

단조산업의 품질비용 관리체계 개발 및 지속적 품질개선 방안에 관한 사례 연구

김강우¹, 차병철^{2*}

¹두산중공업, ²창원대학교 경영학과

A Case Study on The Development of Quality Cost Management System and Continuous Improvement in The Forging Industry

Kang-Woo Kim¹, Byung-Chul Cha^{2*}

¹Doosan Heavy Industries and Construction Co., Lt.d.

²Department of Business Administration, Changwon National University

요약 소재 산업은 공정 기술을 활용하여 최종 제품에 적용되는 부품을 생산하며 완성품의 품질을 결정하는 중요한 기반 산업이다. 그러나 최근 시장 환경이 악화되고 3D 업종으로 인식되어 다른 소재 산업 국가에 비해 경쟁력을 잃어가고 있는 실정이다. 본 연구는 단조 기업의 특성을 분석하고 품질 비용 범위를 설정하여 해당 산업에 특화된 품질 비용 관리 체계 및 지속적 품질 개선 방안에 대한 프로세스를 개발한다. 본 연구를 통해서 단조 산업의 세 가지 특성인 설비 의존, 수주 위주, 현장 중심을 발견하고 내부 실패 비용과 외부 실패 비용을 품질 비용 범위로 설정하였다. 대형 단조업체인 A기업에 대해서 개발된 품질 비용 관리 체계와 지속적 품질 개선 프로세스를 적용하여 총 8개의 품질 과제를 발굴하였으며, 개선 활동 결과 전년 대비 약 63.3%의 품질비용 저감을 확인하여 그 실효성을 증명하였다. 본 연구는 단조 기업들이 체계적으로 품질 비용을 관리하고 분석하여 품질 경영전략 방향성을 수립할 수 있도록 도움을 줄 것으로 판단된다.

Abstract The material industry is an important infrastructure industry that uses process technology in order to produce parts applied to the final product and determine the quality of the finished product. However, the market environment, which has been recognized as a 3D industry, has deteriorated recently and lost competitiveness compared to other material industry countries. This study analyzed the characteristics of forging companies and The study found that three characteristics of the forging industry, facility-oriented, order-based, and field-centered, and internal failure cost and external failure costs were set as the range of quality cost. A total of eight quality tasks were selected by applying the quality cost management system and continuous quality improvement process developed for large-scale A forging company, and improvement activity proved its effectiveness reducing quality costs by 63.3% compared to the previous year. The research helps forging companies establish a quality management strategy by systematically managing and analyzing quality costs.

Keywords : Quality Cost, Management System, Continuous Improvement, Forging Industry, Defects

이 연구는 2019~2020년도 창원대학교 자율연구과제 연구비 지원으로 수행된 연구결과임

*Corresponding Author : Byung-Chul Cha(Changwon National Univ.)

email: bccha@changwon.ac.kr

Received June 5, 2020

Revised July 17, 2020

Accepted September 4, 2020

Published September 30, 2020

1. 서론

소성가공(단조)이란, 특정 장비를 통해 고체 상태의 금속에 압축 하중을 부여하여 원하는 모양으로 변형하는 금속 작업 과정 중의 하나이다[1]. 뿌리산업백서[2]에 따르면 국내 소성가공 업체 수는 5,068개이며, 종사자 수 96,127명, 매출은 35조원으로 매출은 증가하고 있으나 설계, 기술, 인프라 부족 등의 이유로 Fig. 1과 같이 영업 이익률은 감소하고 있다. 그 중 단조분야는 영업이익률이 2008년 6.7%에서 2017년 1.8% 수준으로 가장 큰 폭으로 감소하고 있는 실정이다.

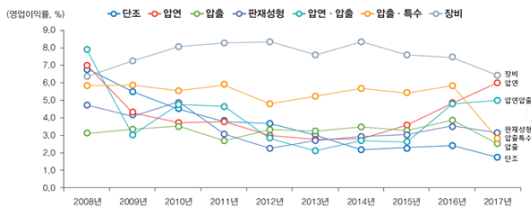


Fig. 1. Operating profit ratio of the domestic forging industries

Juran[3]은 결함 없는 제품이 생산되면 모든 품질관련 비용이 사라질 것이라고 주장하였다. 동일한 의미로 결함 제품을 생산하는 것은 기업의 비용을 높이고 이익을 낮추는 효과를 가지고 오게 된다. 품질과 관련된 금액은 회계상 비용으로 처리된다. 그래서 모든 기업은 품질비용을 낮추고 이익을 증대하고자 하며 좋은 품질의 제품을 생산하여 매출을 높이고 나아가 고객을 만족시키고자 끊임 없이 노력하고 있다. 그러나 업종의 차이에 따라 품질비용 관리시스템 구축은 물론 운영과정에서 많은 어려움을 겪고 있는 것이 현실이다[4]. 단조산업의 경쟁력을 높이고 기업의 이익을 증대하기 위해서는 해당 산업에 적합한 품질비용 관리체계를 개발하고 문제점을 도출하여 이를 개선하는 일련의 지속적 품질개선 프로세스를 구축하는 것이 절실히 필요하다. 현재까지 우주산업, 항공산업, 발전산업, 전자산업 등 여러 분야의 품질비용 연구가 진행되어 왔으나 산업별 특성이 각각 다르고 품질비용 정의 및 범위 또한 다르게 설정되어 있어 기존 연구들을 단조산업의 품질비용 관리체계 수립을 위해 적용하기에는 한계가 존재한다.

본 연구의 목적은 기존의 품질비용 및 품질개선방안 연구들을 바탕으로 단조산업의 특성을 고려한 특화된 품질비용 관리체계를 수립하고 지속적 품질개선 프로세스를 개발하는 것이다. 이를 토대로 기업의 실질적인 경영

성과 향상을 위하여 품질비용 분석을 통한 품질개선 수행 및 실적을 점검해보고자 한다. 더불어 개발된 품질비용 관리체계 및 지속적 품질개선 방안에 대해 A기업의 사례 분석을 실시하여 해당 연구가 실제 기업의 경영성과에 어떠한 영향을 미치는지 확인하고자 한다.

2. 이론적 배경

2.1 품질비용

품질비용에 대한 정의는 각 연구마다 여러 관점에 따라 다르게 설명되고 있으며 주요 학자들이 주장하는 정의는 다음과 같다. 품질비용은 1951년 Juran의 “Quality Hand Book”에서 처음 소개되었으며 생산 원가를 제외한 불량품과 관련되어 발생 되는 원가로 정의하였다[3]. 이후 Feigenbaum[5]은 공장과 회사에서 발생하는 관리비용과 관리실패비용을 모두 포함한 비용으로 설명하였다. 품질비용은 처음부터 업무를 올바르게 수행하지 못하여 발생 되는 원가 또는 고객의 요구를 충족시키지 못하여 발생하는 손실액이다[6]. 이 밖에도 Dale & Cooper[7]는 품질시스템의 설계, 실행, 운영, 유지보수와 지속적 품질개선 과정에 참여하는 조직 전체 차원의 비용과 시스템, 제품, 서비스 상의 실패비용에서 발생하는 총 비용을 품질비용의 정의로 주장하였다.

품질비용 유형 분류는 Juran, Gryna, Feigenbaum, Harrington 등의 학자에 의해 여러 모델들이 제시되었지만 미국품질협회에서 적용하고 가장 일반적이며 보편적으로 사용되고 있는 것은 PAF 모델이다. PAF 모델은 세부적으로 예방비용(prevention cost), 평가비용(appraisal cost), 내부실패비용(internal failure cost), 외부실패비용(external failure cost)으로 구분된다. 예방비용은 결함 발생을 줄이기 위한 노력에 투입되는 비용이며 평가비용은 품질요건에 대해 적합성 여부를 판단하기 위해 소요되는 점검, 평가, 시험과 관련된 비용으로 설명된다. 그리고 내부실패비용은 고객에게 납품되기 전 고객의 요구조건을 충족시키지 못하여 발생 되는 추가비용으로 정의하고 외부실패비용은 발생 된 결함으로 인해 제품 또는 서비스가 고객에게 전달되어 발생하는 비용으로 설명한다. 예방비용의 경우 회계적으로 측정 불가능한 비용들이 상당수 존재하며 예방비용 항목을 선정하는 기준도 상당히 모호하다. 최근에는 기존 PAF 모델의 문제점을 보완하고 기업의 실질적인 품질 수준을 측정하기 위하여 저품질비용이라는 개념을 강조하고 있다.

2.2 단조결함

단조소재는 외부의 응력이나 온도로부터 견딜 수 있는 우수한 강도와 인성을 가진다. 단조는 작업온도와 금형 유무에 따라 작업 방법을 분류하게 된다. 온도에 따른 방법으로는 냉간단조와 열간단조가 있으며, 냉간단조는 상온에서 수행하며 소형제품에 적합하고 열간단조는 재결정온도 이상에서 작업하여 변형 저항이 적은 것이 특징이다. 금형에 따른 방법으로는 자유단조와 형단조가 있으며, 자유단조는 평편한 앤빌(anvil)을 사용하여 형상에 구애 없이 작업이 가능하고 형단조는 일정한 형상을 가진 금형에 금속 소재를 넣고 압축하여 제품을 생산하는 방식이다. 단조설비의 종류로는 일정한 속도로 최대 하중으로 연속 작업이 가능한 프레스(press), 고속으로 제한된 에너지로 타격을 가하는 해머(hammer)가 있다. 단조 제품을 제작하기 위해서는 여러 선후 공정, 빌렛(billet) 제작, 가열, 절단, 열처리 등이 함께 필요하며 품질실패를 야기할 수 있는 요인들이 각 공정별로 다수 존재한다. Table 1과 Fig. 2는 소성가공의 종류인 단조, 압연 등에서 발생할 수 있는 결함종류의 설명과 사례를 나타낸다.

2.3 단조산업의 특성

2.3.1 설비 의존 산업

단조산업은 설비의 용량이 바로 제작 능력, 제작 가능 제품을 결정짓는 설비 의존 산업이자 시장 전망에 따라 적절한 설비를 투자하기 위해 막대한 비용이 소요되는 자본 집약 산업이다. 시장 상황을 판단하고 적절한 설비로 지속적인 수요가 예상되는 제품을 선점하여 생산하는 것이 무엇보다 중요하다.

Table 1. Defect types of plastic working

Type	Description
Bust	Surfaces open at lower temperature
Fold	Two surfaces fold against each other
Crack	Excessive working is on the surface
Porosity	Gas is remained in the melting metal
Inclusion	Nonmetallic materials penetrate metal
Scale Pit	Scale is embedded in forged surface
Stringer	Inclusion stretches inside of metal
Seam	Rolling defects stretch on metal surface
Unfilled	Some area not completely filled
Mismatch	Be misalignment between up and down

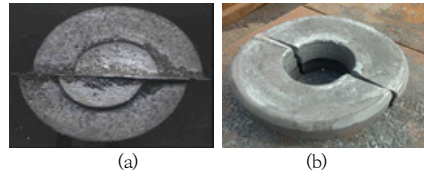


Fig. 2. Example of forging defects
(a) Mismatch (b) Crack

권혁홍[8]의 소성가공 산업의 현재, 기술 동향과 미래 전망에 따르면 단조기술은 장비 의존도가 다른 산업에 비해 높아 전용 장비, 설비 관련 기술이 낙후된 상황에서는 기존 장비 범위를 넘어서는 공정개발이 어려워 진다고 하였다. Jianguo Tang et al.[9]은 단조산업에서 원소재 뿐만 아니라 장비의 속도, 능력도 결함이 없는 좋은 품질의 제품을 얻기 위한 필수 요소라고 설명하였다.

2.3.2 수주 위주 산업

단조 제품은 소비재 양산 제품들과는 다르게 고객으로부터 제작 가능한 제품을 수주하여 요청한 사양에 맞게 제작 납품하는 방식이다. 단조기업들은 비 규격화된 다품종 형태의 제품들을 수주받아 생산하며, 소량 생산 방식의 특성을 가지고 있다. 따라서 여러 고객의 도면으로 제품들을 생산 및 관리하여야 하며 정확한 품질시스템을 갖추지 못한 단조기업의 경우 품질 불량으로 이어질 가능성이 있다. 실제 제작 과정에서도 여러 복잡한 관리 항목으로 인해 다른 도면으로 제품이 제작되거나 다른 소재가 생산 현장에 투입되는 경우가 발생한다. 또한 경영 재무적 측면에서는 전방산업의 경기 변동에 크게 영향을 받기 때문에 생산 제품에 따라 기업의 매출 및 이익이 크게 달라지게 된다. Table 2는 단조산업의 전방산업별 비중을 나타낸다.

Table 2. Business proportion based on forward industry

Forward industry	Business proportion (%)
Machinery	38.6
Automobile	29.4
Electric	11.1
Ship building	2.9
Aircraft	0.4
Bio	0.2
Robot	0.6
Etc.	16.8

2.3.3 현장 중심 산업

단조산업은 설비상태, 작업자역량, 작업환경, 제작 경험 등에 따라 생산성과 품질에 영향을 미치는 현장 중심 산업이다. 단조 제품은 관리책임, 현장책임으로 품질 불량률이 빈번하다[10]. 단조 제품은 대부분의 공정이 자동화되어 있지 않고 많은 인력이 투입되며 부적절한 설계와 공정 순서, 작업표준 미준수, 작업 부주의 등으로 고객 사양을 만족시키지 못하는 제품을 생산하게 된다. 이영선 et al.[11]은 우수한 강도 및 인성의 품질을 갖는 대형 단조 제품을 생산하기 위해서는 현장의 단조 조건과 열처리 조건을 제어해보는 여러 연구가 다양하게 수행되어야 한다고 주장하였다. 단조 제품 제작은 생산 과정 중 여러 품질 요인들이 복잡하게 얽혀있어 품질관리 및 불량원인 파악 또한 쉽지 않다.

3. 연구 설계

3.1 품질비용 관리체계 개발

3.1.1 목적설정 및 팀구성

단조산업의 품질비용 관리체계를 구축하기 위한 첫 번째 단계는 관리체계 도입을 통해 달성하고자 하는 최종 목적을 수립하는 것이다. 김명수[12]는 품질비용 측정을 통해 자사 제품의 품질 수준을 객관적인 정보로 제공할 수 있고, 기간별, 부문별 비교분석을 통해 추세를 파악하며, 품질관리활동의 효과를 확인하고 마지막으로 직원들에게 품질문제의 중요성을 인식시킬 수 있는 정보로 활용할 수 있다고 하였다. 단조산업 기업들은 품질비용 관리체계 구축을 통해 얻고자 하는 효과 및 최종 이미지를 고려하여 최종 목적을 설정하여야 한다. 다음으로 품질비용 관리체계 구축을 위한 TFT를 구성하여야 한다. TFT를 구성할 때는 각각의 부서나 조직 간에 상충 되는 문제를 해결할 수 있도록 각 기업의 현실에 적합한 담당자를 선정해야 한다[13].

3.1.2 품질비용 현황분석

실질적인 품질비용 관리체계를 구축하기에 앞서 구성된 TFT는 기업의 품질비용 현황에 대한 분석을 실시하여야 한다. 현재 품질 관련 비용은 어떻게 분류되고 있고, 어떻게 산출하며, 어떻게 관리되는지 조사한다. 특히 단조기업의 경우 수주 위주, 현장 중심적인 특성을 가지므로 전체 품질비용 중 내부실패비용, 외부실패비용이 차지

하는 비중이 높게 측정된다. 품질비용과 더불어 각 단조 기업에서 발생하는 품질문제 유형, 원인, 해결방법에 대해서도 상세히 파악해야 한다. 단조 제품 제작에 영향을 주는 여러 가지 세부 변수; 작업자 역량, 장비 상태, 기후 등에 따라 다양한 품질 편차를 가진 제품이 생산될 수 있으므로 단조기업의 품질 현황에 대한 조사는 중요하다. 단조기업에서는 Fig. 3과 같이 일반적으로 원자재, 절단, 가열, 단조, 열처리, 가공, 출하의 단계를 거치며 공정별로 발생하는 품질실패 유형 및 발생원인도 각각 다르게 나타난다. Table 3은 단조산업의 각 공정별 품질실패 유형을 나타낸다.

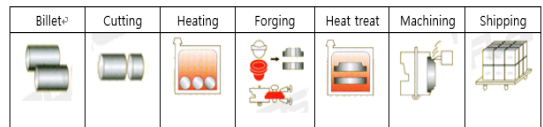


Fig. 3. General forging manufacturing process

3.1.3 품질비용 관리범위 설정

기업들은 속해 있는 산업 특성에 맞게 각자 다른 방식으로 품질비용을 정의하고 관리한다. 단조산업의 경우, PAF 모델 중 예방비용을 품질비용 분류에 포함할지에 대해서는 논란이 있을 수 있지만 전체 품질비용에 예방비용이 차지하는 비중이 상당히 미비하고 측정이 모호할 뿐만 아니라 노무비가 대부분을 차지하므로 제외시키고자 한다.

Table 3. Defects by manufacturing process

Process	Defect type
Billet	Material defects
Cutting	Cutting size error
Heating	Excessive or short time, temperature
Forging	Insufficient forging effect
	Crack in metal or on surface
	Overlap with two forging surfaces
	Bust on surface by high stress
Heat treat	Defective mechanical properties
Machining	Dimension error
Shipping	Damage by material and method

그리고 평가비용은 수주 위주 산업의 특성으로 볼 때, 검사 비용이 상당히 많은 부분을 차지하고 고객 발주 요건에 따라 시험 및 검사를 수행하고 관련 서류들을 제출하는 것이 당연 프로세스로 인식되기 때문에 품질비용의

개념보다는 생산 원가의 개념으로 인식하고 품질비용의 분류에는 포함시키지 않는다. 현장 중심의 단조산업 기업의 품질문제 파악과 개선을 위해서도 실패비용을 관리하는 것이 유용하다. 따라서 단조기업은 산업적 특성을 충분히 고려하여 내부실패비용과 외부실패비용을 합친 품질실패비용(Quality Failure Cost, 이하 QFC)으로 품질비용을 정의하고자 한다. 상세 품질실패비용을 측정하기 위해 각 단조기업은 생산 제품별 표준작업공정을 수립하여야 하며 확정된 표준작업공정 외에 추가된 재료비, 노무비, 경비를 내부실패비용으로 간주하고 고객 불만이나 사용 중 발생하는 문제의 해결에 소요된 비용은 외부실패비용으로 나타낸다. 하기 Table 4는 내부실패, 외부실패 조치방안에 대한 세부 내용을 설명한다.

3.1.4 QFC 입력시스템 구축

품질비용 관리범위가 선정되면 실제 품질실패비용 집계를 위한 회계 방식 선정과 비용 입력을 위한 전산시스템이 구축되어야 한다. 신완선 et al.[4]은 상세 품질비용 명세를 파악할 수 없는 기존 회계시스템의 집계방식에 대한 문제점을 극복할 수 있는 방안은 활동기준 원가계산 방식(ABC)을 활용한 비용 측정이라고 하였다.

Table 4. Disposition of internal and external failure

Type	Disposition
Internal	Use as is: perform its own functions
	Repair: restore its own functions
	Rework: repeat the specific process
	Reject: scrap the products
External	Cash compensation
	Product compensation
	Reduction price
	A/S (after service)

본 연구에서도 여러 공정을 순차적으로 거쳐 생산되는 단조 제품의 특성을 고려, 활동기준 원가계산 방식을 채택하여 단조기업의 QFC를 산출하고자 한다. 내부 품질실패비용 산출 상세 과정으로는 품질실패 조치결과 현상 사용, 수정, 재작업, 폐기에 따라 수행한 활동에 투입된 자원 비용(재료비, 노무비, 경비)을 기초로 측정한다. 단조산업에서 제품 생산에 들어가는 제조원가는 원재료비, 연료비, 전력비, 용수비, 외주가공비, 수선비 등의 직접생산원가와 퇴직급여, 복리후생, 임차료, 세금, 대손상각비, 광고비, 운반하역보관비, 기타 등의 간접생산원가 총 14

개 항목으로 구성된다[14]. 외부 품질실패비용은 A/S 활동에 투입된 총 자원비용을 입력하거나 외부품질실패로 인해 고객과 협의된 보상 방법과 확정 금액을 시스템에 직접 입력한다. 각 세부 투입 자원비용의 산출 방법으로 재료비는 추가 작업에 투입된 재료의 단위 소요량과 단위 원가의 곱으로 정의한다. 다음으로 노무비는 조치에 따른 활동들에 대한 공정별 투입 근로 시간과 평균 임률을 곱하여 측정한다. 마지막으로 경비는 재료비, 노무비를 제외하고 제작 활동에 투입된 비용들로 계산한다. 기타 간접비는 각 기업의 회계처리 방식에 적합한 형태로 배분하여 입력한다. 단조산업의 품질비용에 대한 최종 산출식은 아래와 같다.

$$QFC = \sum_1^n (AMi + ALi + AEi + EFi) \quad (1)$$

Where, AM denotes additional material, AL denotes additional labor, AE denotes additional expense, EF denotes external failure

이후 산출된 품질비용은 구축된 전산시스템에 입력해야 한다. Table 5와 Fig. 4는 품질비용을 시스템에 입력하기 위한 공정별 계정 항목, 산출 방법 및 시스템 입력 화면 예시를 나타낸다.

Table 5. Account items of quality cost and formula

Process	*Type	Account
Billet	M	kg × unit cost
	L	work hour × hourly labor cost
Cutting	L	work hour × hourly labor cost
	E	kW(electricity) × unit cost
Heating	L	work hour × hourly labor cost
	E	liter(fuel) × unit cost
Forging	L	work hour × hourly labor cost
	E	kW(electricity) × unit cost
Heat treat	L	work hour × hourly labor cost
	E	liter(fuel) × unit cost
Machining	M	quantity(tool) × unit cost
	L	work hour × hourly labor cost
	E	kW(electricity) × unit cost
Shipping	M	quantity(packing raw) × unit cost
	L	work hour × hourly labor cost

*M: material cost, L: labor cost, E: expense cost

품질비용입력시스템 (COPQ System)					
New					
[제품정보]					
문서번호	COPQ-19-0001	제품명	Bumper	제품ID	20-01-AB3542
고객사	ABC	제작문서	BP-357901 Rev.1	발간일자	2020-02-26
[불량정보]					
불량공정	다이고제	불량유형	Mismatch	조치내용	재작업
불량내용	ABC Bumper 단조 Die Mismatch로 추정되는 항상 불량 사항 발견				
[비용정보]					
비용항목	재료비	노무비	경비	기타	총합
예산비용	1,000,000	270,000	30,000	-	1,300,000
실제비용	1,200,000	250,000	-	-	1,450,000
작성 일자 검토 일자 승인 일자					
김XX	2020-06-11	박XX	2020-06-11	이XX	2020-06-11

Fig. 4. QFC input system of forging industry

Fig. 5는 단조기업의 품질비용 산출 및 입력에 대한 상세 프로세스를 도식화한다.

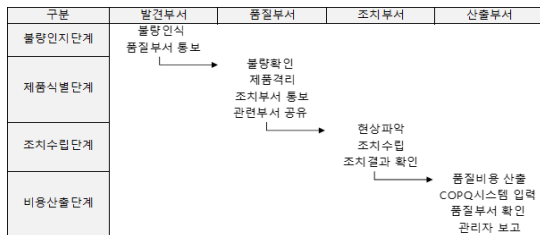


Fig. 5. Process for quality failure and cost disposal

3.1.5 대쉬보드(dash board) 개발

품질비용 산출뿐만 아니라 측정된 품질비용 데이터를 디스플레이하는 과정, 방법 또한 매우 중요하다. 김명수 [12]는 웹(web) 버전의 품질비용 관리시스템은 품질비용 관리 시스템의 실적을 실시간으로 인터페이스하고 경영자가 시스템에 직접 접속, 필요한 정보를 조회하여 신속한 의사결정을 할 수 있도록 지원하고 있다고 하였다. 구성된 TFT는 각 기업에서 관리하고자 하는 품질지표들을 선정하고 해당 데이터를 디스플레이할 수 있는 방안을 모색하여야 한다. 대쉬보드는 여러 가지 형태의 정보를 취득할 수 있고 가시성이 좋으며 편리하게 사용할 수 있도록 개발되어야 하며 품질 트렌드를 반영할 수 있게 수정, 변경 기능을 포함하여 구축되어야 한다. Table 6은 단조기업의 품질 관련 경영지표를 나타낸다.

Table 6. Quality management indicator of forging company

Indicator	Details
QFC	Total cost of failure quality
QFC rate	QFC and sales ratio
Process failure	Defect & total product ratio of process
Item failure	Defect & total product ratio of item
No. of claim	Quantity of customer claims

대쉬보드를 통해 경영자는 기업의 품질 현황을 한눈에 확인할 수 있으며 의미 있는 정보들을 쉽고 빠르게 획득할 수 있다. Fig. 6은 단조기업 품질비용 관리시스템의 대쉬보드 예시를 나타낸다.

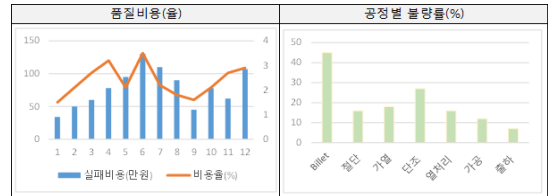


Fig. 6. Example of forging industry dashboard

단조기업의 품질비용 관리체계 개발은 총 5단계에 걸쳐 구축되며 각 단계별 내용은 Table 7과 같다.

Table 7. Quality cost management development steps

Step	Description
1	Goal setting and team organizing
2	Quality cost control status analyzing
3	Quality cost control scope fixing
4	Quality cost computer system developing
5	Quality cost dashboard building

3.2 지속적 품질개선 방안

3.2.1 품질비용 조회

품질비용 조회는 개발된 전산 관리시스템을 이용하여 목적에 맞게 기간, 내부, 외부실패, 유형 등을 설정하여 실적을 조회한다. 경영자 및 관리자는 경영 과정에서 필요한 관리 항목들을 사전에 선정하여 각 항목들을 실시간으로 확인할 수 있도록 조회 기능에 반영해야 한다. 정연배, 김연수[15]는 품질비용 전산 관리시스템을 이용하여 관련 업무의 효율성을 높이고 실시간으로 세부 조회가 가능하며 품질개선 활동을 위한 기초 자료로 활용되어 궁극적으로는 기업경쟁력을 강화할 수 있다고 하였다. 품질비용 관리시스템은 경영자 또는 관련 업무 인원들이 쉽게 접근하고 조회할 수 있도록 사용자의 편의를 최대한 고려하여 개발되어야만 지속적인 사용이 가능하며 향후 개선을 위한 신뢰성 높은 데이터를 조회할 수 있다. Fig. 7은 품질비용 관리시스템에서 특정 기간 동안 등록된 품질비용을 조회한 화면이다.

시스템번호	발령일	고객사	제품ID	제품명	공장명	공장유형	소재비	노무비	경비	품질비용
COQ2 19.001	2019.06.09	ABC	19.01.AB142	Bumper	141교계	Manufact	1200000	290000	-	1,410,000
COQ2 19.002	2019.06.10	BCA	19.01.AB143	Bumper	141교계	Manufact	900000	190000	-	1,090,000
COQ2 19.003	2019.06.11	CAB	19.01.AB144	Bumper	141교계	Manufact	771000	1,980,337	479000	7,214,860
COQ2 19.004	2019.06.12	BCA	19.01.AB145	Bumper	141교계	Manufact	434000	2,020,996	-	2,871,963
COQ2 19.005	2019.06.13	CAB	19.01.AB146	Bumper	141교계	Manufact	201340	1,938,173	978,130	1,996,641
COQ2 19.006	2019.06.14	CAB	19.01.AB147	Bumper	141교계	Manufact	3278890	1,980,113	-	4,669,211
COQ2 19.007	2019.06.15	CAB	19.01.AB148	Bumper	141교계	Manufact	488100	2,190,000	978,130	3,656,130
COQ2 19.008	2019.06.16	ABC	19.01.AB149	Truck	141교계	Manufact	3781000	470000	-	817,100
COQ2 19.009	2019.06.17	BCA	19.01.AB150	Truck	141교계	Manufact	5081000	470000	-	6,462,100
COQ2 19.010	2019.06.18	CAB	19.01.AB151	Truck	141교계	Manufact	2,814,996	470,000	978,130	3,663,116
COQ2 19.011	2019.06.19	ABC	19.01.AB152	Bumper	141교계	Manufact	470000	470,000	-	940,000
COQ2 19.012	2019.06.20	CAB	19.01.AB153	Bumper	141교계	Manufact	3781000	378,100	-	7,964,900
COQ2 19.013	2019.06.21	BCA	19.01.AB154	Truck	141교계	Manufact	202340	202,340	-	404,680

Fig. 7. Example of QFC output data

3.2.2 품질비용 분석

품질경향 및 품질비용을 분석하기 위해서는 각 기업에 맞는 품질 인자와 품질과 연관된 요소들을 검토, 선정하는 것이 우선시 되어야 한다. Fig. 8은 단조기업의 품질비용 분석을 위해 사용되는 품질 요소들을 4M(Man, Material, Machine, Method) 기법을 통해 나열한다.



Fig. 8. Quality factors by 4M methods

단조산업의 경영 환경은 시시각각 변화하고 경영자는 변화하는 환경 속에서 기업의 현상을 정확히 분석하고 전략을 수립해야 하기 때문에 품질비용을 여러 방면으로 분석할 수 있어야 한다. 가령, 입고된 빌렛이 지속적으로 품질문제가 발생한다면 빌렛 공급사, 기간, 재질 등의 품질요소를 통해 원인을 도출해 볼 수 있다. Fig. 9는 빌렛 품질문제를 개선하기 위해 품질비용 실적을 분석한 자료를 나타낸다.

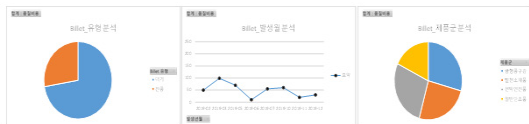


Fig. 9. Example of billet failure analysis result

3.2.3 품질개선과제 도출

기존 연구에 따르면 정량적인 기준에 근거한 과제 선정은 실패비용의 규모에 따른 방법, 원인 및 영향 분석을 활용한 방법, 목표대비 수준 차이 분석에 따른 방법, 예방 및 평가비용을 고려한 실패비용의 규모 산정에 따른 방법까지 총 4가지 방법으로 구분할 수 있다고 하였다[4]. 단조산업에서는 예방, 평가비용을 제외한 QFC를 품질비

용으로 정의하므로 실패비용의 규모에 따른 방법을 적용하여 각 단조기업의 관련 부서 간 회의를 통해 개선과제 선정과 우선순위를 지정해야 한다. 또한 단조기업에서는 공정 또는 불량유형에 따른 QFC 합계 금액을 통해 개선과제를 선정한다. 단조기업의 품질비용 관리는 전산시스템을 이용하나 개선과제 도출 과정에 있어서는 각 기업의 기술력, 개선팀의 역량 등 주관적인 요소들이 반영된다. 이러한 이유로 개선과제 도출 과정에서 책임자는 선정된 과제들을 객관적으로 검토하고 승인하는 단계를 거쳐야 한다.

3.2.4 계획수립 및 개선수행

각 단조기업에서는 선정된 개선과제의 우선순위에 따라 계획수립 단계를 거쳐 실질적인 활동을 전개해야 한다. 여기서는 PDCA기법을 적용하여 개선과제 계획, 수행 프로세스를 진행한다. PDCA는 계획(plan), 실행(do), 평가(check), 개선(act) 총 4단계로 구성되며 계획단계에서는 현상파악, 목표설정, 원인분석, 대책수립으로 다시 구분된다. 먼저 과제명, 관리부서, 과제담당자, 활동기간, 선정배경, 과제목표, 세부계획 등의 정보를 포함한 품질개선 활동계획서를 작성해야 한다. 김유광 et al.[16]은 품질비용 저감을 위한 방안으로 공정표준화, 공정개선 및 최적화, 평가비용의 최소화, 효율적인 부품 및 재료 선정기법 적용, 형상관리 효율화, 위험도관리를 제시하였다. 개선활동 계획이 수립되면 상세 일정에 따라 담당자는 과제를 추진하고 관리자는 진행 과정을 관리하여야 한다.

3.2.5 실적분석 및 표준화

품질개선과제 프로세스의 마지막 단계는 수행한 활동의 실적과 결과를 확인하고 필요사항, 개선사항을 반영하여 제조공정을 표준화하는 것이다. 품질비용 관리에 있어 개선활동 평가 결과는 매우 중요하며 객관성과 효율성이 유지되도록 관련 인원들의 의견을 수렴하여 결정해야 한다[12]. 품질개선활동의 최종결과 분석에는 목표대비 실적 비교 및 표준화를 위한 개선사항을 면밀히 파악해야 한다. Fig. 10은 단조기업의 개선활동 실적분석표 예시를 보여준다. 이후 개선활동을 통해 검증된 대책 사항과 결과분석에서 도출된 개선사항 등을 반영하여 후속 프로젝트 및 제품에 적용하기 위한 표준화 방안을 수립하여야 한다. 해당 단계에서는 현장 적용 가능 유무 및 업무 효율을 고려하여 엔지니어뿐만 아니라 현장 작업자

해 빌릿 제작과정, 발전소재품, 선박엔진품, 소재결합 4 가지 품질요소들의 연관성과 품질불량 원인 분석을 실시하여 개선팀은 총 8개 품질개선과제 항목을 발굴하였으며 그중 3가지 주요 품질개선활동은 Table 9와 같다.

Table 9. A company's primary improvement activities

Activity	Process	QFC(%)
Improvement of billet material	Billet	42.0
Billet making equipment upgrade	Billet	25.1
Power items quality factor control	Billet	15.9

품질개선을 위한 과제계획표에는 소속, 과제명, 담당자, 책임자, 추진 기간, 과제목표, 관련 공정, 실패유형, 예상효과 등의 정보를 포함한다. Fig. 13은 A기업의 1순위 품질개선과제 계획표를 나타낸다. Fig. 14는 1순위 품질개선과제 진행현황을 표시하며 책임자는 현황표를 통해 지연되는 세부 활동에 대해 문제점과 지원사항을 신속히 파악, 해결하여 일정 내에 과제를 종결하였다.

품질개선과제 계획표

과제 부서	과제 순번	과제명	책임자	담당자	추진 기간
기술팀	19_1순위	대기업 Billet 소재결합 개선	XXX 부장	XXX 과장	2019.01.01-2019.12.31
성인 목표		핵심 요구		관리 공정	관련 장비
비교 소재결합으로 인한 Billet 품질비용 증가		Billet 소재결합 품질비용 30% 절감		Billet	소재결합
사내 추진계획 및 일정					
No.	활동 세부 내용			시작 일자	종료 일자
1	소재결합 관련 제1차역 분석 및 주요 품질인자 도출 (Billet, 단조, 열처리 공정)			2019.01.01	2019.03.31
2	의 공정별 개선방안 수립 및 원형시험			2019.04.01	2019.05.31
3	개선요구사항 및 모니터링 실시			2019.06.01	2019.12.31

Fig. 13. A company's first priority activity plan

일	세부	과제명	담당자	진행률 (%)	비고	비고	비고
1	19.01.01	19.01.01	19.01.01	100%	19.01.01	19.01.01	19.01.01
2	19.01.02	19.01.02	19.01.02	100%	19.01.02	19.01.02	19.01.02
3	19.01.03	19.01.03	19.01.03	100%	19.01.03	19.01.03	19.01.03
4	19.01.04	19.01.04	19.01.04	100%	19.01.04	19.01.04	19.01.04

Fig. 14. A company's first activity progress status

Fig. 15는 A기업의 1순위 과제 수행실적 결과를 나타낸다. 1순위 품질개선과제의 실제 개선 효과는 기존 금액 대비 QFC 44%가 저감되었다. 특히 3순위 개선과제의 경우, 발전소재품의 제작 중 발생할 수 있는 상재 품질인자를 발굴, 관리하여 97.3% 품질비용을 저감하였다.

이뿐만 아니라 8개 모든 품질개선과제에 대해 실적을 분석하여 책임자의 검토를 거쳐 경영자에게 최종 보고를 실시하였다.

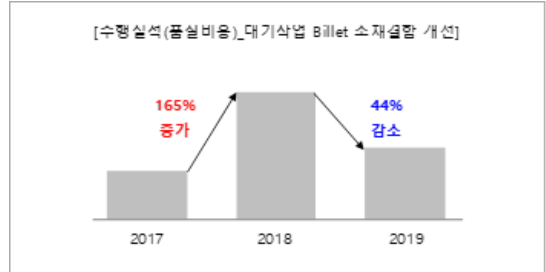


Fig. 15. A company's first activity performance result

A기업의 개선과제는 일회성으로 그치지 않고 이후 프로젝트, 제품 제작에 적용 및 표준화하기 위해 관련 부서 인원들은 개선내용을 제작 프로세스에 적용하기 위한 방안을 수립하였고 적용 여부를 상시 모니터링하였다. Table 10은 A기업 1순위 과제의 표준화를 위한 현장 적용 방안을 보여준다. 품질개선과제 수행 후 집계된 과제들의 총 실적은 전년도 품질실배비용 대비 63.3% 저감된 것으로 분석되었다.

Table 10. A company's first activity application measure

Applied process	Detail measure
Billet	Material selection for moisture control
Billet	Preheating of billet making equipments
Heating	Optimizing of heating cycle

5. 결론

소재산업은 국가 기반산업으로 지속적으로 연구되고 투자되어야 하는 분야이다. 그 중 단조산업은 국가부리산업으로 지정되어 각 기업들이 경쟁력을 강화하고 성장할 수 있도록 국가에서 관리, 지원하고 있다. 현재까지 품질비용 관련된 연구들이 계속 진행되고 있으나 그 수가 적으며 산업별 특성들로 인해 기존의 연구된 논문들을 단조산업에 적용하기에는 많은 문제점이 있었다. 따라서 본 논문에서는 단조산업의 특성 분석을 시작으로 단조기업의 품질비용 범위를 설정하고 품질비용 분석 방법을 도출하여 해당 산업에 적용할 수 있는 품질비용 관리체계

를 구축하였다. 이후 지속적 개선방안, 품질개선활동과 같이 일련의 품질프로세스를 개발, 시행하였으며 A사 사례를 통해 실제 품질비용이 저감되는 효과 또한 확인하였다.

본 연구의 예상 효과로는 기존 단조기업들이 신뢰성있는 품질비용 관리체계를 적용하여 보다 현실적인 재무적 관리가 가능하게 될 뿐만 아니라 단조기업 관련 여러 품질지표를 반영하여 각 기업의 품질현황 및 향후 개선을 위한 다각적인 품질목표 수립을 할 수 있게 되었다. 또한 지속적 개선방안 프로세스는 단조기업들이 여러 방향의 품질비용 분석을 용이하게 한다. 품질경향을 분석하고 품질 취약점, 문제점들을 발굴하여 품질개선과제라는 Tool을 통해 진화된 품질경영 환경을 마련할 수 있다. 이는 최종적으로 단조기업의 품질비용을 저감하고 시장에서의 경쟁력 향상, 재무적 성과, 고객 신뢰를 얻을 수 있는 기초가 되어 준다.

향후 본 연구는 단조산업의 예방비용, 평가비용을 분석하고 실패비용과의 관계를 파악하여 기업의 품질 경영 전략 방향성 수립을 위한 근거를 확보해보고자 한다.

References

- [1] Mahendra G., Nilesh A., "An Overview of Forging Processes with Their Defects", *International Journal of Scientific and Research Publications*, Vol.4, No.6, ISSN 2250-3153, Jun. 2014.
- [2] 2019 PPURI INDUSTRY White Paper, Korea National Ppuri Industry Center, pp.124-171, May 2019.
- [3] J. M. Juran, *Quality Control Handbook* 3rd Edition, McGraw-Hill, p.1600, 1974.
- [4] M. C. Lee, B. S. Hwang, S. J. Park, M. K. Kim, D. J. Kim, W. S. Shin, "A Research on the Development of Quality Cost Management System for Power Industry", *Journal of Korean Society for Quality Management*, Vol.44, No.4, pp.575-586, Dec. 2016.
- [5] A.V. Feigenbaum, *Total Quality Control*, Harvard Business Review, 34(6) pp.93-101, 1956.
- [6] P. B. Crosby, Don't Be Defensive about The Cost of Quality, *Quality Progress*, 16(4) pp.73-98, 1983.
- [7] B. G. Dale, C. L. Cooper, *Total Quality and Human Resources: An Executive Guide*, Blackwell Publisher, p.288, 1992.
- [8] H. H. Kwon, Technology Trends and Future Prospects in the Plastic Working Industry, The PPURI Industry technology Webzine, Korea National Ppuri Industry Center Vol.45, pp.3, Dec. 2018.
- [9] J. Zhao, Y. Deng, J. Zhang, J. Tang, "Effect of forging speed on the formability, microstructure and mechanical properties of isothermal precision forged of Al-Zn-Mg-Cu alloy", *Material Science & Engineering*, A767 138366, 2019.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.msea.2019.138366>
- [10] B. S. Park, "Present and Future of Forging Industry", Forging Symposium, The Korean Society for Technology of Plasticity, pp.11-28, Jun. 2018.
- [11] M. W. Lee, Y. S. Lee, S. W. Lee, D. H. Lee, S. S. Kim, Y. H. Moon, "Microstructure change of large cast-forged product by heat treatment conditions, The Korean Society for Technology of Plasticity, pp.102-106, 2009.
- [12] M. S. Kim, *A Case Study on the Development of a Quality Costing System and Its Application to Continuous Improvement Process*, Master's thesis, Sungkyunkwan University, pp.5-41, 2007.
- [13] K. I. Lee, S. M. Han, "A Case Study of Continuous Improvement Methodology by Calculated Quality-Cost", *Journal of Korean Society for Quality Management*, Vol.33, No.3, pp.19-30, 2005.
- [14] H. W. Lee, S. W. Choi, S. M. Bae, "Analysis of Forging Technology based on Investigation of Production Cost in the Korean Forging Industry", *The Korean Society for Technology of Plasticity*, Vol.19, No.8, pp.523-528, Dec. 2010.
- [15] Y. B. Jung, Y. S. Kim, "Application of Quality Cost Model in Quality Improvement Area", *Journal of the Society of Korea Industrial and Systems Engineering*, Vol.34, No.3, pp.71-78, Sep. 2011.
- [16] Y. K. Kim, C. H. Lee, S. T. Lee, Y. S. Chun, "Mitigation Strategy of Quality Cost for Satellite's Mission Assurance", *Korea Aerospace Research Institute*, Vol.12, No.2, pp.83-90, 2014.

김 강 우(Kang-Woo Kim)

[정회원]



- 2010년 8월 : 부산대학교 재료공학과 (공학학사)
- 2016년 8월 : 창원대학교 경영학과 (경영학석사)
- 2010년 7월 ~ 현재 : 두산중공업

<관심분야>

생산운영관리, 품질관리, 스마트공장

차 병 철(Byung-Chul Cha)

[정회원]



- 1997년 2월 : 부산대학교 산업공학과 (공학석사)
- 2005년 2월 : 부산대학교 산업공학과 (공학박사)
- 2005년 9월 ~ 2011년 2월 : 한국전자통신연구원 선임연구원
- 2011년 3월 ~ 현재 : 창원대학교 경영학과 교수

〈관심분야〉

생산운영관리, 공급사슬관리, 일정계획