

제3장

제품 · 공정 · 입지 · 물류 설계

-
1. 제품설계(Product Design) / 3-02
 2. 공정설계(Process Design) / 3-12
 3. 공장입지와 물류시스템 설계 / 3-23
 4. 기출 · 예상 문제 및 착안점 / 3-41
-

(2) 로버스트 설계(Robust Design) [공기1회]

- ① 로버스트 설계는 처음부터 환경에 영향을 덜 받도록(잡음에 둔감하도록) 제품이나 공정을 설계하는 것을 말하며, 다구치설계, 강건설계라고도 하는 실험계획의 일종이다.
- ② robust는 ‘강건한’, ‘잡음에 둔감한’의 의미이다.
- ③ 로버스트 설계는 시스템설계, 파라미터설계, 허용차설계의 3가지가 핵심이다.

(3) 기타

- * CAD, 글로벌 설계, 환경친화형 설계 등

2. 공정설계(Process Design) [공기3회]

- * 제품을 제조할 생산공정에 대한 설계를 공정설계라고도 한다.
- * 공정설계는 전체 생산시스템 면에서 유효성이 높도록 설계되어야 한다.

2.1 공정설계의 기초개념

2.1.1 공정설계의 의미 [공기1회]

- * 공정설계(process design)란 설계된 제품의 효율적 생산을 위해 ① 생산공정의 유형을 결정하고, ② 생산흐름을 분석하며, ③ 생산설비의 선정 및 범위를 결정하는 것이 중심이다.
- * 제품결정단계에서 생산할 제품이 결정되고, 제품설계단계에서 특정제품의 설계명세서가 작성되면 그 다음은 이 설계에 따라 제품을 제조할 생산공정에 대한 공정설계가 필요하다.
- * 공정(Process)이란 원료를 투입하여 제품을 산출하는데 필요한 모든 작업의 유기적 집합체(a set of work)를 의미한다.
- * 공정설계는 제품설계와 관련되므로 생산시스템 유효성을 높이도록 동시에 고려되어야 한다.

2.1.2 공정설계시의 4대 고려요소 [공기3회]

- * 이는 Krajewski(크라예프스키) 등이 제시했다.

(1) 자본집약도

- ① 생산공정에 있어 기계작업과 작업자작업의 구성비를 말한다.
- ② 기계장비의 상대적 비용이 클수록 자본집약도가 높다.

(2) 자원유연성

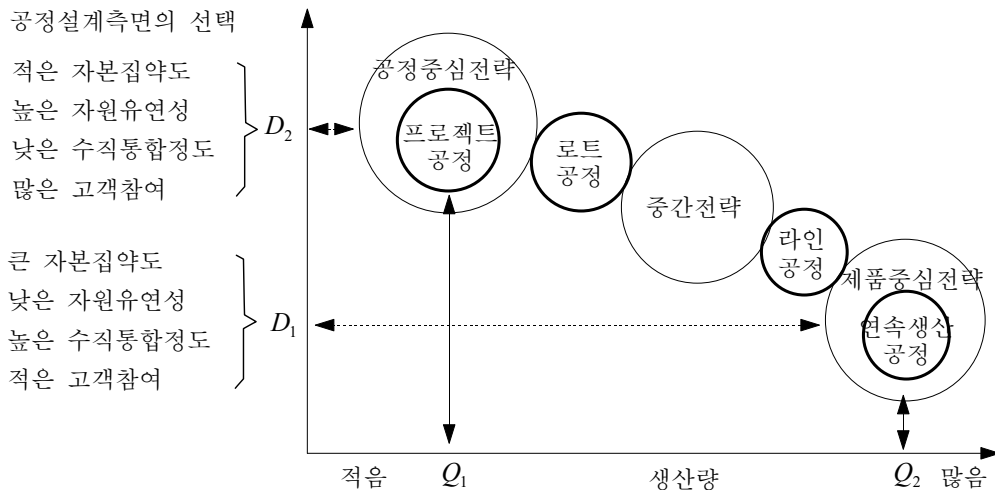
- ① 종업원과 기계가 다양한 제품, 산출수준, 기능들을 수행할 수 있는 능력을 말한다.
- ② 짧은 제품수명주기나 높은 고객화가 필요한 경우, 다양한 작업이 가능한 종업원과 범용 설비가 투입되어야 하며, 이 경우 생산효율이 낮다는 문제가 있다.
- ③ 반면 생산효율화를 위해 자본집약적 전용설비를 투입하면 고객화 수준이 낮아지게 된다.
- ④ 그러므로 자본집약도와 자원유연성 간에는 높은 상충관계가 존재한다.

(3) 수직적 통합의 정도

(4) 고객참여도

- ① 고객을 생산공정에 어느 정도 참여시킬 것인가(고객과 공정의 상호작용 정도)를 나타낸다.
- ② 서비스업에서 특히 중요시되는 요소이다.
- ③ 고객참여도가 높은 공정은 덜 자본집약적이며, 자원유연성은 더 높은 경향이 있다.

[도표 8] 공정설계 4요소와 위치전략 [공기1회]



2.2 공정설계의 체계 [경지1회] [공기4회] [기지1회]

- * 공정설계는 ① 생산공정의 결정, ② 생산의 흐름분석, ③ 기계설비의 선정 3가지이다.
- * 공정설계시에는 이후의 단계인 설비배치, 방법연구, 작업측정까지도 고찰할 필요가 있다.

2.2.1 생산공정의 결정

(1) 의의

- * 생산공정은 연속생산공정, 단속생산공정, 프로젝트공정 등으로 구성된다.

(2) 생산공정의 유형과 그 결정

(가) 기술적 관점

- ① 화학공정 → 석유·제철·화공품 등의 생산공정
- ② 성형공정 → 사출·유리·목공·플라스틱 등의 생산공정
- ③ 조립공정 → 용접·납땜·나사끼기 등의 작업이 주인 자동차·전자·시계 등의 공정
- ④ 운반공정 → 자재나 제품의 공간적인 이동이 이루어지는 공정.

위의 화학공정, 조립공정, 성형공정 등과 결합되는 것이 보통.

(나) 생산(자재와 제품)의 흐름 과정

- ① 연속생산공정 → 생산흐름이 연속적인 것으로, 소품종다량 생산 업종의 공정.

* 석유화학, 자동차, 전자제품 * 특수목적 설비인 한 가지 설비로 제한된 작업수행

② 단속생산공정 → 생산의 흐름이 단속적인 것.

* 다품종소량 생산업종의 공정. 조선업, 건축업, 항공기업, 철도차량 등.

* 일반목적(범용목적) 설비인 한 가지 설비에 의해 여러 작업을 수행.

[참고] 연속 또는 단속 생산공정의 선택은 미래예측에 의해서 행하며, 수요량이 많고 장시간 생산될 예정이면 연속생산공정, 그렇지 않으면 단속생산공정이 선택될 수 있다.

(3) 공정특징을 고려한 설계 [경지1회] [공기3회] [기지2회]

[도표 9] 연속생산공정, 단속생산공정, 프로젝트공정의 특징

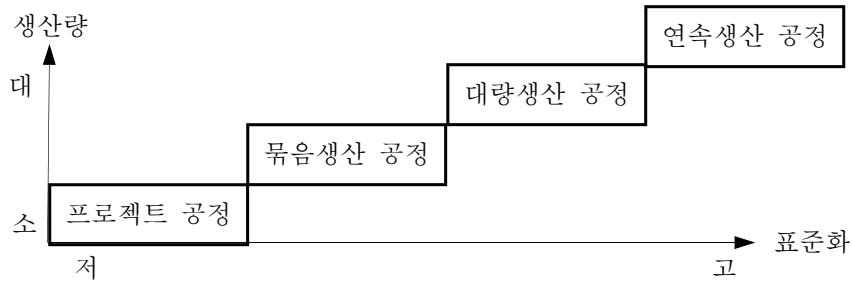
특징 \ 공정	연속생산공정	단속생산공정	프로젝트공정
표준화의 정도	높다	낮다	낮다
시장형태	대량	고객주문	유일
과업형태	반복적	비반복적	비반복적
보수	낮다	높다	높다
(생산목표) ① 원가 ② 품질 ③ 납기(납품) ④ 유연성	낮다 균일 신속 낮다	중간 보다 가변적 중간 중간	높다 보다 가변적 느리다 높다
생산통제, 품질관리, 재고관리	쉽다	어렵다	어렵다

[도표 10] 공정형태에 대한 특징별 비교

공정형태 \ 특징	연속생산공정	대량생산공정	묶음생산공정	프로젝트공정
제품형태	원자재	계획생산	주문생산	독특
고객형태	대량시장	대량시장	소수 개별고객	1회1명
제품수요	매우 안정적	안정적	변동적	드뭄
수요량	매우 대량	대량	소량~중간	단일 단위
제품종류	매우 적음	적음	많고 다양함	매우 다양함
생산시스템	장치산업	조립라인	단속적, 잡삽	장기프로젝트
생산장비	고도의 자동화	전용	범용	다양함
주요작업형태	혼합, 가공, 정제	조립	제작	전문화된 계약
작업자숙련도	장비관리	제한된 기술	다양한 기술	전문성
장점	높은 효율성, 대량 생산능력, 통제용이	효율성, 속도, 원가	유연성, 품질	고객지향적, 최신기술
단점	높은 설비투자	비반복성 소수고객지향적 높은 비용	높은 비용 속도가 느림 관리의 어려움	변화의 어려움 제한된 다양성
사례	화학, 철강	자동차, 가전	인쇄업, 제과점	조선, 플랜트

[참고] 묶음생산은 배치(batch)생산으로도 불림.

[도표 11] 제품특성과 공정선택 간의 결합



2.2.2 생산의 흐름분석과 기계설비의 선정

- * 생산공정이 결정되고 난 후에는 생산의 흐름분석을 행한다.
- * 생산의 흐름분석이란 작업공정 간의 작업의 흐름을 분석하는 것이다.
생산의 흐름분석에는 MH(material handling)기법이 있다.
- * 생산 흐름이 분석이 되고 난 후에는 이들 공정에 적합한 기계설비를 선정하게 된다.
연속생산공정에는 특수목적의 전용설비, 단속생산공정에는 일반목적의 범용설비가 선정.

2.3 생산공정의 유연화 [공기6회] [기지1회]

2.3.1 유연화의 의의

- ① 현대의 기업은 급격한 수요변화, 수요의 다양화, 제품수명주기의 단축 등에 대처하면서 동시에 생산성을 높여야 하는 상황에 직면해 있다,
- ② 다양성(유연성)과 생산성(원가절감)의 동시달성을 위해서는 생산공정 유연화가 필요하다.

[도표 12] 유연생산시스템의 종류

구분	유연생산시스템의 종류
다품종소량 생산공정의 유연화	* 집단가공법(GT) * 수치제어가공 * 산업용 로봇 * 셀형 제조방식(CMS) * 유연생산시스템(FMS) * CAD/CAM/CIM/CAE
소품종다량 생산공정의 유연화	* 모듈식 생산(MP)

2.3.2 집단가공법(GT : Group Technology) [공기 7회]

(1) GT의 의의 및 특징

(가) GT의 의의

- ① GT는 가공의 유사성(또는 기술적 유사성)에 따라 부품을 몇 개의 집단으로 나누고, 각 집단에 적합한 기계를 할당시키고, 공통의 공구와 기계 및 작업방법을 이용해서 생산하게 하는 방식이다.

- ② 집단가공법(GT)는 유사부품가공법(part family production method)이라고도 한다.
- ③ GT는 표준품의 대량생산에서 기대되는 경제적 이점을 다품종소량생산 체제에서 실현가능하게 한다.

(나) GT의 특징

- ① 각 그룹에는 서로 다른 기계들이 모여 있으며, 제품 흐름은 보다 직선적이 될 수 있다.
- ② 각 그룹에서는 기계를 공동사용하게 되고, 준비시간, 운반, 대기시간이 줄어들게 된다.
- ③ GT의 기본은 부품의 분류이며, 유사한 설계특성이나 제조과정 특성 중 하나를 기준으로 하여 분리하게 된다. 전자는 부품분류법, 후자는 생산흐름분석법이 해당된다.
- ④ 그룹핑을 통해 품목의 수는 적어지고, 로트의 크기는 대량화하게 된다.

(2) GT의 장점 및 단점

(가) GT의 장점

- ① 생산준비시간(set-up time)단축과 부품이동의 최소화로 자재의 흐름이 빨라지고 생산성이 증가하게 된다.
- ② GT를 위한 코딩시스템(부품분류법)은 설계의 중복을 제거시키고, 유사한 설계도 단일도면으로 결합시킬 수 있게 한다. 이는 설계비용을 줄일 수 있고, 설계의 표준화를 기할 수 있게 된다.
- ③ 한정된 작업순환 내에서 반복적 작업이 진행되면 작업자의 숙련도가 향상된다.
- ④ 각 셀 내의 적은 수의 작업자가 작업팀을 이루게 되어 인간관계가 향상될 수 있다.

(나) GT의 단점

- ① 부품분류가 복잡하며, 부품분류에 따른 업무가 증가하게 된다.
- ② 설비고장이 발생하는 경우 가공의 정체가 크게 된다.
- ③ 기계설비가 중복투자되고, 기계설비의 전용이 어렵게 된다.

(다) GT와 FMS의 관계

* GT셀과 같은 제조셀에서 기계가동이나 자재이동이 컴퓨터에 의해 자동화되고 통제된 경우 이를 FMS(Flexible Manufacturing System, 유연생산시스템)라고 부른다.

2.3.3 셀형 제조방식(CMS) [공기5회] [기지1회]

(1) 의의

- ① 셀형 제조방식(CMS : cellular manufacturing system)은 GT의 개념을 생산공정에 적용시켜 생산의 유연성을 높이고 생산성을 향상시키려는 기법이다.

- ② 셀형 제조방식은 한 종류 또는 많은 종류의 기계가 하나의 셀(cell)을 단위로 해서 집단화 되는 공정의 한 형태이다.
- ③ 단일의 조직개체 내지 셀에서 원자재를 구성품 또는 제품으로 바뀌게 한다.

(2) 장점 및 단점

(가) 장점

- ① 운반비용 감소, 준비시간 및 생산시간이 단축된다.
- ② 공구사용의 감소, 재공품재고의 감소 및 자재흐름이 단순화된다.
- ③ 기계주변에 재공품재고를 쌓아 둘 공간이 필요치 않아 공장면적에 대한 투자가 줄어든다.
- ④ 인간관계가 개선된다.
- ⑤ 전문기술이 향상된다.

(나) 단점

- ① 투자금액이 증대된다. ② 기계의 이용률이 낮다.

2.3.4 수치제어가공

- ① 수치제어가공(numerically controlled machining)이란 수치제어(NC : numeric control) 기술을 공작기계에 적용하여 기계가공을 자동으로 행하는 것이다.
- ② NC공작기계가 중심이 되며, 다품종 중·소량생산 시스템에 많이 이용된다.
- ③ NC기계는 컴퓨터에 의해 제어되지만 로봇팔을 가지고 있지 않으므로 로봇만큼 유연하지 못한 문제가 있다.

2.3.5 산업용 로봇

(1) 정의

- ① 산업용 로봇(industrial robot)은 여러 가지 작업을 수행하기 위하여 다양하게 프로그램화 동작을 통하여 자재, 공구 또는 특정 장치를 옮길 수 있도록 설계되고, 동작프로그램을 변경할 수도 있는 다기능 manipulator(인간의 손이나 팔의 기능을 갖춘 기구).
- ② 아직까지는 고정된 위치에 놓이는 부품에만 제한적으로 적용되고 있는 한계가 있다.

(2) 산업용 로봇의 도입 효과

- ① 유연성있는 자동화를 통해 다양한 수요에의 대처가 가능하다.
- ② 품질의 안정과 납기의 이행이 용이하다.
- ③ 위험한 작업, 지루한 반복작업 등의 대행으로써 노동복지가 향상된다.

2.3.6 유연생산시스템(FMS) [공기5회]

(1) 의의

- ① 유연생산시스템(FMS : flexible manufacturing system)은 다양한 제품을 높은 생산성으로 유연하게 제조하는 것을 목적으로 한다.
- ② 이를 위해 생산에 필요한 하드웨어와 소프트웨어를 자동화한다. 즉, 여러 대의 공작기계(CNC)와 산업용로봇, 가공물의 자동착탈장치, 자동공구교환장치, 자동운반시스템, 자동창고시스템 등의 자동생산기술과, 이들을 종합적으로 관리·제어하는 컴퓨터와 소프트웨어 등의 생산관리기술을 하나의 시스템으로 결합한 자동생산시스템이다.
- ③ FMS를 통해 서로 다른 흐름을 가진 다양한 유형의 여러 부품의 가공을 동시병행적으로 실시할 수 있다.
- ④ FMS의 구성요소로는 ㉠ 컴퓨터 : 부품이동과 기계가동의 통제, ㉡ 자동공작기계, ㉢ 자동운반차(AGV: automatic guided vehicle), ㉣ 정거장 등으로 구성된다.

(2) FMS의 효과

- ① 다양한 부품(제품)을 생산·가공할 수 있다.
- ② 가공준비 및 대기시간의 최소화로 제조시간이 단축된다. 왜냐하면 컴퓨터프로그램 변경만으로도 다양한 품목을 생산할 수 있으므로 새로운 품목의 생산소요시간이 단축된다.
- ③ 설비가동률이 향상된다. 즉, 작업에 필요한 모든 공구가 자동으로 교체되어 생산준비를 위한 가동중지는 불필요하게 된다.
- ④ 생산인건비가 감소된다. ⑤ 필요에 따라 필요량 가공으로 공정품재고가 감소된다.
- ⑥ 종합생산시스템이므로 생산관리능력이 향상되고 수요의 변화에 신속히 대응할 수 있다.
- ⑦ 불량품의 원인이 쉽게 발견되어 고품질 생산이 가능하다.
- ⑧ 중간규모의 조업도에서 강점을 보이는 편이나, 유사품목을 묶어서 생산함으로써 다품종 소량생산시에도 단위당 생산비를 절감할 수 있다.

(3) FMS 도입시의 문제점

- ① FMS도입 후 운영의 효과 발휘시까지 시간이 많이 소모된다.
- ② 부품가동시 부품의 위치가 정확해야 하고, 각 공정간의 타이밍이 정확해야 한다.
- ③ 사용기계가 생산능력에 한계가 있거나, 동일 부품군 내의 도구들의 중복 필요성으로 인해 제품 및 제품믹스 변경에 제약점이 있다.

2.3.7 CAD/CAM/CIM/CAE [공기1회]

(1) CAD : 컴퓨터지원설계

- ① CAD(computer-aided design)는 제품의 설계, 공학적 분석, 설계도면의 작성에 컴퓨터를 이용하는 시스템이다.

- ② 완전한 CAD시스템이 되기 위해서는 ㉠ 공학적 설계계산(design calculation), ㉡ 부품의 분류(part classification), ㉢ 제조부문과의 연결(link to manufacturing)이 요구된다.
- ③ CAD는 설계노동량 및 재설계시간을 대폭 단축가능한 것이 장점이다.

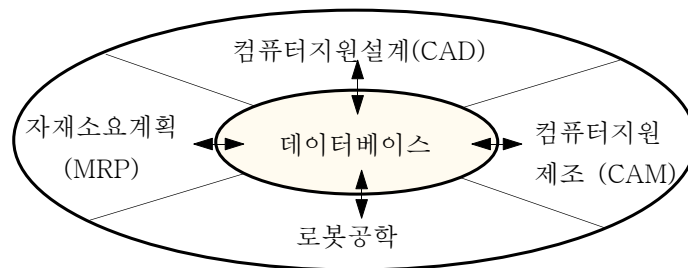
(2) CAM : 컴퓨터지원생산

- ① CAM(computer-aided manufacturing)은 제조공정을 설계하고, 기계를 제어하며, 자재의 흐름을 통제하는데 컴퓨터를 사용하는 생산시스템이다.
- ② 배치생산방식에 라인생산과 같은 효율성을 제공한다.
- ③ 제품흐름의 속도를 높이고, 기계이용률을 증대시킨다.
- ④ CAM이 실시되려면 GT를 이용하여 생산품목을 유사한 그룹끼리 조직하는 것이 필요하다.

(3) CIM : 컴퓨터통합생산 [경지1회]

- ① CIM(computer-integrated manufacturing)은 주문에서부터 제품설계, 생산 및 자재취급에 이르기까지 여러 기능, 관리 등을 컴퓨터 관련 기술을 통해 통합하고자 하는 개념이다.
- ② CIM은 CAD, CAM, 로봇공학, MRP, 각종 경영관리활동 등으로 구성된다.

[도표 13] 컴퓨터통합생산(CIM)



- ③ CIM을 위해서는 개별적인 '자동화의 섬들(islands of automation)'이 서로 통합될 수 있도록 공통의 데이터베이스를 통해 연결시켜야 한다.
여기서, '자동화의 섬들'이란 전체공정 중 일부 기계들만 컴퓨터화되고 일부 정보시스템만 입력된 상태를 나타낸다.
- ④ 배치생산에 있어서 CIM은 규모의 경제보다는 범위의 경제(economies of scope)에 근거하여 추진되어야 한다.
- ⑤ CIM 구축으로 신속한 납품, 높은 품질, 높은 유연성을 통해 경쟁우위를 확보할 수 있다.

(4) CAE : 컴퓨터지원 엔지니어링

- ① CAE(computer-aided engineering)는 CAD로 작성한 제품모델을 컴퓨터 안에서 상세히 검토하고, 그 데이터를 토대로 모델을 수정하거나, 설계를 변경하기 위한 시스템이다.
- ② 컴퓨터 안에서 시작품(試作品)을 수정하기 때문에 신제품 개발 기간 및 원가를 절감할 수 있게 한다.

2.3.8 모듈식 생산(MP) : 변조생산방식 [기지1회]

(1) MP의 의의

- ① 모듈식 생산(MP : modular production)은 다양하게 결합될 수 있는 부품을 설계, 개발, 제작하여, 가능한 최소 종류의 부품으로 최대 종류의 제품을 생산하는 방법이다.
예를 들면, 자동차 생산시 엔진종류 2가지, 변속기 2가지, 색상 10가지, 실내장식 5가지로 정할 때 모듈은 19가지이지만, 이 모듈을 결합시킬 경우 200가지($=2 \times 2 \times 10 \times 5$)가 가능.
- ② 제품의 다양화 속에서 구성부품을 표준화함으로써 다양한 시장수요를 충족시키고, 부품의 표준화에 따른 표준화의 이익을 달성할 수 있다.
- ③ 부품의 호환성을 종류가 다른 제품에까지 확장하여 적용할 수 있다.

(2) MP의 장점

- ① 부품결합의 다양성 극대화로 소품종다량생산의 다양성을 제고시킨다.
- ② 소비자의 욕구변화에 민감한 대응으로 기업의 경쟁력향상 및 성장을 추구할 수 있다.
- ③ 생산설비와 제품설계의 자동화를 기할 수 있다.

2.4 생산능력과 설비계획 [공기2회] [기지1회]

- ① 설비의사결정은 장기적인 수요에 대비하기 위한 생산능력계획과 관련되며, 공장 등의 물리적인 생산설비계획에 초점을 두고 있다.
- ② 설비계획을 위해서는 필요한 생산능력과 시점, 입지조건 등에 대한 정보가 필요하다.

2.4.1 생산능력

(1) 생산능력의 의의

- ① 생산능력이란 생산시스템이 일정 기간 동안 제공할 수 있는 최대산출량을 의미한다.
- ② 생산능력을 파악할 때는 측정단위의 결정에 신중해야 한다.
 - ㉠ 대개 생산능력은 총괄단위(aggregate unit)를 규정하여 측정하게 된다,
 - ㉡ 다만, 각 제품에 공통되는 물리적 단위를 찾지 못할 경우 매출액으로도 표시한다.

(2) 생산능력의 종류

(가) 공칭(公稱)생산능력

- ① 공칭생산능력(nominal capacity)은 정상적인 가동정책 하에서의 일정 기간당 최대산출량을 의미하며, 하루의 정상적인 교대횟수를 반영하여 측정한다.
- ② 공칭생산능력에는 하청이나 잔업은 포함되지 않는다.

(나) 피크생산능력

- ① 피크생산능력(peak capacity)은 하루나 며칠간 임시고용이나 잔업을 통해 임시방편으로 생산할 수 있는 능력을 말한다.

- ② 정상적인 방법으로 오랜 기간 유지될 수 있는 유지생산능력(sustained capacity)과는 구별되는 개념이다.

(다) 완충생산능력 또는 여유생산능력

- ① 완충생산능력(cushion capacity)은 생산능력에서 평균수요를 뺀 것으로 정의된다.
 ② 완충생산능력이 양수(+)이면 평균수요 이상으로 생산능력을 유지한다는 것을 의미한다.
 이는 성장하는 시장에서 점유율을 극대화시키기 위해 채택하는 전략이다.

2.4.2 설비계획의 절차

- ① 설비계획을 위해서는 우선 미래수요의 예측이 전제되어야 한다.
 ② 예측된 수요에 의해 기간별 생산능력의 추가요구량을 결정하고, 생산능력의 추가나 변경 대안을 수립하고 평가한 후 설비의사결정을 하게 된다.

2.4.3 생산능력 조정전략 [공기1회]

(1) 여유생산능력의 이용전략

- ① 기업의 생산능력이용률이 85%를 넘어서 100%에 가까워지면 품질과 생산성의 하락이나, 주문상실의 위험에 직면하게 된다.
 ② 이 때문에 현실적으로 많은 기업들이 생산능력의 평균이용률을 80~85% 수준으로 유지하고자 하는데, 이를 여유생산능력(capacity cushion)의 이용이라 한다.

$$\text{여유생산능력}(\%) = 100 - \text{평균이용률}$$

(2) 생산능력의 확장전략 [공기1회]

- * 수요가 안정적으로 증가하게 되면, 생산능력의 확장을 고려하게 되며, 다음과 같은 세 가지 생산능력시기전략(capacity-timing strategies)이 있다.

(가) 수요를 예상하고 선도하는 전략 : 확장주의 전략(Expansion Strategy)

- ① 이는 공격적 전략이며, 생산능력을 미리 확장하여 정(+)의 여유생산능력의 유지 전략이다.
 ② 이 전략은 생산능력에 한계가 있는 경쟁사의 고객을 뺏어 오거나, 성장시장에서 점유율을 유지하는 전략이다.

(나) 수요를 추종하는 전략

- * 이는 수요예측과 생산능력을 연계시켜서, 시간의 흐름에 따라 수요예측에 기반하여 적절한 규모의 생산능력을 유지하는 전략이다.

(다) 수요를 지연시키는 전략 : 두고보기 전략(Wait-and-see Strategy)

- ① 이는 보수적 전략으로서, 부(-)의 여유생산능력을 추구하는 전략이다.
 ② 이 전략은 생산능력이용률과 투자수익률은 높일 수 있으나, 장기적으로는 시장점유율이 하락될 소지가 있다.

2.5 생산능력의 효과성 분석 [공기2회] [기지3회]

2.5.1 최대생산능력

- ① 최대생산능력이란 설비의 최대생산량이나 공정의 최대산출률을 의미한다.
- ② 대표적인 최대생산능력의 측정방법으로 설계생산능력(design capacity)이 있다.
- ③ 이것은 생산설비가 설계되는 시점에서의 목표산출률 혹은 최대생산능력을 의미한다.
- ④ 기업은 이러한 목표를 초과하거나 미달 달성할 수도 있다.

2.5.2 유효생산능력

- ① 유효생산능력(effective capacity)은 주어진 품질표준, 일정상의 제약 하에서 달성가능한 최대산출률을 의미한다.
- ② 이러한 생산능력은 정상적인 작업조건을 반영해서 설계생산능력을 감소시킨 것이다.
- ③ 따라서 유효생산능력은 설계생산능력을 초과할 수 없으며, 일반적으로 설계생산능력 이하가 될 것이다.

2.5.3 실제생산능력

- ① 실제생산능력(actual capacity) 혹은 실제산출률(actual output rate)은 생산설비가 실제로 달성하는 산출률을 의미한다.
- ② 일반적으로 이것은 유효생산능력 이하가 되는데, 그 이유는 기계고장, 작업자의 결근, 자재의 불량 및 자재 혹은 중간조립품의 고갈 등이 발생하기 때문이다.

2.5.4 생산시스템의 효과성 평가 [기지1회]

* 생산시스템의 효과성을 평가하는 데에는 다음의 두 가지 척도가 사용된다.

- ① 생산능력이용률(capacity utilization rate)은 설계생산능력 대비 실제생산능력의 비율로 정의된다.

$$\text{생산능력이용률} = \frac{\text{실제생산능력}}{\text{설계생산능력}} \quad (02)$$

- ② 생산능력 효율성은 유효생산능력 대비 실제생산능력의 비율로 정의되며, 생산시스템을 얼마나 잘 이용하는가에 대한 단기 및 중기의 척도로서, 시스템능률이라고도 한다.

$$\text{생산능력효율성} = \frac{\text{실제생산능력}}{\text{유효생산능력}} \quad (03)$$

2.5.5 최적조업도

- ① 최적조업도(optimized operating level)는 공정을 설계하는 시점에서의 목표생산능력 수준이라고도 볼 수 있다.
- ② 최적조업도는 단위당 평균원가가 최소로 되는 산출량 수준을 말한다.



설비배치 및 작업방법설계

-
- 1. 설비 배치의 분석과 설계 / 4-02
 - 2. 작업방법 설계 / 4-29
 - 3. 기출 · 예상 문제 및 착안점 / 4-31
-

(가) 선후공정도(선행도표)

- * 대부분의 라인에는 작업에서의 기술적인 선후관계를 만족해야 한다. 즉, 어떤 작업 이전에 꼭 수행해야만 하는 작업이 있다. 한편, 작업의 순서에도 어느 정도의 선택의 폭은 있다.
- * 이러한 관계를 시각적으로 이해하기 위해 선후공정도(선행도표라고도 함)를 만들어 보기로 한다. 작업요소는 원으로 그리며, 원 아래에는 작업완료에 필요한 시간을 기재한다. 화살표는 직전 선행공정에서 다음 작업요소로 향하게 한다.

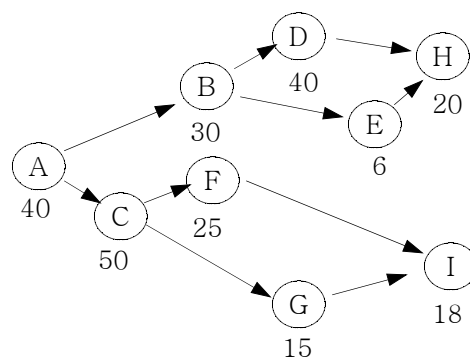
예제 04 선후공정도(선행도표)의 작성 사례

- * 한 조정공사는 새로운 C3 모델 비료분사기를 생산할 수 있도록 생산라인을 설계하고 있다. 아래의 정보를 이용하여 C3 모델의 선후공정도를 작성하라.

작업요소	설명	시간(초)	직전 선행공정
A	호퍼에 다리 부착	40	없음
B	추진축 삽입	30	A
C	굴대 부착	50	A
D	교반기 부착	40	B
E	드라이브 휠 부착	6	B
F	프리 휠 부착	25	C
G	포스트 장착	15	C
H	조정기 부착	20	D, E
I	명패 장착	18	F, G
		계 244	

해설

- * [그림 1]은 완전한 선후공정도를 보여 주고 있다.
- * 선행공정이 없는 작업요소 A에서 시작하여 작업 A가 선행공정인 작업 B와 C를 추가한다.
- * 작업기준과 선후관계를 보여 주는 화살표로 나타낸 다음, 요소 D와 E를 계속적으로 추가해 나가서 작성된다.



[그림 1] C3 모델의 선후공정도 (선행도표)

- * 이 그림은 해석이 쉬움. 예를 들면 작업요소 F는 작업요소 C가 완료된 다음에는 언제든지 시작이 가능하다. 반면 요소 I는 요소 F와 G가 완료되어야만 시작할 수 있다.

(나) 바람직한 산출물(r)

- * 라인밸런싱의 목적은 산출물을 생산 계획에 맞추는 것이다.

- * 예를 들면 일주일에 수요가 4,000단위 발생하고 라인이 일주일에 80시간 운영된다면 산출물은 시간당 50단위인 것이 이상적이다. 이렇게 함으로써 납품이 정시에 이루어지고 원하지 않는 재고를 누적하지 않을 수 있게 된다.

(다) 주기시간(C) [공기1회]

- * 한 라인의 주기시간(cycle time)은 각 작업장에서 한 단위 생산에 허락된 최장시간이다.

$$C = \frac{1}{r} \quad (01)$$

여기서, C : 주기시간(시간/단위), r : 산출률(단위/시간)

- * 예를 들어 바람직한 산출률이 시간당 60단위이면 주기시간은 1/60(시간/단위)가 된다.

(라) 이론적 최소작업장(공정)수(n_t)

- * 작업장 수(n)의 이론적 최소작업장(공정)수 n_t 는 다음과 같이 계산된다.

$$n_t = \frac{\sum t_i}{C} \quad (02)$$

여기서, $\sum t_i$ = 단위당 조립시간(모든 작업요소 표준시간의 합), C = 주기시간

- * 예를 들어 모든 작업요소 시간의 합이 15분이고 주기시간이 1분이면, 가능한 최소의 작업장 수는 15/1=15가 된다. 계산에서 분수가 나오면 바로 위의 정수로 올림하여 계산한다.

(마) 유휴시간(I), 공정밸런스효율(E_b), 밸런지지체(d)

- * 작업장 수(n)을 최소화하면 자연히 ① 최소 유휴시간, ② 최대 공정밸런스효율, ③ 최소 밸런지지체가 보장될 수 있다(① $n \downarrow \rightarrow I \downarrow$, ② $n \downarrow \rightarrow E_b \uparrow$, ③ $n \downarrow \rightarrow d \downarrow$).

- * 유휴시간(idle time, I)이란 한 단위 조립에 있어 각 작업장이 낭비하는 시간 합이 된다.

$$I = \sum (C - t_i) = n \cdot C - \sum t_i \quad (03)$$

여기서, n = 작업장 수, C = 주기시간, $\sum t_i$ = 단위당 표준 조립시간

- * 라인밸런스효율(E_b)은 공정평형화 효율의 척도가 된다.

$$E_b = 1 - \frac{I}{n \cdot C} = 1 - \frac{\sum (C - t_i)}{n \cdot C} = \frac{\sum t_i}{n \cdot C} \quad (04)$$

- * 밸런지지체(balance delay, d)는 100%와 효율과의 차이로서, 불평형률이라고도 한다.

$$d = 1 - E_b \quad (05)$$

예제 05 주기시간, 이론적 작업장(공정)수, 라인밸런스효율의 계산 [기지3회]

* 한 조정공사의 공장장은 마케팅 부서로부터 비료분사기 C3 모델의 내년 수요에 대해 보고받았다. 그는 다음 3개월 동안에 주당 2,400단위의 C3 모델을 생산할 수 있도록 생산라인을 설계하고자 한다. 공장은 주당 40시간 운영된다.

- (1) 이 라인의 주기시간(cycle time)은 얼마여야 하는가?
- (2) 이론적 최소작업장(공정)수는 얼마인가? (단, $\sum t_i = 244$, [예제 04] 자료 활용)
- (3) 유희시간은?
- (4) 그는 5개의 작업장만으로 된 답을 얻어냈다. 이때의 라인밸런스효율(%)은 얼마인가?
- (5) 밸런스지체(%)는?

해설

(1) 먼저 원하는 산출물(주당 2,400단위)을 주당 40시간으로 나누면 산출률(단위/시간) $r = 60$ (단위/시간)를 얻는다. 그러면 주기시간은 $C = 1/r = 1/60$ (시간/단위) = 1(분/단위)이다.

(2) 공정이 완전균형상태라면, [예제 04]에서 $\sum t_i = 244$ 초이고, 이론적 최소작업장(공정)수는

$$n_i = \frac{\sum t_i}{C} = \frac{244\text{초}}{60\text{초}} = 4.067 \rightarrow 5\text{개 (올림 처리)}$$

(3) 유희시간 = $nC - \sum t_i = 5 \times 60 - 244 = 56$ 초

(4) 5개 작업장으로 된 대안이라면, 라인밸런스효율은 $E_b = \frac{\sum t_i}{n \cdot C} = \frac{244}{5 \times 60} = 0.813$ (81.3%)

이론적 최소작업장(공정)수를 달성하는 대안을 찾는다 해도 라인밸런스효율(이는 이론적 최대효율의 의미가 됨) 81.3%에 불과하다.

(5) 밸런스지체 $d = 1 - E_b = 1 - 0.813 = 0.187$ (18.7%)

(3) 라인밸런싱 문제에서 해의 발견 [기지1회]

* 한 조정회사의 예와 같이 간단한 경우에도 조립 라인에는 엄청나게 많은 수의 해가 있을 수 있으며, 공정별 배치에서처럼 컴퓨터의 도움을 받을 수 있다.

* 아래에 설명할 방법은 매우 단순한 것으로, 각 반복과정에서 후보로 나열된 작업요소들 중 하나를 선택하여 한 작업장에 할당하고, 이 과정을 작업장이 모두 형성될 때까지 반복한다.

* 아래에서 k는 현재 형성 중인 작업장 번호를 의미한다.

▶(단계 1) 우선 $k=1$ 로 한다. 작업장 k에 할당할 작업 요소의 후보 목록을 작성한다.

* 후보는 다음 조건을 만족해야 한다.

- ① 이전에 이미 할당되지 않았어야 한다.
- ② 모든 선행작업들이 이 작업장이나 이전 작업장에 할당되어 있어야 한다.
- ③ 이 작업장에 이미 할당되어 있는 작업들을 감안한 유희시간보다 작업시간이 짧아야 한다. 아직 아무 작업요소가 할당되어 있지 않다면 유희시간은 주기시간과 같다. 후보를 찾을 수 없다면 (단계 4)로 간다.

▶(단계 2) 후보를 선정한다. 대개 다음의 두 가지 기준이 많이 사용된다.

① (최장 작업요소시간 규칙) 작업시간이 가장 긴 후보를 선택한다.

이 휴리스틱 규칙은 나중에는 할당하기 힘든 작업요소들을 먼저 작업장에 할당하는 것이다. 작업시간이 짧은 것들은 미세 조정을 위해 나중에 선택되는 것이다.

② (최다 후행작업 규칙) 후행작업이 많은 것을 먼저 선택한다.

[예제 04]의 [그림 1]에서 작업 요소 C는 3개의 후행작업이 있고, E는 하나의 후행작업이 있다. 이 규칙은 연결된 작업장의 형성을 도와 준다. 그렇지 않으면 선행 조건에 의해 유희시간이 불필요하게 많은 작업요소 배열만이 가능할 수도 있다.

▶(단계 3) 작업장 k에 할당된 작업요소의 누적시간을 계산한 후, 이를 주기시간에서 빼 작업장의 유희시간을 계산한다. (단계 1)로 돌아가 새로운 후보 목록을 작성한다.

▶(단계 4) 아직도 할당되지 않은 작업요소가 남아 있는 데도 작업장 k의 후보가 될 수 없다면 신작업장 k+1을 만들어 (단계 1)로 돌아간다. 그렇지 않다면 답이 나온 것이다.

예제 06 라인밸런싱 해 구하기

* 위 규칙을 이용하여 한 조정회사에서의 라인 밸런싱 문제의 해를 구해 보아라.

([예제 04]의 [그림 1] 참조)

* 후보선정시 규칙 ① (최장작업시간 규칙)을 이용하기로 한다. 주기시간은 60초이다.

해설

* 아래 '해의 발견과정'과 같이 처음 몇 번의 반복 후 일정한 패턴을 찾을 수 있다.

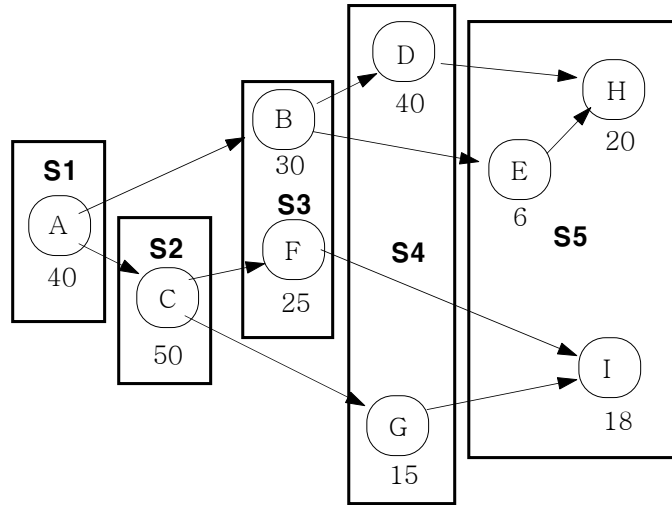
▷ 해의 발견과정

작업장 (단계 1)	후보 (단계 2)	선정 (단계 2)	누적시간(초) (단계 3)	유희시간 (단계 3)
S1	A	A	40	20
S2	B, C	C	50	10
S3	B, F, G E, F, G	B F	30 55	30 5
S4	D, E, G E, G	D G	40 55	20 5
S5	E, I E H	I E H	18 24 44	42 36 16

① 첫 번째 작업장 S1(k=1)에서 시작하면, 선후공정도 상 작업요소 A만이 후보가 될 수 있다. 요소 A만이 모든 선행공정이 이미 할당된 것이기 때문임(물론 이 경우엔 선행공정이 없는 경우임). 요소 A를 할당하면 S1의 유희시간은 20초(=60-40)가 된다. 작업시간이 20초를 넘는 B와 C는 S1의 후보가 될 수 없으므로 S1은 완성이 된다.

② 이제 두 번째 작업장(S2, k=2)을 구성하고, 후보 B와 C 중에서 작업시간이 긴 C를 선정된다. C로 구성된 S2의 유희시간은 10초(=60-50)가 된다. B, F, G 등 다음 후보가 될 수 있는 어떤 작업도 추가할 경우 주기시간이 초과되므로 S2도 완성이 된다.

- ③ 이와 같은 방식으로 모든 작업요소가 할당될 때까지 계속하면, 최종적인 답은 [그림 1]과 같이 5개의 작업장으로 구성이 된다.



[그림 1] C3 모델의 선후공정도와 작업장 구성

- * $n = n_i = 5$ 이므로, 60초의 주기시간 하에서는 더 이상 좋은 답을 찾을 수 없다.
- * 이 해를 실행할 때, 각 작업장내에서 작업간의 선행관계를 주목해야 한다. 예를 들어 S5의 작업자는 요소 I의 작업을 언제든지 시작할 수 있지만, 요소 H의 경우는 E의 작업이 완료된 후에만 시작할 수 있다.

예제 07 제품별 배치 - 라인밸런싱 문제

- * 한 반도체부품 회사에서 8시간 동안 192단위를 생산하기 위한 조립라인을 설계하고 있다.
- * 아래의 표는 작업요소, 시간, 직전선행공정을 나타낸다.

작업 요소	시간 (초)	직전 선행 공정	작업 요소	시간 (초)	직전 선행 공정	작업 요소	시간 (초)	직전 선행 공정	작업 요소	시간 (초)	직전 선행 공정
A	40	없음	D	25	B	G	120	A	J	115	C, I
B	80	A	E	20	B	H	145	G			
C	30	D,E,F	F	15	B	I	130	H	계	720	

- (1) 이 라인의 주기시간은 얼마여야 하는가? (2) 이론적 최소작업장(공정)수는 얼마인가?
 (3) 최장작업시간 규칙을 사용하여 해를 구하고, 선후공정도를 작성하라.
 (4) 라인밸런스효율과 밸런스지체는 얼마인가?

해설 [공기1회]

- (1) r =산출률(단위/시간)에서 $r = 192\text{단위}/8\text{시간} = 192/8(\text{단위}/\text{시간})$ 이므로

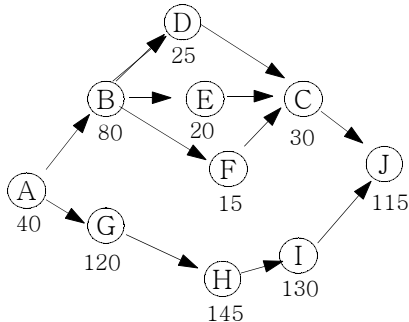
$$C = \frac{1}{r} = \frac{8\text{시간}}{192\text{단위}} = \frac{8 \times 60 \times 60\text{초}}{192\text{단위}} = 150\text{초/단위}$$

여기서, C : 주기시간(시간/단위), r : 산출률(단위/시간)

(2) 작업요소 시간의 합이 720초이므로, 이론적 최소작업장(공정)수는

$$n_t = \frac{\sum t_i}{C} = \frac{720\text{초/단위}}{150\text{초/단위}} = 4.8 \rightarrow 5\text{개 (올림 처리)}$$

(3) [그림 1]은 해당 선후공정도이고, 우측 표는 '해의 발견 과정표'이다.



[그림 1]

작업장 (단계1)	후보 (단계2)	선택 (단계2)	누적시간(초) (단계3)	유타시간 (단계3)
S1	A	A	40	110
	B	B	120	30
	D, E, F	D	145	5
S2	E, F, G	G	120	30
	E, F	E	140	10
S3	F, H	H	145	5
S4	F, I	I	130	20
	F	F	145	5
S5	C	C	30	120
	J	J	145	5

(4) 라인밸런스효율(E_b)과 밸런스지체(d)

$$E_b = \frac{\sum t_i}{n \cdot C} = \frac{720}{5 \times 150} = 0.96 (96\%), \quad d = 1 - E_b = 1 - 0.96 = 0.04 (4\%)$$

(4) 라인밸런싱의 분석과정 정리

- ① 작업간 순차적 관계를 밝힘. (선후공정도 이용)
- ② 목표사이클타임(C)을 결정한다. (이는 일정계획의 문제에 속함)

$$C = \frac{\text{1일 가용생산시간 } (T)}{\text{1일 필요생산량 } (Q)} \quad (06)$$

- ③ C 를 충족시키는 최소작업장수(n_t)를 결정한다. (이는 배치문제에 속함)

$$n_t = \frac{\sum t_i}{\text{목표사이클타임 } (C)} \quad (07)$$

- ④ 과업을 작업장에 할당시킬 '배정규칙'을 정한다. 탐색법의 배정규칙은 다음과 같다.

- * (규칙 1) 후속작업의 수가 많은 작업을 우선 배정. (최대후속작업수 규칙)
- * (규칙 2) 작업시간이 큰 작업을 우선 배정. (최장작업시간 규칙)
- * (규칙 3) 선행작업의 수가 적은 작업을 우선 배정. (최소선행작업수 규칙)
- * (규칙 4) 후속작업시간의 합이 큰 작업을 우선 배정. (최장후속작업시간 규칙)

- ⑤ 과업을 작업장에 할당한다.

- ⑥ 라인의 밸런스효율(E_b)이나 밸런스지체(d)을 평가한다.

제7장

MRP 및 재고통제 · 관리

- 1. 자재소요계획(MRP) / 7-02
 - 2. 재고 통제 및 관리 / 7-14
 - 3. 기출 · 예상 문제 및 착안점 / 7-32
-

- ③ 구매가격에 대한 계획 → 구매가격은 원가, 수요·공급 관계, 계절적 영향, 경기변동, 점진적 변동 등을 고려후 결정
- ④ 구매시기에 대한 계획 → 상비자재는 재고관리에 기초를 두고 그 중요도에 따라 구매시기가 결정되고, 비상비자재는 사용계획의 납기준수가 되도록 구매시기 결정.
- ⑤ 창의적 구매계획 → VE, 생산전 구매분석이 해당된다. North America사는 탄력적 구매, RCA사는 기능적 구매라 부른다.
- ⑥ 구매계획의 동적 탄력성 → 예산, 품질, 수량, 납기면에서 탄력성있는 대응

1.5 자재소요계획 기법(MRP) [경지2회] [공기2회]

(1) MRP의 기초

(가) MRP의 의의

- * MRP(material requirement planning)기법은 자재소요계획기법이라 하는데, 이는 경제적 주문량과 재주문점 산정을 기초로 한 전통적 재고관리 기법의 취약점을 보완하기 위하여 최근에 개발된 일정계획 및 재고통제 기법이다.
- * MRP는 각종 소요자재를 언제, 얼마만큼 주문해야 하는가를 최종제품의 완성일을 기산하여 역으로 결정하며, 필요 자재를 사용직전에 준비시킴으로써 납기통제와 재고관리를 최소의 비용으로 동시에 완수하려는 기법이다.
- * MRP는 최종제품(이를 독립수요품이라 함)에 대한 수요가 거의 확정되고, 그 제품수요의 충족을 위한 부품수요(이를 종속수요품이라 함)를 확정하는데 사용하면 편리하다.

(나) 종속적 수요와 독립적 수요 [경지1회] [공기1회] [기지2회]

① 종속적 수요

- ㉠ 종속적 수요(dependent demand)란 다른 물품의 수요에 의존하는 수요를 말한다.
- ㉡ 즉 자사의 제조공정에 소요되는 원재료나 부분품(재공품)의 수요를 말하며, 재고관리는 MRP시스템을 이용하여 관리가능하다.

[도표 2] MRP와 주문점 방식의 비교

품목	MRP	주문점 방식
수요	종속적 수요	독립적 수요
주문철학	요구(requirement)	보충(replenishment)
목적	제조요구 충족	소비자요구 충족
예측	대일정계획에 기초	과거수요에 기초
통제개념	모든 품목을 똑같이 통제	ABC방식
로트크기	이산적(discrete)	EOQ(경제적 주문량)
수요패턴	산발적, 임의적	연속적, 일괄적

② 독립적 수요

- ㉠ 독립적 수요란 수요가 시장상황에 좌우되며, 작업과는 독립적인 수요를 말한다.
- ㉡ 즉, 완제품에 대한 수요를 말하며, 재고관리는 고정주문량모형, 고정주문기간 모형을 이용한다.

(다) MRP의 목적 및 기능

(a) MRP의 목적

- * 제품 생산에 필요한 자재를, 필요한 시기에, 필요한 양만큼, 필요한 장소에 조달, 공급하도록 하는 것이다.

(b) MRP의 기능

- ① 주문 및 제조지시에 앞서 사전에 계획검토 가능. ② 주문시기와 주문량 파악.
- ③ 언제 주문을 독촉할 것인지를 알려 준다.
- ④ 수요, 공급, 조달능력 등의 제 상황변화에 따라 주문변경을 가능케 한다.
- ⑤ 우선순위에 따른 자재조달 및 제조작업을 적절히 진행시켜 준다.

(라) MRP의 적용 [공기1회]

- ① 조립 생산방식일 것 → 다단계조립 생산방식, 부품의 구성이 복잡한 경우
- ② 다품종소량 생산일 것 → 특히 일부 품목에 대해 공통적용 표준부품이 많은 경우에 유리
- ③ 생산계획기간이 리드타임 보다 길 것 → 생산계획기간이 리드타임 보다 길 것이 요구되나, 그렇지 못한 경우에도 하위 수준의 자재, 부품은 정기발주점방식으로 확보하고, 상위 수준의 조립, 가공에 대해 MRP를 적용할 수 있다.
- ④ 품목별로 생산량이 변동할 것. ⑤ 계획변경이 많은 경우
- ⑥ 컴퓨터를 이용할 수 있을 것.

(마) MRP의 유형 [공기4회] [기지1회]

(a) 제1유형 MRP(자재소요계획 : 재고관리시스템 성격) : Open loop MRP

- ① 필요한 물자의 적기 생산 및 조달을 목적으로 한 재고관리시스템인 MRP시스템이다.
- ② 생산능력과 연결되지 않은 시스템.
- ③ 주일정계획을 충족시키기 위해 제조주문과 구매주문을 통제 → 즉, 주문시기의 제공

(b) 제2유형 MRP(자재소요계획 : 생산·재고관리시스템 성격) : Closed loop MRP

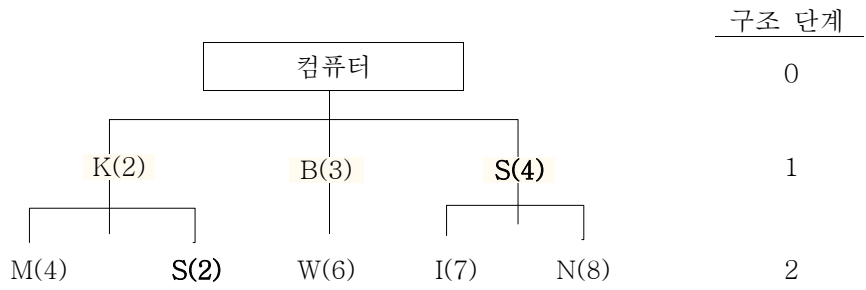
- ① 생산기업에서 재고와 생산능력의 계획·관리에 사용되는 정보시스템이다.
- ② 생산능력의 이용가능 여부를 검토한다.
- ③ 발주계획이 생산능력과 부합하는지 검토하고, 생산능력에 맞도록 발주계획과 주일정계획을 조정한다.

(c) 제3유형 MRP(제조자원계획) : MRP II

- ① 제조자원계획(MRP : manufacturing resource planning)시스템은 재고는 물론 생산능력, 자금, 인력, 시설, 생산설비 등의 생산자원을 계획·관리하는데 이용되는 정보시스템이다.
- ② 자재소요계획인 MRP와는 구분되는 개념이다.
- ③ MRP II는 서비스분야에서는 SRP(service requirement planning)로, 유통분야에서는 DRP(distribution requirement planning)라 부르기도 한다.

예제 02 필요 추가 부품수 파악 [공기1회] [기지1회]

* Joy회사는 컴퓨터를 제조하는 회사인데, 컴퓨터 1대를 생산하기 위해서는 다음과 같은 부분품들이 필요하다. Joy회사가 컴퓨터 50대를 생산하고자 할 때 부품 S는 몇 개가 추가적으로 필요한가? (단, 현재고보유량으로서 K=30, B=70, S=40, M=70, W=20, I=60, N=50)



해설

* S(2)는 K(2)에 사용되나 K(2)의 현재고가 30이고, S(4)는 컴퓨터에 사용되므로
부품S 추가필요량=S(2) 추가필요량+ S(4) 추가필요량-S 현재고
$$= (50 \times 2 - 30)(2) + (50)(4) - 40 = 300\text{개}$$

(바) MRP의 전제 요소 [공기5회] [기지1회]

- ① 대일정계획(MPS : master production schedule)은 생산활동의 기본이 되는 제품별 생산일정과 생산량에 대한 정보파악에 이용된다.
- ② 자재명세서(BOM : bill of materials)는 각 제품의 자재 구성이나 생산·가공의 순서 파악에 이용된다.
- ③ 재고기록철(IRF : inventory records file)은 자재별 수불현황, 현재의 재고수준, 조달기간 등의 파악에 이용된다.

* 제2유형의 MRP에서는 위의 3가지 요소 외에도 능력계획의 자료가 추가로 필요하다.

(사) MRP의 장점 및 단점 [공기1회]

(a) MRP의 장점 [경기1회]

- ① 각각의 자재에 대해 별도의 수요예측은 불필요하다.
- ② 자재에 대한 재고투자가 최소화되며, 재고부족현상이 최소화된다.
- ③ 생산소요시간이 단축되고, 작업의 원활한 진행을 도모할 수 있다.
- ④ 상황변화에 대하여 생산일정 및 자재계획을 민감하게 변경할 수 있다.
- ⑤ 소요량, 소요시기, 주문시기 등이 특히 강조되며, 사전 납기통제가 용이하다.
- ⑥ 보다 나은 고객서비스를 할 수 있다.
- ⑦ 생산과 재고관리를 유기적으로 연결시킨다. ⑧ 재고부족현상을 방지한다.

(b) MRP의 문제점

- ① 시야의 상실(loss of visibility) → 상위에서 하위 단계로 갈수록 각 구성품에 대한 계획기간이 단축되는 것을 의미한다.

- ② MPS의 최소한의 필요기간 → MPS의 계획기간은 어떤 구성품과 그것의 모든 상위 구성품에 대한 리드타임의 합과 적어도 같아야 한다.
- ③ MRP의 과민반응 → 미래의 특정 시점의 MPS를 수정하면 이보다 앞선 시기의 MRP의 변화가 오고, 이로 인해 현재기간의 자재부족이 발생한다.
- ④ MPS의 동결 → MRP의 과민반응을 줄이기 위한 방법으로, MPS를 동결시키는 방법이 있으나, 이는 수요의 변화에 대처하지 못하는 문제가 있다.
- ⑤ 덩어리 수요 → 덩어리 수요는 로트 크기 결정기법 때문에 생긴다.
- ⑥ 전통적인 재고관리 기법을 종속수요품에 적용시 단점이 발생한다.
 - ㉠ 재고 과잉 또는 부족을 유발하기 쉽다. → 각 부품 품질률이 5%라 할 경우, 예로서 5개 부품으로 된 제품생산의 경우 모든 부품의 적기조달 확률은 $(1-0.05)^5=77.3\%$, 즉 생산지장 확률이 22.7%로 높아진다.
 - ㉡ 각 부품의 조달 우선순위 결정 곤란. ㉢ 종합적 관점의 자재소요계획 수립 곤란하다.

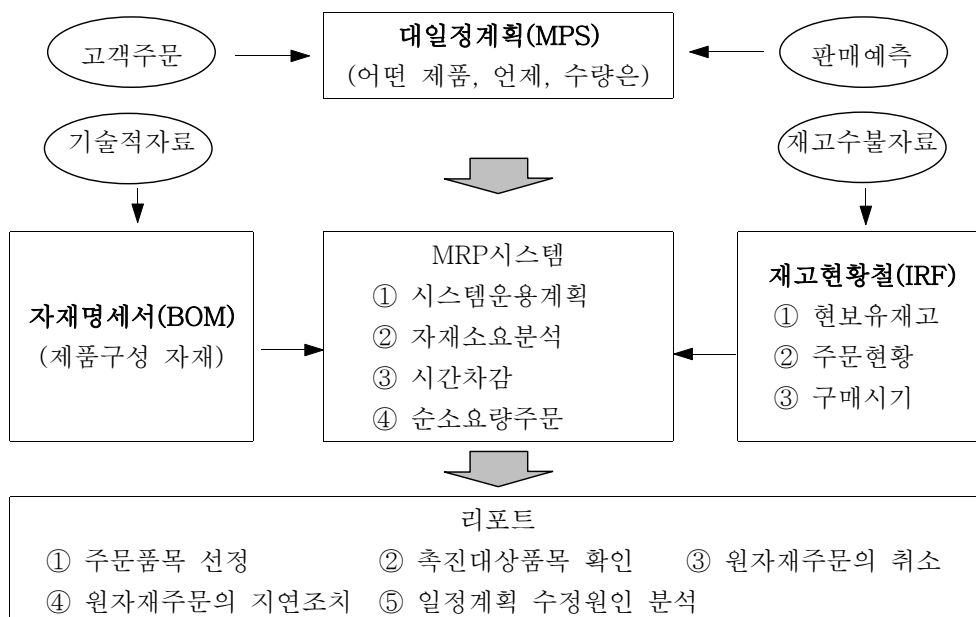
(자) MRP의 선택전략

- ① MRP는 일괄적 수요패턴을 가지는 종속 수요품의 관리에 쓰이는 기법이다.
- ② MRP는 주로 ㉠ 자재명세서의 단계가 많고, ㉡ 로트의 크기가 크며, ㉢ 환경의 변동성이 낮고, ㉣ 중간적 위치전략을 선택한 기업들에 매력적이다.
- ③ 중간적 위치전략을 택한 기업에서는 다양한 제품을 소량 또는 중간량으로 생산하고, 상대적으로 수명주기가 짧은 제품을 만드는 특징이 있다.
- ④ 대각선 양극단에 있는 공정중심적 기업 혹은 제품중심적 기업은 MRP 필요성이 적다.

(2) MRP의 구성 요소 [기지3회]

* MRP 구성요소는 3대 입력자료인 ① MPS, ② IRF, ③ BOM을 중심으로 [도표 3]과 같다.

[도표 3] MRP의 구성 요소도



(3) MRP 입력자료 [공기5회] [기지2회]

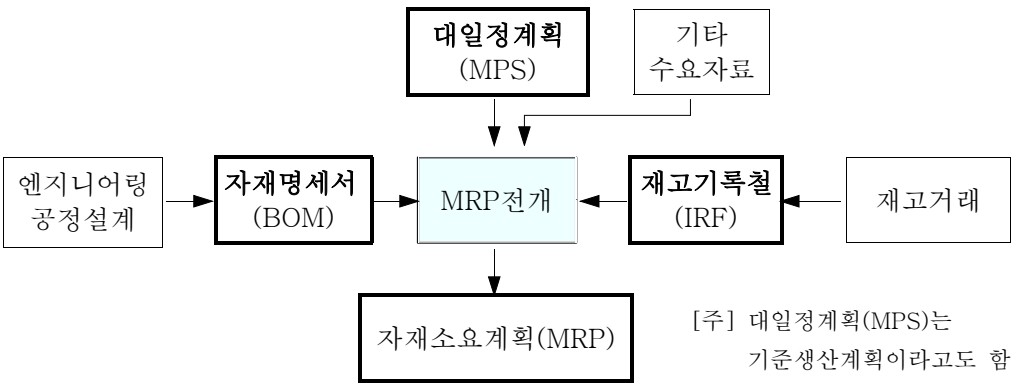
(가) MRP시스템으로의 자료입력 갱신방식 [공기2회]

- ① 재생시스템(regenerative system) → 정해진 시간에 정기적으로 발생한 변동사항을 입력하여, 시스템 내의 모든 기록을 변화에 맞게 완전히 재조정하고 새로운 계획을 수립하는 주기적 자료입력 및 관리 시스템.
- ② 순변경시스템(net-change system) → MRP에 영향을 미치는 변화가 발생할 때마다 변동사항을 입력하여 변화에 의해 영향을 받는 시스템 내의 모든 구성요소를 재조정하는 지속적 자료입력 및 관리 시스템.

(나) MRP시스템 입력자료 [경기2회]

- * MRP시스템의 중요 입력자료는 [도표 4]와 같이 대일정계획(MPS), 자재명세서(BOM), 재고기록철(IRF) 등이다. 이러한 정보를 이용하여 MRP시스템은 생산일정을 준수하는데 필요한 조치를 밝혀 내는데, 그 조치에는 신규주문량 발주, 주문량 조정, 지연주문의 촉진 등이다.
- * MRP시스템은 대일정계획과 교체 및 보수유지용 부품 등의 독립수요 자료를 이용하여 상위 품목의 생산에 필요한 중간조립품, 부품, 원재료의 소요량을 산출한다.
- * 이 과정을 ‘MRP전개’라고 부르는데, 이유는 이 과정에서 [도표 4]에 나타난 것과 같이 다양한 최종제품의 소요량을 그 최종제품 생산에 필요한 원재료, 부품, 중간조립품 전체의 보충일정을 지정하는 자재소요계획(material requirement plan)으로 변환하기 때문이다.

[도표 4] 자재소요계획의 입력자료



(4) MRP기법의 실시절차 [공기1회] [기지1회]

- ① 수요 예측, ② 대일정계획표(MPS) 작성, ③ 제품구조분석도(자재명세서, BOM) 작성
- ④ 자재의 품목별 재고기록철(IRF)과 조달기간의 파악
- ⑤ 자재소요계획표(MRP) 작성 → 자재의 소요량, 주문량, 주문일자가 표기된다.

(5) MRP 적용 예 [공기2회] [기지3회]

- * 자재명세서는 제품구조분석도라고도 불리며, 단위당 소요되는 품목과 수량을 나타내 준다.

예제 03 MRP시스템의 적용 사례

* 암페어(주)는 가정용으로 A, B 두 가지 형태의 전기 meter를 생산하고 있다.

① 수요 예측

다음 [표 1] 은 메타 A, B, 조립품 D, 부품 E의 6개월 수요를 나타내 주고 있다.

[표 1] 메타 A, B, 조립품 D, 부품 E의 6개월 수요

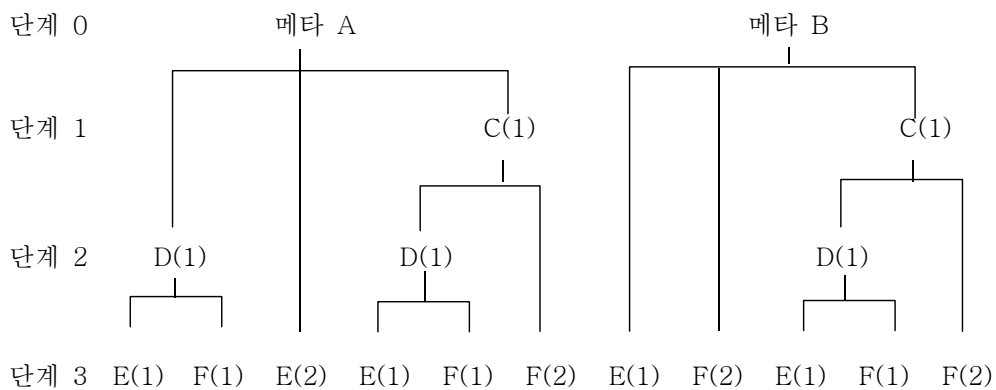
월	메타 A		메타 B		조립품 D		부품 E	
	확정	불확정	확정	불확정	확정	불확정	확정	불확정
3	1000	250	400	60	200	70	300	80
4	600	250	300	60	180	70	350	80
5	300	250	500	60	250	70	300	80
6	700	250	400	60	200	70	250	80
7	600	250	300	60	150	70	200	80
8	700	250	700	60	160	70	200	80

② 대일정계획표(MPS) 작성 → [표 1]을 만족시키기 위한 대일정계획표 작성

[표 2] [표 1]을 만족시키기 위한 대일정계획표 작성

	주									
	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
메타 A	1250				850					550
메타 B	460				360					560
조립품 D	270				250					320
부품 E	380				430					380

③ 자재명세서(BOM)의 작성 → 메타 A, B의 제품구조분석도는 다음과 같다.



[그림 1] 메타 A, B의 제품구조분석도

④ 재고기록철(IRF) 작성

[표 3] 재고와 조달기간

품목	재고	조달기간(주)	품목	재고	조달기간(주)
A	50	2	D	30	1
B	60	2	E	30	1
C	40	1	F	40	1

⑤ 자재소요계획표(MRP)의 작성 및 운용

* 예를 들어 A의 수요는 1,250개(9주)인데 재고 50개를 제하면 순소요량은 1,200개가 되고, 9주에 완성되기 위해서는 조달기간(LT) 2주를 고려하여 제7주에 주문이 되어야 한다.

* 메타 A와 B에는 각각 C가 1단위씩 필요하므로 제7주의 C는 총 1,600단위(1,200+ 400)가 준비완료되어야 한다.

* 제품구조분석도의 제2단계에서 보면 D 한 단위가 A와 C에 각각 필요하므로 1,200단위의 D가 A를 위하여 제7주에 필요하여, 1,560단위가 C를 위하여 제6주에 필요하다.

재고 30단위와 조달기간 1주일을 고려하면, 1,200단위가 6주에, 1,560단위가 제5주에 생산명령되어야 한다.

* 같은 방법으로 단계3을 고려하여 E, F에 대한 생산명령의 시기와 수량을 계산한다.

품목		주									
		4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
A (LT=2)	총소요량 재고량 50 순소요량 주문실시						1250 50 1200				350
B (LT=2)	총소요량 재고량 60 순소요량 주문실시						460 60 400				360
C (LT=1)	총소요량 재고량 40 순소요량 주문실시				1600 40 1560						
D (LT=1)	총소요량 재고량 30 순소요량 주문실시			1560 30 1530	1200 0 1200		270 0 270				250
E (LT=1)	총소요량 재고량 30 순소요량 주문실시		1530	1200	{ 2400 400	270	380				430
			30	0	0	0	0				
		1500	1500	1200	2800	270	380				
		1200	1200	2800	270	380					
F (LT=1)	총소요량 재고량 40 순소요량 주문실시		1530	{ 3210 1200	800	270					
			40	0	0	0					
		1490	1490	4320	800	270					
		4320	4320	800	270						

* 품목 C, D, E와 F의 모제품, 총소요량 및 소요주는 다음 표와 같다.

품목	모제품	모제품당 소요단위수	총소요량	총소요주
C	A	1	1,200	7
C	B	1	400	7
D	A	1	1,200	7
D	C	1	1,560	6
E	A	2	2,400	7
E	B	1	400	7
E	D	1	1,530	5
E	D	1	1,200	6

품목	모제품	모제품당 소요단위수	총소요량	총소요주
F	B	2	800	7
F	C	2	3,120	6
F	D	1	1,200	6
F	D	1	1,530	5

(6) MRP와 간판방식의 차이

- * MRP는 대일정계획을 중시하는 계획중시 방식인데 비해, 간판방식은 현장의 작업을 중시한 방식이다.

[도표 5] MRP와 간판방식의 비교

	MRP	간판방식
목표	논리적인 사고방식으로 계획을 전개	물자의 흐름에 따른 진도관리, 현물관리
	생산관리부문 등 스태프 주도 시스템	제조라인(현장) 중심의 시스템
	앞 공정이 다음 공정으로 물품을 전달하는 “밀어내기 생산”	뒷 공정이 앞 공정으로부터 물품을 인수하는 “끌어 당기는 생산”
	전체공정이 지시 대상	최종공정만이 지도 대상
	전체공정이 리드타임 만큼 선행된 수요정보가 필요	최종공정의 리드타임 만큼 선행된 수요정보가 필요
	계획에 따른 전체로서의 정합성	간판을 이용한 현장의 관리
적용 분야	다단계 조립 생산, 다품종소량 생산 컴퓨터 이용이 전제	다단계 조립 생산, 반복성 있는 계속 생산. TPS에서 적용

(7) MRP 시스템에서의 동적인 로트크기 결정 기법 [공기2회] [기지1회]

(가) 최소단위코스트법(Least Unit Cost)

- * 동적인 로트크기 결정 기법으로서, (주문비와 재고유지비)를 합한 코스트를 로트크기의 단위수로 나누어 최저 단위당 비용을 갖는 로트 크기를 택하는 방법을 택하는 방법이다.

(나) 최소총코스트법(Least Total Cost)

- * 동적 로트크기 결정 기법으로서, 다양한 로트 크기에 대해 유지 비용과 초기(주문) 비용의 합들을 비교해서 이 비용들이 거의 비슷한 수준이 되는 로트를 선택하여 주문량을 계산하는 방법이다.

(다) 기간조정법(Part Period Balancing)

- * 동적인 주문량 결정 기법으로서 최소총코스트법과 동일한 논리를 이용하나 “Look ahead/ Look Back”이라는 절차가 추가된다.
- * 이러한 절차의 개념이 이용되면 주문 수량이 계산되어 고정되기 전에 전기 및 차기의 수요를 평가하여 동 주문의 경제성 여부를 결정한다.

제 11 장

설비계획 · 설비관리 · TPM

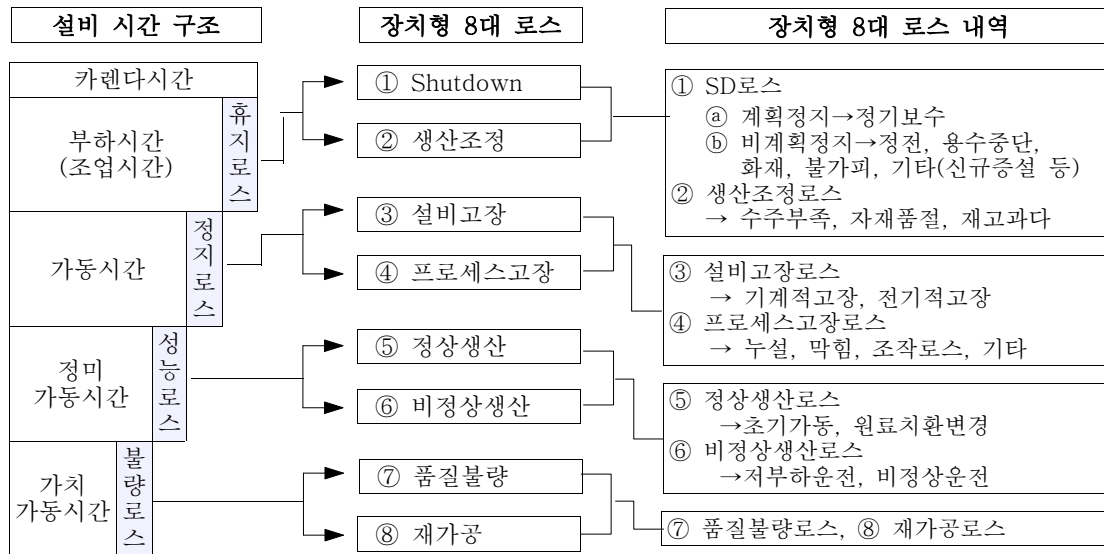
-
- 1. 공장설비계획 / 11-02
 - 2. 설비투자의 경제성 평가 / 11-03
 - 3. 설비보전 / 11-03
 - 4. TPM 설비보전 및 관리 / 11-16
 - 5. 기출 · 예상 문제 및 착안점 / 11-28
-

- * 설비종합효율은 시간가동률, 성능가동률, 양품률의 3가지를 모두 곱한 것이며, 이는 현상의 설비가 시간적·속도적으로 어떤가, 양품률은 어떤가를 종합하여 부가가치를 만들어 내는 시간에 얼마나 공헌하고 있는가를 나타내는 종합적인 척도가 됨(도표 17 참조).

4.3.2 장치형 설비의 플랜트종합효율 산출 [공기2회]

- * 조업특성상 연속 조업되는 설비를 장치형 설비(예, 화학장치설비, 제강설비 등)라 하며, 장치형 설비의 8대ロス 구조와 플랜트종합효율의 관계는 [도표 17]과 같다.

[도표 17] 장치형 설비의 8대로스 구조



플랜트종합효율(생산종합효율)=부하율×설비종합효율=부하율×시간가동률×성능가동률×양품률

▶ 플랜트종합효율 (생산종합효율이라고도 함)

$$= \text{부하율} \times \text{설비종합효율} \quad (10)$$

$$= \text{부하율} \times \text{시간가동률} \times \text{성능가동률} \times \text{양품률} \quad (11)$$

$$= \frac{\text{부하시간}}{\text{카렌다시간}} \times \frac{\text{가동시간}}{\text{부하시간}} \times \frac{\text{총생산량} \times \text{이론} C/T}{\text{가동시간}} \times \frac{\text{양품수량}}{\text{총생산량}} \quad (12)$$

$$= \frac{\text{이론사이클타임} \times \text{양품수량}}{\text{카렌다시간}} = \frac{\text{양품수량}}{\text{카렌다시간} \times \text{시간당이론생산량}}$$

4.4 설비효율화 6대로스 개선 [공기5회] [기지1회]

로스구분	개선 포인트	내용
고장로스	강제열화의 예방	① 기계가 마모되는 부분을 찾아서 조치 ② 5감을 통한 문제의 발견능력을 키움
	기본조건의 준수	① 청소, 급유, 더궤기의 습관화 ② 기본조건유지 필요성의 교육 ③ 방법 및 기본조건 실행방법의 개선

로스구분	개선 포인트	내용
	바른 사용조건 유지	① 작업표준의 준수 ② 과부하 운전의 배제
	보전품질의 향상	① 수리방법의 기능향상
	응급조치 배제	① 문제발생의 근원을 찾아 해결 ② 현장에서 발생된 상태를 철저히 확인
	설비의 약점개선	① 설계잘못, 재질불량의 개선 검토
	고장에서 배우도록 함	① 발생원인, 사전징후의 예측, 대책수립을 철저히 하여 동일·유사 설비에의 동종사고 예방
준비·교체 ·조정 로스	치공구, 교체부품의 정밀도	① 오차를 줄여 나감 - 수치화를 통한 정량화
	표준화	① 기준의 통일, 수치화를 통한 기준 설정 ② 조정작업을 조절화로 함(조정은 수동, 조절은 자동)
공운전· 잠간정지 로스	현상을 명확히 파악	① 스케치를 통한 현장에서의 PM분석 ② VTR 등을 통한 Slow Motion으로 분석
	미결함의 시정	① 작은 문제에 관심을 갖고 개선(기계표면 청소불량)
	최적조건의 파악	① 최적작업조건의 준수 - Air, Oil압력, 주유상태, 진공도, 가동시간 등
속도저하 로스	표준의 명확화	① 설비의 성능가동률에 관계되므로 ② 설계사양과 현재의 차를 확인하여 ③ 설계사양속도 유지를 위해 문제의 도출 ④ 그 이상의 속도를 내기 위해 개선 추진
공정불량 로스	만성적인 불량현상의 명확화	① 원인을 단정하지 않고 모든 예상요인 대책 강구 ② 현상을 충분히 검토, ③ 요인 등을 재검토 ④ 요인 등에 숨어 있는 결함요인, 검토방법 점검
초기수율 저하 로스	작업조건의 준수	① 작업조건의 안정화, ② 정비능력의 향상 ③ Operator의 운전기능 향상

4.5 주요 로스별 구체적 개선방법 [공기2회]

4.5.1 개별개선활동 기본 스텝

- ① 개선과제 선정 → Bottleneck 공정, 로스가 큰 공정, 수평전개 효과가 큰 것, 가동효율이 낮은 설비·공정 등을 대상
- ② 현상파악 → 로스발생 현황파악(현상지 파악) 및 Bottleneck 공정·설비 도출
- ③ 현장 불합리사항의 적출 → 불합리발견 List 작성
- ④ 불합리의 복원·개선 대책수립, ⑤ 불합리의 복원·개선 대책실시
- ⑥ 미해결 요인에 대한 원인분석 → PM분석, 왜해분석 등
- ⑦ 개선목표설정 → 현상지 대비 개선후의 달성 목표치를 정립
- ⑧ 대책수립 → 3W2H(What, When, Who, How, How much)방식 계획수립
- ⑨ 대책실시 → 중요도에 의거 우선순위를 정해 실시, 대책실시결과 확인
- ⑩ 효과파악 → 현상지, 목표지 대비 효과치(달성지) 차이 파악
- ⑪ 표준화 및 사후관리 → 기준서 반영 및 사후관리, 보고회 실시, 수평전개