

Project Management for the Productivity Improvement of Small and Medium-sized Enterprises (SMEs): Industrial Machinery and Equipment Manufacturing Enterprises

Youngmin Song[†] · Jongpil Jeong^{**} · Byungjun Park^{***}

ABSTRACT

In this paper, it was found that most of the machinery facilities problems generated by clients could be prevented in advance by systematically managing the mechanical equipment production process of small and medium enterprises (SMEs) that produce machinery facilities. Major point of this process is to establish an operating system that corresponds to reality of facility manufacturers as it represents 63% of machinery facilities problems that occur in customers and is a task that needs to be solved most intensively. Technical issues account for 23% of machinery facilities problems occurring at the client's companies and should be approached from a long-term perspective as they are directly related to the technical capabilities of the manufacturers. Organizational problems account for 14% of machinery facilities problems occurring in customer companies, and can change depending on the relationship of members and the nature of the human being, such as morality and motivation. In addition, we propose the establishment of an Internet-based production process management platform for smooth and efficient transfer of information between customers and machinery facilities manufacturers.

Keywords : SMEs, Production Improvement, Process Problem, Technical Problem, Organizational Problem, Manufacturing Process Management, Machinery Facility

중소기업 생산성 향상을 위한 기계설비 제작 프로젝트 관리: 산업기계설비 제조기업을 중심으로

송 영 민[†] · 정 종 필^{**} · 박 병 준^{***}

요 약

본 논문에서는 고객사에서 발생하는 기계설비 문제점의 대부분은 기계설비를 제작하는 중소기업의 기계설비 제작공정을 체계적으로 관리하여 사전에 예방할 수 있다는 것에 착안하여, 중소기업에서 납품 이후에 발생하는 기계설비 문제점의 유형을 3가지로 분류하고 각각에 대하여 대응 방법을 제시한다. 프로세스적인 문제는 고객사에서 발생하는 기계설비 문제점의 63%를 차지하며 가장 중점적으로 해결해야 할 과제로 설비 제작업체 현실에 맞는 운영체계를 정립하는 것이 핵심사항으로 진단이 정확하다면 단기간에 문제를 획기적으로 줄일 수 있다고 판단된다. 기술적인 문제는 고객사에서 발생하는 기계설비 문제점의 23%를 차지하며 기계설비 제작업체의 기술적인 역량과 직결되는 사항으로 장기적인 관점으로 접근할 사항이다. 조직관리적인 문제는 고객사에서 발생하는 기계설비 문제점의 14%를 차지하며 구성원 간의 관계 형성과 일하는 분위기 및 도덕성과 동기 부여와 같은 인간 본성에 따라 변화하는 문제로 설명할 수 있다. 또한, 고객사와 기계설비 제작업체 간의 원활하고 효율적인 정보 전달을 위한 인터넷 기반 제작공정 관리 플랫폼 구축을 제안한다.

키워드 : 중소기업, 생산성 향상, 프로세스적인 문제, 기술적인 문제, 조직관리적인 문제, 제작공정 관리, 기계설비

1. 서 론

중소기업은 산업 생산과 고용의 대부분을 차지하고 있고 국가가 경쟁력을 갖추기 위해서는 중소기업이 해당 산업 분야에서 경쟁력을 갖추어야 한다. 제조산업에서 자원과 운영의 효율적이고 효과적인 관리는 경쟁 우위를 유지하기 위한 필수적인 요소이며, 기업들은 이 중요한 측면에 주목해야 한다.

※ 이 논문은 교육부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(No. 2017R1A6A3A11035613)과 (No. NRF-2016R1D1A1B03933828).

※ 이 논문은 과학기술정보통신부 및 정보통신기술진흥센터의 대학ICT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음(IITP-2018-08-01417).

† 준 회 원 : 성균관대학교 글로벌창업대학원 창업학과 석사과정

** 정 회 원 : 성균관대학교 스마트팩토리융합학과 사업총괄책임자

*** 비 회 원 : 성균관대학교 체력과학연구소 리서치펠로우

Manuscript Received : June 15, 2018

Accepted : August 5, 2018

* Corresponding Author : Jongpil Jeong(jpjeong@skku.edu)

생산성 개선 기술은 점차 그 중요성이 인식되고 있으며 경쟁 전략으로 제조업체들에 의해 채택되고 있다[1].

기업의 경영활동은 대부분 프로젝트 형태로 이루어지고 있고 기업의 생존과 발전을 위해 프로젝트 비중이 커지고 있는데 비해서, 특히 중소기업에서는 프로젝트를 체계적으로 관리하기 위한 시스템이나 프로세스 및 조직관리 등의 개발과 수립은 대기업에 비해 많이 뒤쳐져 있다. 기업의 경쟁력을 높이고 장기적으로 생존과 발전에 도모하기 위해서는 반복적으로 행해지는 일상업무 뿐만 아니라 기계설비 제작과 같은 특별한 과제를 다루는 업무도 프로젝트에 의해 이루어지므로 기업 영역에서 프로젝트 관리의 전략적 중요성이 매우 커지고 있다. 이처럼 기업의 전반적인 경영 관점에서 프로젝트의 비중이 커지고 있는데 비하여 프로젝트를 효율적으로 관리하여 생산성을 향상 시키려는 노력에 비해 제도적인 뒷받침이 부족하고 열악한 경영환경으로 인하여 체계적인 관리 시스템이나 프로세스 등의 개발과 정착이 한국 기업에서 많이 뒤쳐져 있다[2].

중소기업의 경쟁력과 생산성을 향상시키기 위해서는 생산 시설 업그레이드와 기술개발에 대한 투자도 필요하지만 프로젝트 관리의 중요성을 인식하고 운영 능력을 향상시키는 것도 매우 중요하다. 그러나 현재까지는 이 분야에 대한 인식도 약하고 연구도 부족하여 지금 처해 있는 상황에 대한 정확한 파악이 어려운 실정이다. 제조산업에서 운용되고 있는 기계설비 제작업체는 대부분 중소기업으로 고객사(주로 대기업)로부터 프로젝트를 수주하여 설계, 제작, 조립, Off-line(제작업체 내) 시운전, In-line(고객사 공장 내) 설치 및 양산 등의 과정을 수행한다. 보유 인력 부족, 납기 일정 준수 등의 현실적인 문제로 일련의 과정을 체계적으로 관리하지 못하고 기존 방식대로 운영해오고 있다. 본 연구에서는 31개 산업기계설비 제작업체를 점검 및 지도활동 경험을 바탕으로 실제 업무에 적용할 수 있는 프로젝트 관리 방법을 제안하고자 한다.

중소기업이 기계설비 납품 후에 고객사인 대기업에서 발생하는 기계설비 문제점 507건을 대상으로 분석한다. 프로세스적인 문제, 기술적인 문제 및 조직관리적인 문제로 구분하여 각각에 대하여 해결 방법을 제시한다. 프로세스적인 문제는 설비 제작 단계에 검증 강화하면 해결할 수 있는 문제로 고객사의 기계설비 관리 프로세스에 선제적으로 대응할 수 있는 방법이며, 기술적인 문제는 설계적으로 반영되어야 해결 가능한 문제로 설비 제작 요건을 재정립하고 시운전 시 최악조건 하에서 검증을 수행하는 방법이며, 조직관리적인 문제는 작업자 교육 강화와 업무 표준·매뉴얼 지원하여 공정 중의 실수를 줄이는 일상관리 차원의 방법이다.

논문의 구성은 다음과 같다. 1절에서는 전체적인 개요와 체계적인 설비 제작공정 관리 필요성에 대하여 서술한다. 2절에서는 선행연구 측면에서 프로젝트 관리 방법론을 도출하여 본 연구에서 제안하는 방법과 연계하여 서술한다. 3절에서는 중소기업에서 기계설비 제작 후 고객사에 납품한 이후 설비 운영 시 발생하는 507건의 문제점을 9가지 세부 유형으로 분류하고 효율적인 대안을 제안하기 위하여 다시 3가지 대 유형으로 분류한다. 4절에서는 3가지 대 유형에 대한 각각의 대

응 방법을 제안하고 각 방법을 통합관리할 수 있는 기계설비 제작공정 관리 플랫폼 구축 모델을 제안한다. 5절에서는 4절에서 제시한 방법에 대하여 31개 설비 제작업체를 대상으로 본 연구에서 제안한 방법론에 대한 유효성 검증 결과를 서술하고 현실적으로 수행하는데 있어서의 제약 조건과 이슈사항에 대하여 언급한다. 6절에서는 전반적인 내용을 요약하고 본 연구의 한계점과 기계설비를 제작하는 중소기업의 공정관리 효율화를 위한 제언을 한다.

2. 프로젝트 관리의 방법론

기업에서 모든 업무는 프로젝트이거나 프로젝트와 관련이 있다. 주어진 예산과 정해진 기간 내에 적당한 품질로 과업을 완성한다는 프로젝트 관리의 목표는 저렴하고 신속하게 좋은 제품을 생산한다는 기업의 목표와 바를 바가 없다. PMBOK (Project Management Body of Knowledge)에 의하면 프로젝트란 유한한 제품이나 서비스를 생산하기 위해 수행하는 한시적인 활동으로 정의하고 있다[3]. 프로젝트관리는 프로젝트의 목표와 이에 관련된 이해관계자의 욕구를 만족시키기 위한 제반활동을 수행하기 위해 지식, 기술, 경험, 도구 등을 프로젝트에 적용하는 것이다[4]. 본 연구에서 프로젝트 관리 측면에서 체계적인 프로세스 방법론을 연구하기 위하여 유럽품질경영재단(EFQM: European Foundation for Quality Management)[5]의 정의에서 언급되는 수월성 8가지 기본원칙을 총체적 품질관리(TQM: Total Quality Management)의 6개 기본원칙[6] 및 프로젝트 관리(PM: Project Management)의 7가지 기본원칙과 비교하여 Table 1에 정리하였다.

Table 1. Comparison of Basic Principles of Business Excellence, Total Quality Management, and Project Management

BE Principle (EFQM, 2010)	TQM Principle (Besterfield et al., 1995)	PM Principle (PRINCE2, 2009)
Leadership and constancy of purpose	Management commitment	Continued business justification
Continuous learning	Continuous involvement	Learn from experience
Customer focus	Customer focus	Defined roles and responsibilities
Management by process and facts		Manage by stages
People development and involvement	Employee involvement	Defined roles and responsibilities
Results orientation	Performance measures	Focus on products
Partnership development	Suppliers as partners	Defined roles and responsibilities
Innovation and Improvement		Manage by exception, Tailor to suit The project environment

프로젝트 관리의 7개 기본원칙은 영국 OGC(Office of Government Commerce)의 PRINCE2[7] 방법론에서 제시된 것이다. 비교 결과 EFQM과 PRINCE2에서 프로젝트관리 수월성 원칙으로 프로세스적인 방법론을 제시하였다[2]. 특히 EFQM에서 제시하는 수월성의 실행모형을 보면 Fig. 1과 같이 9개의 요소로 구성되어 있는데 그 중앙에 프로세스가 있으며 프로젝트 관리는 그 정의에서 체계적인 프로세스를 강조하는 방법론이므로 수월성의 실행에 보다 효과적인 것이라는 점을 짐작할 수 있다. 이 모델을 만든 주요 목적은 개별적

인 시스템 관점으로 성과측정 관리를 이해할 수 있도록 하기 위함이다. 평가 기준 프레임 워크는 9개의 영역으로 구성되어 있고, 그 프레임 워크는 Fig. 1과 같다. 각 영역은 크게 조직이 무엇을 관리하는지에 관한 “Enabler”와 조직이 무엇을 이룰 것인지에 관한 “Result”로 구성되어 있다[8]. 이에 따라 중소기업의 기계설비 프로젝트에 대한 제작공정의 체계적인 프로세스를 제안하는 방법론으로 적용하여 중소기업이 처한 프로세스적인 문제를 사전에 관리하고자 한다.

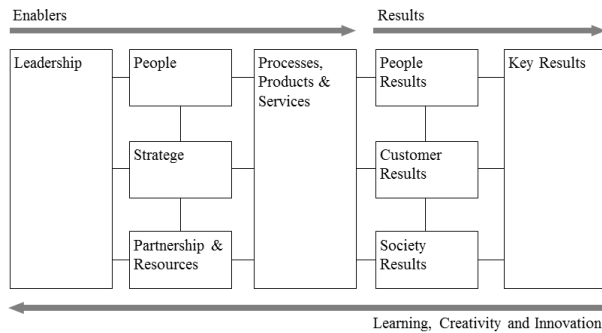


Fig. 1. The Implementation Model of Business Excellence (EFQM Excellence Model)

프로젝트 관리에서 기술적인 문제 해결의 방법론을 연구하기 위하여 PDAC(Plan Do Action Check) 기법을 활용하였다. PDCA 기법은 1920년대에 Walter A. Shewhart가 도입한 Plan(계획), Do(실행), See(평가) 개념으로부터 시작하여 미국의 통계학자인 Deming에 의해 수정되었다. 지속적인 품질 개선을 위한 모델로 지속적인 개선 및 학습을 위한 Plan(계획), Do(실행), Check(평가), Act(개선)의 4가지 반복적 단계를 논리적 순서로 연결된 것이다[9].

Deming(1950)은 어떠한 일이든 계획을 세우고 실행하면서 그 일의 진행 정도를 평가하고, 그 결과를 기초로 새로운 계획에 반영하고 개선활동을 통한 순환 체계가 이루어지면 조직의 성과가 향상된다고 주장하였다. Fig. 2와 같이, 이러한 PDCA 사이클은 지속적인 개선 활동을 전제로 하고 있다. 기계설비의 제작 프로세스에서 기술적인 문제를 해결하기 위해서는 Plan 단계에서는 설비고장 문제점을 분석하여 근본원인을 찾아내고, Do 단계에서는 설비 신뢰성을 강화할 수 있는

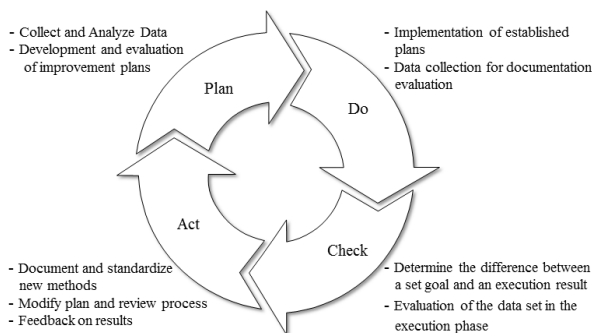


Fig. 2. PDCA Cycle

항목을 정리하여 요건화하고, Check 단계에서는 실제 제작공정 및 시운전 단계에 확인하고, Act 단계에서는 고객사에 납품 이후에 문제가 없는지를 점검한다.

이 PDCA 사이클을 반복하여 설비 문제의 원인이 되는 핵심요소를 파악하여 실행항목을 정리하고 현장 확인함으로써 설비 문제점 개선에 기여할 것으로 판단된다.

또한, 생산성 경영시스템은 Fig. 3과 같이 8가지 경영원칙을 토대로 만들어졌는데 그림은 생산성 시스템 구조에서 어떻게 운영되는지를 보여준다[10]. 생산 경영모델에서 조직관리의 중요성을 언급한 것에 착안하여 설비 제작업체에 적용할 수 있는 조직관리적인 문제의 해결 방법을 제시하고자 한다. ① 고객과 시장의 탁월성은 현재 고객의 시장과 니즈를 파악하고 미래 고객의 니즈와 시장의 잠재력을 예측하는 것에서 출발한다. ② 비전 있는 리더십에서 리더는 직원들이 비전을 실현할 수 있도록 혁신, 업무 재량권 부여, 조직과 개인이 학습할 수 있는 환경을 조성해야 한다. ③ 인간존중의 생산성 향상에서는 새로운 가치를 창출하기 위해서는 연구개발뿐만 아니라 사업과 프로세스의 모든 측면에서 보다 높은 목표와 과제를 선정하여 추진하여야 하며 학습문화의 한 부분이 되고 일상업무에 통합 되도록 유도하고 관리되어야 한다. ④ 협력과 팀워크에서는 조직의 성공은 직원과 이해관계자 모두의 지식과 기능, 창의성과 의욕에 의해 결정되므로 협력과 팀워크가 조화를 이루어야 한다. ⑤ 결과 가치 창조 중시는 조직의 성과 측정은 결과를 대상으로 해야 하며 그 결과는 모든 이해관계자들을 위한 가치를 창출하고 균형을 맞추는 데 사용되어야 한다. ⑥ 변화 대응력 확보는 치열한 경쟁 환경에서 사업의 성공 여부는 변화 대응력(Agility) 즉 신속하고 유연하며 효과적으로 변화에 대응하는 능력을 어떻게 확보하느냐에 달려 있다. ⑦ 지속적 학습과 전 직원의 혁신 참여에서는 조직의 모든 임직원은 그들의 잠재능력을 충분히 개발하고 그들의 창의성을 활용하여 탁월한 성과목표를 달성하는 데 공헌할 수 기회가 주어져야 한다. ⑧ 사실 지향의 의사결정에서는 조직은 현실의 진실을 명확하게 파악하기 위한 다양한 시장정보와 성과정보를 수집하고 분석하여야 하며 경향을 파악하고 근본원인을 찾아내어 상호 작용하는 인과 구조를 분명하게 밝혀내야 개선의 기회를 명확하게 찾을 수 있

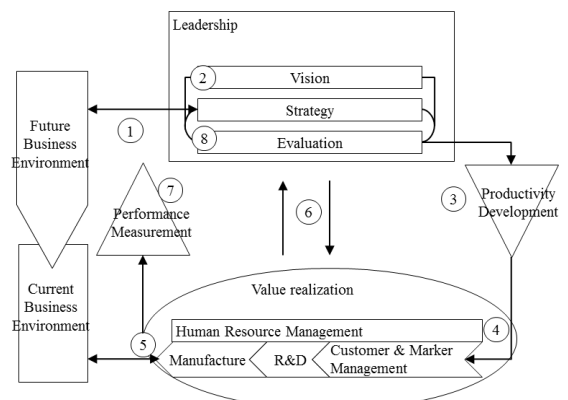


Fig. 3. The Principles of Productivity Management System

다. 이와 같은 8가지 요소들은 조직의 관리적인 문제를 해소하는 방법이 될 수 있으므로 중소기업에도 유용하게 적용될 수 있다[11].

탁월한 성과목표를 달성하기 위한 8가지 경영원칙이 조직 체계 내에서 생명력을 가지기 위해서는 시스템 관점에서 개별 기계설비 제작업체에 맞는 생산성 경영시스템을 개발하고 실행하며 지속적으로 개선해야 한다. 시스템이란 “공통의 목적을 달성하기 위하여 상호작용하는 요소들의 인지된 전체”를 말한다. 시스템의 한 부분이 시스템의 나머지 부분에 영향을 미치고 전체로서의 시스템이 부분 시스템에 영향을 미칠 때 하나의 순환적 관계 즉, 환상고리(Feedforward & Feedback Loop)가 형성되고 이를 통하여 공통의 목표가 달성되는 것이다[12]. 또한, 생산성 경영 시스템 모델은 리더, 인적자원관리, 고객 과 시장관리, 프로세스 관리, 생산성 향상활동의 전개, 측정 및 분석, 경영성과의 범주로 구성되어 있다[13].

실시간으로 생산현장 정보를 정확하게 수집 및 관리할 수 있다면 경험 및 예측을 바탕으로 한 의사결정이 아닌 정확한 정보에 근거한 의사결정을 내릴 수 있기 때문에 효율적인 생산공정 관리가 가능할 것이다[14]. 이를 위해서는 생산현장을 관리하는 사무실과 제품을 제작하는 현장 간의 실시간으로 정보를 교환할 수 있는 기능을 갖춘 시스템이 필요하다. 최근에 여러 제조산업에서 도입되고 있는 인터넷 기반 스마트 워크는 이와 같은 기능을 가능하게 한다[15]. 스마트 워크는 스마트폰 및 테블릿 PC와 같은 스마트기기를 이용하여 업무를 시간과 장소에 제약 없이 수행함으로써 업무의 효율성을 높일 수 있다[16]. 이와 같은 기존 연구결과에 활용하여 기계설비 제작업체 내부 조직 간, 설비 제작업체와 고객사 간의 수평적 및 수직적 유연한 정보 네트워크 구성하는 인터넷 기반 기계설비 제작공정 관리 플랫폼 구축을 제안한다.

프로젝트 관리 방법론을 종합적으로 정리하면 프로젝트 착수부터 종료까지 단계별로 수행해야 할 업무가 많고 그 규모가 대형화 될수록 정교한 관리 체계가 요구되고, 프로젝트 관리 방법론을 효율적으로 적용하면 단계별로 수행해야 할 업무들의 순서를 정하고 산출물을 정의하는 프레임 워크를 제공함으로써 프로젝트 구성원들의 역할과 책임이 명확해진다. 프로젝트 관리 방법론 도입 효과는 업무 수행절차의 투명성 확보 및 절차를 표준화할 수 있고, 프로젝트 관리의 생산성 향상을 위한 업무 자동화 시스템(Project Management System) 구축이 가능하며, 프로젝트 관리의 경험과 교훈을 기록함으로써 차기 프로젝트의 지식으로 제공이 가능하며, 프로젝트 참여자의 능력이 향상 된다.

3. 프로젝트 관리의 문제 제기

기업의 프로젝트 관리 프로세스가 체계적이지 못하면 기업의 프로젝트 관리 능력을 저하시키며 이는 다시 프로젝트 생산성, 즉 프로젝트 관리 효율을 저하시키게 된다[2]. 즉, 프로젝트 관리 능력이 부족하면 프로젝트에 투입되는 인적 물적 자원이 효율적으로 활용되지 못하여 프로젝트의 비용 상승과

일정 지연 등의 문제를 야기 시킨다. 생산성을 투입물과 산출물의 비율로 파악하는 일반적인 정의를 적용해 보면 기업의 프로젝트 생산성은 프로젝트에 투입되는 인적 물적 자원을 효율적으로 사용할 때 생산성이 향상되게 된다. 프로젝트 생산성을 높이기 위해서는 프로젝트 관리 능력을 높여야 하며 이는 체계화된 프로젝트 관리 프로세스를 구축하여 실제 업무에 적용함으로써 가능하다.

기계설비 제작 프로젝트를 체계적으로 관리하기 위해서는 설비 문제에 대한 정확한 분류와 분석이 우선적으로 필요하다. FMEA(Failure Mode and Effects Analysis)는 제품의 초기 개발 단계에서부터 제품에서 발생할 수 있는 잠재적 고장 모드를 선별하고 고장 모드의 영향과 원인을 분석함으로써 이를 줄이거나 없애기 위한 권고조치 등을 수행하는 정성적 고장분석 기법이다[17, 18]. Fig. 4와 같이 FMEA 기법을 적용하면 효율적으로 설비문제의 유형을 분류할 수 있다[19]. FMEA 체계는 제조 산업 현장에서 발생할 수 있는 잠재적인 고장 원인을 찾아내는 Failure Cause, 고장 원인에 따라 유사한 고장의 유형을 구분하는 Failure Mode 및 고장이 미치는 영향을 분석하여 해결 방법을 모색하는 Failure Effect로 구분되며 이 3가지는 상호 연계성을 갖는다. FMEA는 시스템을 구성하는 모든 요소를 찾아내고, 이 부품들의 고장 모드가 타 부품과 시스템에 미치는 영향과 고장의 원인을 상향식(Bottom-up) 방식으로 조사하는 것으로써, 종전에는 우주항공 산업분야와 방위산업의 일부에 응용 적용되었던 문제해결 기법으로 현재 자동차산업, 전기전자산업, 기계분야 및 장치산업으로 확산되어 제품 및 공정의 설계 및 개발 단계에서 필수적으로 적용하고 있다[20, 21].

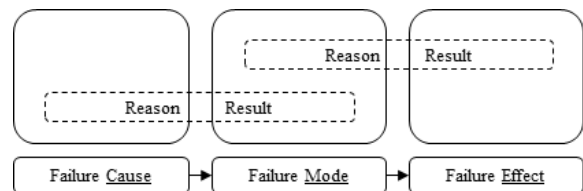
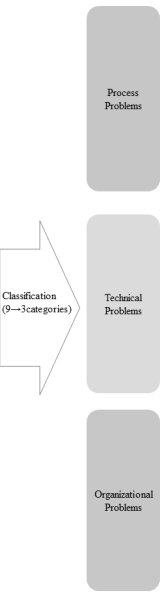


Fig. 4. The Logical Relationship Among the Failure Cause, Failure Mode and Failure Effect

FMEA에서 위험우선순위는 RPN(Risk Priority Number) = 심각도(Severity) × 발생도(Occurrence) × 검출도(Detection)로 산출된다. 위험우선순위(RPN)은 잠재적 부적합 유형의 상대적 척도로서 설계 등 개선 우선순위 결정에 사용한다. 심각도(S)는 고장 모드의 영향이 시스템에 영향을 미치는 정도에 대한 등급이고, 발생도(O)는 주어진 잠재적 고장 원인이 얼마나 자주 발생할 것인가를 추정된 등급이며, 검출도(D)는 고장이 발생했을 때 그 고장 원인을 탐지할 수 있는 능력에 대한 등급이다. 중소기업에서 기계설비 제작 후 고객사(대기업) 생산공장에서 발생한 설비 문제점을 FMEA으로 분석하고 유사한 설비 문제점의 유형을 프로세스적인 문제, 기술적인 문제, 조직관리적인 문제로 분류하여 각각의 유형에 대하여 해결 방법을 제시하고자 한다. 본 연구에서 FMEA 위험우선순위

Table 2. The Categorization by Machinery Facilities Problem Type Using the FMEA Methodology

No.	Facility problem	Severity (problem time)	Occurrence (problem occurrence)	RPN (S+O)	Type Classification (P Types)
1	Interference	284	29	8,236	① Interference
2	Unable to detect	107	17	1,819	② Electrical problems
3	Detection error	533	57	30,381	② Electrical problems
4	Poor wiring	44	3	132	③ Assembly problems
5	Supply delay	5	1	5	③ Others
6	Overload	203	11	2,233	③ Component failure
7	Others	787	28	21,956	③ Others
8	Tight fit	126	19	6,194	② Interference
9	Leakage	9	1	9	③ Component failure
10	Short circuit	15	1	15	② Electrical problems
11	Open circuit	577	25	14,425	② Lack of durability
12	Sync error	48	3	144	② Control error
13	Abnormal wear	7	1	7	② Lack of durability
14	Deformation	284	22	6,248	② Lack of stiffness
15	Sequence disorder	14	1	14	③ Others
16	Bad setting	10	1	10	③ Operator Miss
17	Burnout	166	7	1,162	② Electrical problems
18	Get short	171	8	1,368	② Electrical problems
19	Poor pressure	35	3	105	① Interference
20	Abnormal running	46	11	506	③ Component failure
21	Abnormal start	273	12	3,280	② Lack of durability
22	Breakaway	264	24	6,336	① Interference
23	Interlocking error	93	8	744	② Control error
24	No operation	379	8	3,032	③ Component failure
25	Poor operation	237	28	6,636	① Interference
26	Working badly	75	2	150	① Interference
27	Poor ground	35	3	105	② Electrical problems
28	Poor contact	99	5	495	② Electrical problems
29	Operation error	7	1	7	③ Operator Miss
30	Collision	64	2	128	③ Assembly problems
31	Crack	344	10	3,440	② Lack of stiffness
32	Discharge defect	53	5	265	③ Component failure
33	Communication error	454	31	14,074	② Control error
34	Fracture	58	4	232	② Lack of stiffness
35	Breakage	280	24	12,920	② Lack of stiffness
36	Loose	588	32	18,816	③ Assembly problems
37	Sequence abnormal	314	15	4,710	② Control error
38	Circuit fault	189	22	4,158	② Control error
39	Welding error	262	8	2,096	③ Others
40	Setting error	42	4	168	③ Others
Total		7,883	507	176,861	



✓ Problems that can be removed in advance if facility verification is strengthened among non-operation factors

① Interference	② Electrical	③ Control	④ Assembly	⑤ Component
Interference	Unable to detect	Sync error	Poor wiring	Overload
Tight fit	Detection error	Interlocking error	Collision	Leakage
Poor pressure	Short circuit	Communication error	Loose	Abnormal running
Breakaway	Burnout	Sequence abnormal		No operation
Poor operation	Get short	Circuit fault		Discharge defect
Working badly	Poor ground			
	Poor contact			
27,657 (15.6%)	35,345 (20.0%)	23,830 (13.5%)	19,076 (10.8%)	6,045 (3.4%)

Fig. 5. The Process Problems

섭, 전장품 또는 전기장치 이상, 통신 이상이나 동기 이상이 포함하는 제어 이상, 제작 공정 시의 조립 불량 및 주요 기능품 불량 등이 있다.

이러한 문제들은 업무 수행 절차 미준수 또는 미흡이 원인이며 주로 프로젝트 일정 지연에 따른 부담으로 설비 품질 완성도 불만족 상태에서 다음 단계로 진행함으로 발생하고 설비 품질 검증 기준과 책임 소재가 불명확하여 발생한다. 대응 방법은 설비 제작 단계 검증을 강화하는 내용으로 설비 제작업체에서 고객사 업무 프로세스에 선제적으로 대응할 수 있는 단계별 step1~step5을 운영하는 것이다. 고객사에서 발생하는 기계설비 문제점의 63.3%를 차지하며 가장 중점적으로 해결해야 할 과제로 설비 제작업체 현실에 맞는 운영체계를 정립하는 것이 핵심사항으로 방법이 정확하다면 단기간에 문제를 획기적으로 줄일 수 있다고 판단된다.

3.2 기술적인 문제

기술적인 문제는 Fig. 6과 같이 강도 및 부품 요구 수명 등 안전율을 재정립해서 적용하면 해결할 수 있는 문제로 점유율이 큰 순서로 나열하면 변형이나 파단을 수반하는 강성 부족, 마모가 발생하는 내구성 부족 등이 있다.

✓ Problems that can be solved by redefining safety factors such as strength and component life expectancy

① Stiffness	② Durability
Deformation	Open circuit
Crack	Abnormal wear
Fracture	Abnormal start
Breakage	
22,840 (12.9%)	17,732 (10.0%)

Fig. 6. The Technical Problems

이러한 문제들은 제작 표준, 기준 정립 미흡으로 발생하는 문제로 강성이나 내구성에 문제 예측과 설계적인 해결 방법 적용이 안 되어 생기는 문제들이다. 대응 방법은 설비 품질 확보 활동을 강화하는 것으로 설비 제작 요건 재정립과 시운전 시 최악조건 검증 등이 있다. 고객사에서 발생하는 기계설비 문제점의 22.9%를 차지하며 설비 제작업체의 역량과 직결되는 사항으로 장기적인 관점으로 접근할 사항이다.

3.3 조직관리적인 문제

조직관리적인 문제는 Fig. 7과 같이 작업자 실수 및 공급 지연 등 운영상의 문제로 조작성과 같은 작업미스와 부품 공급 서열이상 등 기타 요인이 있다. 문제점 3가지 유형 중에 가장 적은 부분을 차지하고 있으며 정해진 규정에 준하여 일

RPN 산출은 심각도(S)는 설비 문제 발생시간으로, 발생도(O)는 설비문제 발생횟수로 산출하고, 검출도(D)는 고려하지 않는다.

Table 2는 중소기업에 기계설비를 제작하여 고객사에 납품 이후에 발생한 507건의 문제점 유형을 3가지로 분류한 것이며, Table 3은 3가지 문제점 유형에 대한 원인과 점유율 및 각각의 대책에 대하여 설명한다. 프로세스적인 문제점은 업무 프로세스 정립이 미비하여 발생하고, 기술적인 문제는 설계 및 시운전 역량이 부족해서 발생하고, 조직관리적인 문제는 일상적인 업무 수행 과정에서 발생하는 문제점이다. 점유율은 프로세스적인 문제점이 63.3%, 기술적인 문제점이 22.9%, 조직관리적인 문제점이 13.8%를 차지한다.

Table 3. The Causes and Countermeasures by Machinery Facilities Problem Category

Categories	Causes	Share	Countermeasures
Process Problems	<ul style="list-style-type: none"> Project schedule progress with facility quality completion unsatisfactory Burden of project schedule delays Insufficient equipment quality verification items and criteria 	63.3%	<ul style="list-style-type: none"> Strengthen verification of facility production stages Customer process proactive response Operation of step by step
Technical Problems	<ul style="list-style-type: none"> Lack of prediction of stiffness and durability issues for facility operating conditions Apply the safety factor based on existing equipment 	22.9%	<ul style="list-style-type: none"> Reinforcement of equipment quality activities Re-establishment of facility production requirements Verification of worst conditions during tryout
Organizational Problems	<ul style="list-style-type: none"> Insufficient supervisor and operator work Inspection and check not in accordance with the policy Poor chronic operations 	13.8%	<ul style="list-style-type: none"> Strengthen worker training Support of business standards and manuals

3.1 프로세스적인 문제

프로세스적인 문제는 Fig. 5와 같이 비가동 요인 중에서 단계별 검증을 강화하면 사전에 제거할 수 있는 문제로 점유율이 큰 순서대로 나열하면 기계설비 또는 기계요소 간의 간

Operational problems such as operator error and supply delay	
① Operator	② Others
Bad setting	Supply delay
Operation error	Others
	Sequence disorder
	Welding error
	Setting error
17 (0.0%)	24,319 (13.8%)

Fig. 7. The Organizational Problems

상적인 관리활동을 통하여 상당 부분이 해결될 수 있는 문제로 분류할 수 있다.

이러한 문제들은 생산 운영 미흡으로 발생하는 문제이며 감독자 및 작업자가 규정에 따라 점검하고 체크하지 않아서 만성적인 작업 불량 형태로 나타난다. 대응 방법은 작업자 교육 강화와 업무표준 및 매뉴얼을 작업 조건에 맞게 만들어 지원하는 것이다. 고객사에서 발생하는 기계설비 문제점의 13.8%를 차지하며 구성원 간의 관계 형성과 일하는 분위기 및 도덕성과 동기 부여와 같은 인간 본성에 따라 변화하는 문제로 설명할 수 있다.

4. 중소기업의 기계설비 제작공정 관리 연구

4.1 프로세스적인 관점

프로세스적인 문제 대응의 목적은 중소기업에 적합한 단계별 설비품질 승인 프로세스를 구축하여 발주처 요구사항에 선제적으로 대응하는 것이다. Fig. 8과 같이 기계설비 제작공정의 기본 프로세스는 기본계획, 사양서, 발주, 설계, 제작, 출하, 설치, 시운전 및 양산의 과정을 거치며 이 중에서 설계에서 시운전에 이르는 공정은 기계설비 제작업체에서 주도적으로 수행하는 공정으로 기계설비 품질에 직접적으로 영향을 미치는 핵심 공정이다. 일반적으로 기계설비 발주처는 대기업으로 관련 업무 절차가 체계적으로 구축되어 있고 기계설비 준비 과정에서 사양서 작성 완료, 설계 도면 검토, 출하 점검 및 시운전 등 각각의 공정이 완료되면 실행 여부를 점검하고 보고하는 절차를 거치는데 본 연구에서는 이것을 STEP라고 명명한다. 이에 필요한 대부분의 자료는 기계설비 제작업체에 요청하여 공급 받는다.

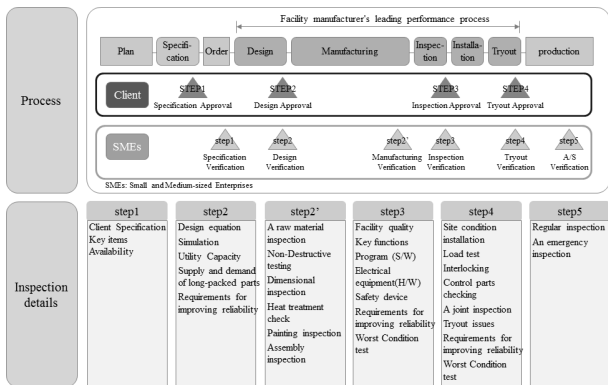


Fig. 8. The Countermeasure of the Process Problems

발주처의 요청에 선제적으로 대응하기 위하여 중소기업 입장에서는 발주처 업무 프로세스에 준하는 자체적인 기계설비 제작공정의 품질 완성도를 검증할 필요성이 있고 이것을 사전에 체계적으로 준비하는 것이 step제의 기본 체계이고 주요 내용은 다음과 같다.

- 1) step1 : 프로젝트를 수주한 후 사양서 세부 내용에 대한 구현 가능 여부를 검증한다.
 - 각 사양에 준하여 설계, 제작, 시운전 및 양산 적용 조건 만족 여부 점검
- 2) step2 : 도면 설계의 완성도를 검증한다.
 - 설계 계산식, 시뮬레이션, 유틸리티 용량, 장납기품 수급, 신뢰성 강화 요건 점검
- 3) step2' : 기계설비 제작 상태를 검증한다.
 - 원자재 검사, 비파괴 검사, 치수 검사, 열처리 검사, 도장 검사, 조립 검사
- 4) step3 : 제작 완료 후에 설비업체에서 조립해서 기계설비 상태를 점검한다.
 - 설비 정도, 주요 기능, 프로그램, 전장, 안전, 최악조건 테스트
- 5) step4 : 발주처 현지 공장에 기계설비를 설치하고 시운전 검증한다.
 - 현장조건 설치, 부하시운전, 설비 간 인터록, 양산 시운전 문제점 점검
- 6) step5 : 양산 이후에 발주처의 요청에 의해 실시하는 정기 또는 긴급 점검을 수행한다.
 - 주요 구동부, 안전장치

각 step마다 검증항목과 점검 기준을 정립하고 준비하는 것이 프로세스적인 문제를 해결하는데 가장 필요한 활동이다. 자체적인 경험과 역량을 모아 각 단계에 부합하는 업무를 세분화하고 검증 기준을 정립해야 한다. 발주처에서 발생하는 문제의 63.3%가 프로세스적인 조치 미흡으로 발생하므로 가장 중점적으로 해결 방법을 모색해야 할 대상이다.

프로세스적인 관점의 방법을 충실히 수행하며 다음과 같은 효과를 기대할 수 있다.

- 1) 업무 절차와 업무 내용을 명확하게 정의할 수 있다.
- 2) 주요 업무 누락 및 오류 발생 가능성을 사전에 검증할 수 있다.
- 3) 체계화된 업무 절차와 표준 양식을 사용함으로써 업무에 투입되는 시간을 줄일 수 있다.
- 4) 기록으로 남김으로써 향후 다른 프로젝트에 활용이 가능하다.
- 5) 설비 제작업체 실정에 맞는 업무 프로세스 구축이 가능하고 고객사의 요구에 선제적으로 대응할 수 있다.

4.2 기술적인 관점

기술적인 문제 대응의 추진방향은 기존 기계설비의 고장 발생부, 취약부 등을 분석하고 강건화 실시로 기계설비 수명 연장 및 고장을 사전 예방하는 것이다. Fig. 9에서 세부 사항을 살펴보면 첫째는 주요 비가동 및 기계설비 정밀점검 시

문제점 개선을 통한 신뢰성 강화 항목 추가 발굴 및 설계 표준화를 실현하는 것이다. 둘째는 잠재적인 설비고장 원인을 사전에 제거하기 위한 최악조건 테스트를 실시하는 것이다.

주요 과정은 비가동 사례 유형 분석을 통해 재발 및 중대 고장 유발 설비요소를 발췌하고 설비제작 요건을 정립하는 것으로 요약할 수 있다. 즉 설비고장 발생 및 설비 정밀점검 시에 문제점의 원인 분석과 대책 수립 과정을 통하여 신뢰성 강화 요건을 발굴하여 설계 표준화에 반영하고 시운전 기준을 정립하는 것으로 주요 내용 및 효과는 다음과 같다.

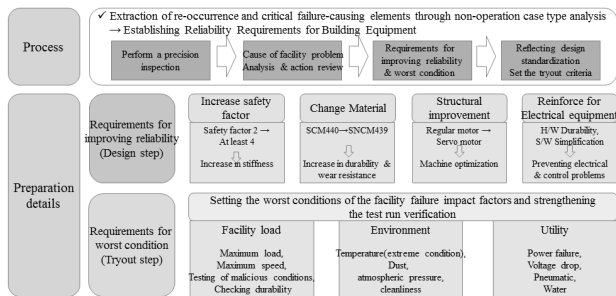


Fig. 9. The Countermeasure of the Technical Problems

- 1) 안전을 증대 : 기계설비별 특성에 부합하게 외력에 대한 여유를 두어 안전성을 확보한다.
 - 강성 증대, 구조물 안정성 확보
 - 2) 재질 변경 : 인장강도, 표면 경도 등 소재의 물성치를 개선한다.
 - 내구성 및 내마모성 증대
 - 3) 구조 개선 : 구조적으로 취약한 부분을 보강하고 전체적인 시스템 균형을 확보한다.
 - 기계장치 최적화
 - 4) 전장 강화 : 하드웨어 및 소프트웨어의 내구성을 확보한다.
 - 전기제어부문 문제 사전 예방, 최적 프로그램 구성
- 시운전 단계에서 수행해야 할 사항으로는 설비고장 영향 인자의 최악조건 설정 및 시운전 검증 강화하여 설비고장을 최소화하기 위한 WOW (Worst of Worst: 최악조건) 요건의 주요 내용은 다음과 같다.

- 1) 기계설비 부하 : 최대부하, 최고속도, 악의조건 테스트, 내구성 점검
 - 2) 환경 : 온도(고온, 저온), 먼지, 공압, 청정도
 - 3) 유틸리티 : 정전, 전압강하, 공압, 용수
- 이와 같은 3가지 최악조건에 시운전을 통하여 어떤 조건에서도 정상으로 작동할 수 있는 내구성과 안전성을 갖추어야 한다. 기술적인 관점의 방법을 충실히 수행하며 다음과 같은 효과를 기대할 수 있다.

- 1) 고질적이고 만성적인 기계설비 문제점의 해결 방법을 찾을 수 있다.
- 2) 강화된 설계 적용 및 출하 전 최악조건 검증으로 고객의 신뢰를 확보할 수 있다.
- 3) 납품 이후의 기계설비 고장 요소의 사전 제거로 추가 비용 발생을 줄일 수 있다.

4) 문제점 발굴 및 대책 수립 활동을 통한 구성원의 기술적인 역량 향상을 기대할 수 있다.

5) 도출된 신기술 및 신공법은 향후 유사 프로젝트에 적용이 가능하다.

4.3 조직관리적인 관점

조직관리적인 문제는 Fig. 10과 같이 조직 내부의 리더, 구성원, 시스템 및 개인에 관한 요소로 구분할 수 있다. 리더는 비전과 방향을 제시하며 조직 전체를 계획, 지휘 통제하고 구성원에 동기를 부여하는 역할을 해야 한다. 구성원들 간에는 공유와 소통을 바탕으로 상호 신뢰와 존중하는 분위기가 조성되며 각자의 의견을 자유롭게 표현할 수 있는 창구도 마련되어야 한다. 일하는 방식을 시스템화하여 업무 처리 과정을 표준화, 매뉴얼화, 전산화를 추진하고 업무 결과에 대하여 공정한 보상과 평가를 받을 수 있는 체계가 구축되어야 한다. 개인적으로는 역량 강화와 자기 개발을 통하여 업무에 대한 전문성을 확보하고 교육, 훈련 등에 관심을 갖고 능력을 배양하는데 힘써야 한다. 회사 차원에서는 이 4가지 요소가 시너지 효과를 발휘할 수 있도록 리더십을 발휘하고 주기적인 모니터링이 필요하다. 이 중에서 중소기업의 특성 상 리더의 역할이 매우 중요하다. 리더는 구성원을 통합하고 업무 체계를 시스템화하며 개인적인 역량을 최대한 발휘할 수 있도록 촉진자의 역할을 해야 한다.

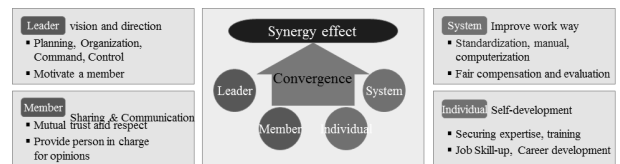


Fig. 10. The Countermeasure of the Organizational Problems(1)

체계적인 조직관리를 위한 방법으로 PDCA 활동을 제안한다. Fig. 11과 같이 Plan 단계에는 조직 진단을 실시하여 조직의 이슈사항을 파악하고 SWOT 등을 통하여 내부 및 외부 환경, 기회와 위협 요인을 철저히 분석한다. 다음은 Do 단계로 조직 진단 결과를 분석하고 결과를 공유하며 당면 과제 및 실천 방법을 도출한다. Check 단계에서는 실천 계획서를 점검하고 실천 여부를 확인하며 실행 초기 문제점을 보완한다. 마지막 단계는 Act 단계로 단기, 중기, 장기 실천 계획을 수립하고 실행하기 위한 토대를 구축하며 조직 문제 해결 방법 달성 평가 및 정착화를 기반을 마련하여 전 주기적인 활동으로 이어지도록 추진 동력을 확보한다.

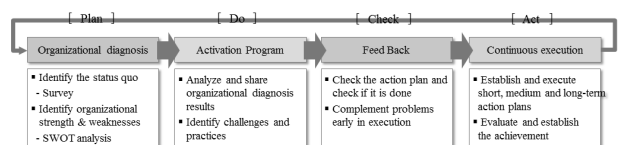


Fig. 11. The Countermeasure of the Organizational Problems(2)

조직관리적인 관점의 방법을 충실히 수행하며 다음과 같은 효과를 기대할 수 있다.

- 1) 구성원 간의 활발한 소통으로 업무 관련 정보 공유가 원활하게 유지된다.
- 2) 조직 내부 협의를 통한 업무표준 수립 및 매뉴얼화로 생산 운영의 효율성이 높아진다.
- 3) 고객사에게 일체화된 모습을 보여줌으로써 대외 이미지를 향상 시킬 수 있다.
- 4) 체계화된 교육 및 훈련을 통한 역량 강화와 만족도를 증가시킬 수 있다.
- 5) 조직 내부 이슈사항을 협업을 통해 해결이 가능하다.

4.4 제작공정 관리 플랫폼 구축

발주처와 기계설비 제작업체 간의 원활하고 효율적인 정보 전달을 위한 인터넷 기반 제작공정 관리 플랫폼 구축을 제안한다. Fig. 12와 같이 기계설비 제작업체 내부 측면에서 보면 현재 제작 중인 설비 프로젝트에 대한 문제점과 이슈를 공유하여 전후 공정 정보 파악에 유용하며 조직 내부의 관리 및 통제 기능으로도 활용할 수 있다.

또한 설비를 발주한 고객사와 실시간으로 업무 결과를 공유하여 Critical point를 감지할 수 있고 요청사항을 수시로 피드백 함으로서 상호 신뢰 분위기를 조성할 수 있다. 그리고 기계설비 제작에 필요한 2차 제작업체와의 정보를 공유할 수 있는 채널을 구축함으로써 납품 받는 원자재 시험 성적서나 용접, 열처리, 표면처리 등의 단품 제작 지원에 필요한 정보도 실시간으로 주고 받음이 가능하여 자료 요청 시 이동 및 회의시간을 대폭 절감할 수 있을 것으로 판단된다.

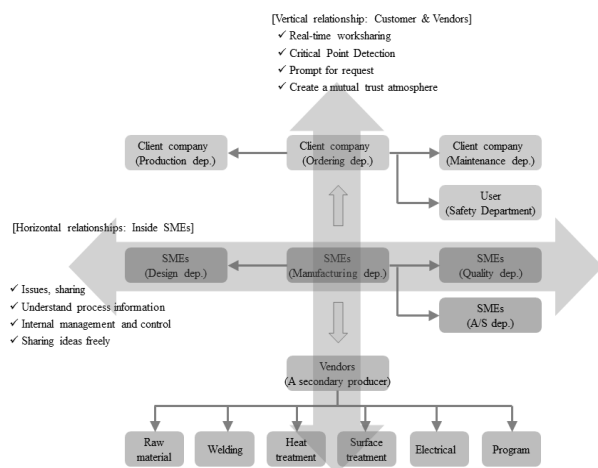


Fig. 12. The Building an Information Sharing Platform

정보를 실시간으로 공유하는 스마트 워크 체계를 구축하여 각 기업의 업무 중 빠른 처리를 필요로 하는 업무, 이동성이 잦은 업무, 외부에서 주로 수행하는 업무, 신속한 정보교환이 필요한 업무에 적용했을 경우에 업무 효율이 증가할 것으로 예상된다. 기계설비 제작업체 내부 조직 간 및 기계설비 제작업체와 고객사 간의 기계설비 제작 정보를 신속하게 교

환해야 하는 업무로 스마트 워크 적용효과가 클 것으로 판단되므로 이를 3가지 대응 방법을 포괄하는 개념으로 적용할 것을 제안한다.

5. 연구 분석

5.1 연구모델 설정

산업기계설비를 제작하는 중소기업을 대상으로 기계설비 제작공정 체계적 관리 방법 실행에 영향을 미치는 3가지 요인의 영향도를 분석한다.

1) 회사 규모가 기계설비 제작공정 체계적 관리 방법 실행에 얼마나 영향을 미치는지 분석한다.

- 종업원 수

2) 자체 기술력 보유가 기계설비 제작공정 체계적 관리 방법 실행에 얼마나 영향을 미치는지 분석한다.

- 설계, 제작, 조립, 시운전(프로그램링)

3) 변화에 대한 긍정적 마인드가 기계설비 제작공정 체계적 관리 방법 실행에 얼마나 영향을 미치는지 분석한다.

- 도입 시기 : 즉시, 1년 이내 도입

분석 대상 기계설비 제작업체는 자동차를 생산하는데 필요한 각종 생산설비를 설계, 제작, 시운전 및 양산 대응이 가능한 업체이며 회사 규모는 제작하는 기계설비 규모에 따라 차이가 있고 제작업체는 대부분이 경기권, 대구경북권, 부산경남권에 위치하고 있다.

5.2 기계설비 제작업체 현황

Table 4와 같이 연구 대상인 31개 기계설비 제작업체를 종업원 수, 자체 기술력 보유 및 매출액 등을 조사하여 연구 모델로 설정한 연구모델 3가지 요소에 미치는 영향을 파악하고자 한다. 기계설비 제작업체의 현황을 요약하면 첫째 종업원 수는 10인 이하가 2개 사, 20인 이하가 11개 사, 50인 이하가 12개 사, 50인 초과 사는 6개 사이다. 둘째 자체 기술력 보유

Table 4. The List of Machinery Facilities Manufacturers

No.	Facility type	Facility company	① Employees(direct management)				② Possession of own technical skills				③ Sales amount			
			Less than 10	Less than 20	Less than 50	Over 50	Design	Mam-facturing	Assembly	Tryout	Less than 5 billion	Less than 10 billion	Less than 30 billion	Over 50 billion
1	Stamping	A				○	○	○	○					
2	Automation	B	○											
3		C												
4	Assembly fixture	D	○											
5		E			○									○
6	Robot	F				○	○	○	○					
7		G				○	○	○	○					
8		H					○	○	○					○
9	Moving	I				○	○	○	○				○	
10		J	○											
11	Scaling	K					○	○	○					
12		L			○									○
13	Robot2	M				○								
14	Main	N					○	○	○				○	
15	Equipment	O	○											
16	Moving1	P			○									
17	Automain2	Q				○								○
18	Robot2	R											○	
19		S					○							
20	Moving1	T					○	○	○				○	
21		U					○							
22	Glass handling	V					○	○	○				○	
23		W					○							
24	Liquid entry	X												
25		Y	○											
26		Z												
27	Checking	AA												
28		AB	○											
29	Auxiliary facilities	AC												○
30		AD												○
31		AE												○
Total(concerned 31)			2/31	11/31	12/31	6/31	28/31	22/31	31/31	31/31	4/31	16/31	9/31	2/31
Share(%)			6.5	35.5	38.7	19.3	90.3	71.0	100.0	100.0	12.9	51.6	29.0	6.5

여부는 설계는 28개 사, 제작은 22개 사, 조립과 시운전은 31개 사 모두 보유하고 있다. 셋째 매출액은 50억 이하가 4개 사, 100억 이하가 16개 사, 300억 이하가 9개 사, 500억 초과가 2개 사로 조사 되었다.

5.3 기계설비 제작업체 설문조사 결과

1) 제작공정 관리 방법 적용 필요성

31개 기계설비 제작업체를 대상으로 제작공정 관리 방법의 적용 여부와 적용 1년 후의 결과 점검을 통하여 본 연구에서 제안한 방법의 유효성과 실용성을 평가한다. Fig. 13-1과 같이, 적용 필요성에 대해서는 31개 기계설비 제작업체 중에서 12개 사가 매우 도움이 됨으로, 11개 사가 하면 좋음으로 답해서 긍정적인 답변이 74.2%를 점유하여 본 연구에서 제시한 방법이 유효한 것으로 판명되었으며 효과 없음으로 답한 기계설비 제작업체는 25.8%를 차지하였다.

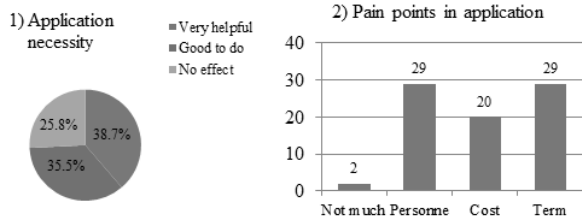


Fig. 13. The Application Necessity(1), and The Pain Points in Application(2)

2) 적용 시 애로사항

적용 시 애로사항은 대부분 기계설비 제작업체가 본 관리 방법을 실행하는데 있어서 인원, 비용 및 시간적인 문제가 있다고 답변하였다. 애로사항이 없다고 답변한 제작업체는 2개 사에 불과하고, 29개 사가 인원 및 시간적인 문제가 있다고 답변해 제작업체 관점에서 부차적인 자원의 투입 없이 용이하게 적용할 수 있는 맞춤형 프로세스 및 실행 항목 정립이 필요하다는 것을 알 수 있다.

3) 적용 예정

적용 예정 항목에 대해서는 21개 사가 1년 이내로 예상했고, 적용 계획이 없다고 답변한 기계설비 제작업체는 10개 사를 차지하였다. 이중 9개 사는 적용 필요성에 대하여 효과 없음으로 답한 제작업체이고, 적용 시 애로사항 항목에 인원, 비용, 시간이 소요된다고 답변한 업체와 대부분 중복됨을 알 수 있다. 이것은 새로운 업무 체계를 도입해서 적용 및 실행하기 위한 준비기간이 필요하며 자체적인 개선 활동과 지속적인 노력이 필요하다는 것을 보여준다.

4) 적용 결과 점검

1년 후 적용 결과 점검 결과 양호 이상으로 확인된 기계설비 제작업체는 17사로 54.9%를 차지해 월등하게 높지 않으나, 보통인 제작업체 4개 사를 포함하면 21개 사로 67.8%를 점유하여 절반 이상의 제작업체에서 평균 이상의 결과를 보

여줘 체계적인 프로젝트 관리가 업무 성과에 긍정적인 영향을 끼침을 입증한다. 또한 제도적인 장치도 중요하지만 실제 업무에 적용하여 결과물을 산출하는 실행력이 더 요구됨을 알 수 있다.

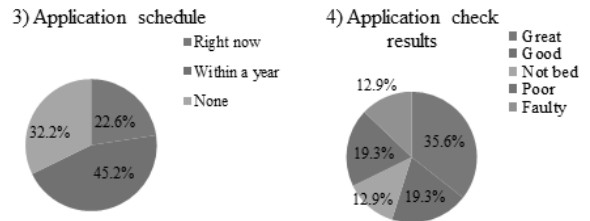


Fig. 14. The Application Schedule(3), and The Application Check Result(4)

적용 결과 점검은 Table 5와 같이 프로세스적인 문제, 기술적인 문제, 조직관리적인 문제의 관점에서 점검을 하였다. 프로세스적인 관점에서는 step제에 의한 프로젝트 관리, 각 step별 점검항목 설정 및 조직 내부 간 업무분장 상태를 점검하였고, 기술적인 관점에서는 신뢰성 요건, WOW 요건 정립과 설계, 제작, 시운전, 양산 대응 및 A/S 역량을 점검하였고, 조직관리적인 관점에서는 표준화, 매뉴얼화, 교육, 훈련 및 구성원 간의 소통과 협력 관계를 점검하였다. 또한 함께 점수를 우수, 양호, 보통, 미흡 및 불량으로 5단계로 분류하여 각 제작업체를 평가하였다.

Table 5. Inspect Contents, Points and Range for Inspect Results

Categories	Inspect Contents	Points	Range for Inspect results
Process Problems	<ul style="list-style-type: none"> Project Management by step1-step5 process Set inspection items for each step Division of work between internal organizations 	50	- Based on Total points - Great: 91-100 points - Good: 81-90 points - Not bed: 71-80 points - Poor: 61-70 points - Fault: ~60 points
Technical Problems	<ul style="list-style-type: none"> Requirements for improving reliability Requirements for worst condition Design, Fabrication and Try-out capabilities Mass Production Response and A/S Capabilities 	30	
Organizational Problems	<ul style="list-style-type: none"> Standardization, manualization Education, Training Communication and cooperation between members 	20	
Total		100	

5.4 연구 모델의 분석 결과

Table 6에서 기계설비 제작공정의 체계적 관리 방법 실행에 영향을 미치는 연구모델 3가지 요인의 영향도를 31개 기계설비 제작업체를 대상으로 한 설문 및 평가 결과를 토대로 분석했다.

1) 회사 규모의 영향도

1년 후 적용 결과 확인해보면 양호 이상인 17개 사 중에서 20인 이하가 10개사, 50인 이하가 5개 사, 50인 초과가 2개 사로 20인 이상인 기계설비 제작업체에 적용함이 적합하다. 따라서 최소 20인 이상이 되어야 기계설비 제작 업무의 체계적인 관리가 가능함을 알 수 있다.

Table 6. The Survey Results of Machinery Facilities Manufacturers

No.	Facility type	Facility company	① Application necessity			② Pain points in application (duplicate indication)			③ Application schedule			④ Inspect the application results (after one year)				
			Very helpful	Good to do	No effect	Not much	Personnel required	Cost required	Preparation term	Right now	Within a year	None	Great	Good	Not bad	Poor
1	Stamping	A	○													
2	Automation	B	○			○										
3		C														
4	Assembly fixture	D		○												
5		E														
6	Robot	F	○													
7		G	○													
8		H														
9	Moving	I		○												
10		J														
11	Sealing	K														
12		L														
13	Robot2	M														
14	Main	N														
15	Equipment	O														
16	Moving2	P														
17	Automain2	Q	○													
18	Robot2	R														
19		S														
20	Moving3	T														
21		U														
22	Glass handling	V														
23		W														
24	Liquid entry	X														
25		Y														
26		Z														
27	Checking	AA														
28		AB														
29	Auxiliary facilities	AC														
30		AD														
31		AE														
Total(concerned 31)			12/31	11/31	8/31	2/31	29/31	20/31	29/31	7/31	14/31	10/31	11/31	6/31	4/31	4/31
Share(%)			38.7	35.5	25.8	6.5	93.5	64.5	93.5	22.6	45.2	32.2	35.6	19.3	12.9	19.3

2) 자체 기술력 보유의 영향도

1년 후 적용 결과 확인해보면 양호 이상인 17개 사 모두 설계, 조립, 시운전 능력을 보유하고 있고, 13개사는 자체 제작 능력을 보유하고 있음으로 자체 제작 능력 보유 여부가 가장 중요한 요소가 됨을 확인할 수 있다. 이것은 제작을 자체적으로 수행하는 업체가 설계부터 시운전까지 일관된 관리가 가능함을 알 수 있다.

3) 변화에 대한 긍정적 마인드의 영향도

1년 적용 결과 확인해보면 양호 이상인 17개 사 중 7개 사가 즉시 적용을, 7개 사가 1년 이내 적용을, 3개 사는 적용 예정이 없음을 답해 변화에 대한 긍정적 마인드가 실행에 직접적으로 영향을 미침을 확인할 수 있다. 그러므로 새로운 제도를 도입해서 정착하기 위해서는 적극적인 리더십과 구성원의 도전적인 자세가 필요함을 알 수 있다.

연구 모델 검증 결과를 종합적으로 살펴보면 기계설비 제작공정 체계적 관리 방법 실행하기 위해서는 종업원 수가 최소 20인 이상이며, 기계설비 전반을 자체적으로 제작 가능하고, 변화에 긍정적인 마인드를 가진 제작업체가 적합한 것으로 판명 되었다.

31개 기계설비 제작업체를 대상으로 연구한 결과를 전체 기계설비 제작업체의 경향으로 일반화하기에는 다소 무리가 따를 수 있으나 다양한 규모의 여러 제작업체의 자료와 점검 결과를 기초로 했기 때문에 타당성을 확보한 것으로 판단한다. 또한 설비업체 점검 시에 프로젝트 관리 방법론으로 제시한 프로세스적인 관점, 기술적인 관점 및 조직관리적인 관점에서 제작업체를 평가함으로써 주관적인 요소를 배제하고 객관성을 확보하기 위해 노력했다.

6. 결 론

중소기업이 설비 납품 후에 고객사에서 발생하는 기계설비 문제점 507건을 대상으로 분석하여 프로세스적인 문제, 기

술적인 문제 및 조직관리적인 문제로 구분하여 각각에 대하여 해결 방법을 제시하였다. 프로세스적인 문제는 업무 수행 절차 미준수 또는 미흡으로 발생하는 문제로 고객의 업무 프로세스를 대응하기 위하여 기계설비 제작업체의 기계설비 제작 단계별 점검항목을 정립하여 검증을 체계화하여 기계설비 제품 품질을 향상하는 방법을 제시하였다. 기술적인 문제는 제작 표준 또는 기준 미정립으로 발생하는 문제로 고객사에 발생하는 문제점의 원인 분석과 대책 수립을 통하여 강건화 요건 체계화 및 제작 완료 후 시운전 단계에 최악 조건으로 점검할 수 있는 요소를 사전에 준비해야 함을 제시하였다. 조직관리적인 문제는 생산 운영 미흡으로 발생하는 문제로 리더와 구성원, 일하는 시스템 및 개인 역량 강화의 필요성과 이것이 유용하게 적용되기 위한 PDCA 전 주기적 활용을 제안하였다. 또한 설비 제작공정을 효율적으로 관리하기 위하여 인터넷 기반 개방형 플랫폼을 구축하여 설비업체 내부 간 및 설비업체와 고객사와의 정보 전달이 가능한 실시간 정보 공유 채널을 제안하였다. 이러한 설비 제작공정 관리 방법 구축의 예상 효과는 기계설비 품질 향상, 제작기간 단축, 생산 비용 절감 및 생산관리 효율성 제고 등을 수반할 수 있을 것으로 판단된다. 그리고 설비 제작업체와 고객사 간의 수평적·수직적 소통 가능한 개방형 Network 구축을 통하여 정보 전달의 실시간화, 회의, 자료 전달 등 업무 Man Hour 절감에 기여할 것으로 예상되며 향후 대기업·중소기업·협력업체 간 상생적 Value Chain 구축의 일환으로 추진될 수 있음을 제안하였다.

본 연구에서는 기계설비 제작공정 관리에 대한 실무 적용에 초점을 맞춰 서술되었으며 향후 연구에서는 프로세스적 문제, 기술적인 문제 및 조직관리적인 문제에 대한 대응 방법을 보다 심도 있게 연구를 진행할 예정이다. 또한 대기업과 중소기업 간의 실질적이고 구체적인 상호 협력 방법을 제시하여 산업현장에서 실행 가능하게 구체적으로 방법론을 제시하고자 한다. 그리고 산업기계설비 제조기업을 중심으로 한 중소기업 생산성 향상을 위한 기계설비 제작공정 관리를 효율적으로 수행하기 위해서는 기업 자체 혁신활동이 우선적으로 필요하지만 정부, 지방자치단체 지원 및 인근 대학교의 우수 연구인력을 활용한 산학 연계 활성화에 대하여 추가적인 연구를 진행할 예정이다.

References

[1] Alok Mathur, M. L. Mittal, and Govind Sharan Dangayach, "Improving productivity in Indian SMEs," *Production Planning & Control*, Vol.23, Nos.10-11, pp. 754-764, Oct. - Nov. 2012.

[2] Seung Chul Kim, "Adopting Systematic Project Management Methods for Productivity Improvement: Comparison of the Project Management Maturity Levels Between SMEs and Large Firms," *Asia Pacific Journal of Small Business*, Vol. 33, No.2, pp.5-21, Jun. 2011.

[3] Project Management Institute, Inc., "A guide to the project

Management Body Of Knowledge (PMBOK Guide) Fourth Edition,” Newtown Square, Pennsylvania, USA, 2008.

[4] Woo Jong Park and Kwang Ho Park, “An Empirical Study on the Influence of SMEs Productivity Management System on Productivity Performance: Focusing on Auto Part Suppliers,” *Asia Pacific Journal of Small Business*, Vol.33, No.2, pp. 23-41, Jun. 2011.

[5] EFQM(2010), EFQM Excellence Model, European Foundation for Quality Management [Internet], <http://www.efqm.org>.

[6] Besterfield, D. H., C. Besterfield-Michna, G. H. Bester-field, and M. Besterfield-Sacre(1995), “Total Quality Management,” Prentice Hall, Upper SaddleRiver, NJ.

[7] PRINCE2(2009), “Managing Successful Projects with PRINCE2,” Office of Government Commerce, London, UK.

[8] Kyu Seon Hwang and Woo Jin Park, “Developing performance measurement framework for Manufacturing Execution System,” *Korean Operations Research And Management Society*, pp.2205-2213, May 2012.

[9] Chang-Gap Seo and Young-Jae Park, “Development of Web Based Business Process Management System for Small and Medium Sized Enterprise,” *Journal of the Korea Industrial Information Systems Research*, Vol.14, No.4, pp.153-162, Dec. 2009.

[10] Korea Productivity Center(2005), “A Study on the Improvement of Management System through Certification System of Productivity Management System,” 2005.

[11] Hak Su Shin, Hyun Gyu Kim, and Lak Chae Chung, “A Study on the Development of the CPM3(Construction Project Management Maturity Model) for the Enterprise Project Management,” *Journal of the Korean Institute of Plant Engineering*, Vol.15 No.4, pp.11-15, 2010.

[12] Sok Eun Kim and Seon Il Oh, “A study on the Productivity Management System of small and medium sized companies,” *Korea Safety Management and Science*, pp.395-404, Nov. 2008.

[13] Jong Hwan Lee and Yong Ji Jung, “Consulting for efficient technical management,” *The Society of Korea Industrial and Systems Engineering*, 2012 *Spring Conference Papers*, pp. 230-237, 2012.

[14] Ju-Yong Park, Hyoung-Seok Oh, and Dong-Kun Lee, “A Study on the Production Process Management Support System for Smart Shipyard Based on Mobile,” *Journal of Welding and Joining*, Vol.32, No.5 pp.58-64, 2014.

[15] Lee, In Tae, Choi, and Jin Young, “Service Process Innovation in the Perspective of PDCA Cycle : Focused on the Case Study of IBM Technical Service Support,” *The Korea Service Management Society*, pp. 143-160, Nov.2016.

[16] Paul Chang and Yi-Lin He, “Study of Failure Mode, Effect and Criticality Analysis,” 2016 *International Conference on*

Applied Electronics (AE), Sept. 2016.

[17] Park Byoung-Noh and Joo Hae-Jin, “A Study on FMEA for Railway Vehicle,” *Korean Society for Railway*, pp.162-168, May 2009.

[18] J. S. Lee and H. S. Kim, “A Study on the Current Status and Activation Plan of the Smart Work,” *Journal of Korea Association for Regional Information Society*, pp.75-96, 2010.

[19] Kiyeol Jang, Jihwan Kim, and Namju Jeon, “Study on FMEA for In-wheel system,” *The Korean Society of Automotive Engineers*, pp.2545-2552, Nov. 2009.

[20] Jang-Jin Choi and Ik-Sung Lim, “Application of the Combined Techniques for Reliability Improvement on Machine Design Process: Case Study,” *Journal of Applied Reliability*, Vol.4, No.1, pp.71-80, 2014.

[21] B. Bertsche, “Reliability in Automotive and Mechanical Engineering,” Springer Science & Business Media, 2008.



송 영 민

<https://orcid.org/0000-0002-5417-3180>

e-mail : mysong@skku.edu

1995년 성균관대학교 기계공학과(학사)

2016년~현 재 성균관대학교

글로벌창업대학원 창업학과

석사과정

관심분야 : Small and Medium-sized Enterprises (SMEs),
Production Engineering, Smart factory, Industrial
IoT, Technology startup



정 종 필

<https://orcid.org/0000-0002-4061-9532>

e-mail : jjjeong@skku.edu

2008년~2009년 성균관대학교

컨버전스연구소 연구교수

2015년~현 재 전자부품연구원

IoT융합연구센터 전문연구위원

2010년~현 재 성균관대학교 정보통신대학 겸 산학협력단 교수

2016년~현 재 성균관대학교 스마트팩토리융합학과

사업총괄책임자

관심분야 : 스마트팩토리, 모바일융합컴퓨팅, 센서 네트워크,
차량 모바일 네트워크, 네트워크 보안, IT융합,
인터랙션사이언스, 스마트 헬스케어, IoT/M2M,
웨어러블 컴퓨팅



박 병 준

<https://orcid.org/0000-0003-4675-891X>

e-mail : bjunpark@skku.edu

2004년~2006년 삼성전자 그룹장

2006년~2007년 L&I 컨설팅 부사장

2017년~현 재 성균관대학교 체력과학

연구소 리서치펠로우

관심분야: Smart Factory, Industrial IoT, Industrial
Networking, Big Data Analysis