요한 역할을 수행함에도 불구하고, 국내 제조시설 및 기술력이 미흡하여 해외 메이저 제조사(SKF, FAG, NSK 등)에 대한 의존도가 높다. 또, 적용분야에 대한 충분한 이해 없이 적정한 베어링 선정 절차를 밟지 않은 채 설계가 이루어져 단순히 제안된 해외공급사 정보만 기재하고 주요 성능, 형상정보, 품질기준 등이 없거나 잘 못 표기한 불완전한 국방규격이 제정되는 경우도 적지 않다.

국방도면은 민수분야의 단체·국가·국제 표준규격을 인용하여 재질, 형상, 정밀도 등을 규제함으로써 표준품 적용 기회를 주고 있으나, 빠르게 변화하고 발전하는 민수규격을 적시 반영하지 못하여 폐지되거나 맞지 않는 규격이 오랫동안 도면에 인용되어 생산이나 조달에 혼란을 야기하기도 한다.

저품질의 베어링이 군수품에 적용되는 것을 방지하기 위해서는 다양한 방법이 있겠지만, 가장 쉽고 근본적인 접근은 국방규격의 완전성을 높이고 정기적으로 최신화 하는 것이다. 근본적인 원

인제거를 위해서는 모든 이해관계자가 무기체계 수명주기에 관계없이 접근하여 이용할 수 있는 공통의 데이터베이스 기반 플랫폼이 필요하다. 데이터베이스를 이용한 제품 전 주기 정보관리 방안연구 사례는 어렵지 않게 찾을 수 있다. J. A. Jones[1]는 제품 수명 동안 현장의 고장 정보를 수집하고 분석하는 방법론을 제시하였고, Mohamed El-Mehalawi[2]는 CAD모델을 이용하여 기계부품을 데이터베이스화하는 절차를 제안하였으며, Y. Hatamura[3]는 고장관련 정보를 분류하여 저장하고 활용하는 실용연구를 소개하였다. 또, Hoon Jung[4]은 철도차량의 차축베어링 고장진단을 위한 빅데이터 기반 머신러닝 기법을 제안하였고, Yong-Hwan Bae[5]는 인공지능망을 이용한 고장정보를 다루는 연구를 수행하였다. Suk-su Kim[6]은 건축도면 표준화를 위한 방법을 제시하였다.

본 논문에서는 현재 많이 쓰이는 국방분야 베어링을 대상으로 도면의 적정성을 조사 및 분석하고, 실제 군수장비에 적용중인 베어링 정보와 비교하여, 도면내용을 정비(최신화/현실화)하는 연구 과제 일부를 정리하여 소개한다.

2. 국방분야 베어링 도면현황 조사·분석

2.1 국방 기술자료 작성현황

베어링의 설계, 제작, 조달, 품질보증 방법을 규정하는 국방 기술자료는 국방규격서, 도면, 품질보증요구서(QAR: Quality Assurance Report, 이하 QAR), 포장제원표로 구성된다. 제목에 ‘베어링’을 포함하는 국방 기술자료는 0,000종이며, 국방도면은 0,000종으로 Fig. 1과 같이 전체의 84%를 차지한다.

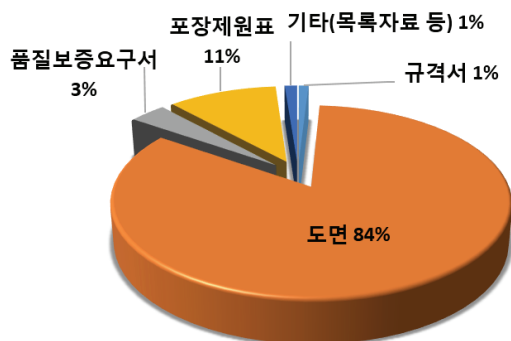


Fig. 1 Defense specifications of bearing

전체 도면에서 ‘구름 및 미끄럼베어링’은 0,000 종이 식별되었고, 이 중 ‘적용장비가 양산중이거나 최근 5년간 조달실적이 있는 운용·유지단계 베어링 도면’ 즉, 현재 사용되고 있는 도면은 총 466종으로 확인되었다. 세부 분류는 구름베어링 296종, 미끄럼베어링 170종으로 Fig. 2와 같으며, 구름베어링 도면 작성현황은 Fig. 3과 같다.

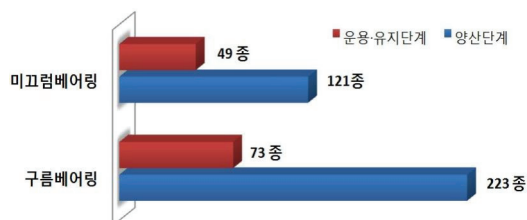


Fig. 2 Classification of bearing drawings

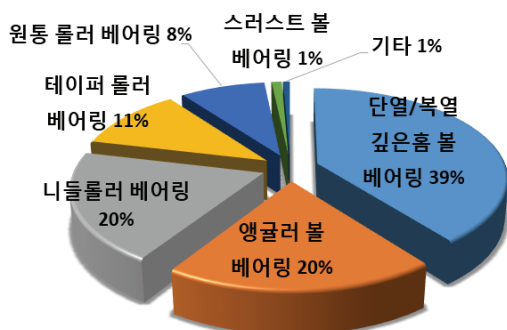


Fig. 3 Classification of rolling bearings

실제 형상과 다른 도면명을 사용하는 경우가 많고 분류체계가 분명하지 않아 베어링 관리체계 구축과 함께 새로운 정립이 필요하다. 일반적인 볼 및 롤러베어링이 대부분을 차지하고, 기타에는 곡면가이드베어링, 분류가 어려운 주문 제작형 특수 베어링 등이 포함된다.

2.2 제안된 공급원 현황

개발 시 설계자는 베어링의 운용환경 및 작동 조건을 고려하여 상용품 또는 표준품 적용여부를 결정한 후 국방규격을 작성한다. 무기체계에 적용되는 베어링은 높은 성능 및 신뢰성을 요하는 경우가 많아 국내외 시장에서 일반적으로 통용되는 베어링이 아닌 특수 주문제작품을 사용해야 할 때가 있다. 이 경우 설계자는 상세 도면이나 QAR를 작성하여 베어링의 형상, 성능, 신뢰성, 내환경성 관련 기준정보와 시험절차 등을 국방규격화해야 한다. 반대로 일반적인 상용 베어링 적용이 가능할 경우 도면에 설계자가 선정한 제품의 간단한 형상정보와 함께 ‘제안된 공급원’이라는 항목으로 제작사와 형번을 작성할 수 있다. 이 경우 한 개 회사에 특허를 주지 않기 위해 허용하중, 최대회전수 등 기본 성능을 규제하여 다른 업체 제품 또한 사용가능하도록 조치해야 한다. 연구대상 구름 베어링 도면에서 주로 제안되는 업체는 Fig. 4와 같다. 구름베어링에 비해 미끄럼베어링 도면의 제안된 공급원 수는 상대적으로 적다. 이것은 글로벌 대형 제작사에 의해 사실상 산업표준화된 구름 베어링과 달리 미끄럼베어링은 형태가 다양하고 아직 시장에서 독보적인 위치에 있는 업체가 부족하여 많은 중소기업체가 제작하고 있기 때문이다. Fig. 4는 유효성 검토 전 조사한 결과로써 베어링 제작사 간 인수합병이나 더 이상 생산하지 않는 제품 등을 고려할 경우 다소 달라질 수 있다.

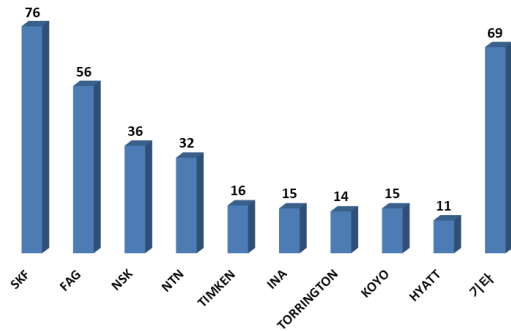


Fig. 4 Proposed suppliers in drawings of rolling bearing

2.3 민수 표준규격에 대한 인용현황

수동식 힌지에 적용되는 베어링과 같이 단순 기능만을 요하여 세부적인 규제가 필요치 않을 경우에는 제안된 공급원 정보가 포함된 별도의 도면을 제정하지 않고, 상위조립체 도면에서 민수표준 규격(KS, ISO, DIN 등)만으로 베어링을 규정할 수 있다. 즉, 민수표준을 만족하는 베어링 이용이 가능하므로 모든 납품업체에게 균등한 기회를 부여할 수 있다. 국방분야 베어링 도면에서 재질, 치수, 정밀도를 규제하기 위해 인용하는 대표적인 민수분야 표준규격은 Table 1과 같이 정리할 수 있다.

민수 표준규격을 인용하여 도면 내용을 간단하게 만들고, 표준품 적용을 활성화할 수 있지만, 빠르게 발전하고 변화(개정, 폐지, 대체, 통폐합 등)하는 민수규격을 적시에 국방도면에 반영하는 것은 해결해야 할 문제이다. 이미 폐지되었거나 다른 표준규격으로 대체되었음에도 불구하고, 여전히 예전의 표준규격을 인용하고 있는 베어링 국방도면 00매가 확인되어 일괄 최신화 하였다. 향후 주기적으로 점검 및 최신화할 수 있는 효과적인 관리방안을 4장에서 제안한다.

Table 1. Major cited standard specifications

	국내	국외	비고
구름요소(볼 및 롤러), 내륜 및 외륜	KS D 3525	ISO 683-17 ANSI/ASTM A295 52100 DIN 100Cr6 JIS G 4805 등	고탄소 크롬 베어링 강재 : STB2 등
리테이너	KS D 3512	ISO 3574 DIN EN 10111 JIS G 3141 등	냉간 압연 강판 및 강대 : SPCC 등
	KS D 6024	DIN EN 1652 JIS H 5120 등	구리 및 구리합금 주물 : CAC503A 등
치수			
베어링	KS B 2013, KS B 2027	ISO 15, ISO 355 DIN 625-1, DIN 628-4, DIN 630, DIN 720 JIS B 1512 등	구름 베어링의 주요 치수, 테이퍼 롤러 베어링 등
볼	KS B 2001	ISO 3090, ISO 3296 등	볼 베어링용 전용체 치수 등
롤러	KS B 2002	ISO 3290 등	롤러 베어링용 전용체 치수 등
정밀도			
일반급 베어링	KS B 2014	ISO 492 DIN 620-2, DIN 620-3 JIS B 1514 등	레디얼 베어링의 회전 정밀도에 대한 허용치 등
정밀 기기 베어링	KS B 1224	ISO 1224 등	정밀기기 베어링의 경계치수, 공차 및 특성 등

3. 비유효한 베어링 국방도면 정비

3.1 도면 정비 절차

연구대상 베어링 국방도면 466매의 유효성을 확인하고, 문제가 있다고 판단되는 도면의 개정(안)을 만들어 검증한 후, 최종 기술변경하는 일련의 규격정비는 Fig. 5와 같은 절차에 따라 수행할 수 있다.



Fig. 5 Correction process of bearing drawings

전체적인 작성 현황을 파악하기 위해 먼저 도면의 내용을 데이터베이스화하여 주요 정보의 누락, 중복, 오기 정보 등을 식별하였다. 베어링 도

면에서 반드시 규제되어야 할 형상 및 성능 정보를 유관 기관 간 협의를 거쳐 Table 2와 같이 정의하고, 일관된 기준에 따라 유효성을 검토하고 판단하였다. 특히 제안된 공급원 정보가 없는 도면은 Table 2의 필수 규제항목[7]이 없거나 잘못 되었을 경우 정확한 정보를 찾아 보완하기 위해 체계업체 등과 협조하였다. 비유효한 도면의 1차 정비는 도면 DB 보완과 함께 이루어졌다. 그 결과물을 ‘표준화DB’라고 명명하고 실제 적용중인 베어링 정보를 조사결과와 관련 기관/업체 의견을 수렴하여 DB의 정교함을 단계적으로 높여 갔다. 완성된 표준화DB를 이용하여 도면을 개정하고, 다시 한번 관련 기관의 검토의견을 반영한 후 형상통제 심의를 거쳐 최종 기술변경을 완료하였다.

Table 2. Key performance items for bearing drawings

규격정비(표준화) 항목	대상 베어링	비고
치수 및 공차 - 내경 / 내경공차 - 외경 / 외경공차 - 폭 / 폭 공차 - 기타 치수 / 공차 정보	구름베어링, 미끄럼베어링	필수 항목
정격 하중 - 동 정격하중 - 정 정격하중	구름베어링	
최대 하중	미끄럼베어링	
최대 PV(Pressure-Velocity)		
최대 허용 회전수	구름베어링	
내부 틈새		
재질(볼, 내외륜, 리테이너 등)	구름베어링, 미끄럼베어링	선택 항목
특수열처리		
라이너 및 코팅		
제안된 공급사 정보		

3.2 도면 유효성 검토

베어링 도면의 유효성을 확인한 결과, Table 3과 같이 총 42%의 도면이 개선 대상으로 식별되

었고, 대표적인 문제요인으로는 Table 4에서 나타난 바와 같이 성능정보의 오류, 공급원정보의 오류, 형상정보의 오류, 부품번호의 오류 순으로 그 빈도가 높게 나타났다. 본 논문에서는 공급원 정보와 인용규격에 대한 문제 사례를 요약하여 소개한다.

Table 3. The result of validity test

형 태	대상도면(매)	유효(매)	비유효(매)
구름베어링	296	139 (47%)	157 (53%)
미끄럼베어링	170	133 (78%)	37 (22%)
합 계	466	272 (58%)	194 (42%)

Table 4. Causes of invalid bearing drawings

구 분	건수 (비율, %)	문제 요인
성능 정보	00 (36%)	치수, 공차, 재질, 허용하중, 허용회전수, 경사각, 등의 오기·누락·오류
공급원 정보	00 (26%)	비 공급사명 명시, 공급사 인수합병, 공급사명 변경 등 오기
형상 정보	00 (18%)	형상-부품번호 상이, 형상-도면명 상이, 단순 형상정보(치수등) 누락 등
부품 번호	00 (12%)	부품번호-형상 상이, 비유효 부품번호, 부품번호 누락·오기 등
기타	00 (8%)	인용규격의 폐지/전환, 도면 중복 작성, 불필요 도면 제작 등 단순오기
계	000 (100%)	

제안된 공급원의 유효성을 검토하는 과정에서 많이 발견된 문제는 업체 간 인수합병된 정보와 더 이상 생산하지 않는 형변의 제품정보가 도면에 반영되지 않는 것이다. INA사와 FAG사가 SHAEFFLER 그룹의 소속사로 변경된 후 니들롤러베어링을 INA사만 생산하고 있는데, 도면에는 아직도 FAG사의 베어링이 제안되고 있는 것이 하나의 사례가 되겠다. 또한 MTU, ALLISON TRANSMISSION,

AIT 등 베어링 제작사가 아닌 엔진/변속기 업체, 도매/무역업체가 공급원으로 제안되는 도면이 있다. 개발 시 공급받고 있는 업체(또는 상사)명을 도면에 기재한 것으로 양산시에는 문제 발생 소지가 적으나 운용유지단계에서 군의 조달요구가 어렵고 단가 또한 베어링 제작사로부터 공급받는 것 비해 높다. 따라서, 이런 도면은 실제 적용중인 베어링을 조사하여 제안된 공급원을 추가하여 사용자의 선택의 폭을 넓혀야 한다.

제안된 공급원이 없는 도면 중 일부는 상용품이나 표준품으로 대체 가능한 것으로 식별되어 별도의 상용화 전환 절차에 따라 추진하였다. 상용품 적용은 불필요한 상세형 국방규격 작성을 방지하고, 소량 주문제작에 따른 과도한 비용을 절감하는 효과를 주지만, 전술한 바와 같이 업체간 또는 업체내에서 발생하는 변동(예, 인수합병, 베어링 형상/재질 변경 등)을 주기적으로 모니터링해야 하는 어려움이 있어 효과적인 도면관리 방안 마련이 필요하다.

민수분야 표준규격을 인용한 도면에서 발생하는 문제는 크게 2가지로 분류할 수 있다. 하나는 이미 폐지되었거나 개정 또는 대체되어 유효하지 않은 표준규격이 도면에 남아 있는 것이고, 다른 하나는 관계가 없는 즉, 잘못된 표준규격을 인용하는 것이다. 규격이 최신화되지 않은 것은 주로 재질 관련된 내용이 23건으로 가장 많았다. 2001년도에 폐지된 KS D 6007이 부시형 미끄럼베어링의 재질로 인용되고, 더 이상 유효하지 않은 냉간 압연 강판 호칭(SCP1 등)을 그대로 사용하는 것이 대표적인 사례가 될 수 있다. 잘못된 규격 인용은 베어링 치수관련 표준인 KS B 2013에서 정밀등급을 설명하는 등 치수, 정밀도, 하중계산과 관련된 내용이 0건이 확인되어 일괄 개정하였다.

3.3 도면정비 결과

검증이 완료된 DB를 이용하여 실제 도면을 개정하고, 기술변경제안서를 작성하여 관련기관 검토를 받은 후, 최종 형상통제 심의를 통해 후속조치를 실시하였다. 베어링 부속부품을 포함한 정비 결과를 정리하면 Table 5와 같다.

Table 5. Correction result of defense drawings of bearing

대 상	구 분	도면 수량
구름/미끄럼 베어링	개정(양산)	134매
	개정(운용)	60매
	KS 전환	25매
	상용품 전환	127매
합 계		346매

양산단계 베어링은 체계업체에서 도면을 관리하고 있으므로 개정(안)을 전달하여 기술변경 후속조치를 요청하였고, 운용단계 베어링은 군 및 관련기관의 의견을 수렴한 후 국방기술품질원에서 직접 기술변경 후속조치하였다. KS전환대상(표준품 적용대상)은 국방부 관련심의회에 상정하여 승인받은 후 도면 개정을 실시하고, 상용품 전환 대상은 경제성 분석 후 유관기관과 협의하여 기술변경 여부를 결정해야 한다.

4. 효과적인 베어링 도면 관리방안

앞서 언급한 바와 같이 베어링은 대부분의 무기체계에 적용되는 핵심 기계요소임에도 불구하고 Table 6과 같은 사유로 인해 국방도면 제정과 관리에 어려움이 발생한다. 베어링 관련 국방표준이 부재하고, 개발, 양산, 운용유지단계별 국방도면

관리주체가 달라 서로 정보가 유통되지 않아서 발생하는 문제들이다.

Table 6. Difficulties in managing defense drawings

원 인	야기되는 문제
국내 설계·제작기술 미흡 및 높은 해외 의존도	부정확한 도면 제정으로 저품질 베어링 전력화
개발기관 및 업체 간 정보공유 미흡	불필요한 중복도면 제정 및 조달 규모 축소
정기적이고 체계적인 개정절차 미흡	발전·변화하는 민수분야 기술 반영 지연
표준화된 도면 포맷 부재	규제항목 남발로 조달 및 품질보증 제한

앞서 2, 3장에서 소개한 조사·분석 결과와 같이 베어링 국방도면은 제안된 공급원 정보와 민수분야 표준규격을 상당부분 포함 및 인용하고 있으며, 부분적으로 방위산업에 특화된 주문제작 베어링을 다룬다. 이러한 내용을 저장한 후 통합 관리하는 베어링 데이터베이스 시스템을 Fig. 6과 같이 구축하여 정기적으로 최신화 하고 검색, 입력, 수정 등이 수월한 인터페이스를 제공한다면 개발자나 품질보증담당원(이하 품보원), 군인 등이 각자의 목적에 맞게 참고하여 베어링 도면을 제·개정하거나 활용할 수 있을 것이다.

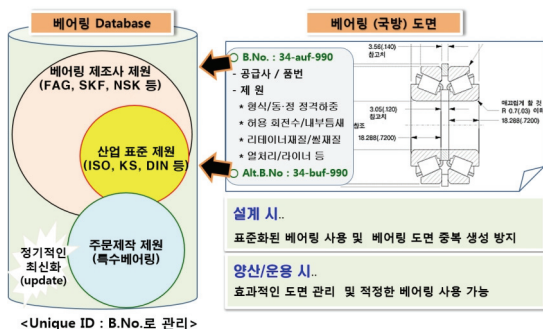


Fig. 6 Schematic of bearing management system

개발기관은 베어링 도면 제정 전 동일 도면이 존재하는지 조사할 수 있고, 어렵지 않게 제안된 공급원이나 관련 기술자료를 확보할 수 있다. 품보원이나 군인은 개발 후 민수분야 기술정보가 변경될 때마다 도면별로 하나씩 개정하지 않아도 된다. 베어링 DB가 공급사 정보나, 민수 표준규격을 ‘B.No.’라는 유일한 ID체계로 갖고 있고 베어링 도면은 이를 포인팅만 하고 있으므로, 민수분야 정보가 변경될 때 베어링 DB만 최신화하면 이를 인용하는 모든 도면은 자동으로 개정되는 효과를 얻을 수 있다.

기술변경 관련 품보원이나 개발기관/업체의 업무 효율성은 크게 높아질 것으로 보이며, 중복도면 작성이 원천적으로 차단되므로 규격관리기관의 업무량도 줄어든 것이다. 또한, 무기체계별로 서로 다른 기준에 의해 개정이 되거나 안 되는 문제와 개정이 될 경우 서로 다른 형태로 수행되는 등의 일관성이 결여되는 문제 또한 해결될 수 있다. 시간이 흐름에 따라 축적된 베어링 기술정보는 다른 체계개발 시 유용하게 응용될 수 있으며, 선진국 대비 뒤쳐진 요소부품 설계 및 제작기술을 확보할 수 있다. 베어링 DB를 통해 표준화/상용화/단일화를 유도할 수 있어 군수 분야의 큰 약점 중 하나인 규모의 경제를 달성할 수 있다. 즉, 체계 또는 사용군 별로 조달하지 않고 동일한 베어링을 일괄 구매하여 소요처에 배치할 수 있다.

5. 결 론

본 논문은 국방분야 베어링 도면 작성 현황을 조사·분석한 후 비유효한 베어링 도면을 식별하여 일괄 최신화/현실화/표준화한 내용 중 일부를 소개한다. 유사 연구사례를 찾을 수 없어 수행 내용과 결과의 적절성을 비교분석하기 어려우나, 논

문에서 제안하는 절차와 방법은 국방 분야에 적용되는 다른 기계요소부품 또한 동일한 문제를 갖고 있으므로 확대 적용이 가능할 것으로 판단된다. 본 연구를 통해 베어링의 소재와 요소부품 확보가 곤란하거나 비유효한 품질기준 등의 현장 애로사항이 감소되어 군수품의 생산성과 품질 신뢰성이 증대될 것으로 기대된다.

보다 높은 효과를 얻기 위해서는 설계단계부터 표준화된 정보를 도면에 규제하기 위해 노력하고, 정기적인 업데이트가 가능하도록 베어링 도면 관리체계를 전산화하여 관리해야 한다. 4장에서 제안하는 베어링 도면 관리 체계는 베어링별 관리항목을 정의하고, 주문제작품에 대한 표준포맷을 구체화하는 등 추후 연구과제가 남아 있다. 양산과 운용유지단계에서 발생하는 현장의 문제들 또한 시스템에서 다루어 개발기관으로 환류할 수 있는 방안도 고민해야 할 것이다.

참고문헌

- [1] J. A. Jones, J. A. Hayes, "Use of a field failure database for improvement of product reliability", *Reliability Engineering & System Safety*, Vol. 55, Issue 2, pp. 131-134, (1997).
- [2] Mohamed El-Mehalawi, R Allen Miller, "A database system of mechanical components based on geometric and topological similarity. Part I: representation", *Computer-Aided Design*, Vol. 35, Issue 1, pp. 83-94, (2003).
- [3] Y. Hatamura, K. Iino, K. Tsuchiya, T. Hamaguchi, "Structure of Failure Knowledge Database and Case Expression", *CIRP Annals*, Vol. 52, Issue 1, pp. 97-100, (2003).
- [4] Hoon Jung, Moonsumg Park, "A Study of Big data-based Machine Learning Techniques for Wheel and Bearing Fault Diagnosis", *Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society*, Vol. 19, No. 1, pp. 75-84, (2018).
- [5] Yong-Hwan Bae, Sang-yeob Oh, "Development of Intelligent Fault Diagnosis System for CIM", *Journal the Korean Society of Industry Convergence*, Vol. 7, No. 2, pp. 199-205, (2004).
- [6] Suk-su Kim, Jae-ho Song, "A Study on the Optimization Plan for Standardization of Engineering Drawing", *Journal the Korean Society of Industry Convergence*, Vol. 23, No. 1, pp. 57-64, (2020).
- [7] Tedric A. Harris, Michael N. Kotzalas, "Essential Concepts of Bearing Technology", *CRC Press*, pp. 10-39, (2006).

(접수: 2020.03.12. 수정: 2020.03.31. 게재확장: 2020.04.01.)