

☒ 연구논문

저성장기의 TPM 활동 방향 전환
-COST 절감을 위한 생산혁신 활동 방향-
- Rectified TPM Activities in the Depression Period -

유 정 상 *
Yoo, Jeong Sang
최 진 욱 **
Choi, Jin Wook

Abstract

A great number of firms have used overall equipments effectiveness index to evaluate the effect of TPM activities. Overall equipments effectiveness is very useful index to emphasize the need of decreasing equipments loss time when TPM system is first implemented. And it is powerful to evaluate productivity growth rate according to TPM activities when GNP growth rate is high level. However, during the depression period, the increase of overall equipments effectiveness does not contribute fully to the cost down, the reason is that demand is falling.

In this paper, we present the rectified TPM activities which can be applied to the depression period, and analysis the improvement activities of production part how to contribute to the cost down,

1. 서 론

한국 제조업의 TPM활동은 자료조사결과 62.3%(96년) 이상이 도입하여 실시하고 있으며, 그 효과를 평가하는 지표로서 80% 이상이 설비종합효율을 활용하고 있고, 그 결과 설비 생산성이 괄목할만한 수준으로 향상되고 있는 많은 사례들을 볼 수 있다[1].

그러나, 설비종합효율로서 생산성을 평가할 때는 고도성장기에서 시장의 공급능력을 확보한다는 차원에서 생산의 효율성을 제고하거나, TPM 도입 단계에서 생산로스를 구체화하고 개선의 필요성을 강조하며, 중점적 활동방향을 제시하기 위한 수단으로서 유용했으나, 현재와 같은 불경기-저성장기-에서 생산능력이 시장 수요를 초과하여 전가동율이 현격히 낮아지는 경우에는 설비종합효율의 향상보다 더 우선적으로 개선해야 하는 생산지표가 필요하게 되었다. 따라서, 본 연구에서는 설비종합효율 관리의 약점을 보완하고 생산현장의 제조원가를 개선하는데 직접 기여할 수 있는 지표체계들을 정리하여 TPM 활동 현장에서 활용할 수 있게 제시하고자 한다.

* 경원전문대학 공업경영과

** 한국 TPM 컨설팅

2. 설비종합효율의 약점

설비종합효율의 산출식은 시간가동율×성능가동율×양품율로 나타내고 있으나 좀더 단순화하면 양품량×이론C/T÷부하시간으로 산출할 수 있다. 이 경우 INPUT이 되는 부하시간은 1일 근무시간이 아니라 관리적인 로스시간을 제외한 생산부문의 책임관리 시간이 되고, 주어진 부하시간내에서 생산의 효율성만을 나타내는 지표로서 활용된다. 저성장기에는 생산량(영업에서 요구하는 양품량)은 일정하거나 증가폭이 작게되고, 단위생산성이(설비종합효율) 증가하면 부하시간이 줄어들고, 부하시간이 줄어든 만큼 관리적인 휴지로스 시간은 늘어나게된다. 즉 설비종합효율은 향상되어도 조업율이나 부하율은 늘어나지 않고, 일정한 수준을 유지하거나 줄어들게 된다. 따라서 경영자의 입장에서 보면 설비종합효율이 증대되어도 총효율(가청)은 변화가 없고, < 표 1 > 노동생산성과 연계되지 않으며 제조원가를 절감하는데 어떤 기여를 하는지 알 수 없다는 불만을 하게 되고, 중업원의 입장에서도 설비종합효율은 증가해도 월간 생산량은 큰 차이가 없고 잔업시간이 줄게되어 개인의 수당만 줄어든다는 현실적인 불만을 하게 된다.

< 표 1 > 설비종합효율의 산출 예

-S 전자 97년 12월 -	
카렌다시간 : 31일×24시간 = 774시간	조업율 : $576 \div 744 \times 100 = 77.4\%$
조업시간 : 24일×24시간 = 576시간	부하율 : $496 \div 576 \times 100 = 86.1\%$
부하시간 : 496시간	총가동율 : $0.774 \times 0.861 \times 100 = 66.6\%$
이론C/T : 14초	총효율(생산종합효율) =
설비종합효율 : 82.4%	$\text{총가동율} \times \text{설비종합효율} =$ $0.666 \times 0.824 \times 100 = 54.9\%$

또한 이론 C/T도 처음 TPM을 도입 할 당시 극한적 이론능력을 설정했다하더라도 TPM 활동이 활성화되고 공법의 변경 및 공정 파괴, 설비개선 및 작업조건의 개선등으로 2~3년이 경과하면 100%를 초과하게 되고, 그 결과 설비종합효율이 100%를 초과하는 경우를 흔히 볼 수 있게 된다. 다품종 소량생산의 경우, 제품별 공정조건의 변화에 따른 생산능력의 변화 폭이 큰 경우 제품별 부하시간 및 생산량, 적용이론 C/T의 차이등으로 정확한 효율의 집계분석이 POP를 적용하기 전에는 불가능하며, 양품량도 단위공정에서 판단할 수 있는 기준에 따라 집계되어지며, 최종 제품에서의 불량 발생상황을 일정시간에, 정확하게, 적용시킬 수 없다는 현실적인 문제에 봉착하게 된다.

따라서, 전사적인 TPM 활동을 활성화시키기 위해서는 생산부문 뿐만이 아닌 전조직의 로스발생 상황을 정확히 계량화하고, 조직간의 책임, 계층간의 책임이 나타나는 지표의 개발이 필요하게 되었고, 생산부문의 개선활동이 제조원가에 어떻게 영향을 미치는지도 평가할 수 있는 모델의 개발이 필요한 단계에 와 있다.

3. 제조원가와 생산지표

생산기업이 목표 이익을 창출하기 위하여 고객이 원하는 기능 내지 품질의 제품을 최적의 원가와 수량으로 적기에 공급하되 환경의 변화와 내부적인 제약조건을 극복하여 생산시스템 전체를 최적화하고 효율화를 극한까지 추구하여 경영목표를 달성하는 것이 TPM 활동의 궁극적 목표이며, 그 수단으로서 로스를 미연에 방지할 수 있는 체계를 구축하는 것이 TPM 활동이라고 정의 내리고 있다[2][3]. 이와 같이 생산시스템 전체의 효율성을 제고하여 제조원가를 절감하고 국제적 경쟁력을 확보하기 위한 수단으로서 TPM 활동이 도입되고 진행된다면 TPM 활동을 평가하는 지표로서 총원가 대비 제조원가비율이 활용되어지고, 단순한 제조현장만을 대상으로하는 생산의 로스 뿐만 아니라 원가 항목별 로스 요인을 체계적으로 구체화하고, 실제 투입되는 원가요인에 대한 엄격한 관리 및 철저한 개선활동을 할 수 있도록 전원참가의 TPM 활동이 구성되고 진행되어야 할 것이다.

3.1 제조원가의 구성과 생산성

제조원가의 구성은 각 기업별 표준에 의해 집계, 분류되는 형태는 차이가 있으나, 대부분 사용한 비용을 사후에 집계하여 분석하고, 표준(또는 예측)원가와와의 차이를 분류하여 특이한 경우 별도의 대책을 수립하는 경우를 볼 수 있다. 원가를 제품 생산에 소비된 생산 요소의 형태별로 집계하면 <표 2> 제조원가의 구성에서와 같이 원재료비, 노무비, 제조경비로 분류하며, 조업도와 생산량을 기준으로 변동비와 고정비로 분류하고, 이론상 제품생산에 직접 투입여부로서 직접비와 간접비로 분류되기도 한다

< 표 2 > 제조원가의 구성

변동비		고정비	
원재료비	제조경비	노무비	제조경비
주요원재료비 매입부품비 관세환급금	운반비 용기부품비 포장비 외주가공비 전력비 연료비	급료, 임금 상여금 퇴직금 복리후생비	감가상각비 수선비 사용료 세금과 공과 소모품비 기타
직접비		간접비	직접비

생산성 향상을 통하여 원가 절감에 기여한다고 할 때 실제 영향을 주는 원가요소는 변동비를 제외한 고정비 (통상 노무비 및 제조경비 중의 일부) 의 일부에 지나지 않으며, <표 3> 제조원가의 구성 분포에 나타난 바와 같이 업체에 따라 차이가 있지만 고정비가 전체 제조원가의 40%를 초과하는 경우가 거의 없는 것으로 나타난다[4].

< 표 3 > 제조원가의 구성 분포

- 상장사 매출1000억 이상 제조업 제조원가 분석 -
< 단위: 제조원가의 백분율 % >

업종	원재료비	노무비	제조경비
음식료품	66.7	10.1	23.1
섬유의복	54.5	12.4	33.0
목재펄프	66.2	9.6	24.3
석유화학	90.2	9.3	19.7
고무프라스틱	61.6	13.6	24.6
조립금속기계	62.2	11.0	26.5
전기전자운송	66.8	14.3	18.8
평균	67.4	11.6	24.1

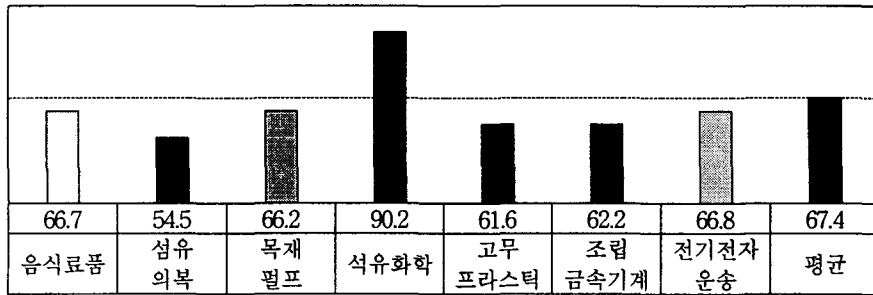
설비종합효율이 향상되면 단위 제품당 총투입공수가 일부 줄어들게 되고 불량율의 감소에 따른 자재비 및 가공비용의 감소, 감가상각비 및 수선유지비의 비율 감소 등의 영향을 생각할 수 있으나[5], 불경기-저성장기-에서는 총 생산량이 일정하거나 감소하는 추세에 있으므로 단위 제품당의 제조원가 절감은 고도성장기의 영향보다는 극히 미미하게 나타나게 된다. 따라서 저성장기의 생산성향상 활동은 단순 지표로서의 향상 활동보다는 제조원가에 직접 영향을 주는 방향으로 선회되어야 한다

3.2 원가구성요소별 생산 지표

3.2.1 원재료비와 생산 지표

기업연감의 1000개 제조업체 제조원가 분석에 의하면 <그림 1> 에서와 같이 국내 제조업의 평균 원재료비는 67.4%로 제조원가구성 요소에서 가장 큰 비중을 차지하고 있고[4], 현재와 같은 고회환을 체제에서는 증가 추세에 있으며 원재료비의 절감을 위한 활동은 자재조달부문의 가장 큰 고민 사항이며 생산 부문의 노력도 크게 요구되는 항목이다.

- “기업연감” 분석 결과 -



< 그림 1 > 업종별 원재료비 비율

원재료비의 비율 감소를 위한 생산부문의 노력은 수율 향상, 불량 감소, 재공감소 및 원부자재의 치환 등으로 나타날 수 있으며, 주기적 관리의 항목으로서 지표화 시킬 수 있는 항목은 자재별 수율 및 공정 불량율, 재생율, 직행율 등이 될 것이다. 특히 자재의 수율은 주요 원자재의 수율 뿐만 아니라 각종 부자재의 원단위성 수율도 원가에 미치는 영향도가 많으며, 공정 불량율을 줄이는 활동과는 별개로 중요하게 진행되어야 한다[6]. 단순 가공 조립공정의 경우, 이론 BOM 대비 100%의 자재 사용을 목표로 개선 활동이 이루어져야 하며, 장치 산업형의 공장에서는 이론 원단위를 초과하지 않는 생산 체계를 구축하여야 한다.

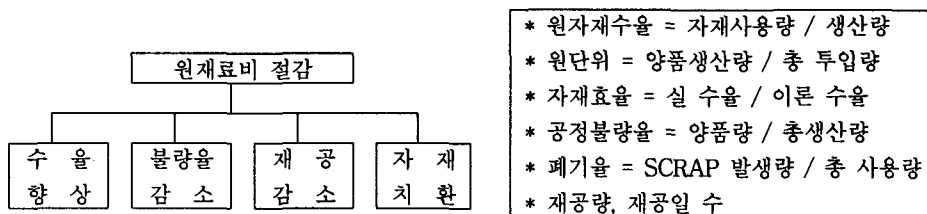
TPM활동의 주요 대상은 설비를 통한 생산성 향상이며, 현재와 같이 설비 및 설비환경조건으로 인한 품질 변동 요소가 클 경우 불량 예방을 위한 TPM활동으로서의 품질보전 활동 및 자주보전 활동을 통한 불량 “0”의 조건에 대한 예방적 관리 및 공정조건의 기본조건 정비 및 사용조건의 준수에 중점을 두고 진행해 나가야 할 것이다

따라서 원재료비 절감을 위한 TPM 활동의 평가 지표로서 다음의 < 표 4 >를 제시한다

3.2.2 원재료비 절감을 위한 TPM 활동

원재료비의 절감을 위한 TPM활동을 전개하기 위해서는 우선 전 종업원의 원가 및 자재비의 구성요소 및 단가 등에 대한 교육 및 홍보가 필요하며, 활동방법은 조직적인 원가분석을 통한 원가 항목별 목표 설정 및 개선테마의 개발과 소집단별 활동을 위한 과제의 부여에서 부터 출발한다.

< 표 4 > 원재료비 절감 지표



각 소집단별 (공정별) 투입 자재의 단가 및 이론 수율, 현재의 로스를 정량화하고, 로스 유별 발생원인을 증별하여, 자주보전 3스텝에서 작성한 기준서에 반영하고 예방관리가 가능하게 한다. 또한 개선 테마

는 소집단의 서브테마 활동으로 전개하게하며 주기적 진단을 통하여 활동의 수준을 극한의 단계로 끌어 올린다. 이때 기술적인 지원을 통하여 소집단 수준에서 해결하기 어려운 문제 및 만성적이거나, 타성적인 로스를 해결하는 활동도 필요하다.

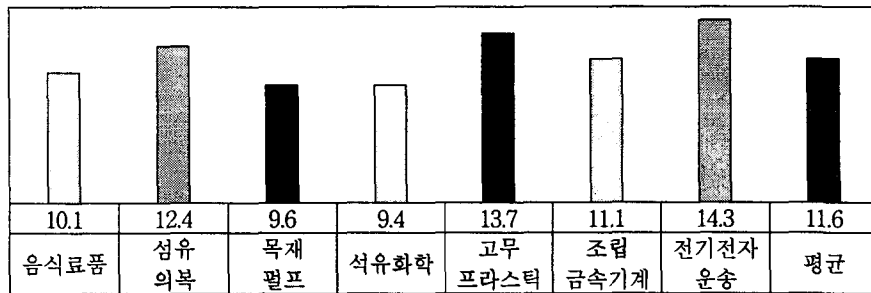
3.3 노무비 절감을 위한 TPM활동

노무비는 <그림 2>와 같이 장치산업의 비율은 10%정도를 차지하고 가공 조립형은 12~14%대로서 큰 차이가 없다[4]. 또한 대부분 기업에서 노무비는 고정비성 경비로 인식되나 실체는 잔업, 특근등으로 발생하는 변동비성 비용이 40~50%를 차지한다. 따라서 노무비 절감 활동은 불경기로인한 조업을 감축으로 전체 작업 시간의 감소로 인한 변동비성 비용의 절감과 설비의 효율 향상 및 개선 활동을 통한 총투입 인력의 절감을 우선 활동 대상으로 한다.

3.3.1 총투입 인력의 감소

98년도 이전 고도 성장기에 투자한 설비의 효율적 운용을 위한 개선 활동 및 잠간정지의 "0"화를 통한 자동화 설비의 인력 감소, 간이 자동화를 통한 휴식시간, 식사 시간의 무인 가동 (1시간 이상) 및 인당 담당 대수 및 공정의 확대 등을 통하여 총투입 인력을 감소시킨다.

- '기업연감' 분석 결과 -



<그림 2> 업종별 노무비 비율

이를 위한 TPM 활동 방향은 가동을 저하에 따른 유휴 인력 및 비가동시간을 활용하여 개별개선 활동 및 교육훈련 체계를 강화하고, 그 결과 현장에서 스스로 개선하여 여유를 만들고, 개선할 수 있는 인재들을 육성하는 방법이 있다.

또한 IE 및 VE와 같은 개선 수법들을 체계적으로 접목한 TPM 활동을 통하여 설비와 사람의 효율성을 극한의 상태로 만들어 나가며 낭비 인력을 줄이는 사례를 국내 몇개사에서 적용하는 오퍼레이터의 개선 팀 활동등에서 볼 수 있다.

3.3.2 설비효율 향상을 통한 인건비 감소

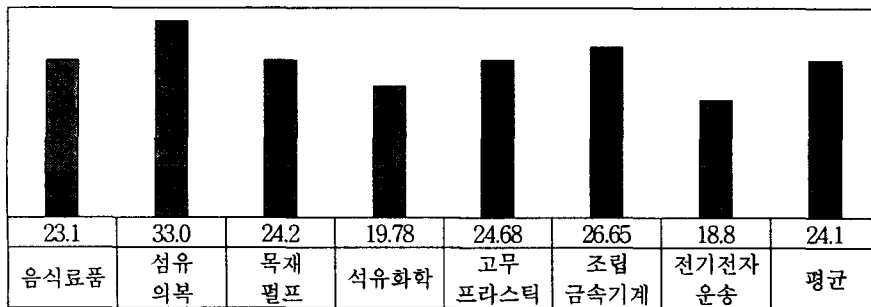
본문 제2장에서와 같이 설비종합효율이 향상되더라도 제조원가에 미치는 영향이 적은 이유는 <표 5>의 공수종합효율과 설비종합효율 비교 분석 사례에서와 같이 설비종합효율 향상을 통해 얻은 유휴시간 및 단위 생산 시간당의 능력을 생산 계획 수립 단계에 적절히 반영하지 않거나, 생산 및 판매의 정보의 차단에 따라 각 부문이 상호 협력적인 관계를 유지하지 않으므로 발생한다. 따라서 생산 현장에서는 TPM 활동 상황에 따라 변화하는 생산 능력을 정확하게 DATA화하여 제시하고, 고효율이 유지되는 생산 체계를 유지해야하며, 생산관리 또는 생산 계획 수립시 이것이 반영된 생산 계획을 수립하여야 하며, 불필요한 공장 가동일수를 줄일 수 있는 생산계획의 수립이 필요하다. 프로세스 장치산업의 일부를 제외

하고 대부분 생산종료 및 가동 준비의 로스가 크지 않은 경우, 1일 가동 시간을 줄이거나 저효율 운전보다는 생산의 효율을 높여서 가동일수를 줄이는 것이 경제성이 있는 생산 체계가 된다. 따라서 저성장기에도 설비종합효율을 극한의 상태까지 높이고 낭비요소를 최소화하는 활동이 필요하다.

< 표 5 > 설비종합효율과 공수종합효율의 비교 분석 - S사 98.3월 실적 분석

총가동시간	624	총보유공수	5622
조업시간	384	직접공수	3687
부하시간	332	총작업공수	2890
실가동시간	281	실동공수	2433
가치가동시간	253	표준공수	1828
설비회수율 = $\frac{\text{가치가동시간}}{\text{총가동가능시간}} \times 100$ = 40.5%		공수회수율 = $\frac{\text{표준공수}}{\text{총보유공수}} \times 100$ = 32.5%	
설비종합효율 = 76.2%		공수종합효율 = $\frac{\text{표준공수}}{\text{총작업공수}} \times 100$ = 63.3%	

- '기업연감' 분석 결과 -



< 그림 3 > 업종별 제조경비 비율

3.4 제조경비 절감을 위한 TPM

제조업의 평균 제조경비는 < 그림 3 >에서 나타난 바와 같이 평균이 총원가의 24.1%로 석유산업이 가장 높고(33.0%), 전기전자 산업이 가장 낮은 비율(18.8%)을 나타낸다.[4]

제조경비 절감을 위한 TPM 활동은 단순히 고장 절감에 의한 수선유지비의 감소가 아닌 설비 및 치공구로 인해 발생하는 제반경비 및 생산 활동중 발생할 수 있는 제반 로스를 종합적으로 분석하여 개선활동에 연계시키는 활동이 필요하다. < 표 6 >의 사례들과 같이 제조경비의 세부 항목별 분포는 제조업의 특성에 따라 차이가 크므로 동일 모델을 적용하기는 어려우나, 생산 현장에서 개선가능한 변동비성 제조경비는 포장비, 전력비, 연료비와 같이 투입 요소별 원단위를 관리해야 하는 항목과 소모품비, 외주가공비등과 같이 절대 투입량을 절감하는 항목으로 구분하여 개선활동을 전개해야 한다. 또한 제조경비의 각 세부항목은 분류되는 세목이 많고 세목별 해당항목의 낭비요소가 정량화되지 않거나 낭비요소로서 인식되지 않는다. 따라서 TPM 활동으로서 제조경비를 절감하는 활동을 전개하기 위해서는 공정단위별 비용을 발생시키는 제반 요소들을 파악하고 단위항목별로의 투입 현상을 계량화하며, 이론 원단위 또는 투입 목표와 비교하여 개선항목을 구체화하고 그 가능성을 찾아 소집단 활동이나, 제안 활동등과 연계하여 진행해 나간다.

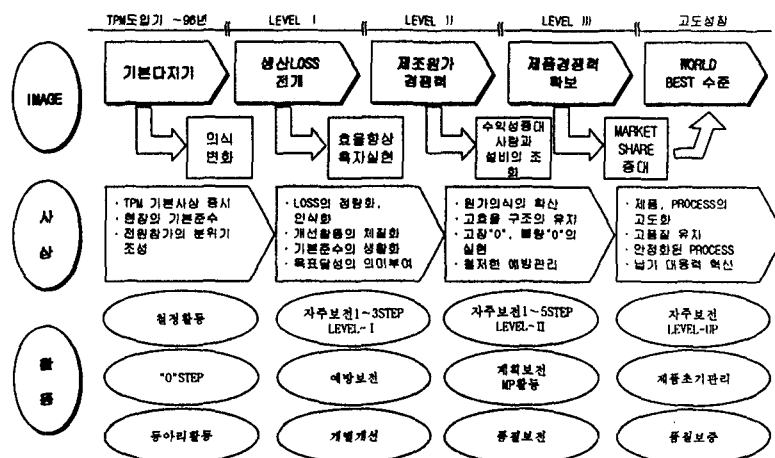
< 표 6 > 제조경비의 항목별 분포 근거: L 사 원가 분석표 (단위 %)

업종 구분		장치형	가공형	조립형	장치+가공형	평 균
변동비성 제조경비	포 장 비	2.4	0.5	1.6	8.2	3.2
	전 력 비	1.5	1.5	1.1	1.2	1.3
	연 료 비	0.3	1.1	0.7	1.2	0.8
	외주가공비	1.3	0.4	9.8	2.1	3.4
	계	5.5	3.5	13.2	12.7	8.7
고정비성 제조경비	감가상각비	7.2	8.3	6.7	4.4	6.7
	지급임차료, 수수료	0.5	0.8	0.3	0.5	0.5
	수 선 비	0.5	3.9	1.3	1.5	1.8
	소 모 품 비	2.2	0.8	1.3	0.5	1.2
	기 타	1.8	2.2	1.3	1.2	1.6
	계	12.2	16.0	10.9	8.1	11.8
합 계		17.7	19.5	24.1	20.8	20.5

4. 적용 모델

본 논문의 현장 적용을 통한 실천 가능성을 검토하기 위하여 국내 산업체의 한 사업부를 모델로 선정하고 동사업부의 TPM 활동을 본고와 같은 개념으로 전개시켜오고 있다. 그 결과 신규 사업 시작후 10여년간의 적자구조에서 흑자구조로 전환되고, IMF체제로 인한 고환을 및 수출 물량 증대에 힘입어 흑자 경영이 지속되고 있다.

동사업부는 TPM 활동을 95년도에 도입하여 2년간은 기본적인 활동을 중심으로 TPM의 일반적인 활동을 전개하였으며, 97년도 이후에는 생산로스를 줄이며 제조원가 경쟁력을 키우는데 주력하고 있다. <그림 4>는 동사업부의 증장기 전략이다. 이 전략은 사원의 의식변화를 위한 활동과 효율향상 활동을 통한 생산로스 절감, 수익성 증대, 제품 경쟁력 확보를 TPM 활동의 증장기 방향으로 설정했으며, 다음의 <표 7>과 같은 제품의 특성 및 업의 특수성을 고려하여 수립되었다. 해당 업의 특징은 광학 기술을 활용한 초정밀 가공 및 단순 가공이 복합적으로 구성된 형태로서 여사원에 의한 생산 운영이 이루어지고, 내수 및 수출의 비율이 비슷한 정도이며, 고객의 요구에 의한 수주 산업의 형태이다.



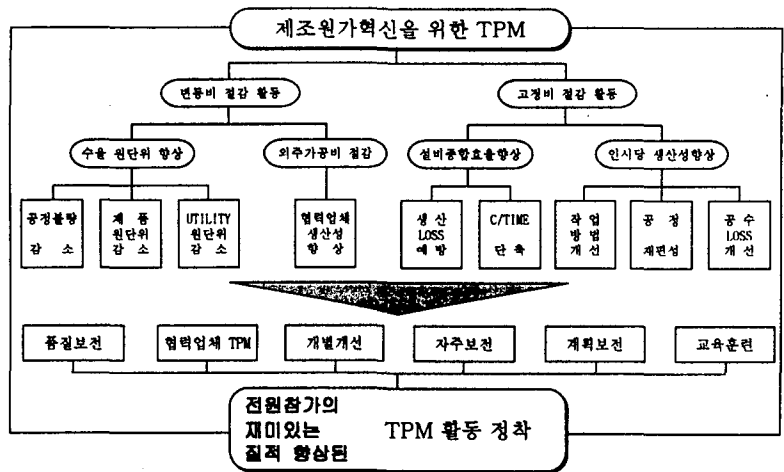
< 그림 4 > TPM 증장기 전략

사업부 TPM 활동의 특색은 <그림 5>와 같이 제조원가 혁신을 위한 TPM 활동 체계를 구축하고, 사업부 전체 목표를 각 단위조직에 분할하며, 조직의 목표 달성을 위한 세부 항목별 지표를 TPM 소집단에게까지 부여하여 소집단별 성과지표를 명확하게 하고, 주기적 지도 및 진단을 통하여 소집단의 목표를 달성할 수 있게 지원하고 있다. 또한 소집단의 부여된 목표지표외에도 각 공정별 제조원가 로스체제도를 작성하여 공정별로 투입되는 원가항목을 인식하게 하고, 개선활동 및 제안 활동과 연계하여 원가저해 로스를 줄여나가고 주기적인 진단을 통해 자율적인 공정관리를 유도한다[7].

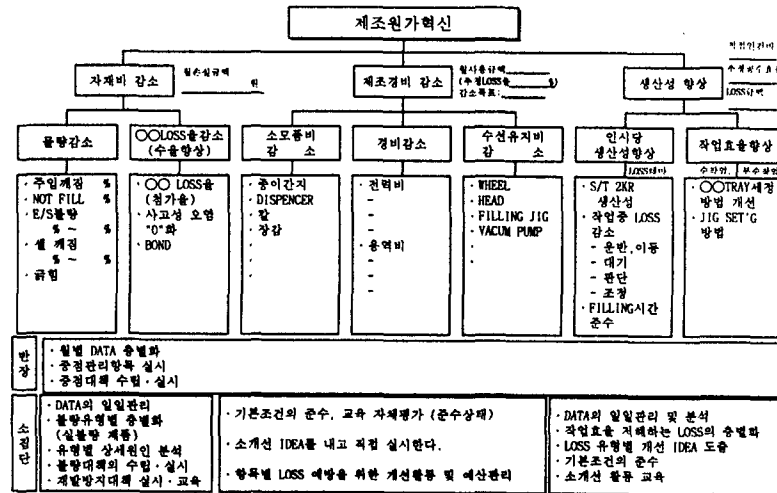
<그림 6>은 동사업부 소집단의 제조원가 체계도 사례이다. 이러한 활동의 결과 생산로스 저해요인들이 여사원의 손에 의해 줄어드는 경우가 남자사원, 관리자에 의한 활동보다 활발하고, 깊이있게 진행되며 단순한 현장개선보다 효과를 만들어가는 과정을 통해 보람을 느끼고 자랑하는 활성화된 현장으로 변해간다. 또한 원가 투입 요소가 명확해지고 각 단위 공정별 오퍼레이터의 개선 활동에서의 역할 및 대상이 정해지므로 막연한 효과를 위한 일반적인 개선 활동보다 구체적인 활동이 전개된다.

주요특성	해결 과제
수주산업	납기경쟁력, 자재조달 기간
Clean Room	세밀한 관리, 고비용 구조, 초정밀 가공기술
품질변동요인	전문기술, 분석기술, 첨단기술, 공정조건, 설비정밀도, 표준준수
소류트 생산	품종교체, 부품숫자, 공정내 Lead Time
선진제품과 차이	차별화된 기술력 없다, 설비효율의 경쟁
근무인원	여사원의 능력, 근속연수, 교육
원가구조	재료비 비율이 높다, 가공공정의 원인이 많다, 만성로스가 많다 (품질, 가동율, 잠간정지, 수율)

<표 7> 업의 특성



<그림 5> 제조원가 혁신 체계도



<그림 6> 소집단 제조원가 체계도

5. 결론

TPM 활동을 설비중심의 단순한 생산 현장 개선활동의 도구로서 활용하지 않고 기업체질을 개선하는 시스템으로, 경영 목표를 달성하기 위한 수단으로 활용하기 위하여, 수익성 향상을 위한 방안을 검토하였다. 각 제조업의 특성에 따라 적용 방법에는 다소 차이가 있을 수 있지만 제조원가 개선을 위한 TPM 활동의 전제 조건으로서

첫째 제조원가 구성 요소의 종업원에 대한 공개 및 책임감 부여의 활동이 필요하며

둘째, TPM활동을 전사적인 활동으로 발전시켜야 한다.

셋째, 불경기하에서의 TPM활동을 위한 투자 및 전사원의 공감대 확보를 들 수 있다.

이와같은 기반에서 본고에서 검토한 바와 같이 TPM 활동을 평가하는 체계를 단순한 설비종합효율이 아닌 총효율을 향상시켜서 제조원가를 절감할 수 있는 체계로 변화시켜야 불경기의 TPM활동을 유지하고 발전시켜 나갈 수 있다.

참 고 문 헌

[1] 함효준, “한국제조업체의 설비관리 조직변화와 TPM 추진 현황 분석에 관한 연구” 설비관리학회지, 제2권 제2호, pp147-156, 1997.
 [2] JIPM, 신 TPM 전개 프로그램, pp 8-21, 1992.
 [3] Takahashi, Y. & Osada, T., TPM : Total Productive Maintenance, Asian Productivity Organization, Tokyo, 1990.
 [4] 매일경제신문사, 기업연감, 1995, 1996.
 [5] 한국TPM컨설팅, 생산관리과정, 미공개교재, pp 45-60, 1997.
 [6] Gits, C., "On the Maintenance Concept for a Technical System : Design Considerations," Maintenance Management International, 1986.
 [7] 한국능률협회컨설팅, 설비관리대백과, pp 236-243, 1996.