

鐵粉 코아(core) 自動 選別機

박인규 송경호 하태중
홍익대학교 공과대학 전기제어공학과

Automating the Visual Classification of Metal Cores

In-Gyu Park, Kyung-Ho Song, and Tae-Joong Ha
Dept. of Electric & Control Eng.
Hong Ik University

ABSTRACT

An automatic visual classification system is introduced which provides for measuring the length and diameter of coilform cores and dividing them into 5 different classes in terms of how far their length be from the desired length. This task is fully automated by controlling two STEP motors and by using image processing techniques.

The classification procedure is broken into three logical parts. First, cores in the form of randomly stacked bundle are lined up one by one so as to be well captured by a camera. The second part involves capturing core image. Then, it enters the measuring process. Finally, this machine would retain all the information relating to the length. According to the final result, cores are sent to the corresponding bin.

This considerably simplifies the selecting task and facilitates a greatly improved reliability in precision. The average classifying capability is about 2 pieces per second.

1. 序 論

部品生産 工程中, 部品 選別 및 外觀 檢査等은 아직도 대부분 手動式으로 進行되고 있는 實情이다. 이러한 種類의 工程들은 지루한 作業이 要求되고, 品質을 判斷하기에 어려운 것이 特徵인 바, 自動化가 時投히 必要함에도 不拘하고, 昨今 까지 實現化가 잘 되지 않고 있는 實情이다. 그러한 原因을 料明해보면, 手先 技術의인 側面에서 考慮에 볼 때, 여러 技術을 集合, 서로 連結시켜 系統을 構成하는 기술, 所謂, 系統 技術에 接近하려면 多樣的 核心 技術이 要求되기 때문이다. 또한, 經營者의 近視眼의인 自動化에 대한 眼目 不足으로, 당장 커다란 生産性 向上을 期待만을 要求, 이에 充足하지 못하면, 投資에 인색한 것도 하나의 原因이라 하겠다.

本 論文에서는 部品 生産 工程中, 部品를 選別, 分類를 對象으로 自動化 機器를 開發하는 것을 目標로 한다. 이러한 目標을 達成키 위하여 要求되는 主要 核心 技術을 羅列하면,

Motor 制御 技術, 이미지 프로세싱, Computer Interface 技術, Sensor 技術, 소프트웨어 等이며, 이러한 多樣的 技術을 多少나마 理解하여, 設計, 製作를 試圖함으로써 自動化 技術力 確保가 가장 重要한 目的이라 하겠다.

電子部品중에서, Coilform core을 微細한 길이 大小에 따라 다섯 等級으로 選別하고, 選別된 各 core는 指定된 箱子에 分類 貯藏한다. 貯藏될 수 있는 量은 使用者가 언제든지, 作業 前, computer에 初期 入力하여, 可變 可能토록 設計되어 있다. 또한 選別, 分類하는 過程의 모든 情報을 computer에 記憶시켜, 品質 管理에 活用할 수 있고, 物品 出荷時, 包裝 外皮에 附着시킬 附着 스티커에 自動 印刷토록 設計하였다.

部品 選別 過程은 一般的으로 接觸 方式 혹은 非接觸式 方式 技法으로 設計할 수 있다. 接觸式 技法은 選別 對象 部品와 選別를 위한 部品(sensor 等)이 直接 接觸되어야 選別이 可能하다. 故로 接觸式 方法은 接觸 部分의 磨耗와, 生産性에서 非接觸式보다 뒤 떨어진다. 非接觸式 技法은 sensor 혹은 camera 같은 映像 이미지를 computer에 디지털 情報로 變換하여 이미지 프로세싱, 비디오 프로세싱, pattern recognition같은 映像 處理 技法을 使用한다. 이러한 映像 處理 系統의 構成은 Camera와 Image Capture Board, Main Computer, Controller Board, Motor Driver 등으로 되어 있으며, 捕捉된 畫像을 위에서 言及된 映像 處理 技法에 의하여 遂行된다.

本 論文에서 提起된, 自動 選別機에서는, 等級 區分 間隔이 10 mil 밖에 안되는 超精密이 요구되고 있다. 이것을 滿足시키기 위하여 映像을 擴大하여 畫素의 數을 測定하는 方法을 採擇하였다. 이때 렌즈의 蓋差에 따라 均一하지 못한 精密度를 勘案 補正하여야 하지만, 本 系統에서는 蓋差가

적은 렌즈를 사용하였고, 蓋差를 無視하고 定해진 인코리움에 依據하여 處理함으로써, 길이나 폭을 測定하였다. 이때 考慮하여야 할, 또 하나의 問題는 雜音 除去가 必要하다. 畫像 雜音의 除去는 主로 数字化된 情報을 이미지 프로세싱 處理함으로써 깨끗하게 만들고, 判別된 直線度를 根據로 길이 또는 폭을 決定하였다.

2. 自動化 工程

提案된 시스템을 사용하여, 部品를 選別, 分類하는 作業을 다음과 같이 作業 順序대로 5 가지 過程으로 나누어 본다.

- 1) 供給 過程: 最終 生産된 部品를 選別기 위하여 選別 工程으로 移動시킨다. 이때, 部品 狀態는 整頓되지 않은 無秩序 狀態로 假定한다.
- 2) 整列 過程: 無秩序하게 쌓아져 있는 狀態의 部品를 供給 받은 後, 한줄로 날개로 分離하는 作業에 해당된다. 이 工程은 機構的으로 대단히 精密한 機構 設計가 必要하다.
- 3) 映像 捕捉 過程: 移動시키는 途中 이미지를 포착하기 위한 停止
- 4) 測定 過程: camera와 sensor 등, 映像 機器를 使用하여 非接觸式으로 映像 이미지를 computer가 디지털 信號로 變化시킨 다음, 映像 處理 技法을 使用하여 測定한다.
- 5) 分類 過程: 測定된 部品는 結果에 따라, 指定된 箱子에 自動으로 貯藏시키는 과정임.
- 6) 計數 및 統計: 測定, 分類 過程에서 얻어진 모든 情報 상태를 自動으로 computer에 記錄되게 設計되면, 追後, 品質 管理에 活用할 수 있다.

3. 시스템 機能 概要圖

上記 提起된 工程에 根據하여 시스템을 設計하는 단계로서, 먼저 機能的인 關係를 다음과 같이 圖式化 할 수 있다.

自動 選別機는 Computer 와 Controller 에 의하여 制御되고, Part Feeder 와 Mini hopper 는 部品를 한줄로 整列시키고, 센서류는 部品가 한줄로 無理없이 흐르도록, 흐름의 情報를 制御機에 報告한다. 映像 捕捉는 部品가 整列 Roller에 到着 하였을 때, 컴퓨터에 의하여 作動되고, 이어서 컴퓨터는 測定

過程을 거친 後, 結果를 制御機에 傳達하면, 制御機는 分類機에 連結된 스텝 모터를 制御시켜 해당되는 箱子에 部品를 貯藏시킨다.

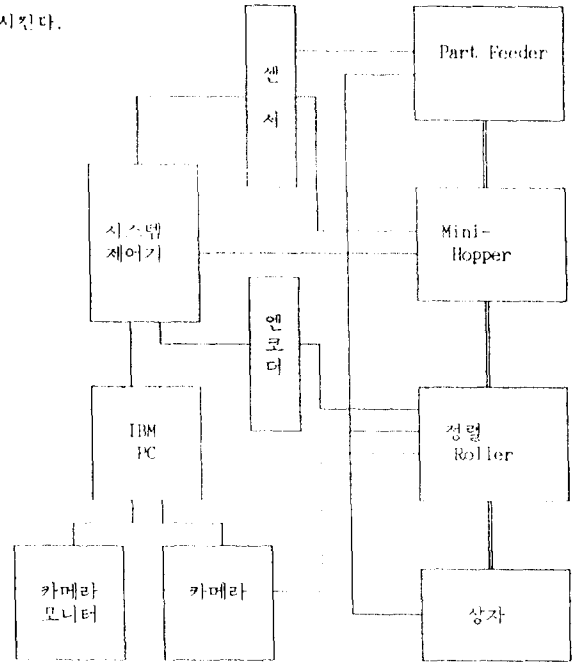


그림 1 : 시스템 기능도

4 選別機 構造

全體의인 모습은 다음 그림 2 와 같은 形態이며, 各 部分의 役活 및 이들의 連結 方法, 問題點을 알아 본다.

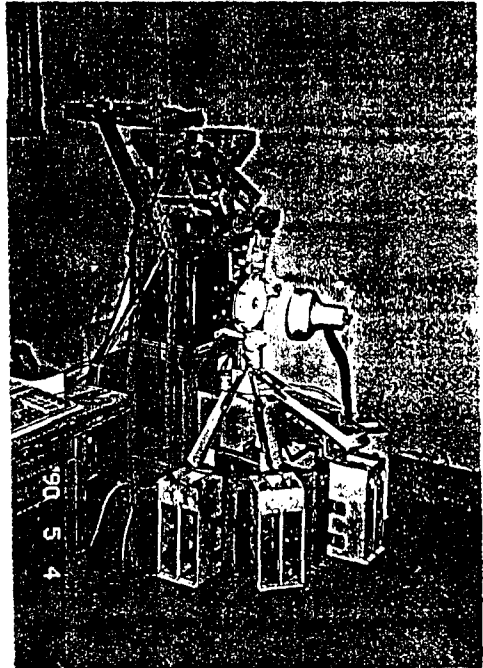


그림 2 : 選別機 鳥瞰圖

1) Parts Feeder 와 Mini-hopper

無秩序하게 흘러져, 섞여 있는 部品을 단계로 整列, 分離하는 過程 作業을 擔當한다.

Parts Feeder 의 中心部에는 Vibrator 가 內藏되어 있고, 部品은 振動을 傳達받으면서 外部 方向으로 힘을 받으면서, 원을 그리며 分散된다. 그리고, Part Feeder 上端, 外側に 設置된 供給 調節板은 앞쪽에 切斷되어, 適量의 部品이 한줄로 하나씩 前進되도록 設計되어 있다.

Mini-hopper 는 Parts Feeder에서 받은 部品을 整列 Roller 에 하나씩 전해 주는 機能을 한다. 部品이 흘러가는 行路의 間隔은 일정하고, 行路의 上端, 下端 두곳에 센서가 付着되어 있어 行路의 緩急을 調節한다. 특히 行路의 間隔은 部品의 進行의 緩急, Mini Hopper 에 注入되는 상태에 決定된 要因이었다. Mini Hopper 에 設計에 時間을 가장 많이 消耗하였고 滿足스러운 결과를 얻기 위하여는 精密한 機構 製作으로만 可能할 것이다.

2) 測定 段階 (Inspection Stage)

測定 段階(Inspection Stage) 는 Camera 와 整列 Roller 로 構成되어 있고, 整列 Roller 가 回轉하다가, 停止한 後, Computer 에 畫像을 入力시키기 위한 構造로 되어있다. 整列 Roller 는 軸에 連結되어 있는 Stepper Motor 로 動作되며, 速度는 初期 入力된 Reference 값에 따라 制御된다. 整列 Roller 는 作業 始作時, 언제나 原點 位置에 있도록, 엔코더 (Encoder) 가 制御機에 情報를 주고, 現在 位置도 Encoder 값으로 制御機 入力되어 追後, 分類 過程時, 該當되는 箱子에 正確하게 貯藏시킬 수 있도록 해준다.

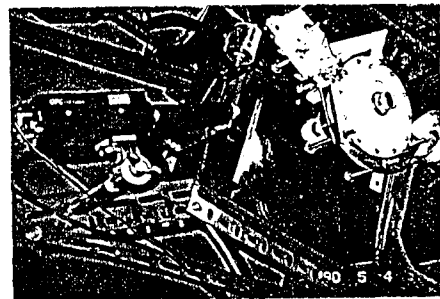
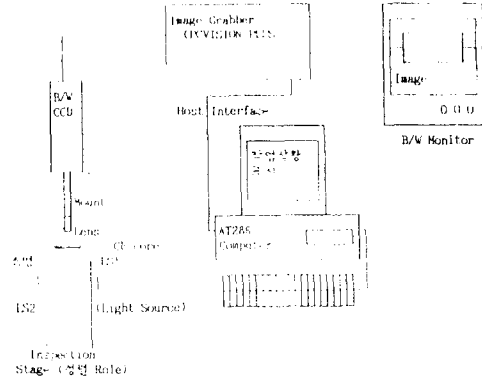
3) 分類機 (Sorter)

測定 段階 (Inspection Stage) 에서 處理된 部品은, 準備된 5 個의 파이프 中 한개로, 自由 落下 狀態로 放流된다. 이때, 該當되는 파이프를 選擇하는 방법은, 分類機에 內藏된 스텝 모터를 制御함으로써 行해진다. 파이프를 타고 放流된 부품은, 下端에 準備된 2 個의 망 (Bin) 中 하나에 到達하게 된다. 各 段階에 2 개의 망 (Bin)이 準備되어 있는 바, 事由은 한 망에는 2000 개 가량만 貯藏 可能하여, 作業 中斷없이 作業者가 交換토록 함이었다.

5. 映像 處理 시스템

5.1 映像 處理 시스템 構成圖

畫像 入力處理를 위한 機構物의 配置와 Camera 의 位置 選定에 關하여 提及하며, 各 部分의 機能에 대하여 說明 하고자 한다. 構成圖는 다음의 같다.



- 測定用 Camera 位置

Camera 는 整列 Roller 의 上段에 위치하며, camera 의 投射 方向은 整列 Roller 의 中心과 一致되도록 設計되어 있다. 照明은 整列 Roller 兩 側面에 設置되어 있고, 整列 Rollers의 材質이 테프론으로, 빛에 半透明 性質을 가지고 있어, 反射가 없다.

- Image Frame Grabber

품 명	: PCVISION PLUS
입 력 신호	: RS - 170
Frame Memory	: 512 K Byte (1024 x 512 Pixels)
A/D B/A	: Flash Type
Register	: Programmable

- B/W CCD Camera 와 렌즈

Picture Area	: 510 x 482, 8.8 mm x 6.6 mm
Min Illumination	: 2 LUX F1.4
S/N Ratio	: 46 db 이상
Lens	: 80 mm F
Mount 길이	: 150 mm

5.2 映像 捕捉

停止된 狀態의 部品 晝像을 入力하여 Image Capture Board 上的의 Memory 內에 貯藏한 後 映像 處理 S/W 에 의하여 部品の 長이를 測定한다. 이때 入力 晝像 條件의 照明 狀態가 이 미치는 영향은 다음과 같다.

- 入力 晝像 性能에 미치는 條件

晝像 入力에 影響을 미치는 要素는 다음과 같다.

- 1) 照明 狀態: 照明은 直接, 間接으로 빛이 반한, 계가, 주변의 照明에 따라, 많은 영향을 받는다. 가장 影響을 많이 주는 要因으로 隨時로 確認 後 作業하여야 함.
- 2) 整列 Roller: 整列 Roller 의 홈 表面위에 部品이 놓인 狀態에서 映像이 捕捉되어야 함으로, 表面의 상태가 깨끗하여야 한다. 그러므로, 火花 Noise 발생의 원인이 되므로 먼지등으로 表面이 더러워지지 않도록 하여야 한다. 또한, 重要한 다른 要因은, 映像 捕捉時 整列 Roller 를 停止시켜야 한다는 것이다. 이유는 整列 Roller 는 回轉하고 있는 狀態에서 잠간 停止하여야 하는데 慣性에 의하여 흔들리는 傾向이 있기 때문이다
- 3) 振 動: Parts Feeder, Vibrator 등으로 부터 나오는 진동이 整列 Roller 로 전달되 포착 晝像이 正確하지 못하다.

위 3 가지 事項에 관한 對策으로

- 照明은 間接 照明을 採擇하고, 反射光이 없도록 Lamp 를 設置한다.
- 作業 前 整列 Roller 表面의 먼지를 除去하고, 整列 Roller 가 充分히 停止된 狀態에서 晝像을 入力시킨다.
- 振動이 整列 Roller 에 傳達되지 않도록 防震 고무를 使用한다.

6. 選別機 制御 回路 設計

- 構成

制御 回路는 인터페이스部, 制御部, 센서部로 構成된다. 인터페이스 回路는 컴퓨터가 選別機 電源 統制, 制御機 狀態 判讀, 命令 및 데이터 傳送등의 處理를 可能하도록

設計하였으며, 制御 回路는 制御機를 중심으로 모터 制御 회로와 센서 入力 回路, 솔레노이드 및 發光 다이오드 구동 回路등으로 구성되고, 센서는 모터 위치를 알려주는 엔코더, 部品 停滯를 感知하는 光센서등으로 되어있다.

- 인터페이스 回路

컴퓨터에서 選別機와 通信가능한 入出力 어드레스를 EFO

~ EF3 로 定하고, 다음과 같이 기능을 設定하였다.

Address:	시 况
EFO	8742 CHIP SELECT SIGNAL (DATA, CONTROL COMMAND I/O)
EF1	RESERVED
EF2	REGISTER SELECT ADDRESS (POWER CONTROL, RESET)
EF3	8742 STATUS INPUT BUF ADDRESS (POWER GOOD, 8742 STATUS)

- 制御 回路

컴퓨터는 처리 프로그램으로 8742에 데이터와 命令을 入力 시키고, 制御機 8742는 컴퓨터 命令에 따라 入출력 擴張소자를 通하여 각 周邊 回路의 入出力을 統制한다. 于先, 스텝핑 모터는 8742 포트를 通하여 直接 制御하고, 發光 다이오드부와 솔레노이드部는 버퍼 및 디코더로 구동 信號를 보낸다.

그리고, 整列 輪의 位置를 感知하는 엔코더는 카운터로 計數 하여 相對的 位置값을 8243으로 입력시킨다. 또한, 光센서 및 電源 狀態 입력과, Parts Feeder, Vibrator, Lamp, 24V Power Supply등의 교류電源 제어도 8243을 通하여 제어한다.

한편, 모타 제어용 소자로는 1.298, 1.297을 使用하였고, 교류 電源의 스위칭은 컴퓨터가 직접 제어하는 5V Power Supply 전원과 8742가 제어하는 전원으로 구분되며, 8243 포트로 信號 出力되어 電流 增幅시킨 후 SSR을 구동하여 스위칭하도록 설계하였다.

- 센서 應用

選別機에 부착된 센서는 모터의 위치를 感知하기 위한 엔코더와 초기화時 Starter의 原點을 檢지위한 光源이 附하였다. 正轉 제어時에 부품의 停滯를 防止하기 위하여 附着한 光센서로 區分된다.

- 制御機 S/W

電源이 供給되면, 制御機는 POST(Power On Self Test)를 實行하여, 選別機 전원과 주변장치의 이상유무를 확인한 후 컴퓨터에 動作 準備가 完了되었음을 알리고, 대기하도록 한다. 8742는 컴퓨터의 命命으로 각 부분을 制御하며, 命命을 받은 후에는 컴퓨터에 確認 信號를 傳送한다.

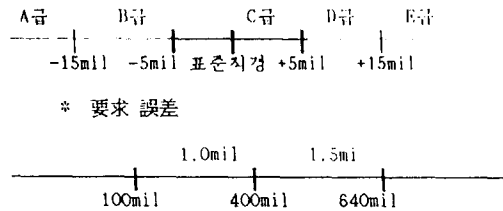
7. 自動 選別機 驅動

7.1 測定을 위한 部品의 諸元

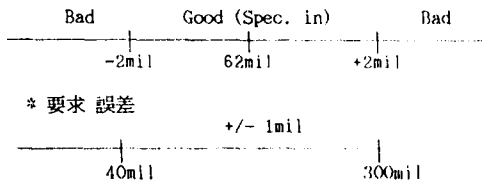
1) 測定 對象 코어 크기

CF Core의 몸통의 길이 : 100mil - 650mil
CF Core의 몸통의 直徑 : 40mil - 300mil

2) 길이에 따른 等級 分類



3) 直徑에 따른 分類

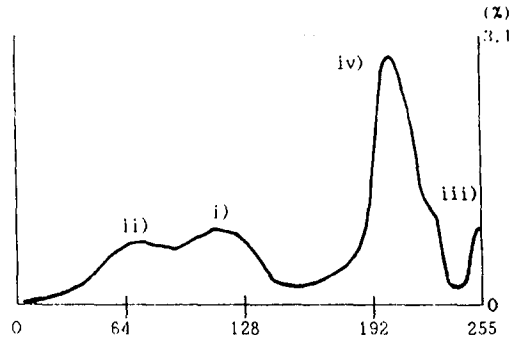


7.2 測定 알고리즘

複雜한 알고리즘을 使用할 경우 많은 時間的인 浪費가 豫想되므로, 카메라에 捕捉된 映像을 가능한 깨끗하게 함으로써, 簡單한 알고리즘으로 檢査하도록 하였다. 다음의 檢査 順序에 의하여 알고리즘을 開發하였다.

1) 二值化

- Image는 金屬 lead와 酸化鐵의 몸통과 Lighting Table 위의 먼지들로 構成되어 있다.
- 二值化를 위한 Threshold Level를 결정키 위하여 全般的인 Gray level에 따른 Histogram를 다음의 같이 얻는다.



- Histogram으로부터 core의 各 部位에 대한 gray level을 像測할 수 있다.

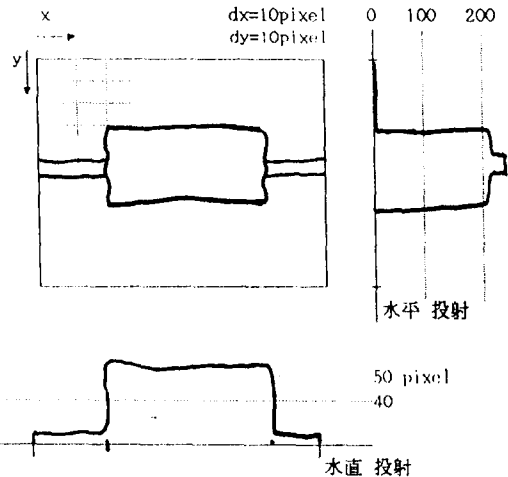
- i) Core Body
- ii) Core의 그림자
- iii) 금속lead와 Core Body의 반사광
- iv) lighting table

- 첫 Histogram으로부터 Inspection stage의 構成이나 照明 方法에 대한 解答을 얻을 수 있다.

- Core와 Background를 鮮明하게 分離하기 위하여 core의 그림자와 Body상의 反射光을 除去하기 위해 Lighting Table의 導入이 必要하다.

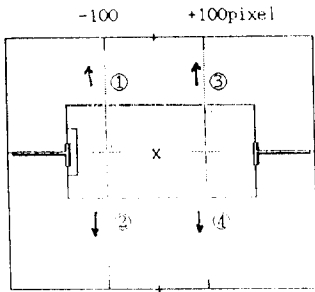
2) Core의 位置 Detection

- Core 위치의 detection은 Image의 垂直, 水平 投射하여, Core body의 中心을 구할 수 있다.



- 投射된 pixel data로부터 Core의 位置를 +/- 10pixels 誤差로 구할 수 있다.

- 이 過程에서 core 몸통의 位置를 구함과 同時에 規格 以下의 不良을 어느정도 選別하게 된다.

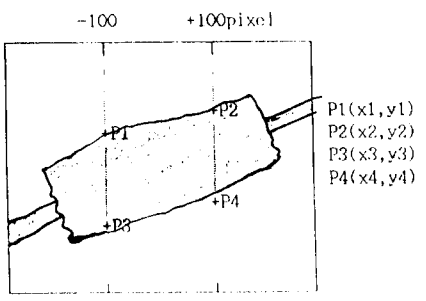


- ①②③④ 순에 따라 line pixel value를 檢査하여 pixel이 Background에 該當할 경우 pixel 計數를 終了하게 된다.
- pixel을 計數할때 lighting Table상의 먼지나 흡집도 計數할 憂慮가 있으므로 直徑이 5 pixel이내의 pixel들을 平均하여 pixel value로 擇한다.

x, y-2 x, y-1 x, y x, y+1 x, y+2 line pixel

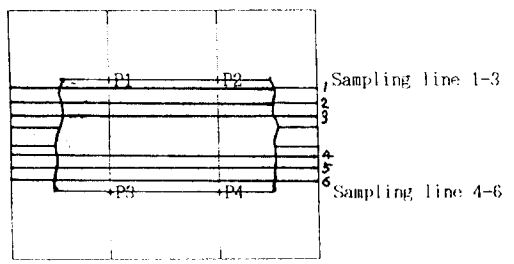
$$p(x,y) = \frac{1}{5} \left(\sum_{i=-2}^2 f(x,y+i) \right)$$

- 그리고
 if p(x,y) > 128 : background
 < 128 : Core body
 되도록 한다.



- core의 기울기를 구하여, Core의 길이를 測定하기 위한 sampling line 方程式의 算出에 利用한다.
- $$\text{slope} = \frac{(y2 - y1)}{(x2 - x1)} \quad \text{if } (y2 - y1) - (y4 - y3) > 40 \text{ then core의 길이 및 직경 측정을 무시한다.}$$

- 길이 測定을 위한 6개의 line 方程式의 算出



- L1~L3 : $y = \text{slope} * (x - x1) + y1 + (dy * i)$
 $dy = (y3 - y1) / 13$

- L4~L6 : $y = \text{slope} * (x - x1) + y3 + (dy * (i-5))$
 $dy = (y3 - y1) / 13$
- line Equation 1-6의 求해진 方程式에서 x=0 와 x=511일 때의 y값을 구하여 Line Sampling의 시작과 끝점으로 정하고 Line을 Sampling한다.

- Sampling Line의 Data를 조사하여 Core의 길이를 測定할때 Sampling Line에 Random하게 轉載할 먼지나 Noise를 고려하여 Noise Cleaning의 方法을 導入하게 된다.

x, y-2 x, y-1 x, y x+1, y x+2, y

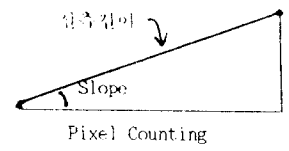
$$p(x,y) = \frac{1}{5} \left(\sum_{i=-2}^2 f(x+i,y) \right) \quad \begin{array}{l} \text{if } p(x,y) > 128 \\ \text{then background} \\ < 128 \\ \text{then Core Body} \end{array}$$

- P(x,y)의 값을 고려하여 Body부분의 Pixel을 算出한다.

4) Core의 實際 數值로의 換算

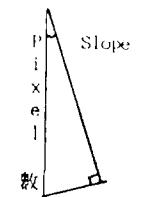
- Pixel Counting값을 實測 길이로 換算하기 위해서는 1 Pixel의 垂直 水平距離와 Core의 기울기를 考慮하여 實測 길이로 換算해야 한다.

- 길이 측정



$$\text{실측 길이} = \text{pixel 數} * \sqrt{X_{core}^2 + (Y_{core} * \text{slope})^2}$$

- 直徑의 測定



$$\text{실측 직경} = \frac{[(y3-y1)+(y4-y2)] / 2 * \cos(\tan^{-1}(\text{slope}))}{\sqrt{Y_{core}^2 + (X_{core} * \text{slope})^2}}$$

8. 結論

製作 完了後, 性能 試驗 結果, 選別 能力은 一初에 2個 乃至 3個 기판으로 하루에 5時間 作業時 大略 7萬個 分類할 수 있다. 이렇게 힘으로서, 手動으로 測定 道具를 使用하여, 肉眼으로 測定할 때 보다 效率의이고 誤謬가 없어진, 높은 信賴性으로, 生産性 向上을 確認할 수 있었다.