

機械加工工程의 工程能力에 對한 研究

成 煥 泰*

(1976. 11. 20. 수리)

A study on the process capability of machining process Hwan Tae Sung

Abstract

The research on the process capability is the basis for quality design, operation standard and so on. In this study, histogram of the measured value for the cutting process and calculation of the capability factor C_p are established, resulting in the classification of 4 grades, and necessary measures for them are presented.

The advancement of productivity is the most significant result of this study. The processing time per piece for those stabilized processes having the capability factor 1.33 and above is lessened, and the advancement in quantity capability is made possible permitting dispersion of standard up to the tolerance limit. The exact knowledge of process capability is most important for the quality design system. For the efficient application of this result of the research, a systematic and positive cooperation by the whole company members is needed.

로 重要設備의 工程能力調査를 全社의 行하여 그 效果를 研究한 것이다.

1. 序 論

工程能力和 그 調査는 品質設計, 工程設計, 設備計劃, 技術標準決定의 基礎가 되는 것이다.

生産의 各段階에서 大段히 重要한 問題이며 또한 工程能力調査는 品質管理의 基礎가 되는 것이다.

生産現場에서는 主로 不良問題를 中心으로 하여 委員會活動으로 工程能力의 診斷과 解析을 하고 있는 것이나 特히 工程能力調査와 그 結果의 活動을 組織化하지 않는다면 綜合的으로 利用하는 面에서 缺陷이 많이 생긴다.

本研究에서는 K機械工場에서 切削機械工程의 工程能力調査센터를 設置하여 關係部門의 組織的인 協力으

2. 調査의 進行方法

2.1 工程의 定義와 標準化

工程能力이라는 말은 大端히 넓은 意味를 가지므로 調査하려고 하는 工程의 解釋하기에 따라 調査方法이 달라지므로 다음과 같이 定義한다.

「工程能力이란 充分히 標準화된 工程에서 生産되는 製品치수의 散布(dispersion)의 範圍를 말한다」

工程能力의 調査에서 가장 問題가 되는 것은 “工程能力의 眞正한 것이 어떻게 하면 求해지느냐” 하는 것이다.

製品치수에 散布를 주는 要因으로서 4M(Machine,

* 本學會理事 慶熙大學校工科大学教授

Material, Method, Man)으로 一般적으로 分類된다.

이들이 標準化되어 있지 않으면 데이터의 信賴성이 없고 意味가 없다.

따라서 工程能力은 安定된 工程의 品質水準을 表示하는 것이므로 眞正한 工程能力을 把握하려고 하는 活動은 工程의 標準化를 推進하는 것이며 品質管理의 目標로 하는 것이라고 할 수 있다.

即 工程能力調査는 品質管理의 基礎라고 할 수 있다.

따라서 最初의 段階에서는 工程의 實態를 可及의 詳細하게 把握하여 이것을 基本으로 보다 充分한 工程의 標準化에 向하여 行動하므로써 工程能力의 眞正한 것에 接近하게 되는 것이다.

2.2 調査方法

工程能力調査의 一般적인 方法은 作業準備終了後의

最初의 50個乃至 100個의 Sample을 測定하는 方法이 普通 取해지나 機械工業에서는 하루終日 連續測定을 實施하면 그 工程의 變動狀態가 거이 判明되므로 第1回의 基礎調査에서는 測定이 可能한限 1臺의 機械에 對하여 加工順序에 따라 終日 連續測定을 實施하였다.

工程의 變動狀態判明後의 調査는 그 工程에 따른 Sampling 方法에 依한 調査를 하였으나 이때에도 Sample 數는 100個 以上으로 하여 必要한 情報量을 確保하였다.

2.3 情報의 記錄

치수의 散布에 影響을 주는 原因을 그림 1의 特性要因圖에 表示한다.

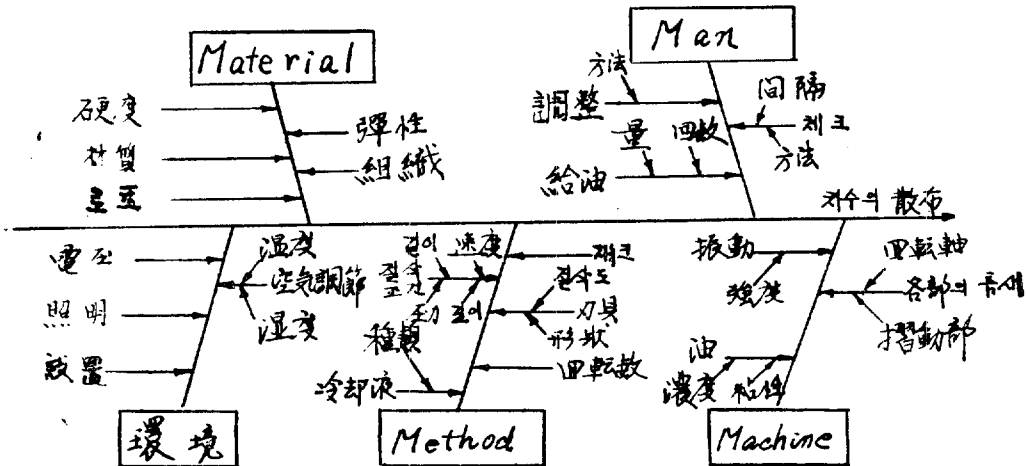


그림 1 特性 要因 圖

데이터의 解析에는 이들 要因의 變化를 可及의 詳細히 記錄할 必要가 있으며 이것을 作業者와의 協力으로 記錄하여 解析에 大端히 有用하게 쓸 수가 있었다.

3. 工程能力의 計算方法

3.1 計算의 要領

먼저 測定值를 그래프로 表示한 다음 時系列變化의 解析을 하였다.

다음에 이것을 根原으로 하여 層別할 수 있는 것은 層別을 하여 Histogram을 作成하고 σ 의 計算을 하였다.

다음에 計算例를 表示한다.

1) 要因의 變化에 따른 層別의 意義가 없을 경우 표 1 및 그림 2와 같이 4M의 어느 것에 依한 變動인지 分離할 수 없는 것은 全部의 데이터를 使用하여 histogram을 만들어서 그 σ 를 計算하였다.

이 σ 값을 δ_p 로 表示한다.

2) 要因의 變化마다 層別할 수 있는 경우

표 2 및 그림 3과 같이 要因의 變化前後에서 層別할 수가 있고 그 意義가 있는 것에 대해서는 層別한 histogram을 作成하였다.

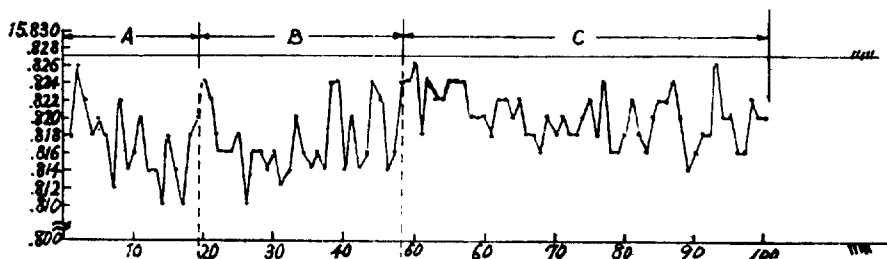
이것으로 計算한 σ 값을 σ_m 으로 表示한다.

또 데이터를 全部넣어서 이것으로 作成한 histogram으로 計算한 σ 를 1)과 같은 δ_p 로 表示한다.

표 1 測 定 值 (I)

15,818	15,822	15,820	15,818	15,822
826	816	814	822	818
822	816	816	822	816
818	816	824	820	820
820	818	822	822	822
818	810	814	818	822
812	816	816	818	824
822	816	824	816	820
814	814	824	820	814
816	816	826	818	816
820	812	818	820	818
814	814	824	818	818
814	820	822	818	826
810	816	822	820	820
818	814	824	822	820
814	816	824	818	816
810	814	824	824	816
818	824	820	816	822
820	824	820	816	820
824	814	820	818	820

機 番	L-66	機 名	自動旋盤	測定器	cylinder guage	測 定 所	內 徑	測定者
品 番	28372-006	品 名	Gear	測 定 單 位	0.001mm	規 格	15.8 ϕ +0.027 -0	作業者



規格幅 $T=0.027$

工程能力 $6\delta_p=0.0224$

能力指數 $C_p = \frac{0.027}{0.0224} = 1.21$

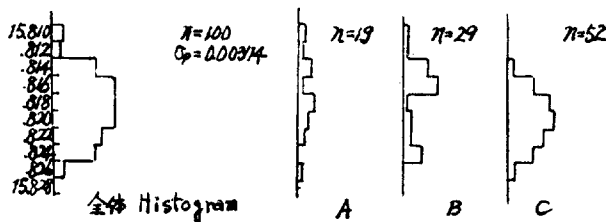
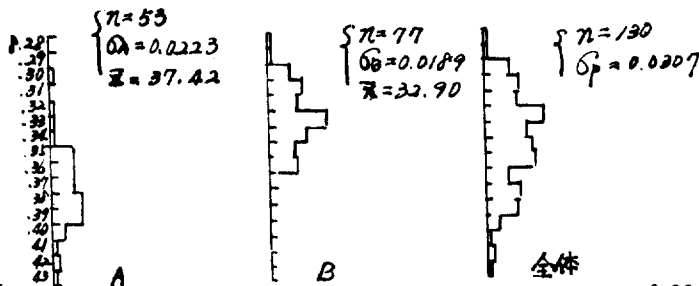
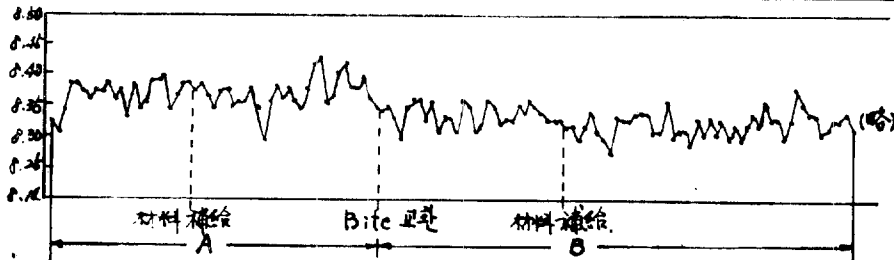


그림 2 層別의 意味가 없을 경우

표 2 測 定 値 (II)

8.33	8.37	8.35	8.33	8.33	8.30	8.38
31	38	37	36	33	31	35
35	38	41	31	33	31	34
39	37	42	33	32	29	34
39	38	36	32	32	33	31
38	36	37	31	30	31	32
37	35	43	36	32	33	33
38	37	34	35	34	31	33
38	37	38	31	31	33	34
39	35	38	32	30	30	32
37	36	40	36	28	32	—
38	36	36	35	34	30	—
34	37	35	32	33	32	—
38	35	34	33	33	34	—
35	30	35	33	34	32	—
36	36	33	35	34	36	—
39	38	30	34	34	23	—
39	36	35	36	31	33	—
40	38	36	35	31	30	—
35	36	36	34	36	33	—

機 番	L-108	機 名	自動旋盤	測定器	micrometer	測 定 全 長	測定者
品 番	28309-001	品 名	리테이너	測 定 規 格	0.01mm	8.5 ⁺⁰ / _{-0.36}	作業者



(1) 分散의 差의 檢定

$$F_0 = \frac{53 \times 0.0223^2 / 52}{77 \times 0.0189^2 / 76} = 1.4$$

$F_{0.05}^{52,76}(0.025) = 1.74$ 이므로 有意差 없음

(2) 機械能力의 計算

$$\sigma_m = \sqrt{\frac{53 \times 0.0223^2 + 77 \times 0.0189^2}{53 + 77}} = 0.0206$$

$$\therefore 8\sigma_m = 0.165 \quad C_p^* = \frac{0.36}{0.165} = 2.18$$

(3) 工程能力의 計算

$$6C_p = 0.185 \quad T = 0.36$$

$$C_p = \frac{0.36}{0.185} = 1.94$$

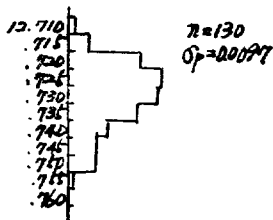
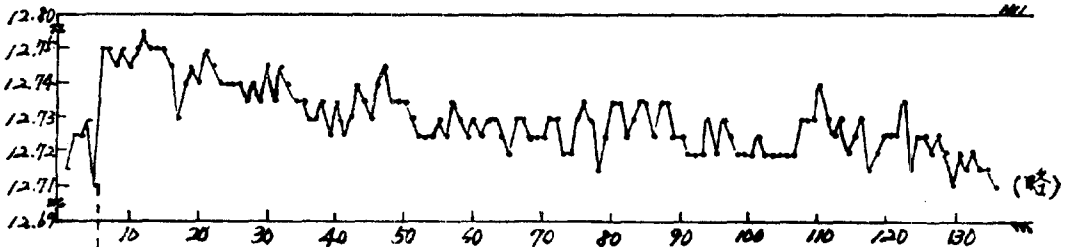
能力指數로는 $C_p = 2.18$ 을 採用

그림 3 層別할 수 있는 경우

표 3 測 定 值 (Ⅱ)

12,715	12,750	12,730	12,730	12,735	12,720	12,725
725	745	725	725	735	725	725
725	740	730	730	725	720	735
730	740	740	730	730	720	715
710	740	735	725	735	720	725
750	740	730	720	735	720	725
750	735	740	730	725	720	720
745	740	745	730	735	730	725
750	735	735	725	735	730	720
745	745	735	725	725	730	710
750	735	735	725	725	740	—
755	745	730	730	720	730	—
750	740	725	730	720	725	—
750	735	125	720	720	730	—
750	735	725	720	730	720	—
745	730	730	730	720	725	—
730	730	725	735	730	730	—
740	735	735	730	725	715	—
745	725	730	715	720	720	—
730	735	725	725	720	725	—

機番	L-297	機名	模倣旋盤	測定器	micrometer	測 定 所	外 徑	測定者
品番	28211-011	品名	shaft	測 定 單 位	0.01mm	規 格	12.8 ^{φ+0} _{-0.11}	作業者



(1) 工程能力 $6\sigma_p = 0.0582$. 規格幅 $T = 0.11$

$$C_p = \frac{0.11}{0.0582} = 1.9$$

(2) 機械指數의 計算

$$R_s = 0.0053$$

$$\sigma_m = \frac{R_s}{d_2} = \frac{0.0053}{1.128} = 0.00468$$

$$\therefore 8\sigma_m = 0.0374 \quad T = 0.11$$

$$C_p^* = \frac{T}{8\sigma_m} = \frac{0.11}{0.0374} = 2.94$$

그림 4 傾向的變化가 있는 경우

3) 傾向的 變化가 있는 경우

표 3 및 그림 4와 같이 바이트의 磨滅等에 따른 傾向的 變化가 있는 경우에는 移動範圍를 求하여 $\sigma_m = \frac{R_s}{d_2}$ 을 計算한다.

다시 全體의 데이터를 넣은 histogram에서 σ 를 計算하여 이것을 1)과 같이 σ_p 로 表示한다.

3.2 工程能力의 計算式

1) 工程能力 = $6\sigma_p$

2) 機械能力 = $6\sigma_m$

3) 能力指數 $C_p = \frac{T}{6\sigma_p}$ 또는 $C_p = \frac{T}{8\sigma_m}$

여기에 T는 圖面規格의 幅

但 能力指數를 $6\sigma_p$ 와 $8\sigma_m$ 의 兩쪽으로 求했을 때는 指數의 큰쪽을 採用한다.

4. 能力指數를 基準한 判定

C_p 의 값을 다음의 4等級의 工程으로 分類하고(표 4) 역손의 目標로서 利用한다.

표 4 能力指數에 依한 等級

能力指數의 範圍	等級
$C_p > 1.33$	1
$1.33 \geq C_p > 1$	2
$1 \geq C_p > 0.67$	3
$0.67 \geq C_p$	4

1) 1級의 工程에 對한 處置

$C_p > 1.33$ 의 경우에는 더욱 精度의 높은 部分의 加工을 行하거나 또는 規格의 許容하는 範圍內까지 分散을 許容하여 加工速度의 向上을 期할 수 있다.

2) 2級의 工程에 對한 處置

現狀의 維持를 圖謀하며 特別한 處置는 取하지 않는다.

다만 能力指數가 1에 가까울 때에는 管理加工을 行한다.

3) 3級 및 4級의 工程에 對한 處置

工程能力이 不足한 狀態이므로

- ① 보다 適正한 能力을 가진 工程에 作業을 옮긴다.
 - ② 工程能力의 向上을 催한다.
 - ③ 規格을 再檢討한다.
 - ④ 特別한 管理加工을 行한다.
- 등의 여러가지 對策을 세운다.

5. 工程能力調查의 組織과 活動狀況

工程能力調查의 組織 및 活動狀況의 概要를 그림 5에 따라 說明한다.

工程能力調查活動을 組織的으로 行하기 위하여 生産技術部內에 工程能力調查係를 設置하고 여기에서 全社의 工程能力調查活動의 總括을 한다.

그 業務內容은 工程能力調查計劃의 立案, 調查結果의 集約, 情報의 提供과 역손이 迅速히 取해지도록 各部門間의 綜合調整을 한다.

初回の 基礎調查는 生産技術部가 實施하고 工程의 變動狀況을 解析한 다음 各 工程에 等級을 부처 關係部門이 그 工程能力을 基礎로한 역손을 取하고 있다.

即 生産技術部內에서는 工程編成, tooling layout, 材料, 機械能力等의 檢討, 製造部門에서는 어느 工程이 가장 調節에 注意를 要하느냐를 알므로서 工程의 管理方式의 檢討, 檢査部門에서는 檢査計劃의 檢討, 技術部門에서는 圖面과 規格의 檢討를 하고 있다.

調查結果에 基因한 역손의 效果, 및 工程能力의 推移의 把握은 製造部, 檢査部의 協力下에 日常管理의 情報를 可及的 利用하여 行하고 있다.

그러기 위해서 情報의 루우트를 制定하고 生産技術部內의 工程能力調查係가 이 루우트에서 얻어지는 情報를 集約하여 管理하게 되어 있다.

σ_m 의 推移를 監視하고 合理的인 保全을 行하기 위한 基礎資料의 集積을 도모하고 있다.

다시 調查結果를 各部門이 充分히 活用할 수 있게 機種別工程能力表 및 全般 工程能力表에 記錄해 준다. 機種別工程能力表는 各機種別로 能力을 記錄한 것이며 全般 工程能力表는 製品라인마다 工程의 能力을 記錄한 것이다. 표 5에 全般工程能力表의 一例를 表示한다.

이들은 關係部門에 配布하므로써 設備示方의 決定, 製品設計, 工機設計, 工程設計時의 基礎 및 檢査計劃立案의 基礎, 作業標準作成의 基礎로서 利用되고 있다

6. 結 論

工程能力調查의 結果 各工程의 變動狀態가 明白히 되고 各各의 工程에 對하여 解析을 進行하여 工程의 改善, 作業의 標準化를 實施할 수 있으며 특히 生産性的의 向上이 顕저하게 나타났다.

即 調查의 結果 能力指數가 1.33 以上으로 工程이

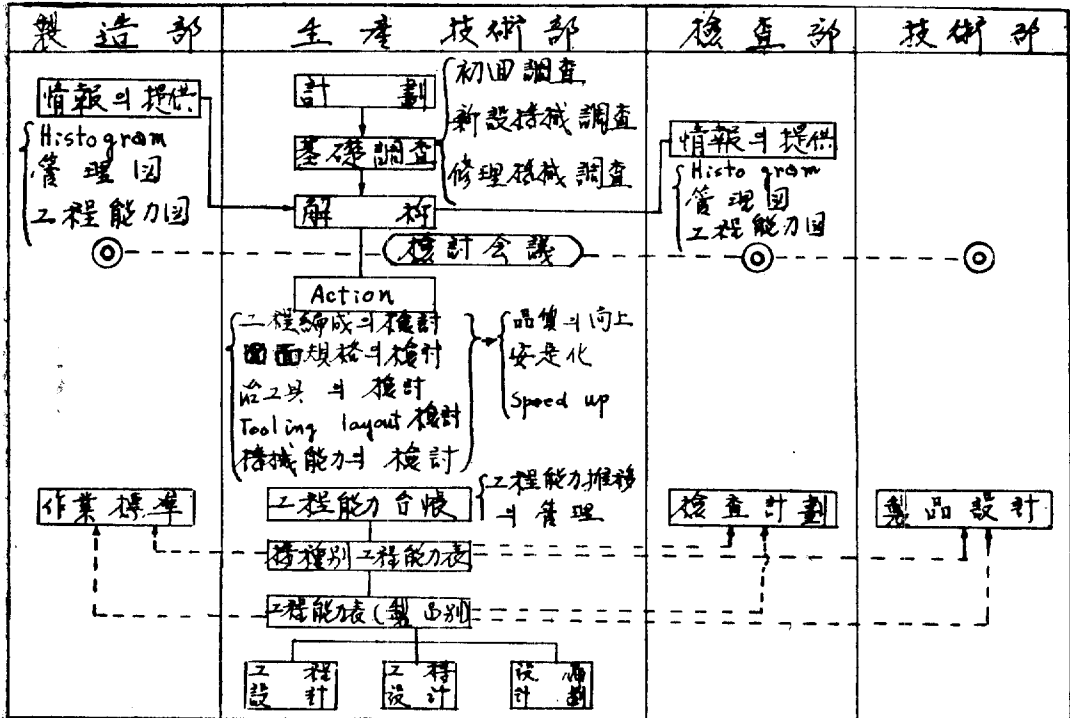


그림 5 工程能力 調査活動

표 5 全般 工程能力表의 一例

工程名	設 備			工 程 能 力					加 工 時 間			備 考	
	設 備 名	型 式	機 番	加工部	치 수	公差幅	σ_p	$6\sigma_p$	c_p	正 味	餘 裕		標 準
1	브로우치盤	A	BM 12	키웨이幅	$3^{+0.05}_{+0.02}$	0.03				內 容	省 略		블록게이지
2	內面研磨盤	B	IG 16	테이퍼部	$14^{+0}_{-0.04}$	0.04							다이알게이지
3	캠 研 削 盤	C	CG 11	外 徑	198 ± 0.01	0.02							마이크로미터
4	切削單能機	D	SM 99	內 徑	$84.7^{+0}_{-0.2}$	0.2							다이알게이지

安定되어 있는 것에 대하여는 1 個當의 加工時間의 短縮을하여 規格의 許容되는 範圍까지 散布를 許容하므로 量的能力的 向上이 可能하게 된 것이다.

工程能力調査는 品質設計體系中の 大端히 重要한 事項이며 調査結果가 有効하게 利用되기 위해서는 組織인 的 調査下에 各 關係部門의 積極인 協力이 없어서

는 안된다.

本研究의 경우에도 全社的인 테머로하여 各關係者가 힘을 結集하여 積極的으로 工程能力的 把握, 研究에 總力을 기우린 結果 效果를 올릴수가 있었다. 方法으로서는 簡單한 것만이 있으나 데이터의 處理上意外의 困難한 問題에 부딪쳐서 簡單한 問題라도 이것을 縱橫

으로 驅使하기가 얼마나 어려운가를 痛感한다.

參 考 文 獻

1. Alford, L.P. and Bangs, J.R. : Production Handbook, Ronald Press.
2. Manard, H.B. : 3rd ed. Industrial Engineering Handbook McGraw Hill.
3. Juran. J.M. : Quality Control Handbook, McGraw Hill.

4. 渡邊英造 : 工程能力の研究について, 品質管理(日本) 9, 卷 466-471 (1958)
5. 小野幸三 : プロセス能力分析の進め方, IE 12卷 191-198 (1960)
6. 木暮正夫 : 品質管理と 工作設備精度維持との 關聯について「マシナリ」(日本) 23卷 1467-70 (1960)
7. 木暮正夫 : 多種少量生産に於ける 品質管理概論 日本規格協會 (1959)
8. 木暮正夫 : 工程能力に關する 2, 3の 考察 品質管理(日本) 14卷-3 (1963)