

## 기계의 품질능력 평가 (Quality Capability Study)

현대 자동차(주)

박 송 재

### 1. 머리말

한 기계의 품질능력 평가란 그 기계가 생산한 부품의 측정가능한 품질특성치가 설정된 한계내에 들어오는지 그렇지 못한가를 판정하기 위한 수법이다.

평가대상 품질 특성에는 크기, 경사(Taper), 진원도, 런아웃(Runout), 평행도, 평면도, 정밀다듬질 정도, (Micro-Finish) 등이 있다. 품질능력 평가란 한 기계가 분당 또는 시간당 생산하는 수량을 판정하려는 시험은 아니나 설정된 생산속도로 가동해야 한다. 따라서 이러한 설정은 당연한 생산기술 분야에 속하는 공정기사의 직능이다. 품질능력평가의 목적은 그 기계로 생산한 부품이 공장에 설치되었을 때 규정된 허용공차를 만족시킬 수 있고 이 허용 공차를 계속적으로 만족시키기 위해 충분한만큼 안전성이 있음을 사전에 밝혀 내는 것이다.

이러한 판정은 그 기계의 가동 결과를 분석함으로써 가능하다. 이러한 수법은 기계를 사용할 업체뿐 아니라 그 제품을 구입하는 자에게도 이익을 준다.

### 2. 새 기계에 대한 품질능력의 평가

능력있는 기계가 양질의 부품을 생산하고 폐품처리 비용을 절감시키는 것이 사실이므로 새 기계에 대한 품질능력평가는 매우 중요하다. 이상과 같은 품질능력 판정의 효용성에 의해 점차 많은 새 기계들이 공장에 설치되기 전에 충분한 평가를 거치고 있다. 사실상 신규 개발할 업체에 설치할 하나하나의 기계는 양산가능 판정을 받기

위해 우선 품질능력평가를 받지 않을 수 없다. 뿐만 아니라 새기계에 대한 품질능력의 평가는 아래와 같은 자료도 제공한다.

i) 기계능력에 대한 이력이 된다. 만일 그 기계가 가동한 후 이상이 있으면 그 기계제작자나 설치공장담당자는 이 자료를 필요한 수정을 하기 위하여 유용하게 쓸 수 있다.

ii) 기술 사양에 적합한 지속적인 생산을 위하여 장비의 기본적인 능력을 평가하여 기계무능력으로 초래되는 문제점을 사전에 제기하기 때문에 생산 중 품질문제를 격감시킨다.

iii) 기계의 구입 승인을 품질능력의 평가결과에 의하여 결정한다면 좀더 양질의 기계를 획득할 수 있다.

품질능력판정을 기계제작공장에서 할 것이냐 생산현장에서 할 것이냐를 결정함에 있어 몇가지 사항을 고려하여야 한다. 어느 곳에서 하느냐에 따라 각각 장단점이 있다.

일반적으로 기계 사용회사가 판정을 기계제작공장에서 하기를 원하는 이유는 부적합한 기계를 설치하기 전에 발견할 수 있기 때문이다. 기계제작자도 그의 공정에서 판정시험을 하면 이익인 이유는

- 자기 인원이 즉각 가용하기 때문에 적절히 기계를 설치할 수 있다.

- 필요시 어떠한 수정도 제작 공장에서는 적절한 장비로 가능하다.

- 기계수정이 보다 쉽게 보다 경제적으로 가능하다.

능력판정을 기계 공장에서 실시하는데서 오는 단점은 다음과 같다.

- 구입공장의 공정기사와 품질관리 분석자를 제작소로 보내는 비용이 추가된다.

· 관정을 실시할 때 사용현장의 생산조건, 설비 등을 재현시킬 수 없다(기계제작소가 상이한 등급의 냉각수를 사용할 수도 있고, 실제 생산현장보다 공기압력이 높거나 낮을 수도 있다)

### 3. 기존 기계에 대한 품질능력 평가

품질능력평가가 기계가 생산현장에 설치되기 전에 실시되기도 하지만 이미 생산 중인 기존기계에 대해서도 능력평가가 필요한 경우가 있다.

· 그 기계가 제품기술 또는 생산기술 사양에 만족한 부품을 생산하지 못하는 것으로 밝혀질 때 그 기계의 능력을 알아낼 필요가 있다.

· 사양이 바뀌거나 새로운 모델 때문에 한 기계가 다른 부품을 생산할 때 여기에서 그 기계가 과거에 능력을 인정받았다 해도 그것이 변경 사양내의 부품을 또는 신규부품을 사양내에서 생산할 수 있는가를 평가할 필요가 있다.

- 품질문제가 원인불명인 것으로 보일 때
- 전공정이 후공정의 품질에 영향을 줄 때

(예 : 선삭 및 Kapping 작업에서 Lapper는 기본적으로 능력이 있어야 할 것이다. 만일 선삭 작업에서 다듬질 불량이나오면 Lapping에 의한 다듬질도 조잡해진다. 이 경우 전공정이 분석되어 결합으로 밝혀지지 않으면 Lapping 공정만 지적될 것이다)

평가가 새 기계나 기존 기계에 대하여 실시되나를 막론하고 자료의 신중한 수집, 분석 및 해석이 기계능력을 결정하기 위해 중요하다.

### 4. 실시 개요

이후 기술할 기법이 품질관리부 직능의 하나인 "필요시 공정 및 기계능력관정 실시에 조력한다"의 구체적인 내용이 된다. 부품이 그 기계에서 생산될 때 그 부품에 대하여 검사를 실시하여 상세한 데이터를 기록한다.

이러한 자료가 통계적 기법을 사용하여 분석된다. 품질관리는 생산품을 근거로 그 기계의 품질능력과 관련된 평가를 한다. 기계와 설비를 관정하는 이러한 수법은 생산기술이 사양내에 드는 부품을 생산할 수 있도록 공정을 안정시키는데도

움을 준다. 이리하여 결과적으로 제품품질을 개선하고 원가를 절감한다.

## 5. 제품 변동의 원인 분류

제품변동의 원인을 작업자, 재료, 기계, 공구 또는 장비의 한가지 또는 그 이상에 있다고 한다. 능력관정에 있어서 기계 그 자체의 가동에 의한 변동으로 야기되는 제품변동의 원인에 대하여 좀더 확실히 할 필요가 있다.

이러한 까닭에 능력평가의 절차는 변동 요인을 기본 요인과 외적 요인을 분류하여 검토하도록 되어 있다.

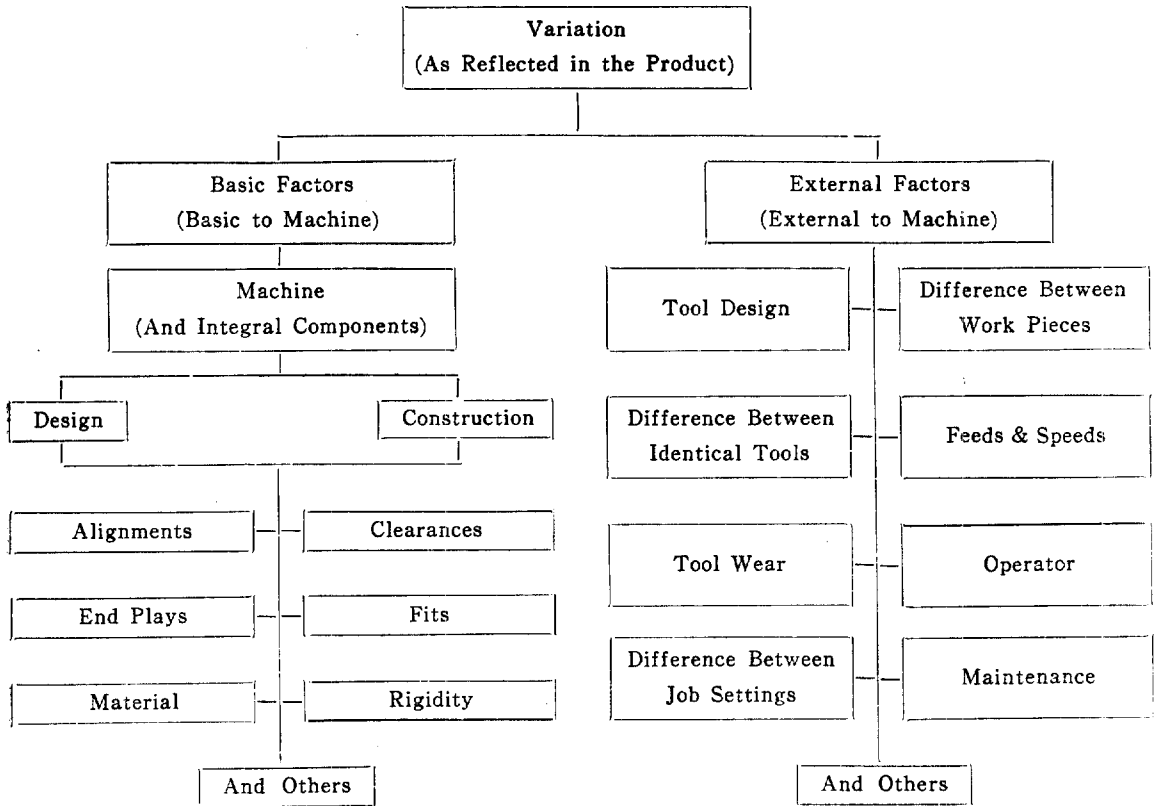
### (1) 기본 요인(Basic Factors)

변동의 기본 요인은 그 기계 및 그것의 구성부품 전체에 의한다고 생각되는 설계 및 제작요소를 뜻한다. 여기에는 정열상태(Alignment), 틈(Clearance), 엔드플레이(End Play), 끼워맞춤(Fit), 기계 제작에 쓰인 재료 및 기계의 견고성(Rigidity) 등 설계 및 제작상의 결정을 포함한다. 이러한 것들이 기계의 기본 변동의 특징하는 요인이 된다.

### (2) 외적 요인(External Factors)

변동의 외적 요인이란 그 기계에 추가되는 요인이다. 외적 요인에는 사용공구의 설계, 재료의 차이, 공구의 차이, 부품의 투입 및 가공속도의 변화 효과, 공구 마모율, 기계작업자의 영향, 작업순서(Job Settings)의 차이, 정비의 질 등이 포함된다.

세 기계인 경우 그 기계가 어느 기간 가동한 후에 발전될 가능성이 있는 유격이나 풀림의 정도가 능력평가 중 눈에 띄리라고는 생각이 되지 않는다. 그 기계에는 능력 관정시의 작업순서의 차이에서 기인된 허용 변동 밖에 없을 것인데 이는 시험가동 중 그 기계가 완전하게 작동하도록 시설(Set up)하기 위한 많은 노력 때문이다. 작업자는 기계 작업에 능숙하도록 훈련되어야 하겠다. 그리고 가동 기간이 짧아 공구 마모 및 정비 효과가 불확실할 것이다. 평가 대상 기계는 정확한 투입 및 가동 속도에서 작동해야 한다.



작업재료를 시험 전에 개별적으로 충분히 검사 하면 작업재료의 차이에 따른 최소한의 변동을 추측할 수 있다.

다시 말해서, 여러 조건들이 시험가동(Trial-Run) 중 최대한 완전에 가까워야 하는데 이는 변동의 외적 요인의 효과를 최대한 제거하기 위함이다. 이러한 의도는 변동의 외적 요인에 의한 거의 대부분의 효과가 시험가동 중에는 관측되지 않도록 하려는 것이다. 따라서, 짧은 가동 기간에 그 기계가 기술사양에서 규정한 전 허용공차를 사용하도록 허용해서는 안된다. 기계나 공구의 마모 그리고 풀림현상(Loosening up)이 일정기간 후에 진행되리라는 조건을 고려해야 한다. 또한 항상 우리 공장내에서 발생하는 조건들 예를 들어 공작기계 부품간의 변동, 작업순서에 의한 변동, 공구의 차이, 스톱오크(stock)의 정도, 정비능력, 작업자의 차이 등도 허용해야 한다. 그 기계가 설치되어 상당한 기간이 경과한 후에도 사양 한계에 드는 부품을 생산하는 기계를 원하지 단 순히 짧은 평가기간만 생각하는 것이 아니다.

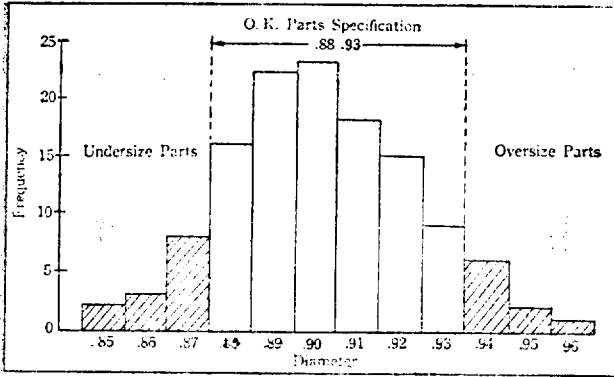
이러한 생각이 새로운 것은 아니다. 기계도구 제작자는 언제나 정열성, 정확성, 틈(Clearance), 엔드 플레이(End play), 견고성(Rigidity) 및 유사한 제작 특징을 고려한 기계를 설계 제작하려고 노력해 왔다. 그리하여 기계 자체에 기인한 변동을 전체 부품 허용공차에 비교할 때 최소한으로 줄이려는 것이다.

### 6. 변동의 측정

기계 능력에 관한 관정을 상대적으로 적은 수량의 부품 생산을 근거로 할 수 밖에 없다. 그러므로 시험가동시에 사양 허용공차 전체를 허용할 수 없다. 기본 기계능력과 외적 요인을 구별하여 실제 생산조건에서 발생할 추가적인 변동을 추정해야 한다.

문제는 기본 요인으로부터 발전한 공정변동 부분만을 측정하는 방법인 것이다.

능력있는 기계는 규정된 허용공차 보다 상당히 적은 기본 변동만 나타낸다고 보고 메타를 분



〈圖 2〉 히스토 그람—메이틀 그라프르 표시하는 기법

석하고 해석한다. 기계공정간에는 근본적으로 차이가 있지만 생산공장의 경험으로 볼 때 품질의 관점에서 성공적인 작업은 일반적으로 기계의 기본 변동이 규정된 허용공차의 75% 이하만 사용하는 것으로 한다.

여기에 사용한 예들도 규정된 허용공차의 75%를 기계 기본 변동으로 하였으며 이는 허용공차의 25%가 외적 요인을 위하여 남겨 둠을 뜻한다.

(1) 히스토그램 (Histogram)

히스토그램은 칫수 변동의 해석에 제일보로 사용된다. 이 형식의 도수 분포는 데이터를 그래프에 의해 손쉽게 이해할 수 있는 형식으로 나타낼 수 있어 편리하다. 히스토그램은 다음과 같은 경우에 사용함이 좋다.

- 몇개의 부품이 규격을 벗어났을 때 통계적 분석기법에 익숙하지 않은 기계 제작자나 그밖에 사람들에게 상황을 한눈에 알아 볼 수 있도록 할 때
- 그 기계가 사양내에 잘 들어와 기계능력을 결정하기 위하여 좀더 고도한 분석 기법을 사용할 필요가 없을 때

그러나 흔히 히스토그램의 기계 능력에 관한 필요한 정보를 나타내 주지 못하는 이유는

- 기계나 공정의 안정성은 히스토그램에 의하여 나타나지 않는다.
- 시험가동 중 조정을 하게 되면 이 사실과 조정의 결과변화가 히스토그램에 의하여는 나타나지 않는다.

(2) 시점, 시간, 이상 변동

히스토그램의 전체 흠어짐(시험가동에서 생산

한 가장 큰 것에서 가장 작은 것까지)이 반드시 기계능력을 표시하는 것은 아니다. 거기에는 다음 3가지 변동이 포함되어 있기 때문이다.

1) 시점 변동 (Instantaneous Variation)

표본군내 변동 (Within-sample Variation)이라고도 하는데 연속적으로 생산되는 가공물 사이에서 발생하는 정상적인 개개의 변동이다. 이 형태의 변동은 연속적인 날개의 동일성과 관련되어 가능한 외적 요인과 상반되는 기계의 기본 특성이다. 이것의 평가는 기계능력에 대한 기본적인 자료의 근원이 된다.

2) 시간 변동 (Time Variation) 또는 표본군 간 변동 (Sample-to-Sample Variation)

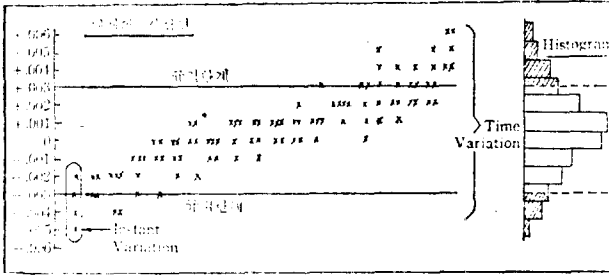
경향, 주기 등이라 할 수 있다. 보편적으로는 기계의 기본요인이 제어할 수 없는 조건을 포함한다. 이러한 변동(예를 들어 공구의 마모)은 생산 공정상 매우 중요하나 품질능력 평가시에 기계에 거의 할당할 수 없는 것이다. 이 변동효과는 기계능력에 대한 숫적 차감이 가능하다면 데이터에서 분리되어야 함이 마땅하다.

3) 이상 변동 (Abnormal Variation) 피할 수 있는 원인에 의한 변동

경우에 따라 기계에 할당할 수도 안 할 수도 있다. 이 변동 효과도 안정상태에 있는 기계능력에 관련하여 숫적 차감이 가능하다면 별도로 처리할 수 있다. 비정상변동은 불규칙한 변동으로서 반드시 그 기계에 나타나는 것이 아니고 공정을 불안정하게 하는 여러 가지 이상조건에 기인한다. 예를 들어, 하나 기계장치(Tool)가 시험 가동시 적절히 조여지지 않아서 풀릴 때 이것은 생산부품에 비정상적인 영향을 줄 수 있다. 이 경우 이 이상 원인은 기계에 있는 것이 아니므로 이러한 변동은 무시되어야 한다. 기계장치를 다시 조이고 시험을 재개할 필요가 있다. 그러나 이상 원인이 발견되지 않을 때는 그 변동이 기본기계 능력에 기인한다고 생각하는 ...이 마땅하다.

상기 3가지의 변동은 히스토그램으로 분리되지 않는다. 이러한 변동을 연속적으로 생산된 날개의 표본에 대한 일련의 측정치를 관리도 위에 나타내어 그래프에 의하여 분리할 수 있다.

다음 관리도는 이러한 분리법을 설명한다. 각



〈圖 3〉 시점 변동 및 시간 변동의 그래프에 의한 분리

각 5개의 표본은 시점 변동을 보여 준다. 그리고 표본군은 순차적으로 찍혀 전체 가동 중의 시간 변동을 보여 준다. 이상 변동은 적절한 통계적 관리 한계를 적용하여 결정할 수 있다. 관리도 오른쪽의 히스토그램은 시점변동, 시간변동 및 이상 변동의 종합효과를 나타낸다.

### 7. 평가를 위한 준비 사항

능력 평가에 대한 주책임은 생산기술에 있지만 품질관리, 생산관리 (Production control) 및 구매 (Purchasing)의 협조가 필요하다.

평가를 실시하기 전에 각 책임 부문별로 완료 되어야 할 준비 사항이 있다.

#### (1) 책임의 내용

생산기술 (Manufacturing Engineering)은 다음과 같은 책임이 있다.

- 능력 평가의 필요성을 결정하고 평가를 기계 제작소에서 할 것이냐 생산 현장에서 할 것이냐 결정한다.

- 품질관리와 함께 평가될 부품의 품질특성 및 그 기계로써 가능하다고 생각되는 허용공차를 결정한다.

- 필요한 특정 게이지를 준비하여 평가일정이 확정되기 전에 품질관리의 승인을 받도록 한다.

- 기계의 조정, 조정장치의 고정 (Tol Setting), 회전율 (Cycle rates) 등이 만족스럽고 기계 (또는 작업)가 능력평가를 위하여 충분히 준비되었는가 확인한다.

이것은 생산기술 담당자가 승인된 부품을 가지고 실제 기계 시험 (Try out)을 관찰하면서 하는데 이는 그가 그 기계의 상태에 대하여 가장 확

실한 정보를 가졌기 때문이다)

- 생산관리에 대하여 기계의 시험 (Try out)과 능력 평가를 위하여 가동 중에 사용될 부품과 재료를 확보해 달라고 요청한다.

- 기계나 장비가 시험 (Try out) 준비를 완료하면 생산조건을 재현시켜 시험 (Try out)을 실시한다.

- 시험 (Try out) 부품을 기계를 거치는 동안 관찰한다. 기계 장치의 고정 (Tool Setting), 회전율 (Cycling rate) 및 기타 사항 등 필요한 조정을 하여 모든 조건이 생산기술 사양에 따르는 지 여부를 확인한다.

생산 조건을 재현시키기 위하여 확인할 항목은 다음과 같다.

- 시험 (Try out) 부품의 상태
- 피이드 (Feed) 및 절삭속도 (Speed): 가공시간 (Cycle Time)
- Chip의 제거
- 냉각수
- 부하 및 무부하 상태 (Loading and Unloading)
- 안전
- 생산도구 (Production Tooling)

생산기술이 시험 (Try out)에 만족하였을 때는 품질관리에게 기계의 품질능력 평가 준비가 끝났다고 통보한다. 품질관리는 생산기술로부터 기계 준비에 대한 확실한 통보를 받았을 때만 평가를 실시함에 동의한다. 품질능력 평가가 생산 현장에서 새 기계에 대하여 실시될 때는 생산기술 그 기계 제작소에서 예비 기계시험 (Preliminary Machine Try out)을 실시하여야 한다. 그리고 최종 기계 시험 (Final Machine Try Out)은 생산 현장에서 품질 능력평가 전에 실시한다.

품질관리는 다음과 같은 책임을 갖는다.

- 생산기술 및 제품 기술과 협조하여 평가될 부품의 품질 특성과 그 기계나 장치가 생산 가능하다고 생각되는 허용공차를 결정한다.

- 평가를 위하여 필요한 부품 또는 재료의 수량을 결정하여 생산기술에 통보한다.

- 생산관리가 획득한 부품 또는 재료를 검사하여 승인된 부품이 기계 제작자에게 전달되도록 주관한다.

· 사용될 모든 게이지의 품질 평가를 하고 평가에 사용 가능 여부를 확인한다.

생산관리 (Production Control)는 다음과 같은 책임이 있다.

평가 작업에 충분한 필요부품을 획득하여 품질 관리가 평가 전에 충분히 여유를 가지고 검사할 수 있도록 공급한다.

· 품질관리에 의하여 승인된 부품 및 게이지를 평가하기 전에 기계 제작자에게 보낸다.

구매는 생산관리와 품질관리와 협조하여 평가를 위한 확실한 날짜와 시간을 정하고 이에 따라 기계 제작자와 최종 합의를 한다.

### 8. 품질 능력 평가의 실시

품질관리와 생산 기술은 합동으로 평가를 실시한다.

이는 품질관리 직능인 “필요시에 공정 및 기계 능력 평가를 조력함”을 실시하는 것이다.

#### (1) 신뢰성 있는 평가를 위하여 주의할 사항

평가 중에 부품 변동에 의한 분명한 외적 요인을 탐지하여 그것이 기계에 부당하게 할당되지 않도록 세심한 주의가 필요하다. 예를 들면 작업재료의 칩(Chip)으로 말미암아 조잡품이 될 수 있는 것이다. 이 경우에 그 변동의 원인이 밝혀지지 않으면 공정이 불안정한 것처럼 보인다.

그러므로, 표본평균이 관리상태를 이탈하고 그 범위가 안정도 시험에 불합격 했을 때도 표본의 전부분이 치밀하게 조사되어야 한다. 만일 원인이 밝혀지고 시정이 가능하면, 그 표본의 측정치는 일반적인 것이 아니기 때문에 무시되어야 한다. 같은 이유로 다음과 같은 사항이 양호한 능력 평가를 하기 위하여 고려할 사항이다.

1. 모든 부품은 시험 전에 다음 사항에 대하여 검사하여야 한다.

- 주요 칩수
  - 기계 가공도 (Machinability)
  - 청결성 (Cleariness)
  - Stock Distribution-Shift-Wash-Flash 등
2. 다음과 같은 작업 조건에 주의하여야 한다.
- 작업면 (Locating Surfaces)을 청결히 함.

· 기계가 규정 작업 온도에 고정되었음.

· 기계가 가동 전에 적절히 조정되었음.

· 기계가 지정된 피이드(Feed), 가동속도(Speed), 절삭깊이 (Depth of Cut) 등으로 작동

· 생산 공구의 사용 : 소모공구(Perishable tools) 고정장치—치구—시건장치(Coolant) 등

· 생산용 냉각수(Collant)가 일정한 온도로 사용됨.

· 생산부하 (loading) 및 무부하 (unloading) 방법

· 작업 재료 구역에서 생산 Chip 또는 폐기물의 제거

3. 부품이 피이드(Feed), 속도(Speed), 절삭깊이…(Depth of cut) 등에 대하여 생산기술이 규정한 생산 조건하에서 생산되도록 하여 그 기계가 생산 현장에 설치되었을 때와 같은 규격의 품질이 얻어질 수 있도록 한다. 잘못 통제된 능력 평가는 오히려 우수한 기계를 불합격시키고 불량 기계를 합격시키게 할 수 있다.

#### (2) 일반 절차

다음 절차는 품질 능력 평가를 실시하는 일반 지침으로 쓰인다.

1. 부품을 연속적으로 가공한다(보통 125개). 품질 능력 평가의 충실도는 전적으로 수집된 데이터의 충실도에 달려 있기 때문에 시험생산량이 많을수록 그 기계에 대하여 좀더 적절히 평가할 수 있다고 생각할 수 있다.

2. 품질관리부 요원이 생산 공정을 관찰하여 가능하다면 생산변동과 관련된 비정상 상태를 발견하여 지적한다.

3. 부품이 정확한 생산 순서대로 Spindle, Station Fixture 등에 관하여 구분되어야 한다.

4. 측정 방법이 측정 부품의 평가 품질특성에 합치되어 승인된 것이어야 한다.

5. 가동정지 (Shutdowns) 및 조정은 해당 시험편 번호의 원인을 밝혀 두어야 한다.

6. 부품 내역 (Source, Pattern Number, Mold, Cavity 등)을 명기하여 한다.

7. 품질 관리가 가공부품을 검사하여 합격 또는 불합격으로 구분하여 꼬리표를 부착한다. 꼬리표에는 평가 대상 작업이 그 부품에 실시되었

음을 기재한다.

**(3) 데이터 수집**

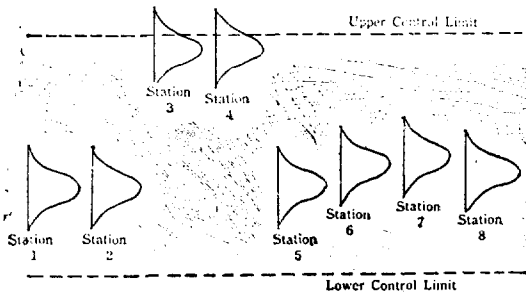
데이터 수집은 기계능력 평가의 가장 중요한 사항 중 하나이다. 데이터를 수집, 분석, 해석하여 결론을 내리고 대책을 건의하는 전 과정 중 평가의 진가는 데이터를 수집할 때 얼마나 주의가 기울였는가에 달려 있다.

시험가동 중 품질관리 분석자는 상세한 데이터를 수집하여 적절한 해석 및 분석 준비를 한다. 부품 검사 결과를 품질 능력도표 하단부 또는 데이터 기록표에 기입한다. 측정 결과는 5개의 표본(물론 표본의 크기를 다르게 할 수 있음)의 생산 순서대로 기입한다.

데이터 수집은 단일 공정 기계를 평가할 때보다 복수 공정기계를 평가할 때 훨씬 복잡해진다. 복수 공정기계인 경우 여러 공정에서 수집된 데이터가 섞이거나 섞여 나뉘지 않도록 주의한다. 매공정이 데이터를 함께 섞어 나누어도 괜찮다는 보증을 할 수 있을 정도로 동일성이 확인될 때까지는 마치 별도의 기계를 평가하는 것처럼 시험, 분석되어야 한다. 예를 들어, 8개 공정드릴 작업에서 섞인 데이터가 기계의 비능력을 나타내었다 할지라도, 좀더 주의 깊게 분석한 결과 각 공정을 독립적으로 구분하여 단 두 공정만 불안하고 다른 공정은 만족스럽게 작업되고 있음을 보여 준 경우가 있다. 다시 말해서, 이런 류의 정확한 정보는 기계 상태를 수정하는 기계 제작자에게는 한층 값진 것이 된다.

**9. 품질 능력을 판정하기 위한 검정**

기계 능력을 적절히 해석하기 위하여 수집된 데



〈圖 4〉 복수 공정 기계의 1개 공정에서 수집된 데이터는 각각 별도로 분석되어야 한다.

이터에 적용되는 4가지 상이한 통계적 검정 방법이 있다.

- 표본의 최대 허용 범위 검정
- 범위의 안정도 검정
- 평균치의 안정도 검정(관리 상태)
- 능력 추정법

기계 능력의 요점은 시점(가공물과 가공물 사이) 변동의 분석하에 표본 범위(Sample Range)를 결정하는데 있다.

첫번째 검정은 시험가동 중 손쉽게 할 수 있는 것이다. 그 다음 계속되는 세가지 검정은 시험가동이 끝나 모든 데이터가 수집된 후 전체 결과에 근거를 둔 것이다.

**(1) 평가의 제 1검정 표본의 최대 허용 범위 (Maximum Allowed Sample Range)**

기본 변동의 분석은 표본의 최대 허용 범위를 결정하므로써 시작된다. 따라서 이것이 능력 평가의 최초 검정이라고 할 수 있겠다. 5개 표본의 최대 허용 범위는 외적 요인에 허용된 량을 감한 허용 공차의 82이다. 만일 5개 표본이 최대 허용 범위를 초과한다면, 기계의 기본 능력과 관련된 일차적인 문제점이 있다고 본다. 최대치는 통계적 품질 관리에서 가장 일반적인 이론으로부터 유도된 일종의 상수이다. 이 이론은 5개의 연속적 시험편에 의한 한 표본군에서 실질적인 최대치와 최소치를 얻었다고 생각할 수 없기 때문에 표본 범위는 전체 변동의 82 이하로 나타난다고 이해할 수 있다. 최대의 작은 표본에서 전 가동 중에서 최대의 시험편과 최소의 시험편이 임의로 뽑혀진다고는 거의 기대할 수 없지만 표본의 크기가 증가함에 따라 표본의 범위가 전체 로트의 범위와 점점 같아진다고 예상할 수 있을 것이다. 그러므로 표본의 크기를 크게 할수록 표본에 나타난 전체 변동에 대한 비율 즉 %가 점점 커진다. 예를 들어 10개의 시험편에 의한 표본의 경우 표본의 최대 허용 범위는 나타난 전체 범위 또는 변동의 91 된다.

다음 표를 참조.

그러므로 5개 시험에 의한 표본에 대하여 최대 허용 범위로서 허용공차(외적 요인에 의한 차를 제외한 것)의 .82를 생각하는 것은 어떤 부품

표본의 최대 허용 범위를 위한 표  
(Table for Maximum Allowed Sample Range)

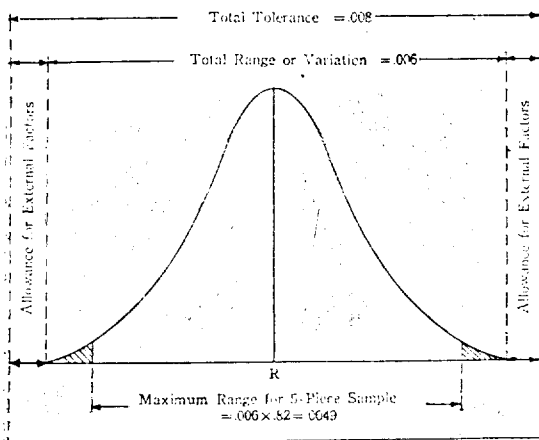
| 표본의 크기 | 인 수 |
|--------|-----|
| 2      | .61 |
| 3      | .73 |
| 4      | .78 |
| 5      | .82 |
| 6      | .84 |
| 7      | .87 |
| 8      | .88 |
| 9      | .90 |
| 10     | .91 |

생산 기계가 전체 사양 허용 공차를 전부 사용하지 못하도록 하는 것이다. 즉, 그 기계가 전 사양 허용 공차 이내로 생산하려면 5개의 시험편 표본의 외적 요인에 의한 허용공차를 제외한 전체 사양 허용 공차의 .82 이하로 나타나야 한다는 것이다.

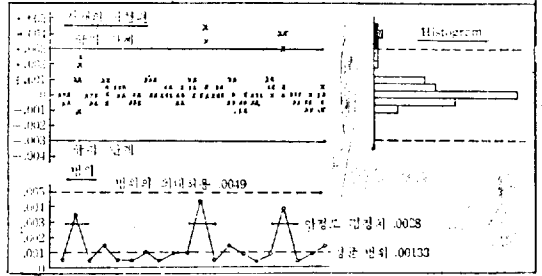
이 점을 좀더 설명하기 위하여 다음 예를 연구해 보자.

- 사양 허용 공차 = .008
- 표본의 크기 = 5
- 외적 요인을 위하여 필요한 허용 공차 25% = .008의 25% 즉 .002

이 경우, 기계 자체만으로는  $.008 - .002 = .006$  만큼의 변동을 허용하게 된다. 이것은 최대 허용 범위가  $.82 \times .006 = .0049$ 라는 것을 의미한다.



〈圖 5〉 5개의 표본에서 최대 허용 범위는 평가를 위하여 규정된 변동의 .82이다.



〈圖 6〉 안정도 검정의 예

이 검정은 능력의 절대적인 척도가 아니며 그 기계가 할 수 있는 능력을 표시하지도 않는다. 그러면 왜 제 1검정을 사용해야 하는가? 이 검정은 시험가동이 계속 진행될 때 최종 결과가 어떻게 될 것인가를 표시한다. 예를 들어 제 1검정을 만족하지 못하는 개개의 범위가 시험가동 초기에 나타남은 그 기계가 시험에 만족하지 못하리라는 강력한 증거가 된다. 만일 측정치가 신속히 얻어진다면 바로 이 시점에서 전 가동을 중단하고 능력 부족의 원인을 조사하여 시간과 시험용 부품을 절약할 수 있다.

(2) 평가의 제 2검정 범위의 안정도 검정  
(Stability Test for Range)

제 2검정은 표본 개개의 범위의 일정성에 관한 것이다. 이 검정은 그 기계가 평가시험 중 안정되어 있고 이 상태가 생산 조건으로 연장되어도 안정이 지속되리라는 확인을 하기 위해 사용된다. 기계의 안정도는 평균 범위에 상수(5개 가공물 표본에 대하여는 2.114)를 곱하여 얻어진다.

범위의 안정도 =  $R \times 2.114$

안정도 검정치는 상수  $2.114 \times .00133$ (평균 범위) = .0028과 같다. 범위 3개가 .0028을 초과하였기 때문에 그 기계는 안정되어 있지 않다.

만일 어떤 표본 개개의 범위가 제품 평균 범위에 상수를 곱한 것을 초과하였으면 그 기계의 안정도에는 비정상 상태(이상원인)가 존재할 것이다. 또한 이 사실은 일일 생산시 더 좋지 않은 영향을 줄 변동의 기본원인을 표시함이 틀림없음으로 함부로 처리해서는 안된다. 만일 비정상적인 조건이 빈번히 나타나고 원인이 만족스럽게 밝혀지지 않거나 수정 가능성이 없을 때 그 공정은 기



범위의 안정도 검정을 위한 표  
(Table for Stability Test of Range)

| 표본의 크기 | *D <sub>4</sub> |
|--------|-----------------|
| 2      | 3.268           |
| 3      | 2.574           |
| 4      | 2.282           |
| 5      | 2.114           |
| 6      | 2.004           |
| 7      | 1.924           |
| 8      | 1.864           |
| 9      | 1.816           |
| 10     | 1.777           |

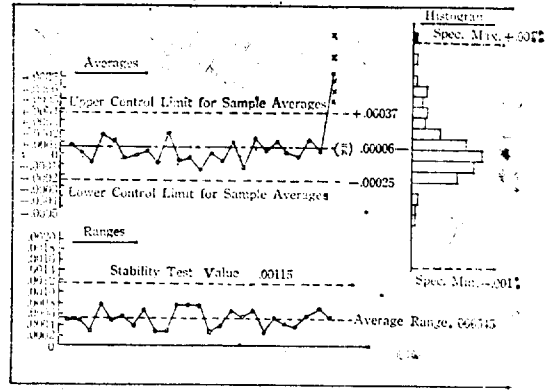
\*D<sub>4</sub>: 범위의 안정도 검정을 위한 인수

계의 능력에 관하여 작성하여야 할 합리적인 결론을 얻기에는 너무 불안정하다는 판정까지도 할 수 있다.

여러 가지 표본 크기에 대한 인수는 아래에 표시하였다.

(3) 평가의 제 2 검정—평균치의 안정도 검정  
(관리상태)  
(Stability Test for Averages—State of Control)

지금까지의 검정은 범위를 다룬 것이었다. 분명히 기계의 능력을 취급하는 하나의 검정은 범위가 표시하는 기본 변동 외의 것을 포함하여야겠다. 그 기계가 일단 생산 현장에 설치된 후 관리상태를 보여 줄 것인가 또는 허용공차 평균으로부터 이탈되는 경향이 있지 않나 하는 여부를 사전에 결정하여야겠다. 이렇게 하기 위하여 표본 평균에 대한 관리 한계를 계산한다. 방법은 제 2 검정에서 기계 능력을 평가하는 것과 유사하다. 시간(또는 표본군간) 변동은 정확히 결정하기 위하여 시험 목적을 위하여 많은 량의 생산자재가 필요하다. 왜냐하면 보통 단기 가동은 특정한 경향으로 발전하기에 충분하도록 진전되지 않기 때문이다. 결과적으로 평가를 위한 충분한 가공물이 없기 때문에 실질적이 되지 못하거나 그 반대로 비용이 너무 높아지거나 한다. 그러나 품질 능력 평가에 상대적으로 적은 양을 가동하지만, 몇 가지 중요한 사항을  $\bar{X}-R$  관리도에서 얻을 수 있다.  $\bar{X}-R$  관리도를 작성할 때는 개개의



〈圖 7〉 공정 수준에 대한 관리 한계의 예

측정치 보다 그 평균치를 기록하는 것이 좋다. 왜냐하면 평균치가 공정 수준( $X$ )의 경향 또는 변화에 대하여 좀더 민감하기 때문이다.

관리 상태를 결정하기 위하여, 시험가동에 의한 모든 시험편에 대하여 대평균 즉 품질 달성수준(Performance Level)을 계산한다. 이 달성도 곧 공정수준( $X$ )을 기술사양의 공칭치(Nominal)로부터의 치우침을 나타낸다. 그리하여, 그 기계가 사양으로부터 왼쪽 또는 아랫쪽의 부품을 생산하는지 여부를 사전에 결정할 수 있다. 평균치의 관리한계는 표본의 크기에 따라 결정되는  $A_2$  인수의 값에 의하여 다음 공식으로 구한다.

$$U. C. L. = \bar{X} + A_2R$$

$$L. C. L. = \bar{X} - A_2R$$

만일 하나의 표본 평균이 관리 한계 밖으로 이탈되었다면, 그것은 이상 원인에 대한 증거이다. 만일 그 이상 원인이 부적절한 설치, 부적절한 동작기계의 세트업(Set-Up) 등의 특정한 원인으로 밝혀지면 이는 그 기계에 의한 잘못이 아니므로 그 표본은 데이터로부터 제거될 수 있다. 그러나 관리상태를 이탈한 평균치에 대하여 아무런 이상 원인을 밝힐 수 없다면 이것이 기계의 기본적인 변동에 의한 것이라고 생각할 수 밖에 없고 기계 능력을 결정할 때 반드시 고려해야만 한다.

만일 표본 평균에 대한 범위가 범위에 대한 관리 한계 이상으로 나타나면 그 기계는 안정도 검정(평가의 제 2 검정)을 만족 못시키기 때문에 정상 능력이 없음으로 밝혀진다.

기계 제작자가 대개의 경우 초기 공구(Tooling)

평균치의 안정도 검정을 위한 표  
(Table for Stability Test of Averages)

| 표본의 크기 | *A <sub>2</sub> |
|--------|-----------------|
| 2      | 1.88            |
| 3      | 1.023           |
| 4      | .729            |
| 5      | .577            |
| 6      | .483            |
| 7      | .419            |
| 8      | .373            |
| 9      | .337            |
| 10     | .308            |

\*A<sub>2</sub>: 공정 수준의 관리한계를 결정하기 위한 인수에 책임이 있는 것과 똑같이 관리 상태에 대한 이 검정이 전체 공정의 중요 부분으로서 기계와 관련 공구가 작동함을 확실히 하기 위하여 실시되어야 한다.

다음 표는 공정의 관리 상태를 결정할 때 사용되는 인수이다.

**(4) 평가의 제 4검정, 기계능력 추정  
(Demonstrated Capability)**

평가의 제 4검정은 최대 허용 범위 또는 개개의 표본 범위 대신에 평균범위를 사용한다. 기계의 능력은 필히 시험가동 중에 생산된 사실의 한계에 근거를 두어야 한다. 그러나 평가에 가용한 시험편의 수는 필연적으로 한정될 수 밖에 없다. 만일 125개의 시험편 대신 1000개를 사용했다면 개개 시험편간의 분산은 훨씬 커질 것이다.

평균 범위를 구하여 적절한 공식을 사용하므로써 그 기계의 전 기본 변동에 대한 근사치를 통계적 방법으로 구할 수 있다. 그런데 공식에 사용할 인수와 공식을 설명하기 전에 기계를 두 가지 유형으로 구별하여 차이점을 검토해야 하겠다.

**1) 조정이 가능한 기계와 불가능한 기계**

각종 기계 공정에 있어서 특히 부품의 크기를 관리하려는 기계 작업에서는, 특히 부품의 그 품질 특성에 대한 공정수준 즉, 평균치수는 생산시 작업자나 가공순서 담당자(Job Setter)에 의하여 재조정(Resetting) 또는 공구 교환 등의 방법에 의하여 합리적인 짧은 시간내에 자주 조정된다. 이렇게 할 수 있는 기계의 유형을 이 품질 특성

에 대하여 조정 가능하다고 말한다. 조정이 가능한 기계는 기계가 기본적으로 능력이 있다면 필요시 사양에 맞춰 부품을 생산하도록 조정만 하여 주면 된다. 평가시 해당 기계가 작동하는 수준은 그 기계의 능력을 밝히는데 거의 관련이 없다.

다시 말해서, 만일 공정평균이 조정 가능하다면(단순 선반에서 외경의 경우처럼), 정작 밝혀져야 할 것은 범위로 표시하는 변동의 기대치가 전부이다.

불합격 공정 수준이 기계나 그 기계의 구성품의 불량에 기인되어 나타나는 경우가 있다. 이러한 것으로... 설치면(locating face)에 대한 보어(bore)의 4각 불량(Off-squareness) 또는 동시에 가공(drill or ream 공정)하는 두개의 구멍사이 부정확한 거리 따위가 있다. 이러한 류의 필질 특성이 조정분기로 간주되는 것은 작업자나 가공순서 담당자(Job Setter)가 정상적으로 필요한 조정을 할 수 없기 때문이다. 그러므로 기계 제작자, 기계 보수 요원, 또는 기타 정비 요원이 합격제품이 생산될 수 있도록 사전에 그 기계를 수정하지 않으면 안된다. 조정불가 품질특성의 경우에는 변동 또는 범위의 기대치 뿐만 아니라 그 변동이 발생한 표본의 평균치도 고려해야 한다.

예를 들어, 어떤 기계의 표면 가공 작업(Facing operation)에서 4각이 되지 않은(out of square) 칩수가 한 시험편과 다음 것이 별 차이 없이 변동한다면 기본적으로 그 기계는 능력이 있다고 본다. 표본의 평균과 범위가 또한 관리 상태에 있음은 균일한 부품을 생산할 수 있다는 기계의 기본 능력이 공정에서 나타나고 있음을 표시한다. 그럼에도 불구하고 근본적인 기계 상태로 인하여 시험가동 중에 생산한 대부분의 부품은 기술사양에 비교하여 볼 때 전혀 4각이 아닐 경우도 있다. 이 품질 특성에 대하여 그 기계가 조정 불가능이면, 그 기계는 만족한 수정이 있기 전까지는 불량(incapable)으로 판정하여야 하겠다.

외적 요인을 고려하여 능력 평가의 허용한계를 일반적으로 조정 가능한 기계에 대하여 75%, 조정 불가능한 기계에 대하여 87.5%로 한다. 아래의 예제는 이 차이점을 설명하고 있다.

**ADJUSTABLE**

|  |                   |  |   |  |  |
|--|-------------------|--|---|--|--|
| OPERATION  | PART NO. AND NAME | STUDY MADE BY  | CHARACTERISTIC CHECKED                                |  |  |
| QUALITY CAPABILITY STUDY<br>ENGINE & FORGEY DIVISION |                   |  | LIMITS OF REQUIRED CAPABILITY<br>.008 TOLERANCE       | DEMONSTRATED CAPABILITY OF MACHINE<br>.006 |  |
| TOTAL PIECES RUN                                     | PIECES PER SAMPLE | BLUPRINT SPECIFICATION                                   |   |  |  |
|  |                   | GAGES INSPECTED BY                                       |   |  |  |
| MACHINE SUPPLIER                                     |                   | CALCULATIONS FOR DEMONSTRATED CAPABILITY OF THIS MACHINE |   |  |  |
| DATE CHRG  | NEW USED          | REULTY RECONDITIONED                                     | AVERAGE OF (X̄) = .00396                              |  |  |
| MACHINE S/ OR TOOL LAYOUT Z NO.                      | COOLANT           | LOCATION   | RANGE OF (R) = .00228                                 |  |  |
| SPEED  |                   |  | SUM OF AVERAGES = .099                                |  |  |
|  |                   |  | NO. OF AVERAGES = 25                                  |  |  |
|  |                   |  | SUM OF RANGES = .0370                                 |  |  |
|  |                   |  | NO. OF RANGES = 4                                     |  |  |
|  |                   |  | K FACTOR = 1.457                                      |  |  |
|  |                   |  | R̄ = .00228   |  |  |
|  |                   |  | DEMONSTRATED CAPABILITY                               |  |  |
|  |                   |  | CAPABILITY ON EXPECTED SPREAD = 2KR = 2(1.289)(.0023) |  |  |
|  |                   |  | CAPABILITY ON ACTUAL SPREAD = 3KR = 3(1.289)(.0023)   |  |  |
|  |                   |  | CAPABILITY ON ADJUSTABLE = .0059                      |  |  |
|  |                   |  | CAPABILITY ON NOT ADJUSTABLE = 3KR = 3(1.289)(.0023)  |  |  |

**AVERAGES**

READINGS IN THOUSANDTH OF AN INCH

U.C.L = .00528

X̄ = .00396

L.C.L = .00264

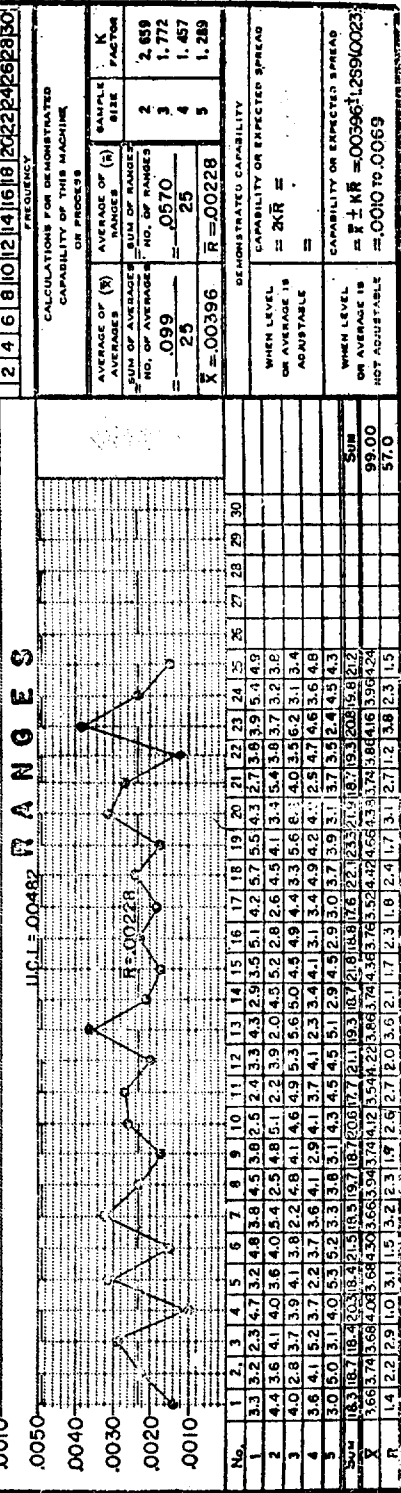
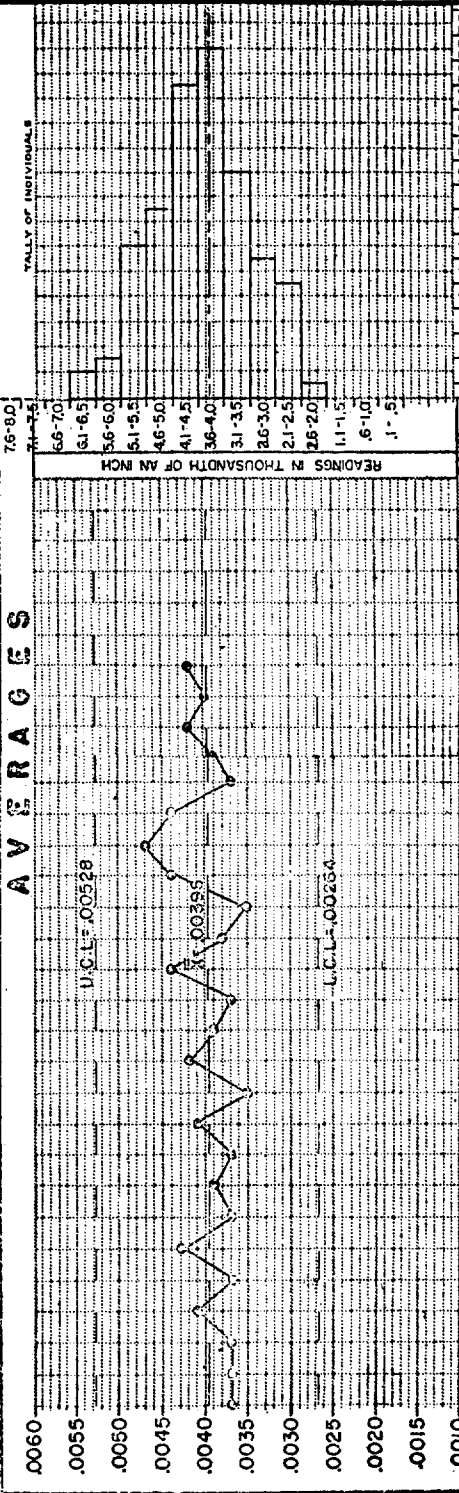
**RANGES**

R = .00228

| No.                     | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   | 16   | 17   | 18   | 19   | 20   | 21   | 22   | 23   | 24   | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
|-------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|----|----|----|----|----|----|
| Average                 | 3.3  | 3.2  | 2.7  | 3.2  | 4.0  | 3.6  | 4.0  | 3.0  | 2.5  | 4.3  | 3.3  | 4.3  | 2.9  | 3.5  | 5.1  | 4.2  | 5.7  | 5.5  | 4.3  | 2.7  | 3.8  | 3.9  | 5.4  | 4.9  |    |    |    |    |    |    |
| Range                   | 4.1  | 3.6  | 4.1  | 4.0  | 3.5  | 4.0  | 3.4  | 2.5  | 4.0  | 5.1  | 2.2  | 3.9  | 2.0  | 4.6  | 5.2  | 2.3  | 4.5  | 4.1  | 3.4  | 5.8  | 3.8  | 3.7  | 3.2  | 3.9  |    |    |    |    |    |    |
| Sum                     | 14.0 | 13.1 | 11.5 | 12.3 | 13.2 | 13.3 | 13.1 | 12.3 | 11.1 | 14.3 | 12.9 | 13.7 | 11.9 | 13.7 | 16.6 | 13.7 | 17.3 | 16.8 | 13.7 | 10.3 | 15.3 | 14.6 | 13.8 | 14.3 |    |    |    |    |    |    |
| Sum of Ranges           | 14.0 | 13.1 | 11.5 | 12.3 | 13.2 | 13.3 | 13.1 | 12.3 | 11.1 | 14.3 | 12.9 | 13.7 | 11.9 | 13.7 | 16.6 | 13.7 | 17.3 | 16.8 | 13.7 | 10.3 | 15.3 | 14.6 | 13.8 | 14.3 |    |    |    |    |    |    |
| Grand Total             | 28.0 | 26.2 | 23.0 | 24.6 | 26.4 | 26.6 | 26.2 | 24.6 | 22.2 | 28.6 | 26.6 | 27.4 | 25.8 | 27.4 | 33.2 | 27.4 | 34.6 | 33.6 | 27.4 | 20.6 | 30.6 | 29.2 | 27.6 | 28.7 |    |    |    |    |    |    |
| Grand Total of Ranges   | 14.0 | 13.1 | 11.5 | 12.3 | 13.2 | 13.3 | 13.1 | 12.3 | 11.1 | 14.3 | 12.9 | 13.7 | 11.9 | 13.7 | 16.6 | 13.7 | 17.3 | 16.8 | 13.7 | 10.3 | 15.3 | 14.6 | 13.8 | 14.3 |    |    |    |    |    |    |
| Grand Total of Averages | 14.0 | 13.1 | 11.5 | 12.3 | 13.2 | 13.3 | 13.1 | 12.3 | 11.1 | 14.3 | 12.9 | 13.7 | 11.9 | 13.7 | 16.6 | 13.7 | 17.3 | 16.8 | 13.7 | 10.3 | 15.3 | 14.6 | 13.8 | 14.3 |    |    |    |    |    |    |
| Grand Total of Ranges   | 14.0 | 13.1 | 11.5 | 12.3 | 13.2 | 13.3 | 13.1 | 12.3 | 11.1 | 14.3 | 12.9 | 13.7 | 11.9 | 13.7 | 16.6 | 13.7 | 17.3 | 16.8 | 13.7 | 10.3 | 15.3 | 14.6 | 13.8 | 14.3 |    |    |    |    |    |    |
| Grand Total of Averages | 14.0 | 13.1 | 11.5 | 12.3 | 13.2 | 13.3 | 13.1 | 12.3 | 11.1 | 14.3 | 12.9 | 13.7 | 11.9 | 13.7 | 16.6 | 13.7 | 17.3 | 16.8 | 13.7 | 10.3 | 15.3 | 14.6 | 13.8 | 14.3 |    |    |    |    |    |    |
| Grand Total of Ranges   | 14.0 | 13.1 | 11.5 | 12.3 | 13.2 | 13.3 | 13.1 | 12.3 | 11.1 | 14.3 | 12.9 | 13.7 | 11.9 | 13.7 | 16.6 | 13.7 | 17.3 | 16.8 | 13.7 | 10.3 | 15.3 | 14.6 | 13.8 | 14.3 |    |    |    |    |    |    |
| Grand Total of Averages | 14.0 | 13.1 | 11.5 | 12.3 | 13.2 | 13.3 | 13.1 | 12.3 | 11.1 | 14.3 | 12.9 | 13.7 | 11.9 | 13.7 | 16.6 | 13.7 | 17.3 | 16.8 | 13.7 | 10.3 | 15.3 | 14.6 | 13.8 | 14.3 |    |    |    |    |    |    |
| Grand Total of Ranges   | 14.0 | 13.1 | 11.5 | 12.3 | 13.2 | 13.3 | 13.1 | 12.3 | 11.1 | 14.3 | 12.9 | 13.7 | 11.9 | 13.7 | 16.6 | 13.7 | 17.3 | 16.8 | 13.7 | 10.3 | 15.3 | 14.6 | 13.8 | 14.3 |    |    |    |    |    |    |

**NON-ADJUSTABLE**

|                                    |                                    |
|------------------------------------|------------------------------------|
| STUDY MADE BY                      | STUDY MADE BY                      |
| CHARACTERISTIC CHECKED             | CHARACTERISTIC CHECKED             |
| LIMITS OF REQUIRED CAPABILITY      | LIMITS OF REQUIRED CAPABILITY      |
| DEMONSTRATED CAPABILITY OF MACHINE | DEMONSTRATED CAPABILITY OF MACHINE |
| QUALITY CAPABILITY STUDY           | QUALITY CAPABILITY STUDY           |
| ENGINE & TOOL DIVISION             | ENGINE & TOOL DIVISION             |
| TOTAL PIECES RUN                   | TOTAL PIECES RUN                   |
| PIECES PER MINUTE                  | PIECES PER MINUTE                  |
| MACHINE #/OR TOOL LAYOUT # NO.     | MACHINE #/OR TOOL LAYOUT # NO.     |
| COOLANT                            | COOLANT                            |
| LOCATION                           | LOCATION                           |
| SPEED                              | SPEED                              |



조정 가능한 기계에 대하여 :

허용 공차 = .008 (±.004)

외적 요인을 위하여 예비한 허용 공차 = 25%  
필요한 능력 한계 = .008 × .75 = .006

조정 불가능한 기계에 대하여 ..

도면 최대 허용 공차 = .008

외적 요인을 위하여 예비한 허용 공차 = 12.5%  
필요한 능력 한계 = .008 × .875 = .007

시험가동 중 모든 개개의 시험편에 대한 전체 분산은 반드시 필요한 능력한계 내에 들어야 하며, 도면의 사양한계가 아니다.

2) 기계 능력 결정에 사용할 K인수

기계의 품질 능력을 결정하는데 사용하는 공식은 그 기계가 조정 가능한가 또는 조정 불가능한가에 따라 다르다. 그러나 어떠한 경우에도 만일 그 기계가 능력이 있다고 판단되려면 계산된 능력 또는 개개 시험편의 분산의 기대치가 전체 허용 공차에서 외적 요인을 위하여 필요한 허용 공차를 감한 범위 내에 들어야만 한다.

두 공식에는 K라는 상수가 공동으로 사용된다.

값의 크기는 표본의 크기에 따라 달라진다. 표본의 크기에 따른 K값과 공식이 첨부된 품질 능력 평가 양식에 인쇄되어 있다.

다음은 표본의 크기에 K의 값이다.

기계 능력 추정을 위한 표  
(Table for Demonstrated Capability)

| 표본의 크기 | K인수의 값 |
|--------|--------|
| 2      | 2.659  |
| 3      | 1.772  |
| 4      | 1.457  |
| 5      | 1.289  |

조정 가능한 기계에 대하여 표본의 크기를 5로 하면 다음 공식이 적용된다.

능력 추정치 = 2KR  
= 2(1.289) × R

다음 공식은 조정이 불가능한 기계의 능력을 결정하기 위하여 적용한다.

능력 추정치 = X ± KR  
= X + 1.289 × R

3) 조정 가능한 기계의 예

첨부된 품질능력 평가 자료를 이용하여 조정 가

능한 기계에 대하여 실시된 예를 연구해 보자.

공정 평균 (X)는 .00396 : 평균 범위 (R)는 .00228 그 기계의 능력 추정치는 공식 2KR을 적용하여 구할 수 있다.

능력 추정치 = 2KR = 2(1.289) × .0023 = .0059  
.0059는 필요한 허용 공차인 .006 보다 작으므로 그 기계는 능력 있음으로 판정한다.

4) 조정이 불가능한 기계의 예

첨부된 자료를 이용하여 조정이 불가능한 기계를 품질 능력 평가한 예를 연구해 보자. 공정 평균 및 평균 범위는 앞의 예와 같다. 이 경우 그 기계의 능력 평가 추정하는 공식 X + KR를 적용하여 구할 수 있다.

능력추정치 = X ± KR = .00396 ± (1.289) (.0023)  
= .00396 ± .00296 = .0010..... .0069  
.0069는 필요한 허용 공차인 .007 보다 작으므로 그 기계는 능력 있음으로 판정한다.

10. 결론 및 비교 사항

평가의 결과를 검토한 후 품질 관리는 생산 기술에게 조사한 사항 및 비교사항을 제출한다. 제출된 보고서에는 관련 자료 전부의 사본을 포함한다. 품질 관리는 모든 자료의 원본을 참고용으로 보관한다.

생산 기술은 기계(또는 공정)에 대한 품질 능력 평가에 관하여 결과 및 결론을 통보받아 그 기계의 승인 여부를 결정한다. 최종적으로 생산 기술은 생산 관리평가에 사용한 부품을 처분해 달라고 통보한다.

구매는 생산 기술로부터 기계(또는 공정)의 승인 여부와 기타 조치 사항을 확인한다. 구매는 기계 제작자에게 그 사항을 통보한다.

생산 관리는 평가에 사용한 부품을 필요에 따라서 처분한다.

\*\*\*요 약(SUMMARY)\*\*\*

품질 능력 평가의 목적은 가능한 범위까지 어떤 기계 공구가 기본적으로 제품 기술 사양에 적합한 제품을 생산할 수 있는지 여부를 업체에서 사용하기 전에 승인하는 것이다.

기계나 공정 능력을 결정하는데 있어서 그 기계에 기본적인 것으로 예를 들어 설계와 제작 마

위와 외적인 것으로 예를 들어 Job Set-up, 공구 마모 등의 두 종류도 품질 특성을 구별하여야 한다. 일반적으로 평가를 실시할 때 그 기계는 변동에 대한 전 허용 공차의 75% 이하를 허용하고 나머지 25%는 외적 요인에 두어서 생산 공정 중에 나타나는 변동에 대비한다.

품질 능력 평가는 그 충실도가 데이터 수집에 전적으로 달려 있으며, 시험편을 더 증가시킬수록 그 기계를 더 적절히 평가할 수 있음을 자신할 수 있다.

평가가 한정된 수량의 부품으로 실시되므로 파오의 가능성이 있으며, 특히 한 기계가 장치 가동했을 때 예기치 못했던 결함이 나타나는 경우도 능력 있음으로 판정하는 것이다. 한 기계의 품질 능력을 평가하는데는 다음 4가지 검정 방법이 사용된다.

표본 최대 허용 범위—시험가동 중 품질 능력을 대략 결정하는 신속 점검법

범위의 안정도 검정—이 두번째 검정법은 평균 범위에 대한 관리 한계를 설정한다. 어떤 개개의 표본 범위가 관리 상태를 이탈하면 이상 원인이 있음을 나타낸다.

평균치의 안정도 검정—세번째 검정은 대평균에 대한 관리 한계를 설정하므로써 기계의 능력을 평가하는 방법이다. 한개의 평균치가 관리 상태를 이탈하면 이상 원인이 있음을 나타낸다.

능력 추정은 4번째 방법이다. 계산한 능력 또는 그 기계의 분산 기대치는 사양의 전 허용 공차에서 외적 요인을 위하여 필요한 허용 공차를 제외한 범위내에 들어야 한다.

능력 평가는 부분적인 승인에 불과하다. 최종적인 승인은 역시 생산 현장에서 설정된 속도로 생산을 하여 제품 기술 사양에 맞는 부품을 생산할 능력이 있다는 충분한 증거에 의해서만 가능할 것이다.

**(부록 i) 기계의 품질 능력을 평가하기 위한 검정법에**

복습할 목적으로 표본의 크기를 5개로 하여 다음 예를 검토하여 보자.

**1. 표본의 최대 허용 범위**

.82×(사양 허용 공차—외적 요인을 위하여 필요하다고 생각되는 허용치로 보통 .75)

이것은 그 기계가 능력이 있는지 없는지 밝힐 수 있는 신속한 검정법이다. 만일 해당 부품이 이 검정에 합격 못하면 다음 시험 부품을 사용하기 전에 그 기계에 대하여 필요한 수정을 할 수도 있다.

**2. 범위의 안정도 검정**

$$R \times 2.114$$

어떤 개개의 표본 범위가 범위의 관리 한계를 벗어난 경우에는 이상 원인이 있음을 가리킨다.

**3. 평균치에 대한 안정도 검정(관리 상태)**

$$X \pm R \times 5.77$$

어떤 개개의 표본 평균이 평균치에 대한 관리 한계를 벗어난 경우 이상 원인이 있음을 가리킨다.

**4. 능력 추정**

$$\begin{aligned} \text{조정 가능한 기계 작업} &= 2KR \\ &= 2(1.289 \times R) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{조정 불가능한 기계 작업} &= X \pm KR \\ &= X1.289 \times R \end{aligned}$$

능력을 추정하기 위하여 그 기계는 전체 허용 공차에서 외적 요인을 위하여 필요한 허용치를 제외한 범위내에 들어야만 한다.

**(부록 ii) 인수 유도 과정 (Derivations)**

표본 최대 허용 범위 산출을 위한 인수

$R = \text{평균 범위}$ ,  $\sigma^1 = \text{정규모집단에 대한 표준편차}$   $K = 3\sigma^1$

1.  $d_2 = R/\sigma^1: R = d_2\sigma^1$  (5개 표본에 대한  $d_2 = 2.326$ )

2. 전 사양 허용 공차를  $6\sigma^1$ 이라 놓으면

3.  $R = d_2 \times \text{전 사양 허용 공차} \div 6 = (2.326 \div 6) \times \text{전 사양 허용 공차}$

4. 최대 허용 범위 =  $D_4R$  (5개 표본에 대한  $D_4 = 2.114$ )

5. (3)과 (4)를 합하여,  $D_4R = (2.114 \times 2.326 \div 6) \times \text{전 사양 허용 공차}$

6. 그리하면 최대 허용 범위 ( $D_4R$ ) = .8195×전 사양 허용 공차

7. 소수점 3자리 이하를 반올림하면 최대 허용 범위 = 5개 표본에 대한 전 사양 허용 공차의 .82 능력 추정을 위한 인수

1.  $d_2 = \frac{R}{\sigma^1}: \sigma^1 = \frac{R}{d_2}$  (5개 표본에 대한  $d_2 = 2.326$ )

326)

2. 실제 시험 가동에 의하여 나타난 전 기본 변동을  $6\sigma'$  으로 표시하자.

3. 그러면 전 기본 변동 =  $6 \frac{R}{d_2} = \frac{6R}{2.326} = 2.5795 R$

4. 소수점 3째자리 이하를 반올림하면 전 기본

변동 =  $2.58 \times 5$  개 표본에 대한 평균 범위

5.  $2K$  = 전 기본 변동

6. 그리하면  $L = \frac{2.5795}{2} R$  즉  $1.289 R$  (표기의 크기 = 5)

(부록 iii) 능력 평가 인수표

기계의 품질 능력 평가에 사용하는 인수 일람표  
(Table of Capability Factors)

| Sample Size | Factor for Maximum Allowed Range | Factor for Testing Stability of the Range | Factor for Testing Stability of Averages | K factor for Estimating Demonstrated Capability |
|-------------|----------------------------------|---|--|---|
| 2           | .61                              | 3.268                                     | 1.880                                    | 2.656   |
| 3           | .72                              | 2.574                                     | 1.023                                    | 1.772   |
| 4           | .78                              | 2.282                                     | 0.729                                    | 1.457   |
| 5           | .82                              | 2.114                                     | .577                                     | 1.289   |
| 6           | .84                              | 2.004                                     | .483                                     | 1.183   |
| 7           | .87                              | 1.924                                     | .419                                     | 1.109   |
| 8           | .88                              | 1.864                                     | .373                                     | 1.053   |
| 9           | .90                              | 1.816                                     | .337                                     | 1.010   |
| 10          | .91                              | 1.777                                     | .308                                     | .974  |