

國立雲林科技大學資訊工程系

碩士論文

Department of Computer Science and Information Engineering

National Yunlin University of Science & Technology

Master Thesis

以視覺為基礎之即時小鋼胚表面缺陷檢測技術

Vision-based Real Time Surface Defect Inspection for

Steel Billets

何秉修

Bing-Shiou Ho

指導教授：康立威 博士

Advisor: Li-Wei Kang, Ph.D.

中華民國 105 年 6 月

June 2016

**國立雲林科技大學**  
**研究所碩士班學位論文考試委員會審定書**

本論文係何秉修君在本校 資訊工程系提論文「以視覺為基礎之即時小鋼胚表面缺陷檢測技術」合於碩士資格水準，業經本委員會評審認可，特此證明。

口試委員：

康立威

康立威

翁明昉

翁明昉

許朝詠

許朝詠

指導教授：

康立威

康立威

所 長：

張慶龍

中 華 民 國 105 年 7 月 6 日

## 摘要

現今，自動化技術已被廣泛的應用在各個產業中，而本篇論文是將自動化技術運用於鋼鐵產業上，因鋼胚在壓製過程中容易出現缺陷，而傳統檢測是以人眼做辨識，除了檢測正確率相當低以外，因剛壓製出來的鋼胚溫度非常高，也可能會對辨識人員有安全方面的問題，因此本論文提出的是以視覺為基礎之即時小鋼胚缺陷檢測技術，除了將鋼胚檢測自動化外，也能提高檢測的效率，一般常見的缺陷有線縫(Seam)、轉角裂痕 ( Corner crack )、海綿裂紋(Sponge)與剝片(Sliver)等，本論文針對轉角裂紋、線縫、海綿裂紋等缺陷做偵測。

若能將自動化缺陷檢測技術實現，除了可以提高缺陷檢測正確率外，也能提升產品的品質及生產效率。本論文提出的缺陷檢測技術利用邊緣偵測 (Sobel edge detection )、定義出感興趣的區域 (Region of Interest,ROI)做為前處理，再利用亮度調整及缺陷特徵強化來偵測出缺陷位置，最後由特徵決定該位置是否真為缺陷，實驗證明所提出的以視覺為基礎之即時小鋼胚缺陷檢測技術能有效的檢測出小鋼胚表面之缺陷。

關鍵字：轉角裂紋、海綿裂紋、線縫、ROI、自動化

## ABSTRACT

Now, Automatic techniques have been widely employed. Whether in medicine, industrial engineering and machine vision have application because steel billet surface defects is proposed of the refining. Traditional detection is done to identify the human eye but the detection effectiveness enhance and steel billet so hot it may be to identify personnel danger. So ,In this paper, a vision-based detection framework for automatically detecting to enhance the efficiency of defect detection billets . The defects considered in this study include seam, corner crack, sponge, scratch and machine sliver respectively.

If it could be automated defect detection technology , in addition to improve defect detection accuracy and improve the quality. In this paper, use sobel edge detection, ROI , dilation and defect image defects characteristic feature of the proposed composition to detect the defect position of defect detection technology. At last the position is determined by the feature of the true defect, the experiment proved to the visual-based steel billet defect detection technology can effectively detect defects in the steel billet surface.

Keyword : corner crack, Sponge, seam, ROI, automatic.

## 目錄

摘要 .....	i
ABSTRACT .....	ii
目錄 .....	iii
表目錄 .....	v
圖目錄 .....	vi
第一章、簡介 .....	1
1. 1 動機與目的 .....	1
1. 2 文獻探討 .....	2
第二章、相關技術探討 .....	5
2. 1 Hough Transform 霍夫轉換 .....	5
2. 2 ROI ( Regionof Interest ) .....	6
2. 3 值方圖均化 .....	7
2. 4 二值化 .....	8
2. 5 膨脹(Dilation) .....	9
第三章、研究方法 .....	10
3. 1 影像一致化 .....	10
3. 1. 1 霍夫轉換(Hough Transform) .....	10
3. 1. 2 ROI ( Regionof Interest ) .....	12
3. 1. 3 亮度調整 .....	14
3. 2 組成缺陷影像特徵 .....	20
3. 2. 1 影像灰度分割 (Threshold) .....	20
3. 2. 2 影像缺陷特徵強化 .....	23
3. 3 步驟整合 .....	33
第四章、研究結果與分析 .....	35
4. 1 無缺陷影像檢測結果 .....	36
4. 2 海綿裂紋檢測結果 .....	39
4. 3 線縫缺陷檢測結果 .....	42

4. 4 轉角裂紋檢測結果 .....	45
第五章、結論與未來方向 .....	49
參考文獻 .....	50



## 表目錄

Detection result. ....	48
------------------------	----



## 圖目錄

圖 1-1	缺陷檢測結果及設備.....	2
圖 2-1	霍夫轉換再坐標變化上直線上的點.....	5
圖 2-2	霍夫轉換 $\theta$ 角的範圍.....	6
圖 2-3	ROI 影像分割示意圖.....	6
圖 2-4	值方圖均化結果影像.....	7
圖 2-5	二值化影像.....	8
圖 2-6	擴張示意圖.....	9
圖 3-1	邊緣偵測示意圖.....	11
圖 3-2	霍夫轉換結果影像.....	11
圖 3-3	ROI 影像分割技術示意圖.....	12
圖 3-4	自動定義 ROI.....	13
圖 3-5	各部攝影機方向圖.....	14
圖 3-6	影像亮暗度.....	15
圖 3-7	各方向拍攝之小鋼胚影像.....	15
圖 3-8	亮度調整前後之影像.....	17
圖 3-9	與作者[10]做亮度調整比較.....	19
圖 3-10	灰階化分前後之影像.....	21
圖 3-11	雙峰灰階圖.....	21
圖 3-12	灰階劃分影像比較.....	22
圖 3-13	缺陷特徵強化示意圖.....	23
圖 3-14-1~3	特徵強化步驟示意圖.....	24
圖 3-15	缺陷特徵重建.....	27
圖 3-16	缺陷特徵強化後示意圖.....	27
圖 3-17	缺陷重建後之鋼胚影像.....	28
圖 3-18	4*3 mask 運行方向示意圖.....	29
圖 3-19	4*3 mask 內部計算示意圖.....	30
圖 3-20	利用 4*3 mask 處理後之鋼胚影像前後對照圖.....	31



圖 3-21 缺陷特徵擷取在鋼胚影像上.....	32
圖 3-22 缺陷影像簡述流程圖.....	34
圖 4-1. (a)~(f) 無缺陷影像及偵測結果.....	36
圖 4-2. (a)~(f) 海綿裂紋缺陷影像及偵測結果.....	39
圖 4-3. (a)~(f) 線縫缺陷影像及偵測結果.....	42
圖 4-4. (a)~(f) 轉角裂紋缺陷影像及偵測結果.....	45



# 第一章、簡介

## 1. 1 動機與目的

小鋼胚為鋼鐵工業最上游之產品，鋼胚生產過程中不免因人為或不受控因素造成產品缺陷，若帶有缺陷的鋼胚往下游傳送，其缺陷可能因下游製程而擴大導致產品瑕疵，造成退貨，不僅影響商譽，期間軋延等製程及客訴問題都將造成莫大損失。因此，鋼胚檢測在鋼鐵工業製程中是不可或缺的一環。傳統的小鋼胚檢測方法分為兩種，第一種是檢測人員以目視方式及經驗來做判斷，由於初鑄之鋼胚溫度極高，且外觀呈紅熱狀態檢驗人員無法直視，故人工檢測前需將鋼胚靜置至接近室溫方可檢驗，不僅曠日廢時，且有人員安全疑慮；而第二種檢測方法是利用磁粉探傷來檢驗，此種方法需要將磁粉上在小鋼胚上再以紫外線照射作檢測，也屬於較為耗時之檢測，為了避免檢驗及研磨的成本提高。利用自動化檢測將可改善目前的檢測效率，並增加檢測安全。

從煉鋼所生產之鋼胚缺陷種類分為海綿裂紋(Sponge)、線縫(Seam)、轉角裂痕(Corner crack)等，煉鋼所生產出來之鋼胚須送做軋延，但因軋延過程需要耗時三個小時以上，若能在軋延工作前就先檢測出有問題之鋼胚，即可立即重送煉鋼所重新煉製，以避免成本及時間過多的消耗。若能將小鋼胚表面缺陷檢測做自動化，除了能以更快的速度生產出品質較好的鋼胚外，還能降低鋼胚重新研磨所花的時間，也避免了檢測人員暴露在可能發生危險的環境。

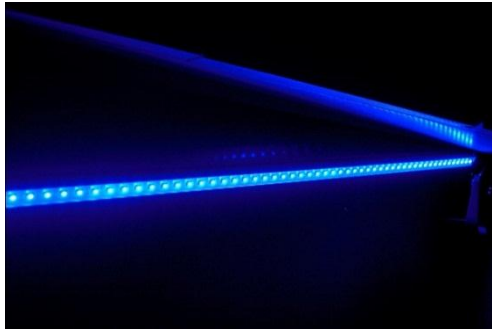
小鋼胚表面缺陷檢測系統，主要是針對缺陷在小鋼胚上所產生的特徵點著手，目前會先以現有的文獻方法做嘗試，再從中找出可以改善之方向加以著手。

## 1.2 文獻探討

在缺陷檢測相關文獻中，Yun[1]在 2009 年提出利用賈柏濾波器(Gabor filter)實現鋼材影像的表面缺陷檢測。其原理為利用賈伯濾波器強化特定方向的線條特徵，並透過雙門檻值(Threshold)來進行缺陷偵測。該研究能分辨出鋼材影像中的細裂縫 (Thin crack) 和轉角裂痕 (Corner crack)，並依其產生缺陷的位置不同而各自利用了動態編碼搜尋演算法(Dynamic Encoding Algorithm for Searches, DEAS)[1, 2, 3]來最佳化賈伯濾波器所需要的參數，但經實際測試發現賈伯濾波器對區域型缺陷的偵測效果相當有限。同年，Jeon [4]等人提出利用離散小波轉換(Discrete Wavelet transform, DWT)對熱胚狀態的小鋼胚表面進行缺陷偵測，其主要精神在於利用小波轉換將與缺陷無關的表面光源及影像結構移除，而缺陷位置通常因表面不平整造成陰影導致較低的影像亮度值，故依此為特徵進行偵測。



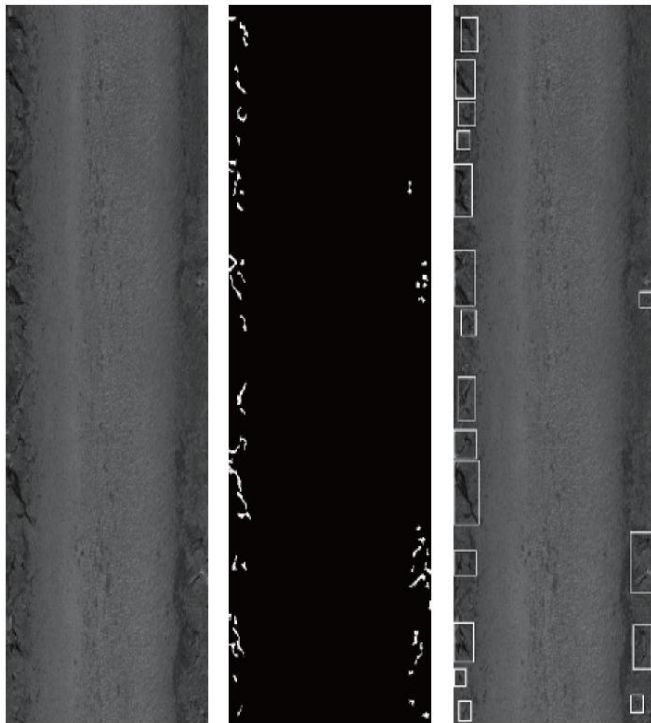
(a)



(b)



(c)



(d)

圖 1-1 小鋼胚表面缺陷檢測結果[4]: (a) 小鋼胚熱胚狀態; (b) 藍光 LED ; (c)線性相機 ; (d) 作者[4]所提出之缺陷位置偵測結果。

雖然在小波轉換域上增強缺陷特徵在實驗中證明是有效的，但由於取像設備的差異，如圖 1-1 (a)所示在熱胚狀態下以(b)550nm 藍光 LED 為光源使得我們的待測影像有較高的雜訊，因此若要在小波轉換遇上增強缺陷特徵，必須先解決雜訊過高的問題。

缺陷被偵測出來後，下一步驟為特徵抽取與篩選，而無論是缺陷的幾何特性[5]如長寬、位置、面積等；或是缺陷的影像特徵如亮度、變異值（Variance）及值方圖(Histogram)，目的皆是以這些特徵來有效地描述缺陷。Vilar 在[6]中使用主成份分析法（Principle Component Analysis, PCA）[7]篩選特徵以實現雷射焊接的缺陷偵測。其中 PCA 主要目的在於依序找出資料群當中的有鑑別力的主要維度，再去除掉其中較無鑑別度的軸向，藉以達到特徵空間降維。蘇所提出的方法 [8]，分別利用線型缺陷特徵及區域型缺陷特徵偵測缺陷；由於現場光源不平均及鋼胚表面不平整，該系統先對影像作前處理，將鋼胚表面亮度正規化，再以線型及面型濾波器偵測鋼胚表面，然此前處理不僅費時，其正規化有可能破壞缺陷特徵而影響偵測效率；此外，所使用的分類特徵(如缺陷長寬比等幾何特徵)易受取像設備變化影響，降低缺陷偵測正確率。最後 Wen-Cheng Hsu 在[10]中所提出的亮度調整方法對影像作亮度正規化處理。



## 第二章 相關技術探討

### 2. 1 Hough Transform 霍夫轉換

在圖像中檢測直線的問題，就是找到構成直線的所有的像素點。找到符合  $y=mx+c$  的所有  $(x, y)$  的點。進行坐標系變化  $y=mx+c$ ，變成  $c=-xm+b$ 。直線上的點  $(x_1, y_1)$ ，在轉換坐標系後為一條直線，如圖 2-1。

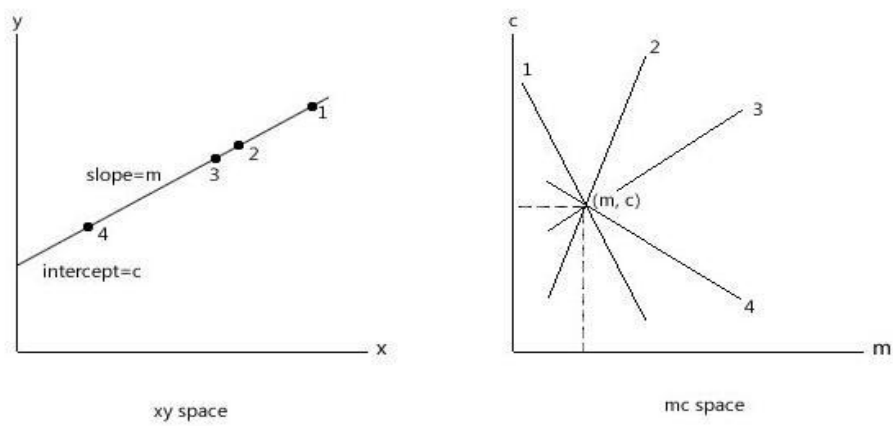


圖 2-1

直線上每一個點在 MC 坐標系中都表現為直線，且這些直線都相交於一個點， $(m, c)$ 。對於圖像中的每一個點。找到直線的交點，就對應著找到圖像中的直線。

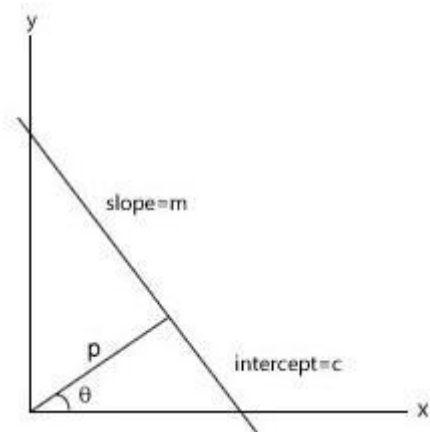


圖 2-2

在將  $\theta$  角在  $-90$  度到  $90$  度的範圍裡，劃分為很多區間，對所有的像素點  $(x, y)$  在所有  $\theta$  角的時候，求出  $\rho$ 。從而累加  $\rho$  值出現的次數。高於某個閾值的  $\rho$  就是一個直線，如圖 2-2。



## 2. 2 ROI ( Region of Interest )

ROI，全名的意思是指感興趣的區域(Region Of Interesting)，利用 X 座標、Y 座標、寬度大小及高度大小來對影像做分割，並擷取出所感興趣的部分。如圖 2-3 利用 ROI 技術在圖 image 中擷取出所需要的部分 subimage。

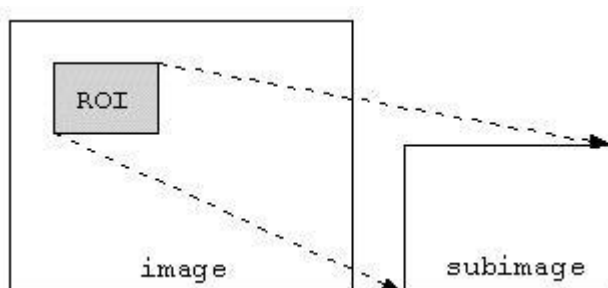


圖 2-3

## 2. 3 值方圖均化

亮度調整是灰度變換的一個重要應用，它高效且易於實現，廣泛應用於圖像增強處理中。圖像的像素灰度變化是隨機的，值方圖的圖形高低不齊，值方圖均衡化就是用一定的算法使值方圖大致平和。

均衡化處理後的圖像只能是近似均勻分布。均衡化圖像的動態範圍擴大了，但其本質是擴大了量化間隔，而量化級別反而減少了，因此，原來灰度不同的像素經處理後可能變的相同，形成了一片的相同灰度的區域，各區域之間有明顯的邊界，從而出現了偽輪廓。

如果原始圖像對比度本來就很高，如果再均衡化則灰度調和，對比度降低。在泛白緩和的圖像中，均衡化會合並一些像素灰度，從而增大對比度。均衡化後的圖片如果再對其均衡化，則圖像不會有任何變化。

灰度值方圖均衡化的算法，簡單地說，就是把值方圖的每個灰度級進行歸一化處理，求每種灰度的累積分布，得到一個映射的灰度映射表，然後根據相應的灰度值來修正原圖中的每個像素。

如下圖所示：

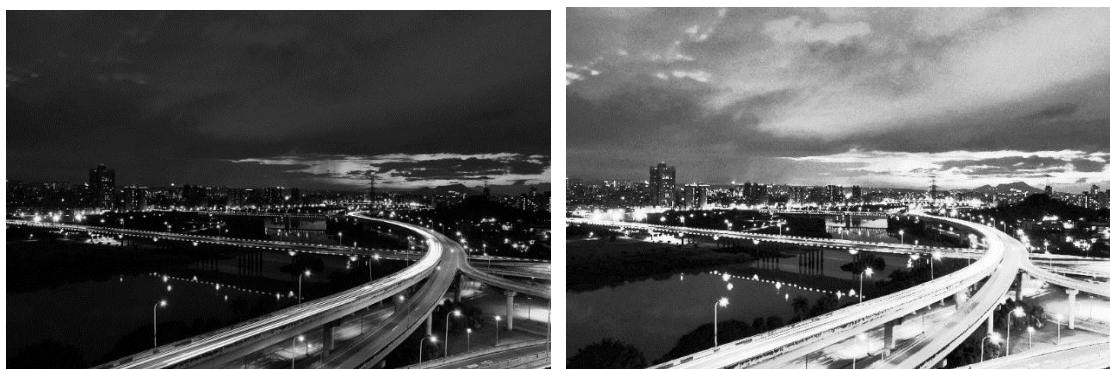


圖 2-4

本論文參考此方法衍生出新的亮度調整方法。

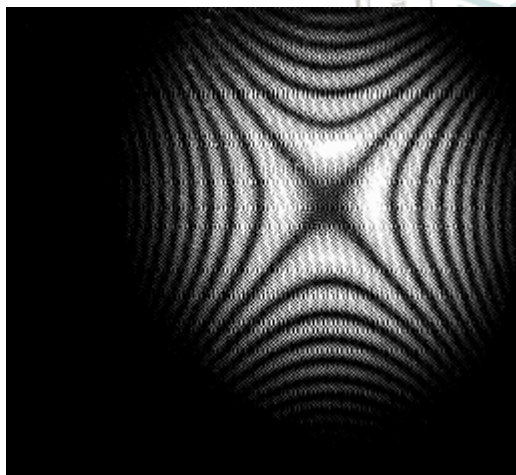


## 2. 4 二值化

二值化又稱為灰度分割 (Threshold)，一般影像的灰度分割成只有兩種灰度值，亦即設定一個灰度值，凡是影像本身灰度大於它的便令其為亮點而灰度值低於設定值的，便令其為暗點，如此可得到一個二元的影像，凡是需要作文字識別或條紋辨認的影像，皆可利用此方式，先將一個複雜的圖面簡單化，分割法切割影像常用以偵測平滑表面工件的瑕疵、鋼板表面瑕疵之機器視覺系統和印刷電路板的測量等。

大部分的二值化影像是以一個特定的閾值將不同的物體加以分割，在實際應用上欲就一影像找出其特定的閾值之大小的方法有很多。如果二元影像之灰階統計圖具有雙峰特性，那就可以利用機率統計的原理來找出最佳的閾值以分割二元影像中兩個群集的像素，以達到自動閾值擷取之目的。

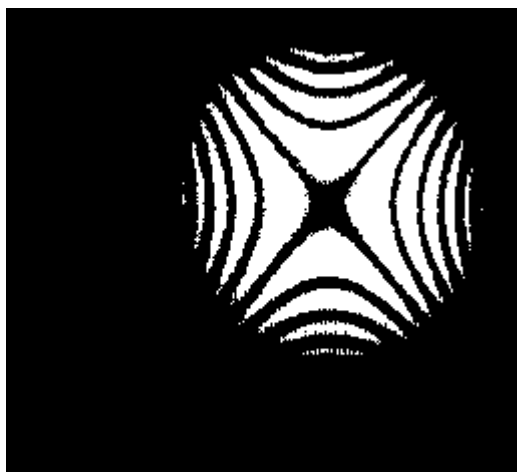
如下圖：



(a)



(b)



(c)

圖 2-5 (a)為原始影像，(b)(c)為不同閾值之二值化圖片。

## 2. 5 膨脹(Dilation)

膨脹亦稱為擴張、融合，侵蝕的相反，對於邊界偵測後結果作增強對於  $Z^2$  中的集合 A 和 B，A 藉由 B 的膨脹記為  $\oplus$  B，定義為：

$$A \oplus B = \{z | (\hat{B})_z \cap A \neq \emptyset\}$$

A 為輸入影像，B 為結構元素，當輸入像素及其周圍像素相對於結構元素為 1 的像素值有一個以上為 255 時，則將輸入像素的值設為 255。運算結果會使影像看起來擴大，所以此運算稱為膨脹運算，膨脹的應用是用來做隙縫的填滿。

如圖 2-6：

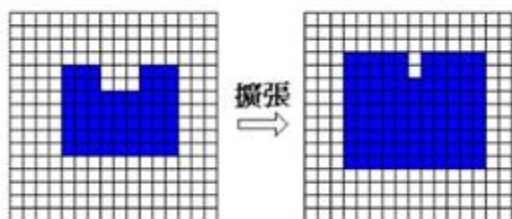


圖 2 - 6 擴張示意圖

本論文參考膨脹技術衍生出新的方法。

### 第三章、研究方法

再 3. 1 節中運用 2. 1 節的霍夫轉換(Hough Transform)及 2. 2 節中的 ROI (Region of Interest)技術取出感興趣的部分在運用亮度調整使來自不同角度之鋼胚影像亮度一致，3. 2 節中提出利用灰度劃分、特徵強化及遮罩，來決定最後的鋼胚圖是否為缺陷影像。

#### 3. 1 影像一致化

為了增加影像檢測的速度及正確率，這邊會先對所有影像做角度一致性的調整，在運用 ROI(Region of Interest)定義出我們所需要的部分，最後再將來自不同角度之鋼胚影像做亮度一致化，詳細如下：

##### 3. 1 .1 霍夫轉換(Hough Transform)

因小鋼胚在鑄造過程中會有跳動之情形，導致每張拍攝之小鋼胚影像會有角度不一致的情況，為了使每張小鋼胚影像角度一致，這邊先對小鋼胚影像做 Sobel 邊緣偵測，由觀察發現我們所需要的鋼胚邊緣只存在上下部分，因此這邊只運用一維一階導數來增強水平方向的高頻空間訊號，由高頻訊號來偵測小鋼胚的邊緣或線條特徵。

假設一維的一階導數為： $G_x$

若上下的值不同， $G_x$  輸出結果就不會是零，再將每一點的  $G_x$  計算結果累加起來存於另一張影像上，如下圖所示：

-1	-2	-1
0	0	0
+1	+2	+1

(GX)

圖 3 - 1 (GX)為利用高頻來偵測小鋼胚的邊緣。

再利用 Sobel 偵測到的邊緣，在霍夫轉換中取得該線段的座標點及斜率，校正其角度偏差之鋼胚影像，如圖 3 - 2。

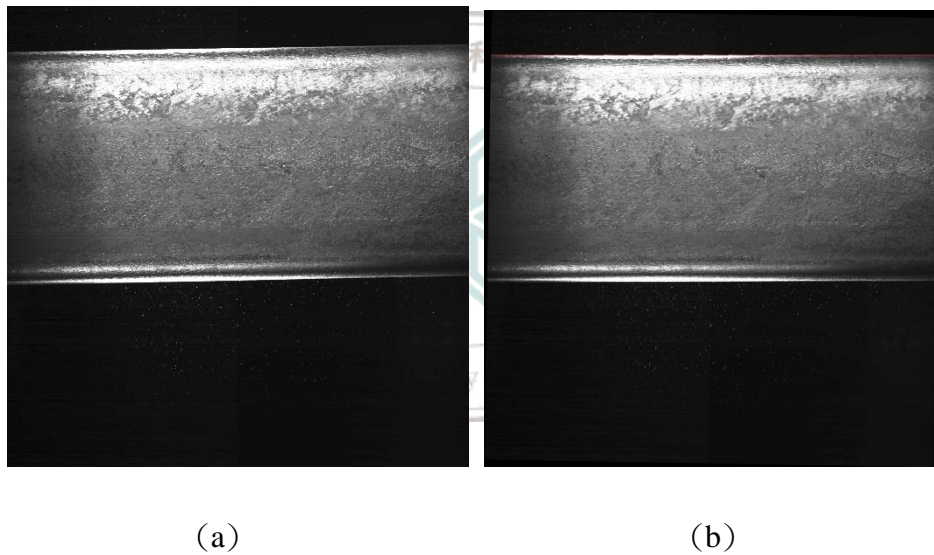


圖 3 - 2 (a)為原始圖片，(b)為經由霍夫轉換後之鋼胚影像。

### 3. 1 .2 ROI ( Regionof Interest )

由 3. 1 .1 得到之鋼胚影像中發現其兩側及上下部分為亮度不足及不為鋼胚之範圍，這些部分除了會降低鋼胚影像的檢測速率外還會降低鋼胚檢測之正確率，所以這邊運用 ROI 圖片分割技術取出我們所需要之部分。ROI ，全名的意思是指感興趣的區域(Region Of Interesting)，利用 X 座標、Y 座標、寬度大小及高度大小來對影像做分割，並擷取出所感興趣的部分。如下圖 3-3 利用 ROI 技術在圖 image 中擷取出所需要的部分 subimage。

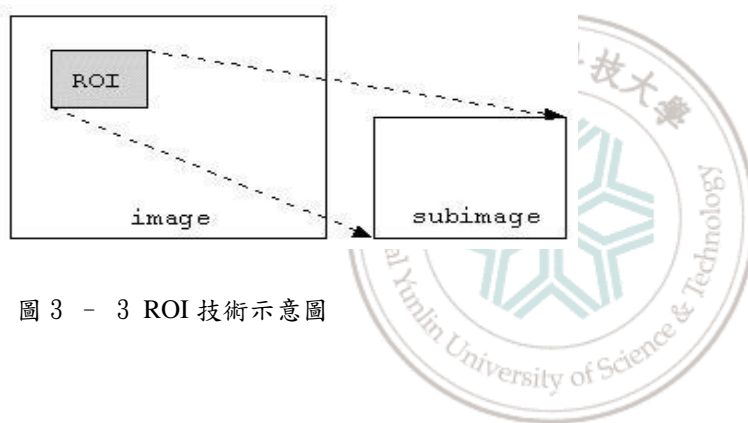


圖 3 - 3 ROI 技術示意圖

將 ROI 技術運用在小鋼胚影像上。從做完霍夫轉換後的小鋼胚影像上發現，其兩側及上下部分為亮度不足及不為小鋼胚之範圍，如圖 3-4(a)，所以這邊運用 ROI 圖片分割技術取出我們所需要之部分。

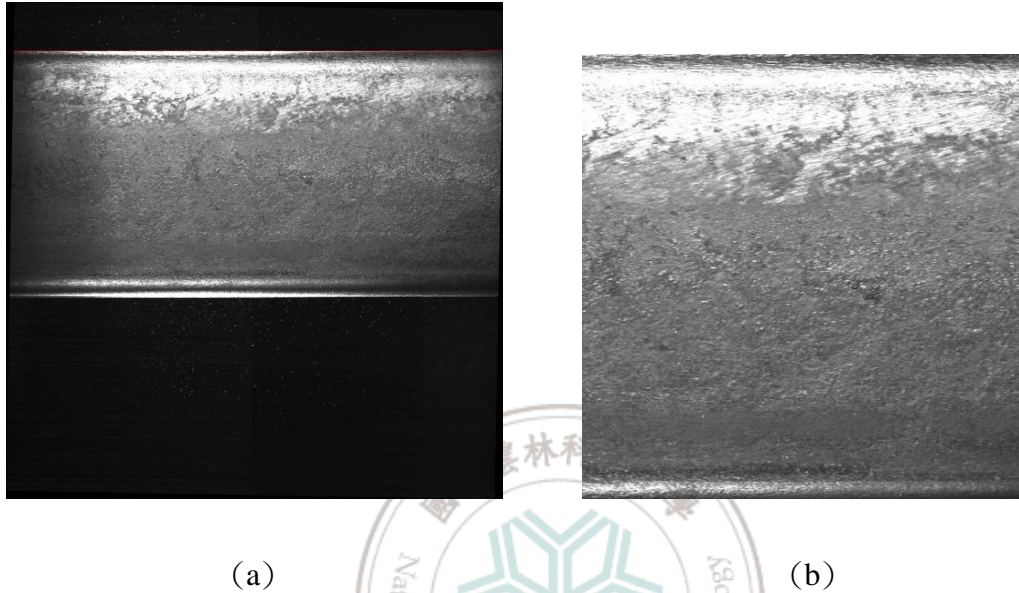


圖 3 - 4 (a)為經過 3. 1. 1 校正之鋼胚影像，(b)為經 ROI 處理過後之鋼胚影像。

### 3. 1 .3 亮度調整

因為各部攝影機的特性不同，因此在小鋼胚取像方面所呈現的樣貌也不盡相同，偵測方法也需要隨之調整，如圖 3-5，攝影機 A、B、C、D 屬於面部攝影機，而 R1、R2、R3 屬於角部攝影機。

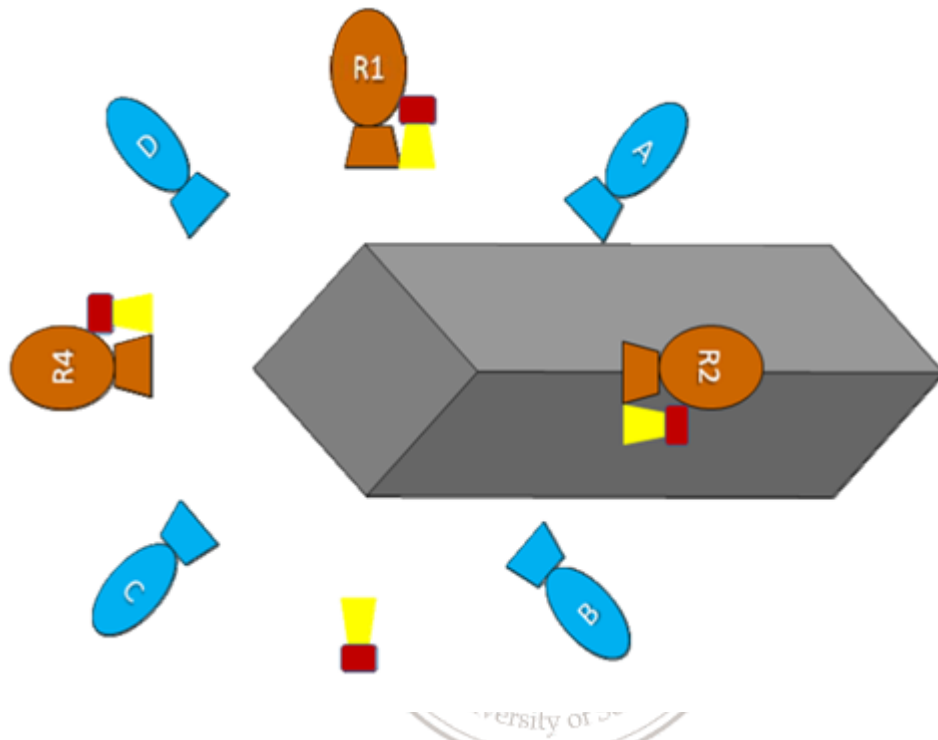
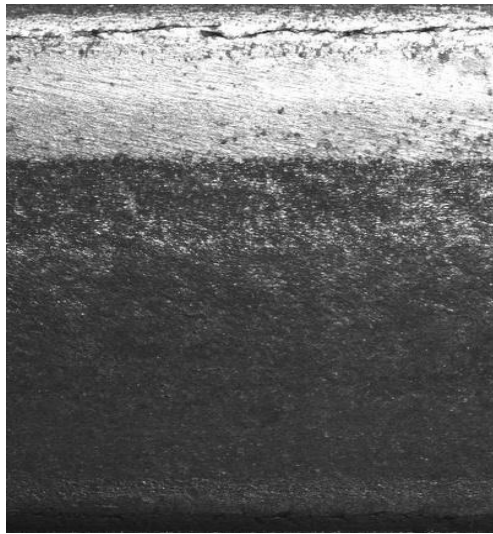


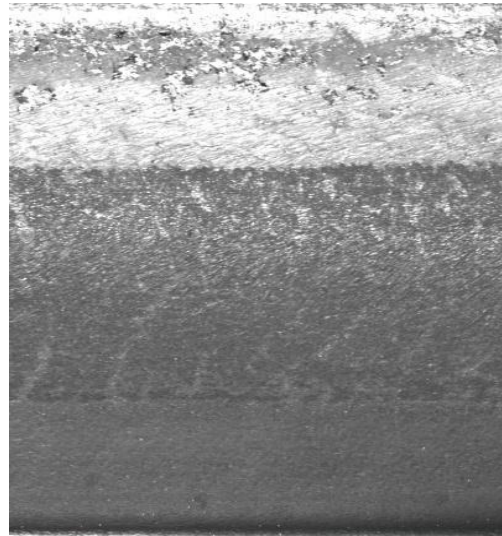
圖 3 - 5 各部攝影機來自小鋼胚的各個方向，因此影像受光程度也不盡相同。



因為取自不同方向之攝影角度，所以亮度明顯皆不一致，如圖 3-6:



(a)



(b)

圖 3 - 6 (a)影像亮度值明顯偏低 (b)影像亮度值較高。

由觀察中可以發現，取自於不同攝影角度之小鋼胚影像的亮度分佈是依據水平方向，如圖 3-7 。



(a)



(b)



(c)

圖 3 - 7 (a)(b)(c) 可以發現在亮度分佈上是依據水平方向。



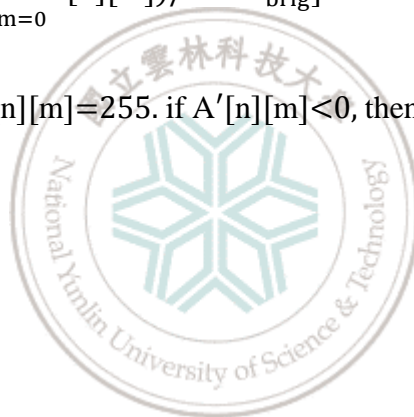
由此觀察，本論文提出一個亮度調整的方法，首先計算各別水平線的平均亮度，再將平均亮度減去我們所設定之閾值 $x_{brig}$ 得到一個 a 值，這邊減去 $x_{brig}$ 是為了將每張影像的平均亮度拉近 $x_{brig}$ ，經測試平均亮度接近 $x_{brig}$ 時缺陷最清楚，此時再將該水平方向上每個 pixel 值減去 a 得到新的亮度值。

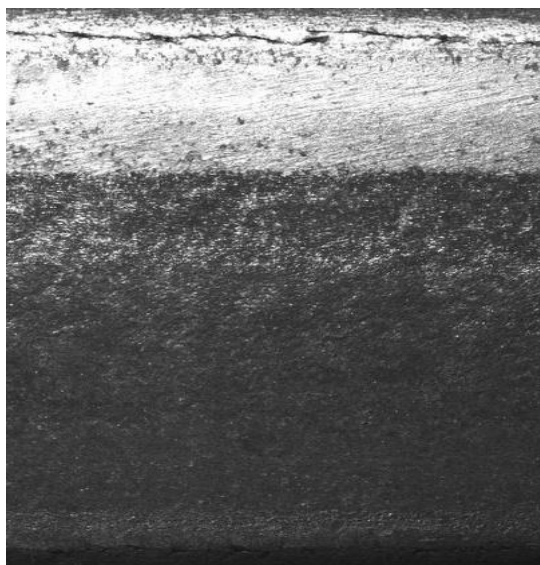
如公式一，假設影像 A 為 N\*M 大小之影像。

$$n=0 \dots N-1, m=0 \dots M-1$$

$$A'[n][m] = A[n][m] - \left[ \left( \sum_{m=0}^{M-1} A[n][m] \right) / M - x_{brig} \right]$$

if  $A'[n][m] > 255$ , then  $A'[n][m] = 255$ . if  $A'[n][m] < 0$ , then  $A'[n][m] = 0$ . (公式一)

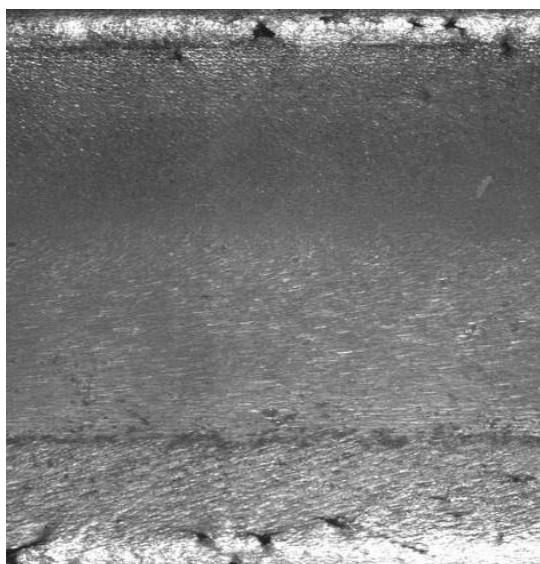




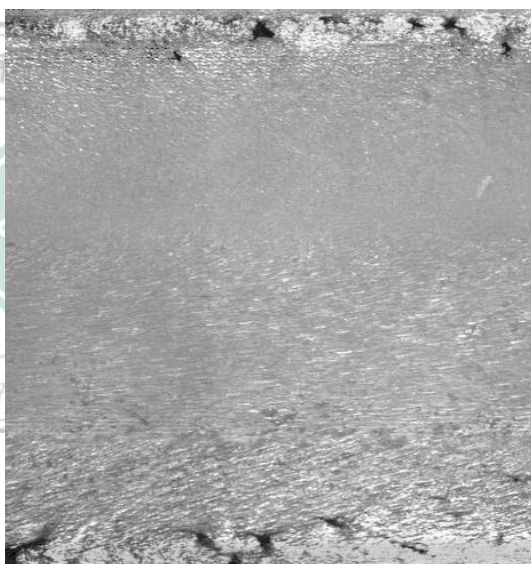
(a)



(b)



(c)



(d)

圖 3 - 8 (a)(c)為原始影像，(b)(d)為經本論文所提出之亮度調整影像。

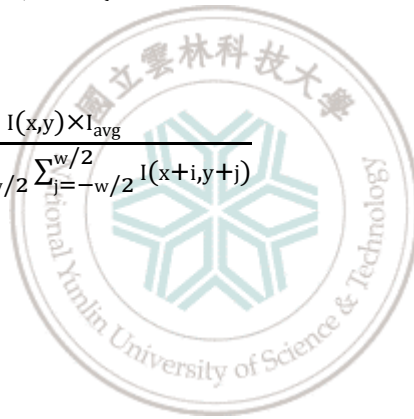
本論文與作者[10]Wen-Cheng Hsu 在小鋼胚缺陷偵測與分析系統的論文中所提出的亮度調整方法做比較，方法如下：

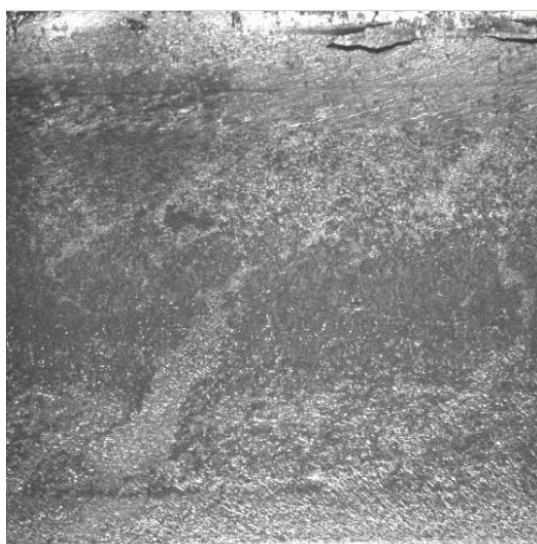
假設前景影像大小為  $W \times H$ ，令  $I(x, y)$  為  $(x, y)$  點之亮度， $I_{avg}$  為影像上平均亮度，如下公式：

$$I_{avg} = \frac{1}{W \times H} \sum_i^W \sum_j^H I(i, j)$$

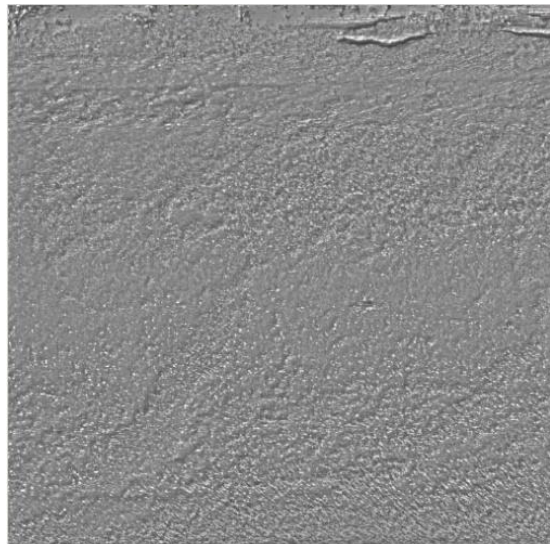
以每一點  $(x, y)$  為中心，我們定義一個大小為  $w \times w$  的視窗，則正規化後的每一點  $(x, y)$  之亮度  $I_{Normalize}$  如下公式：

$$I_{Normalize}(x, y) = \frac{I(x, y) \times I_{avg}}{\frac{1}{w \times w} \sum_{i=-w/2}^{w/2} \sum_{j=-w/2}^{w/2} I(x+i, y+j)}$$

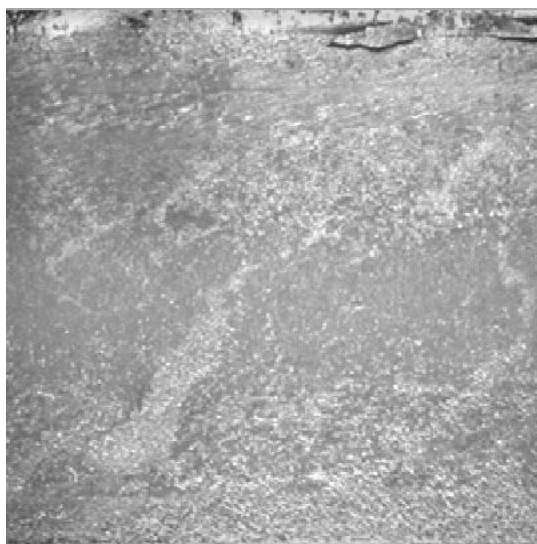




(a)



(b)



(c)

圖 3 - 9 (a)為原始影像，(b)為作者[10]Wen-Cheng Hsu 經亮度調整後之影像，(c)為本論文之方法。

由圖 3-9 中觀察，本論文的亮度調整方法較作者[10]的方法效果要好。

### 3. 2 組成缺陷影像特徵

將一個複雜的影像簡單化，使得缺陷更明顯，再依據缺陷分布密度加以強化特徵，使缺陷在鋼胚影像上更容易被擷取。

#### 3. 2. 1 影像灰度劃分

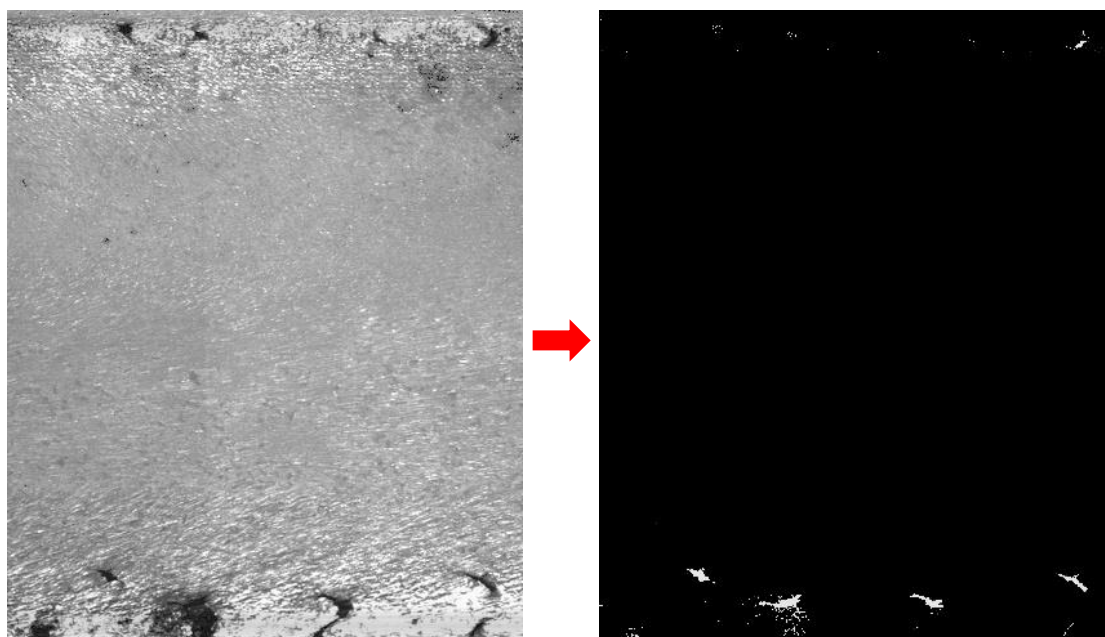
從觀察發現鋼胚影像中，缺陷部分之 pixel 值較周圍 pixel 值亮度較低，因此將鋼胚影像做灰度劃分，將鋼胚圖分成只有兩種灰度值，亦即設定一個灰度閾值，凡是影像本身灰度低於所設定的灰度閾值 $y_{gray}$ 便令其為亮點而灰度值高於所設定的灰階閾值 $y_{gray} - 1$ 便令其為暗點，如此可得到一個二元的影像，將一個複雜的鋼胚圖簡單化。

設 A 為 N\*M 大小的影像，公式二如下：

$$n=0 \dots N-1, m=0 \dots M-1$$

$$\begin{cases} A[n][m] = 255, & 0 \leq A[n][m] \leq y_{gray} \\ A[n][m] = 0, & y_{gray} - 1 \leq A[n][m] \leq 255 \end{cases} \quad (\text{公式二})$$





(a)

(b)

圖 3 - 10 將小鋼胚影像做灰度劃分後，大致可以看出缺陷在小鋼胚影像上的分佈，(a)為亮度調整後之鋼胚影像 (b)為經灰階劃分後之鋼胚影像。

另外鋼胚圖屬於灰階圖，因為灰階圖做成之灰階統計圖具有雙峰特性如(圖 3 - 11)，因此利用機率統計的原理來找出最佳的閾值以分割二元影像中兩個群集的像素，以達到自動閾值擷取之目的。

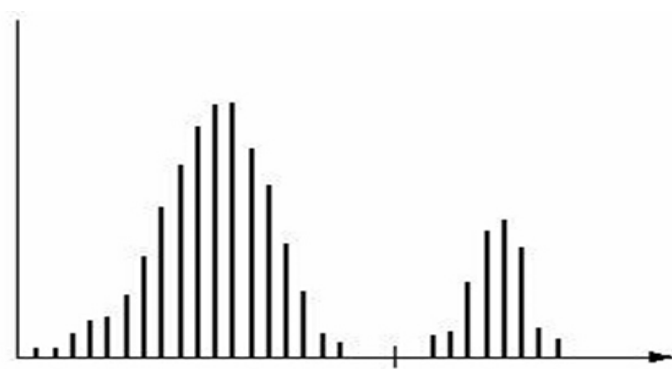


圖 3 - 11 雙峰灰階圖



(a)



(b)



(c)



(d)

圖 3 - 12 圖(a)(c)經亮度調整後之鋼胚影像，圖(b)(d)為灰度劃分處理之鋼胚影像。

但從圖 3 - 12 (a)(c)發現圖片中除了缺陷以外，鐵鏽部分亮度也較暗，經灰度劃分處理後產生許多雜點如圖(b)(d)，這些雜點會產生缺陷特徵上的誤判，造成檢測正確率降低。

### 3. 2. 2 影像缺陷特徵強化

觀察發現缺陷較不明顯的部分可能會與誤判為鐵鏽，或將含有鐵鏽的正常鋼胚誤認為是含有缺陷之鋼胚，如圖 3 - 12(b)(d)，為了避免此種情況，我們強化缺陷特徵及消除鐵鏽所造成之誤判。觀察發現影像中缺陷部分 pixel 值分佈較為密集，而若為鐵鏽部分則 pixel 值分佈較為鬆散，首先先對經灰度劃分後的鋼胚影像分割成數個小範圍，如下圖 3 - 13：

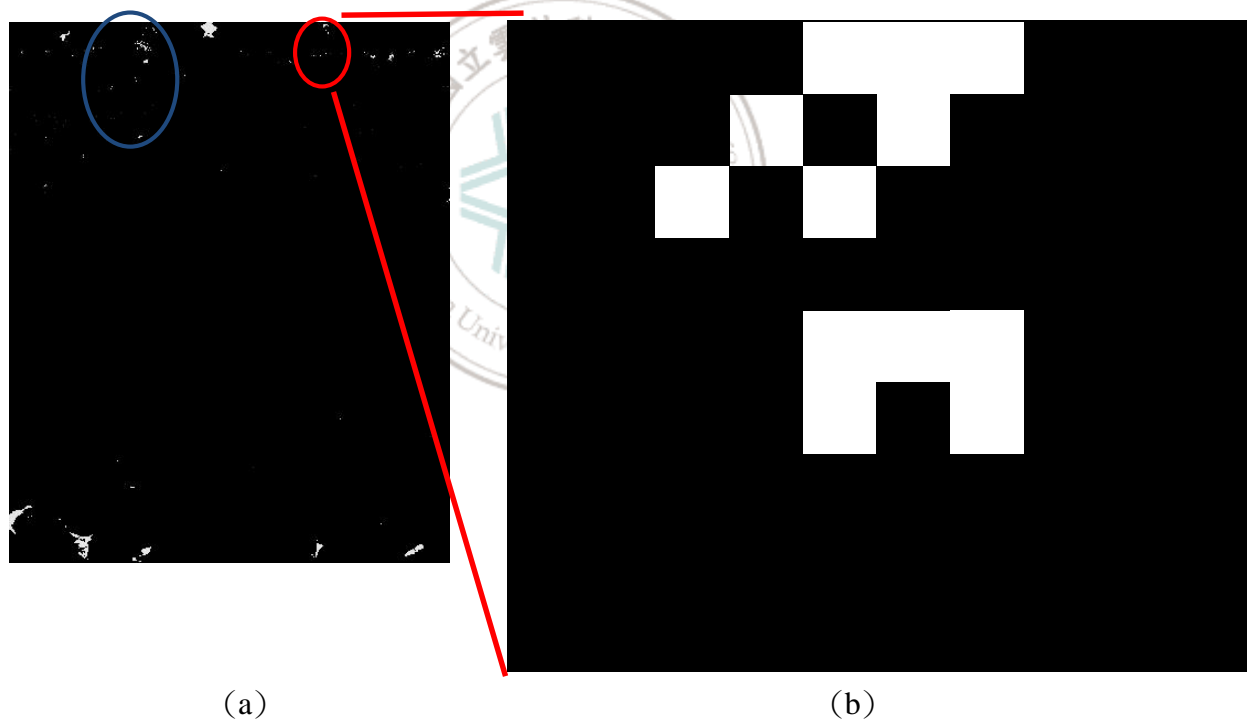


圖 3 - 13 (a)為經過灰度劃分後之小鋼胚影像，(b)為(a)中其中一塊區域之放大圖。紅色圈部分為缺陷特徵分佈密度較高的區域，藍色圈為缺陷特徵分佈較鬆散的區域，經處理後可能會被去除。



並在設定的範圍，內對每一個判定為可能是缺陷部分的 pixel 值分別以其八個方向分別探索兩次，並設定一套閾值，若在自訂的範圍內判定可能為缺陷的 pixel 數量超過我們所設定的閾值數量，則對此範圍內含有缺陷特徵的 pixel 做強化，若 pixel 數量未超過我們所設定的閾值，則將此範圍內的 pixel 值皆設為 0，如下圖 3-14-1~3 方式探索：

Step 1：將找到的特徵點標記上紅點，依照其八個方向做第一次探索，先將探索到之缺陷特徵點標記紅點，在另外標記已探索過之 pixel 點，以避免重複探索。

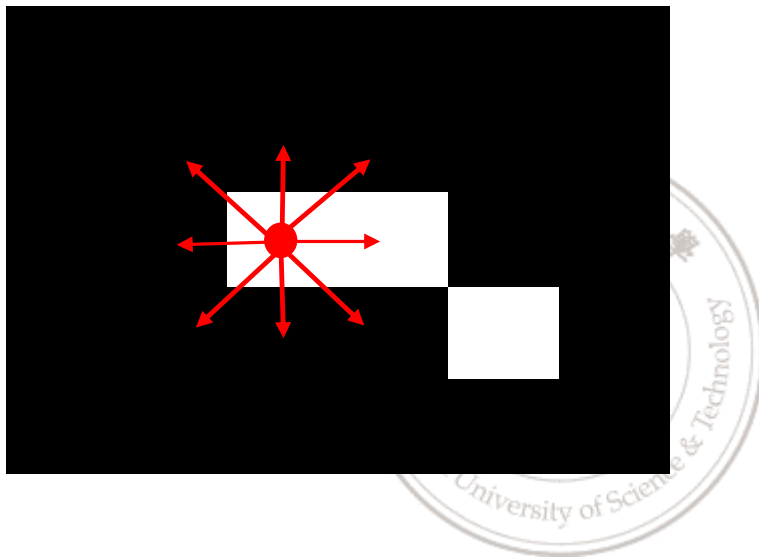


圖 3-14-1 步驟 1

Step 2：將找到之缺陷特徵點朝另八個方向做第二次探索。

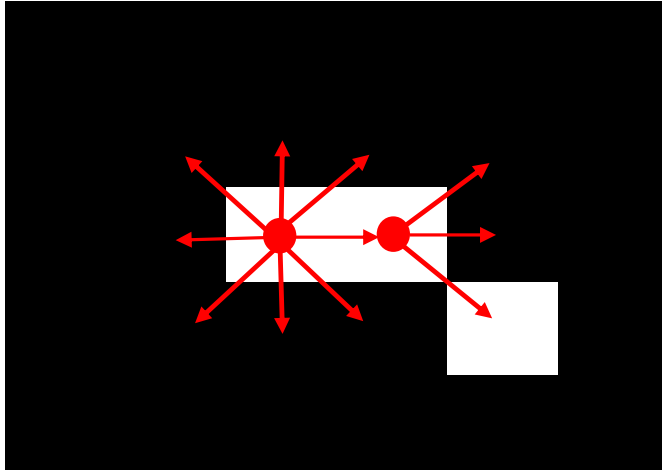


圖 3-14-2 步驟 2

Step 3：為了區隔缺陷特徵與鐵鏽所帶來的雜點，依照特徵點密度，在第二次探索後，停止。

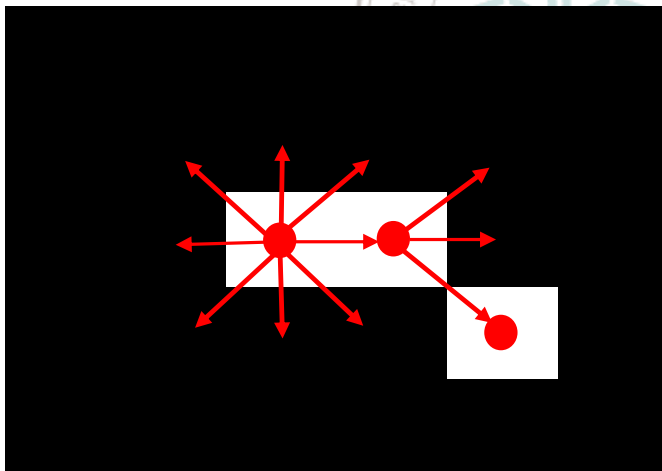
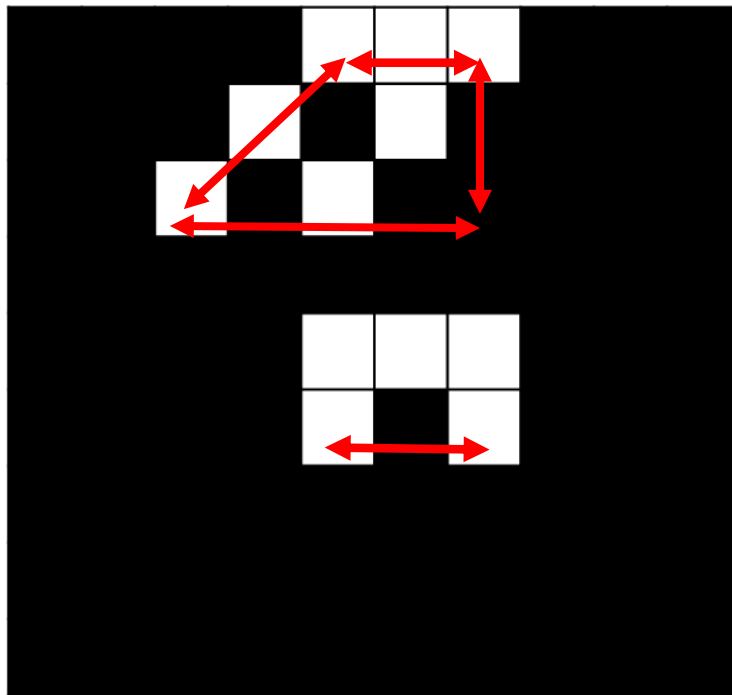


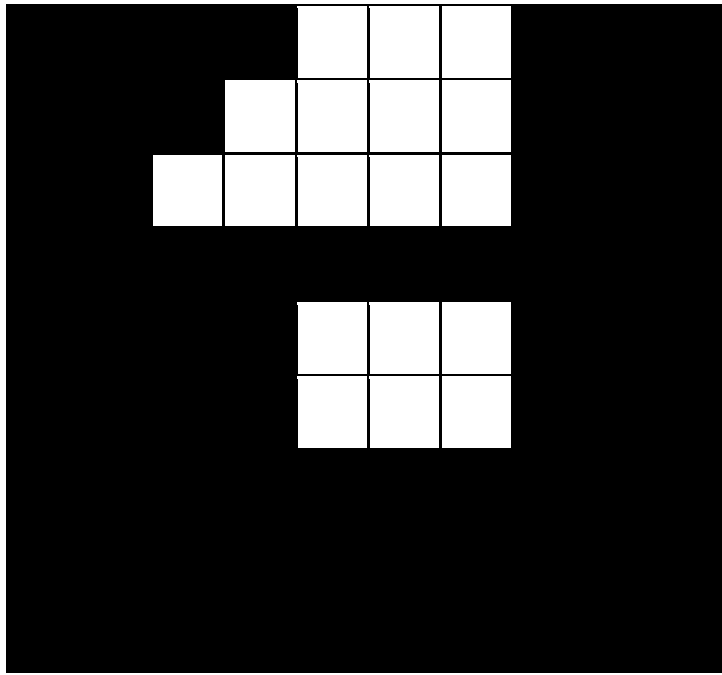
圖 3-14-3 步驟 3

接下來，為了濾除掉鐵鏽所帶來的誤判，我們會使用 4\*3 的遮罩將缺陷影像中鐵鏽的部分濾除掉，但很有可能濾除掉缺陷特徵，為了使缺陷特徵更加明顯，並能保留完整的缺陷特徵，因此需要先將缺陷特徵做強化，觀察發現某些缺陷特徵較為不明顯(如圖 3 - 13)紅色圈起來的部分，為了避免此種缺陷特徵遭到濾除，首先我們先整合數個含有缺陷特徵之小範圍區塊後，將其每個區塊的特徵做強化，這邊是依據缺陷點分布的位置，及每個缺陷特徵上 pixel 值的相鄰關係，將缺陷特徵重新定義一套外框，依照每個被定義為缺陷之 pixel 值。

定義方式如下圖 3-14:

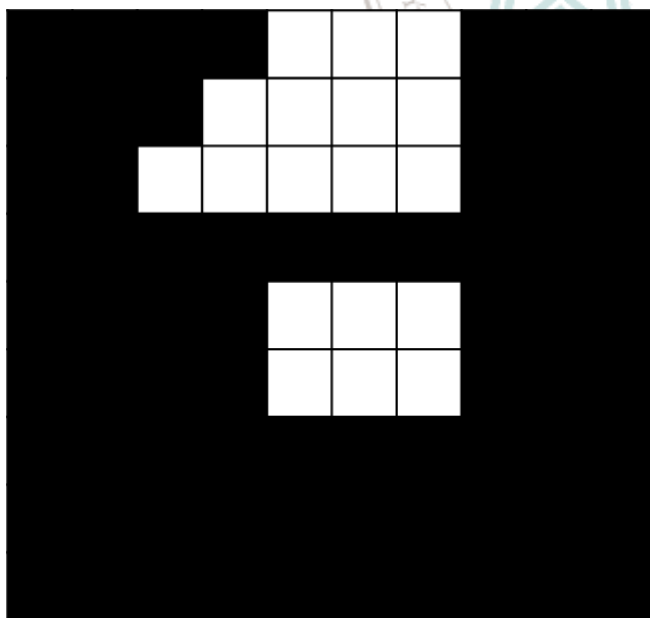


(a)

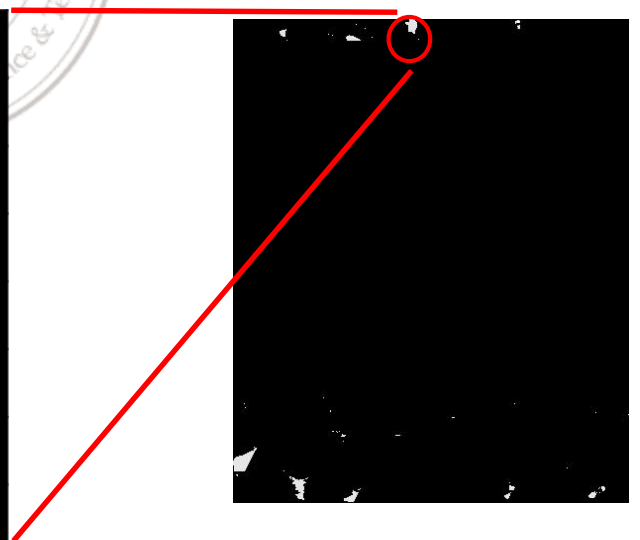


(b)

圖 3 - 15 (a)為圖 3-13 缺陷影像中其中一個區塊之缺陷，(b)為重建定義外框之缺陷特徵。



(a)



(b)

圖 3 - 16 (a)為重建定義外框之缺陷特徵，(b)為缺陷特徵強化後之影像，紅圈部分為此區域之放大圖。



(a)



(b)



(c)



(d)

圖 3 - 17 圖(a)(c)為經灰度化分處理後之鋼胚影像，圖(b)(d)為特徵強化後之鋼胚影像。

從圖 3-17(b)(d)中發現仍有許多雜訊，為了慮除掉雜訊，這邊設計一套  $4 \times 3$  的 mask，此遮罩是針對水平方向裂紋做設計，但若遇到垂直方向的缺陷，結果會較差。目前所知的缺陷種類中只有海綿裂紋的缺陷含有垂直方向，但因海綿裂紋的面積較大，缺陷特徵較明顯，經測試後所受到的影響不大。

首先，將  $4 \times 3$  的 mask，從 pixel  $A[n+1, m+1]$  開始，由水平方向做計算，跳過第 0 行由第 1 行開始做，做完再做第二行以此類推，假設影像 A 為  $N \times M$  大小之影像，如圖 3 - 18 。

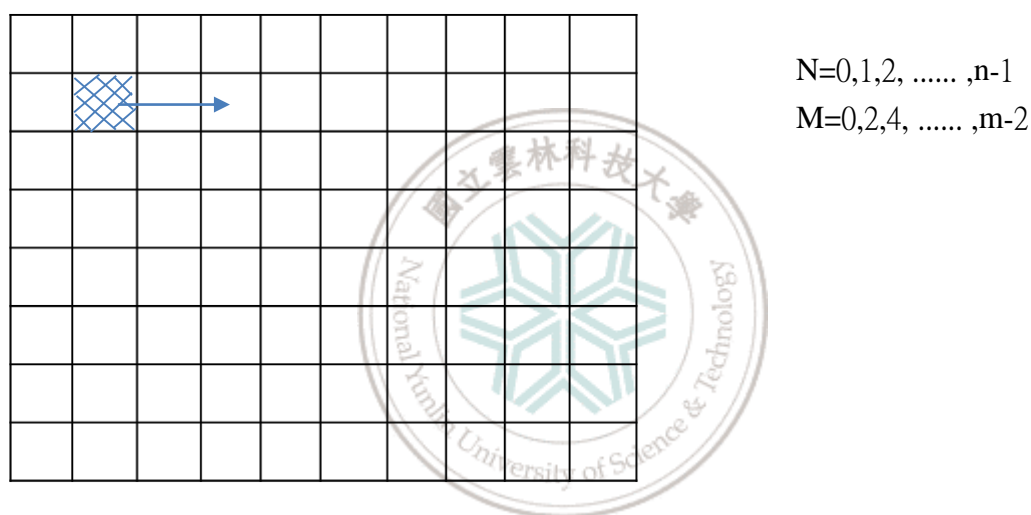


圖 3 - 18  $4 \times 3$  mask 示意圖

將每一個  $4 \times 3$  的 mask 做計算，依照由小到大  $a_1 \sim a_{12}$  依序排列，其中紅框部份  $a_2$ 、 $a_3$ 、 $a_6$ 、 $a_7$ 、 $a_{10}$ 、 $a_{11}$  重覆計算，得到  $\{a_1, a_{2_1}, a_{2_2}, a_{3_1}, a_{3_2}, a_4, a_5, a_{6_1}, a_{6_2}, a_{7_1}, a_{7_2}, a_8, a_9, a_{10_1}, a_{10_2}, a_{11_1}, a_{11_2}, a_{12}\}$ 。共 18 個值，如圖 3-19。

排列過後取中間兩值取代掉  $4 \times 3$  mask 中  $A[n+1, m+1]$  與  $A[n+1, m+2]$  的值。將經過特徵強化之鋼胚影像利用  $4 \times 3$  遮罩後所產生之結果如圖 3 - 20：

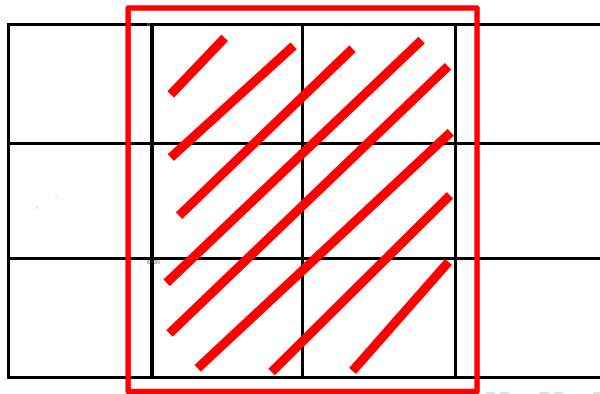
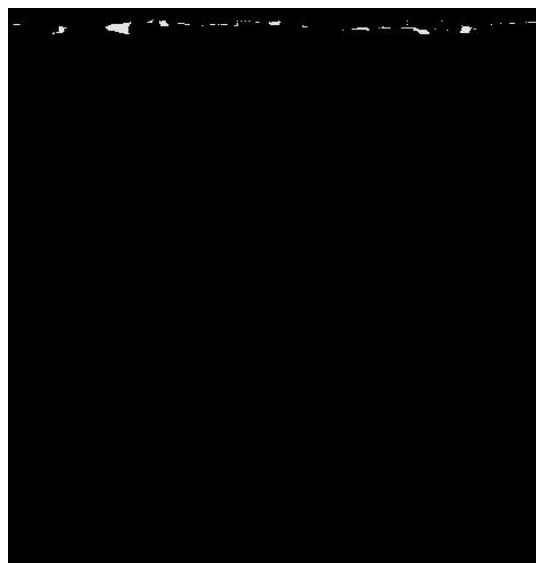


圖 3 - 19 為一個  $4 \times 3$  遮罩的示意圖，紅色框框為重複運算之區域。



(a)



(b)



(c)



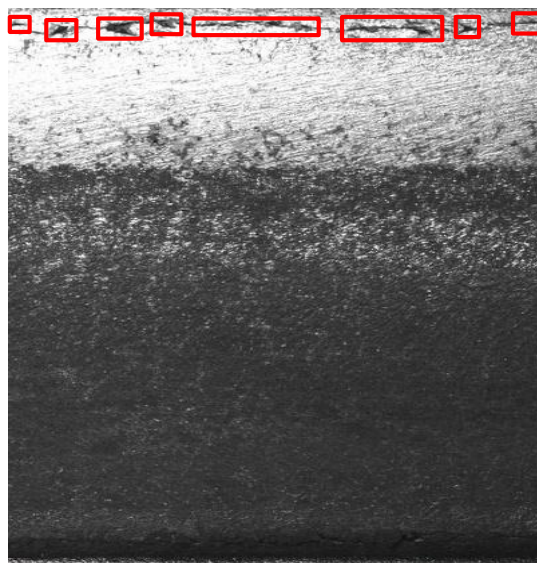
(d)

圖 3 - 20 (a)(c) 為特徵強化後之鋼胚影像，(b)(d)為利用 4\*3 遮罩處理後之鋼胚影像。





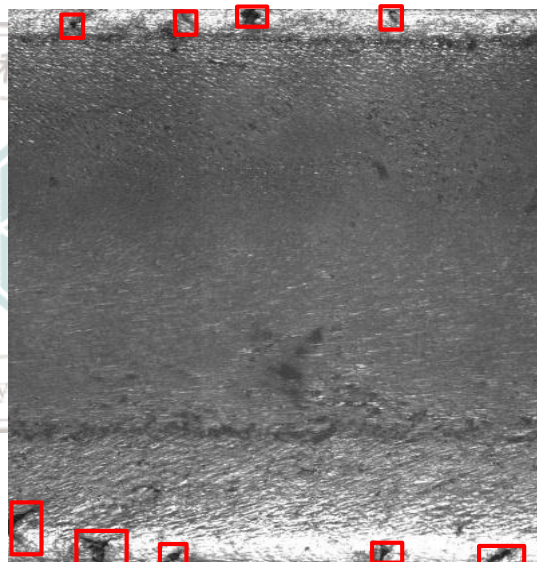
(a)



(b)



(c)

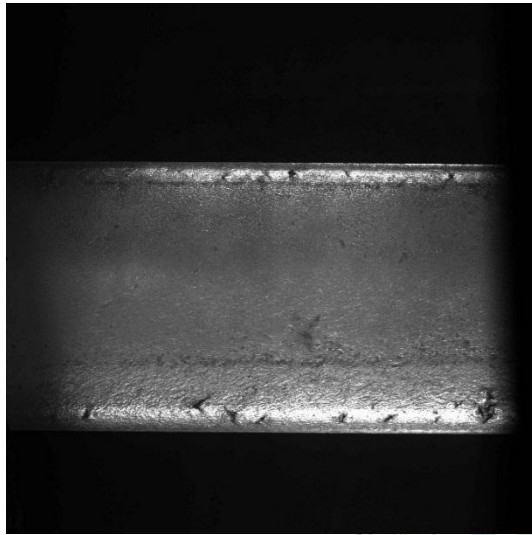


(d)

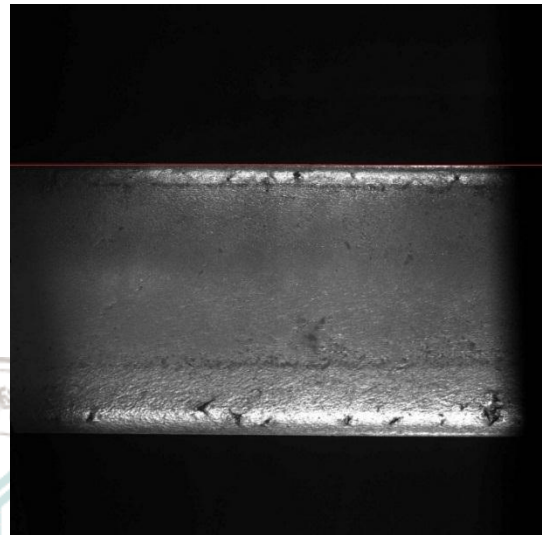
圖 3 - 21 圖(a)(c) 為利用 4\*3 遮罩處理後之鋼胚影像，圖(b)(d)為鋼胚原始影像，紅色框框為缺陷部分。

### 3. 3 步驟整合

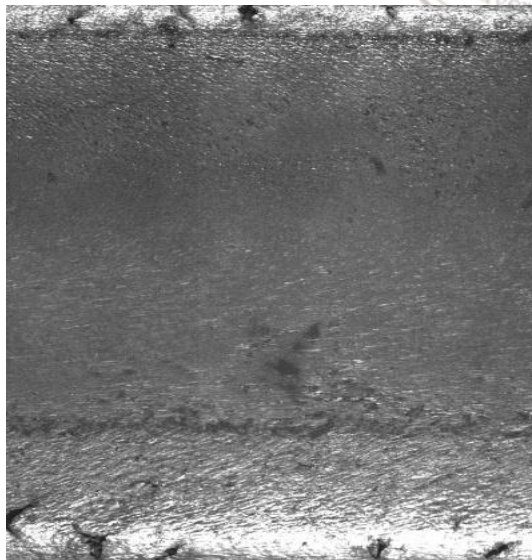
因本論文之小鋼胚缺陷檢測技術繁複且步驟多，為了讓讀者能夠快速整合方法，因此本節將本論文研究方法重新簡易做介紹。



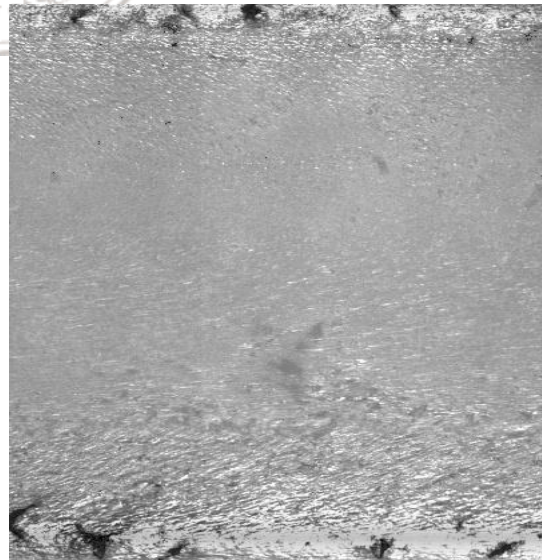
(a)



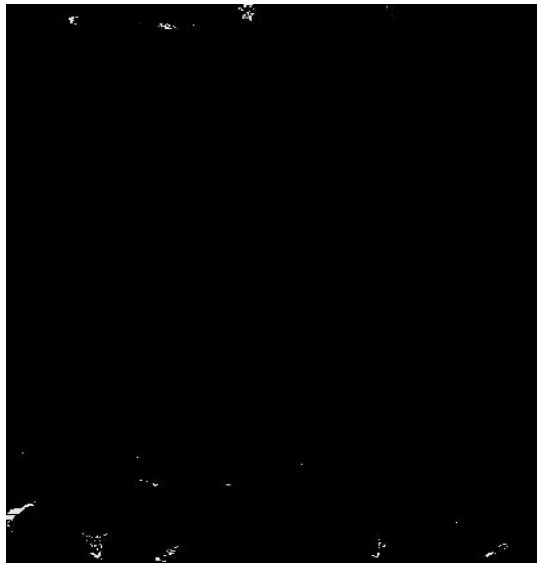
(b)



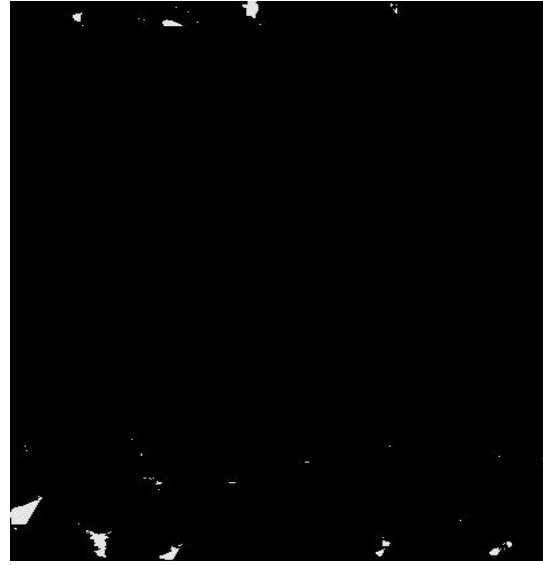
(c)



(d)



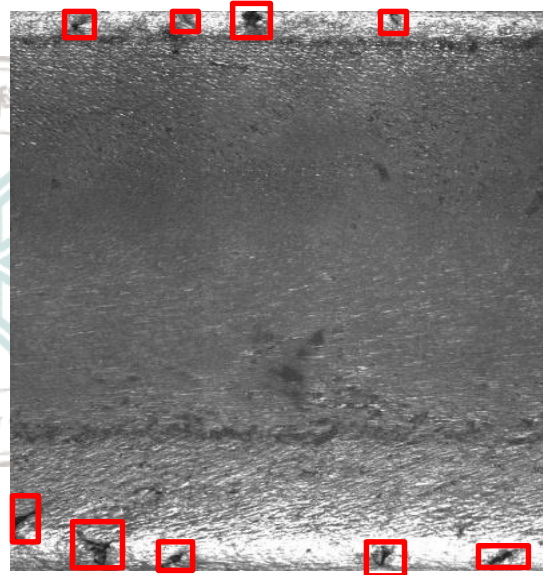
(e)



(f)



(g)



(h)

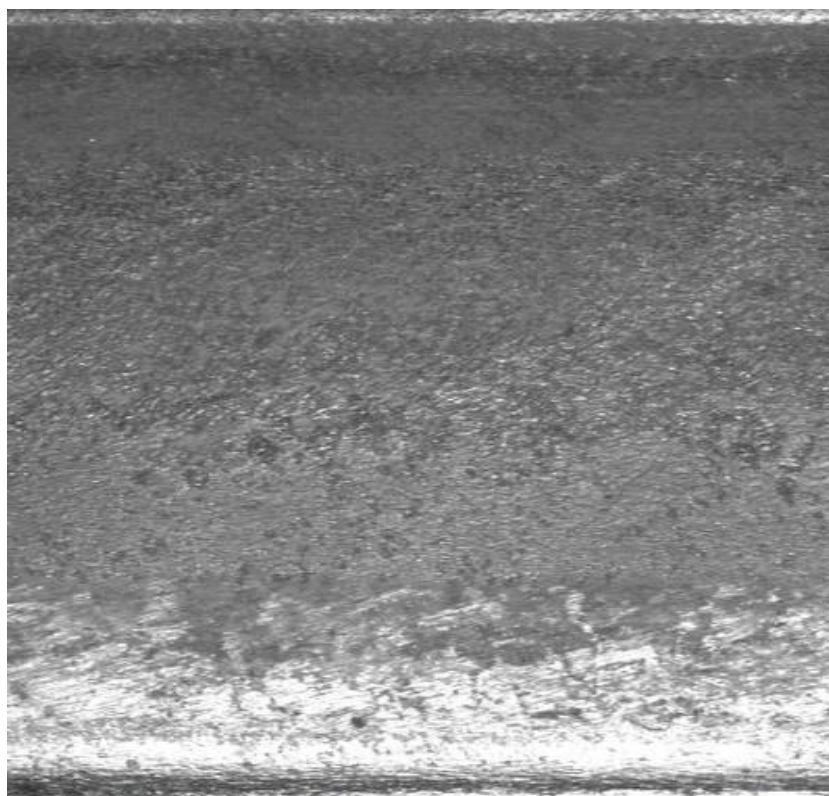
圖 3 - 22 (a)小鋼胚原始影像；(b)經過旋轉校正後之小鋼胚影像；(c)為經過 ROI 圖片分割後之影像，也取出了我們所需要的部份；(d)經由亮度調整過後之影像；(e)灰度劃分過後之影像；(f)缺陷特徵強化過後之影像；(g)利用 4\*3 遮罩去除剩餘的雜訊後剩下部份為缺陷；(h)紅色框框為此鋼胚影像之閾線位置。

## 第四章、研究結果與分析

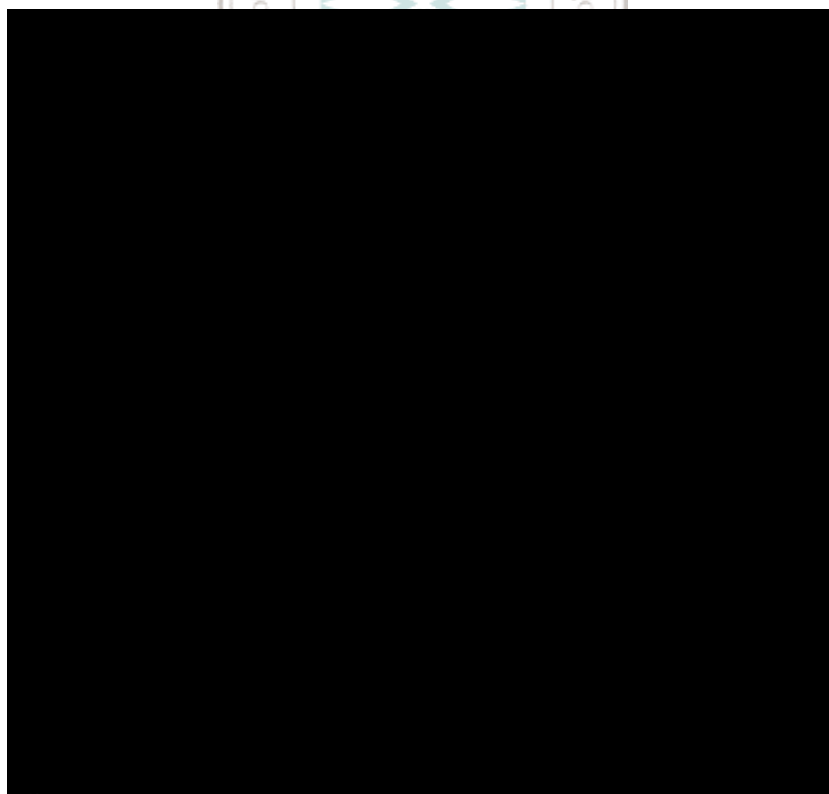
為了測試自動化的小鋼胚缺陷檢測是否能正確偵測缺陷，我們使用中國鋼鐵股份有限公司提供之鋼胚影像做測試，其中包含各種缺陷及無缺陷影像，目前無法被正確檢測的影像為缺陷較輕微的線縫缺陷，而能精準檢測出的缺陷包含轉角裂紋、海綿裂紋等嚴重缺陷，所提出的缺陷影像特徵能幫助決定該影像是否為缺陷影像。



#### 4.1 針對無缺陷的小鋼胚影像做檢測之結果

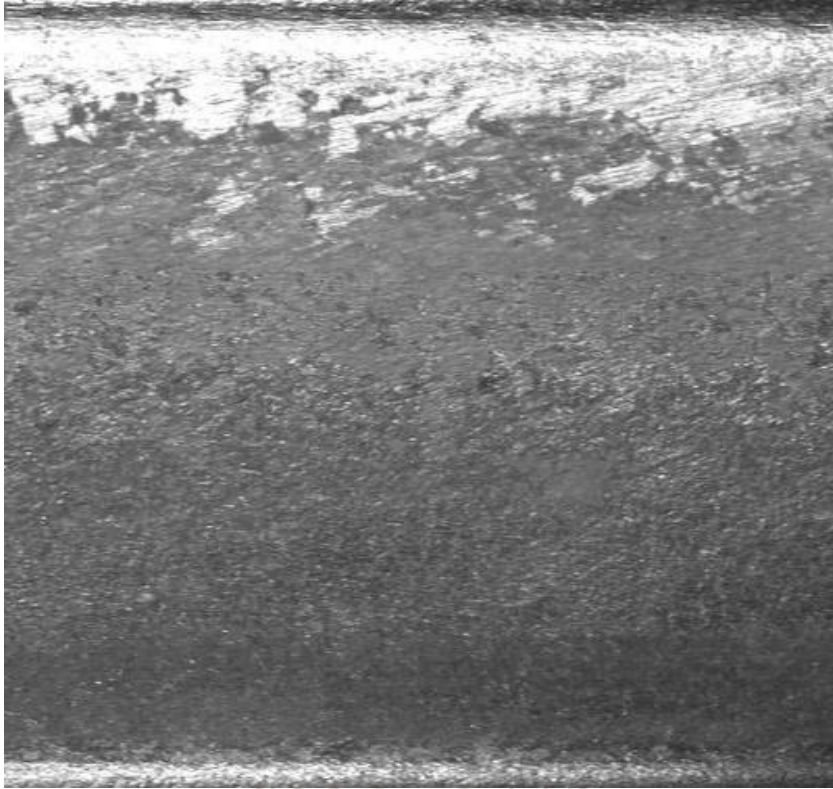


(a)

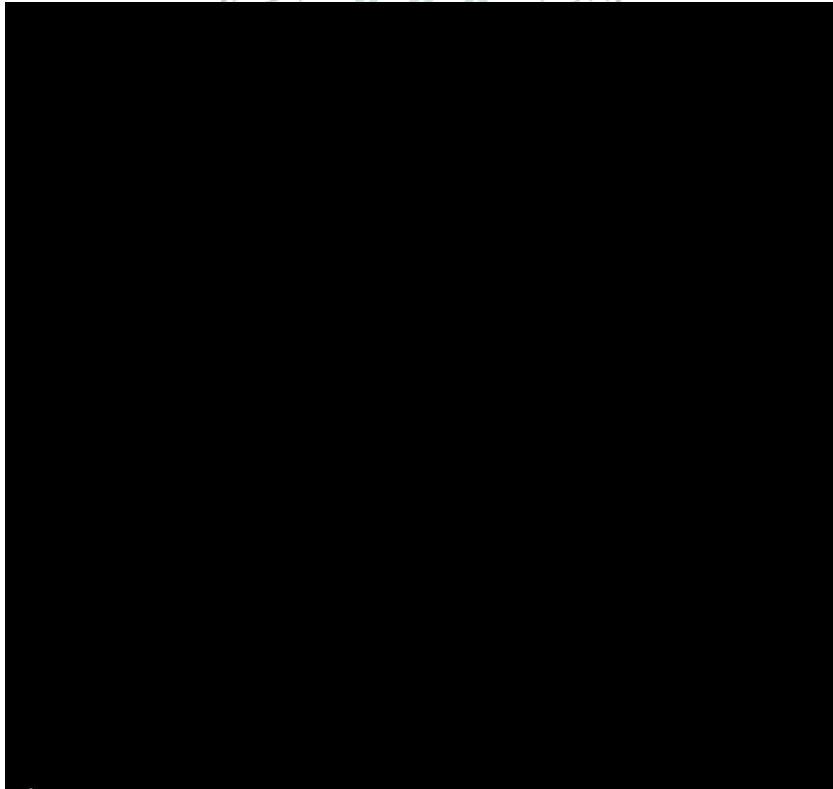


(b)

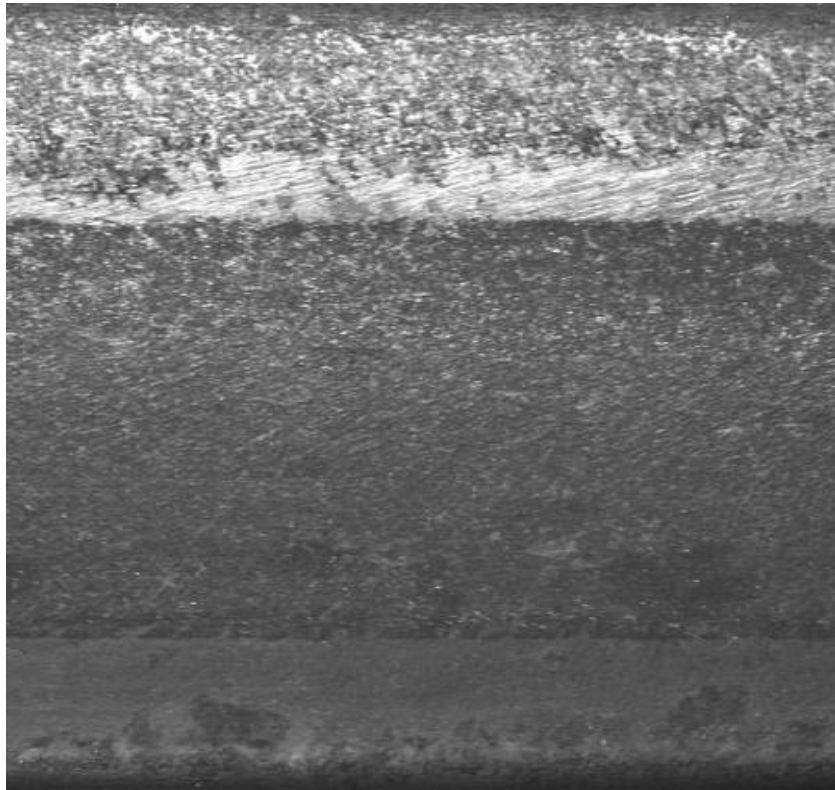




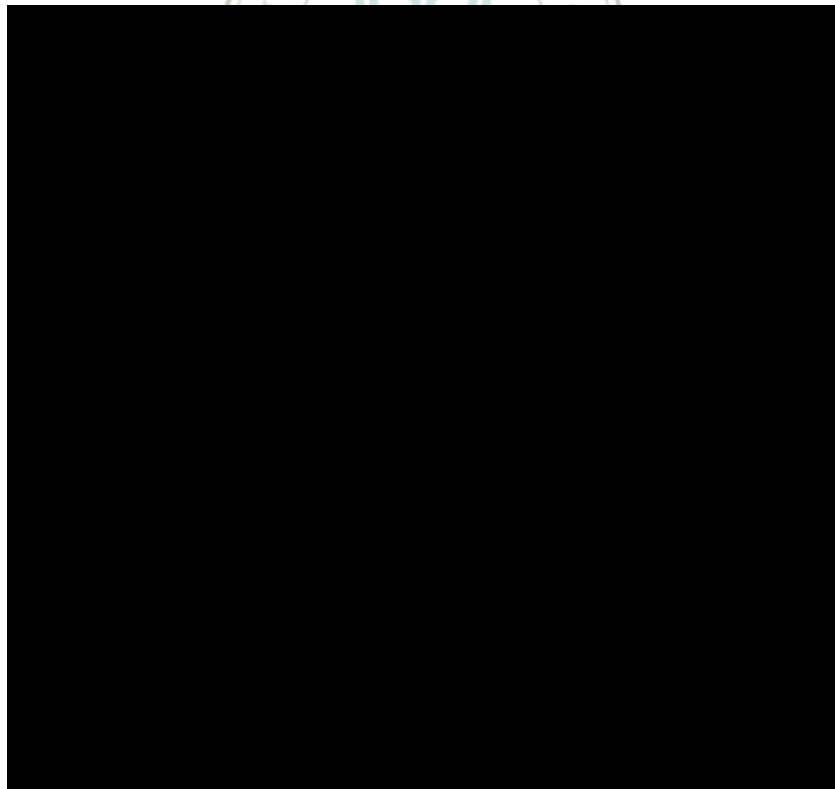
(c)



(d)



(e)

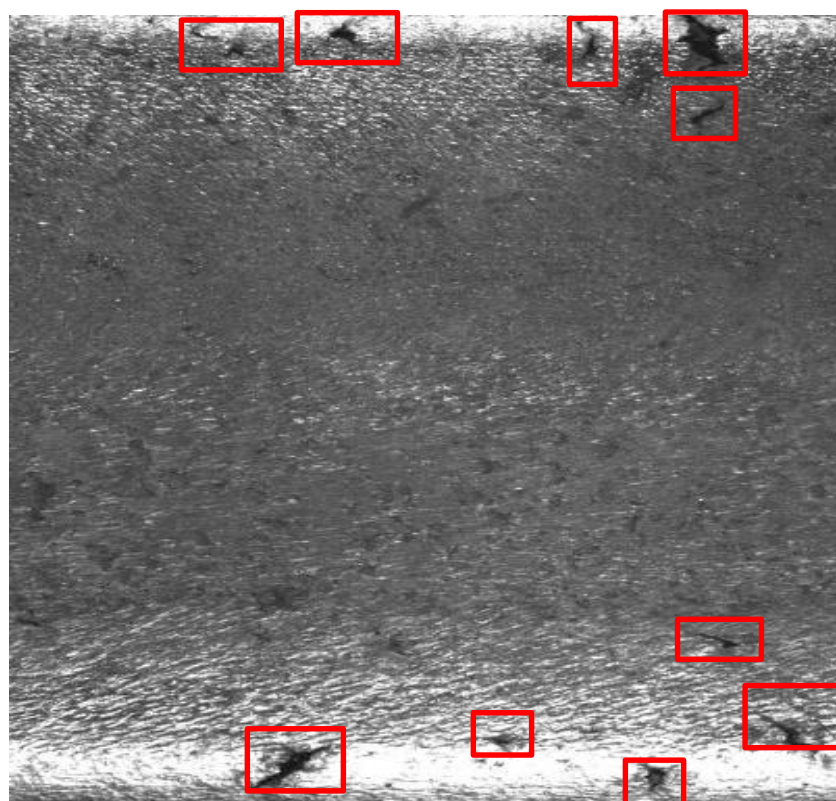


(f)

圖 4 - 1 (a). (c). (e) 為無缺陷原始影像，(b). (d). (f) 為偵測結果。



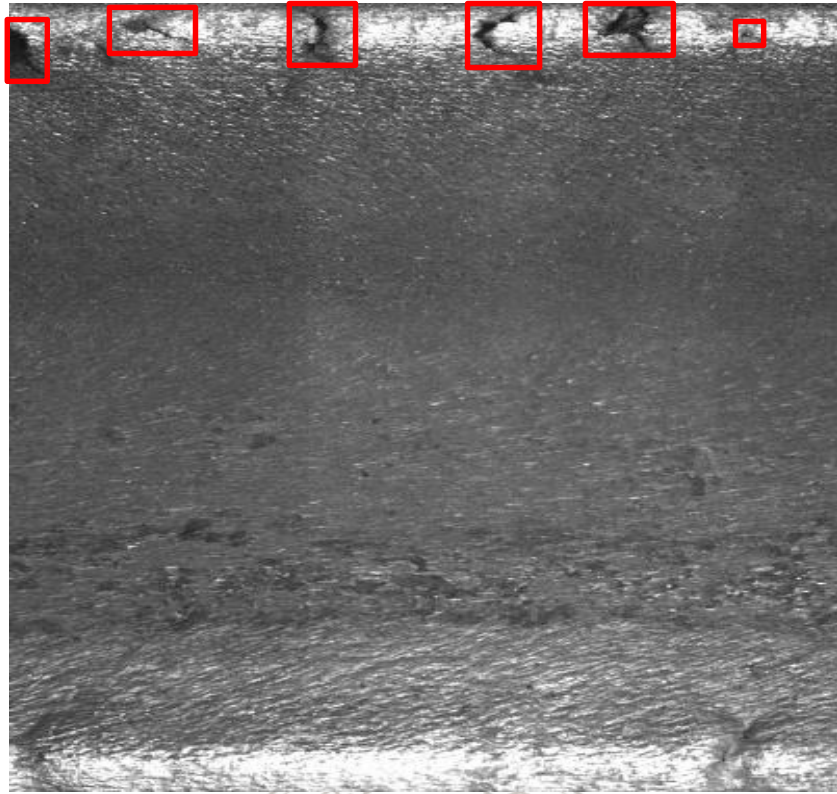
#### 4.2 針對海綿裂紋的小鋼胚影像檢測之結果



(a)



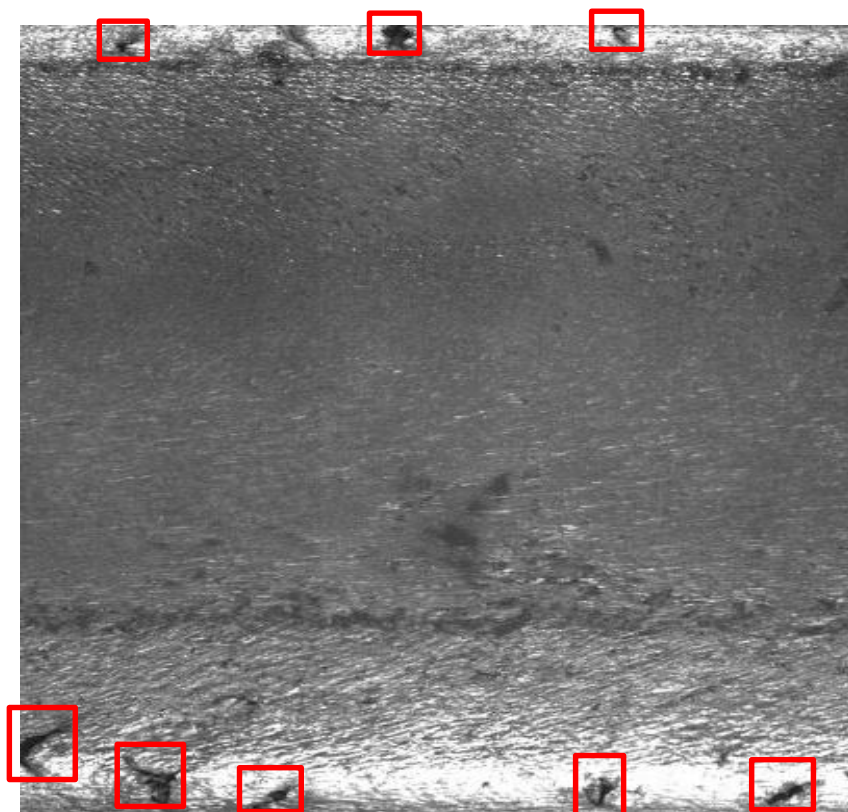
(b)



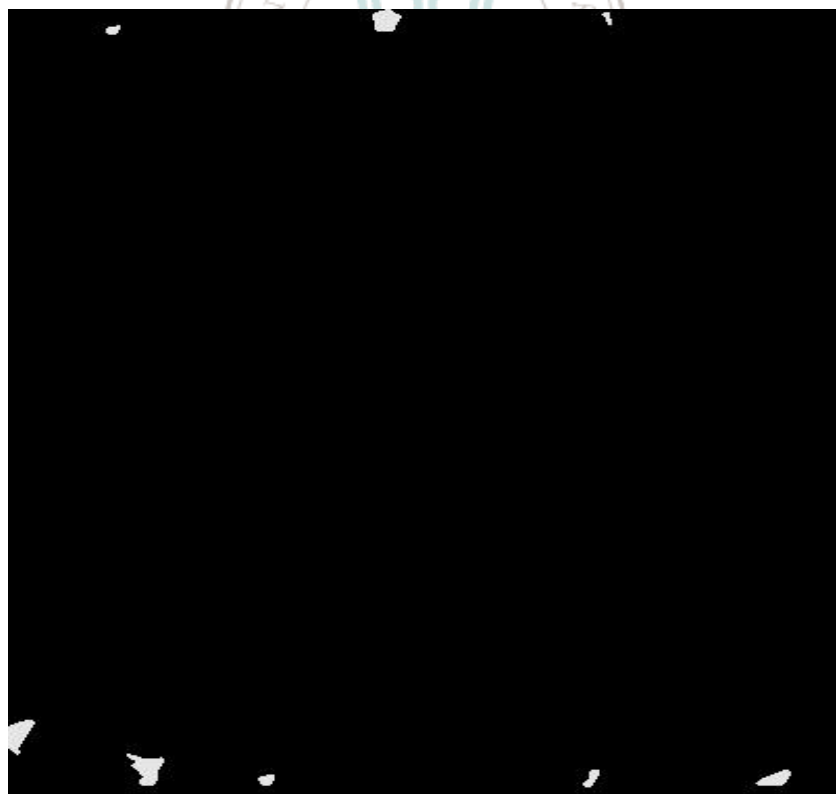
(c)



(d)



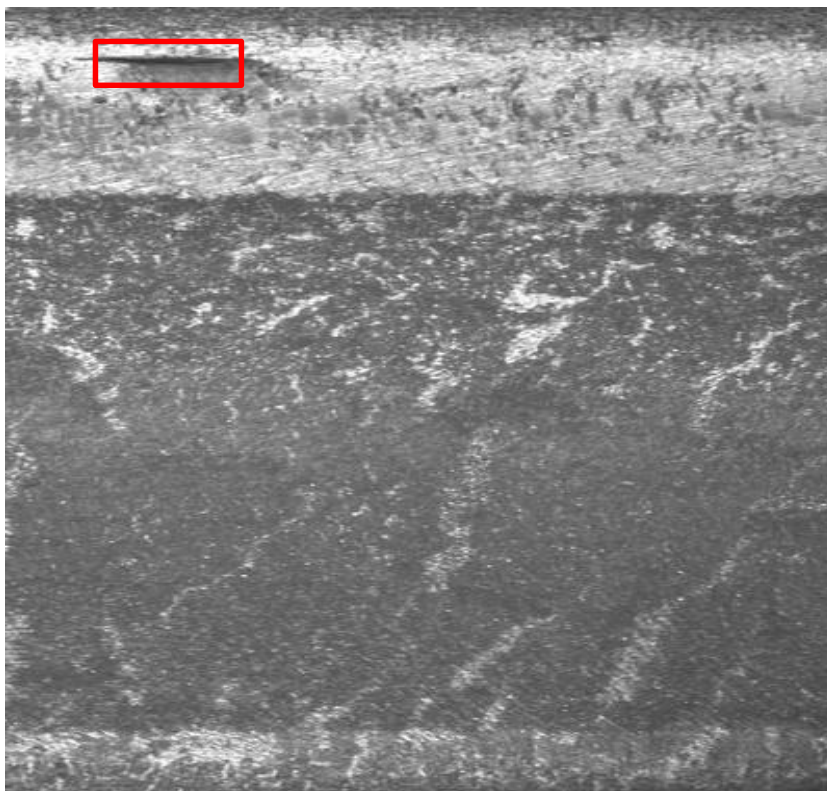
(e)



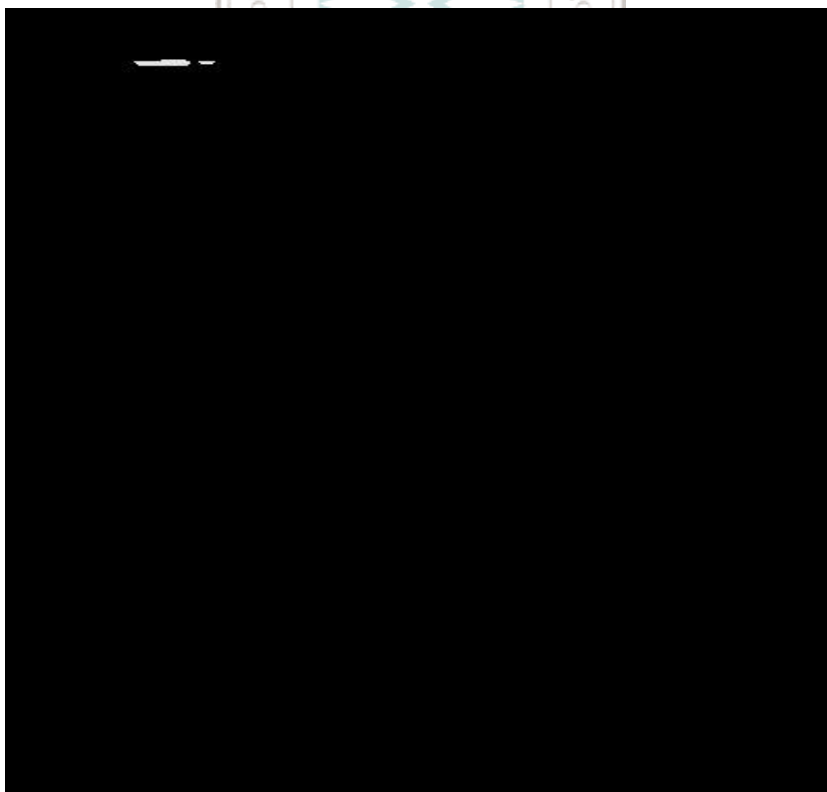
(f)

圖 4 - 2 (a). (c). (e)為海綿裂紋缺陷原始影像，(b). (d). (f)為偵測結果。

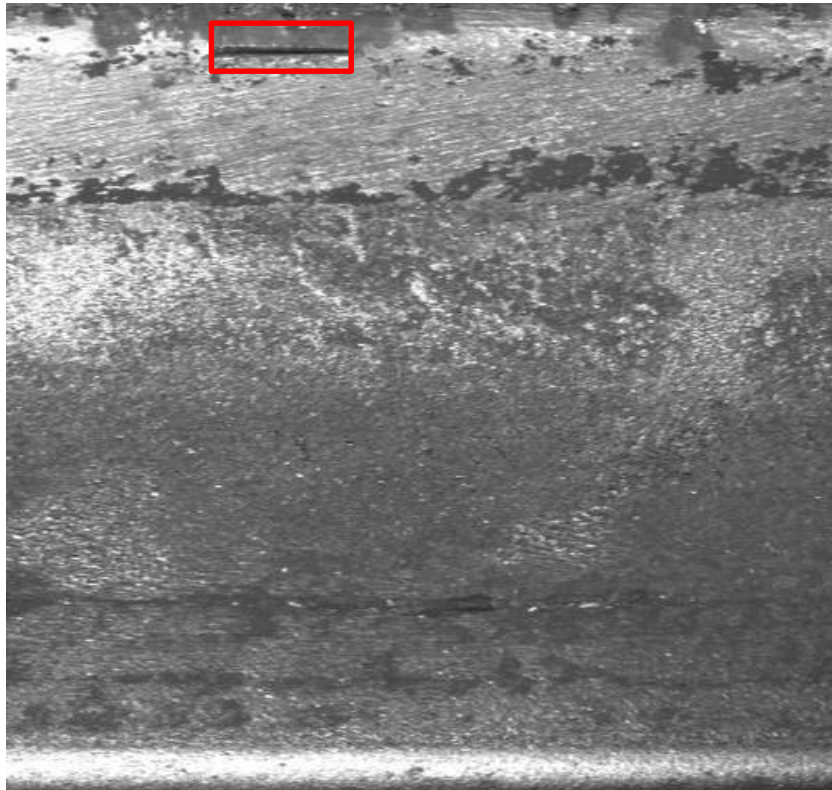
#### 4.3 針對線縫缺陷的小鋼胚影像檢測之結果



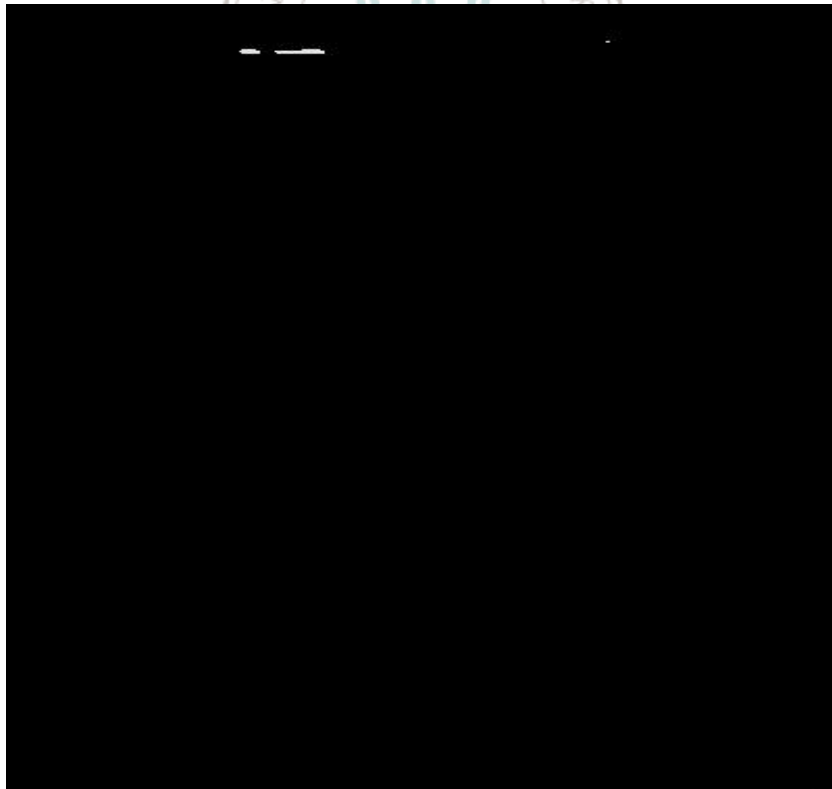
(a)



(b)



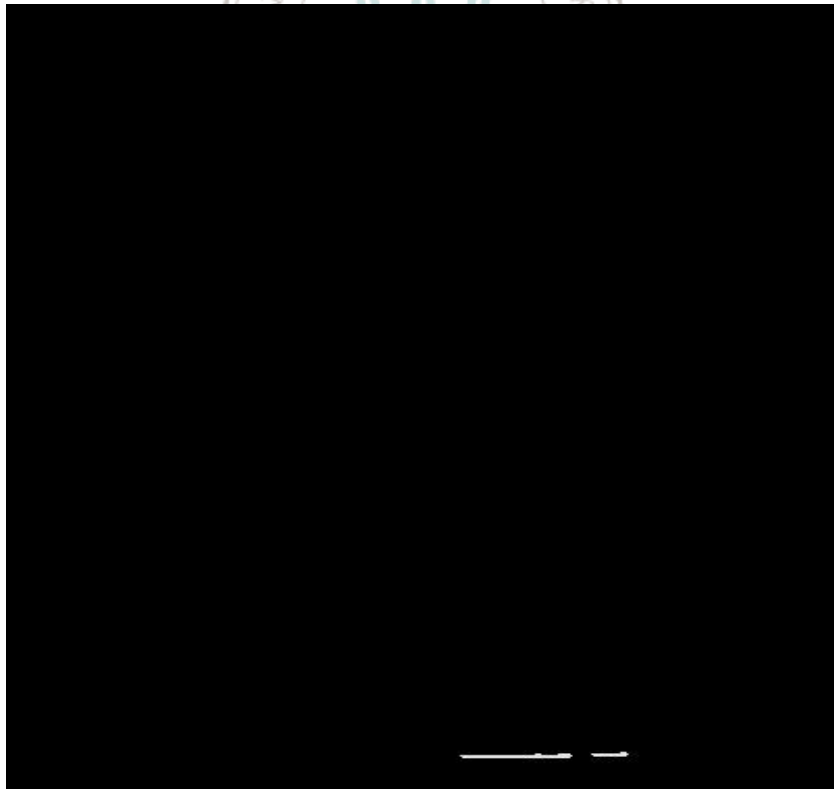
(c)



(d)



(e)

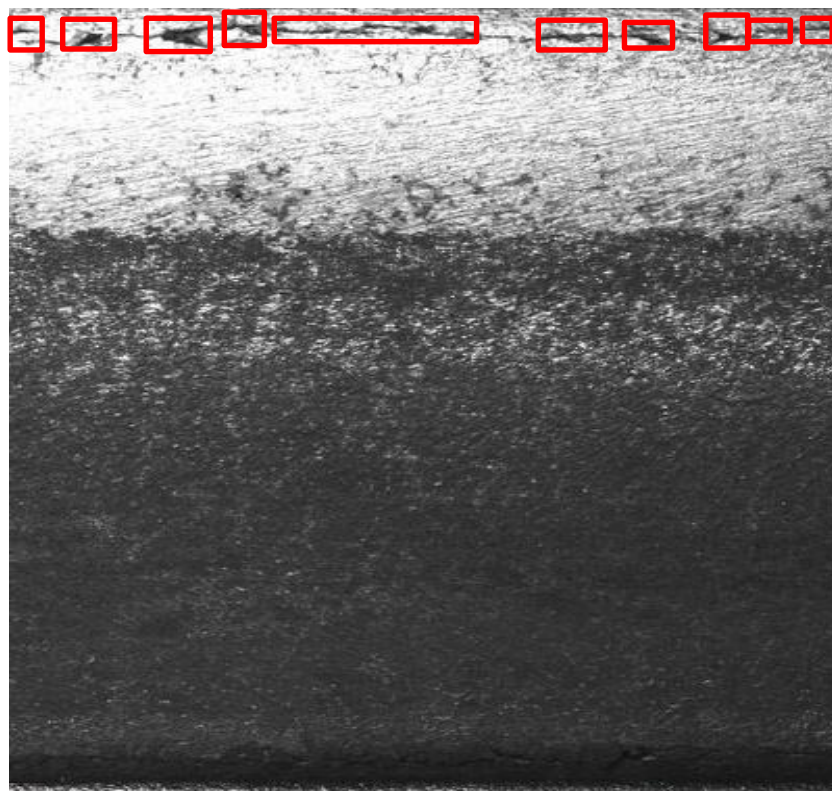


(f)

圖 4 - 3 (a). (c). (e)為線縫缺陷原始影像，(b). (d). (f)為偵測結果。



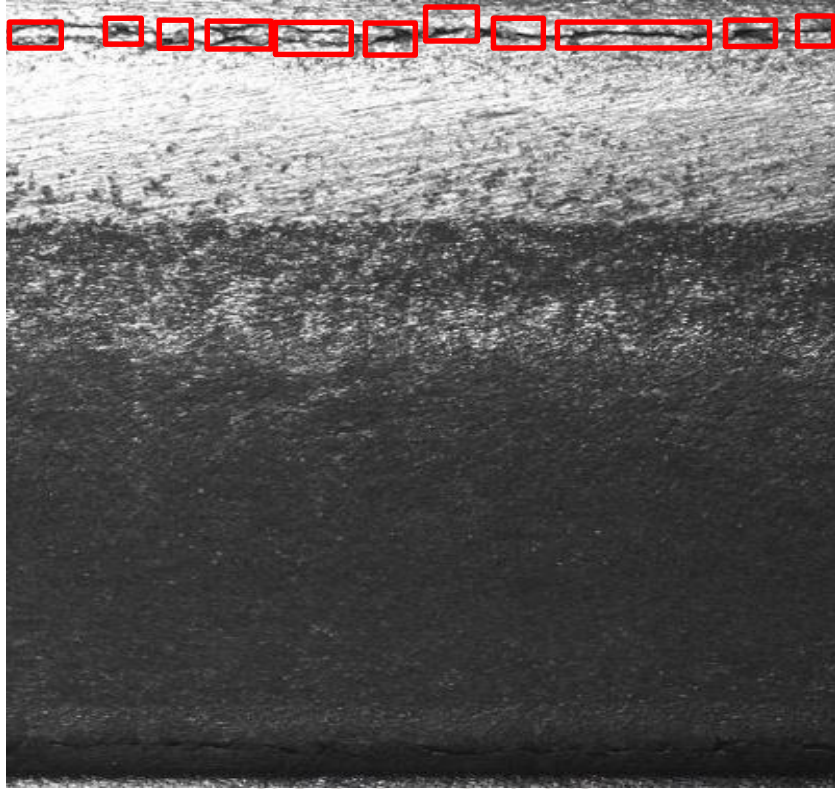
#### 4.4 針對轉角裂紋的小鋼胚影像檢測之結果



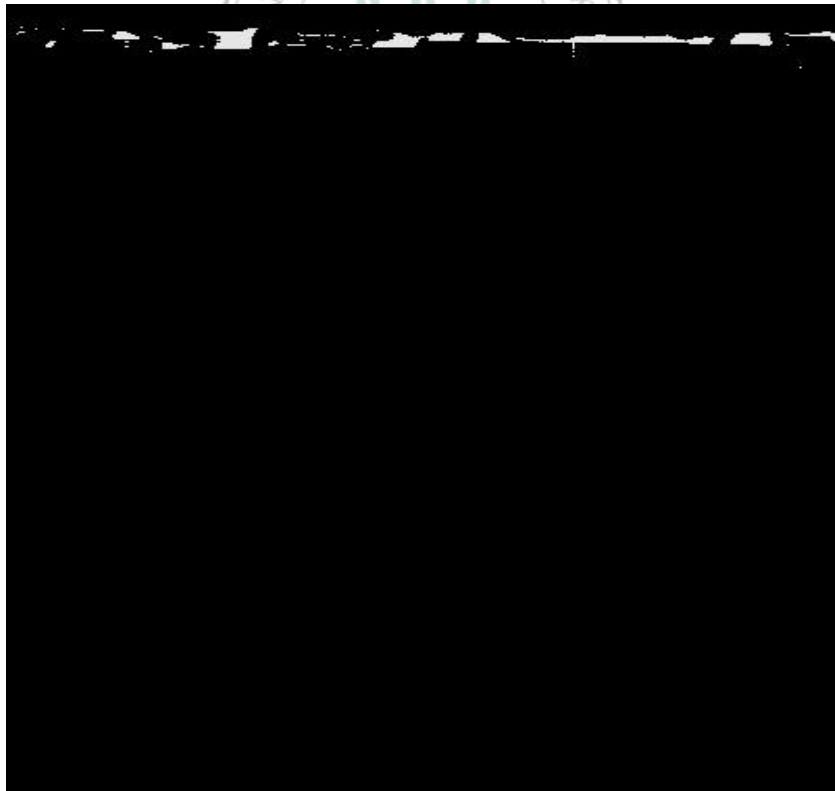
(a)



(b)

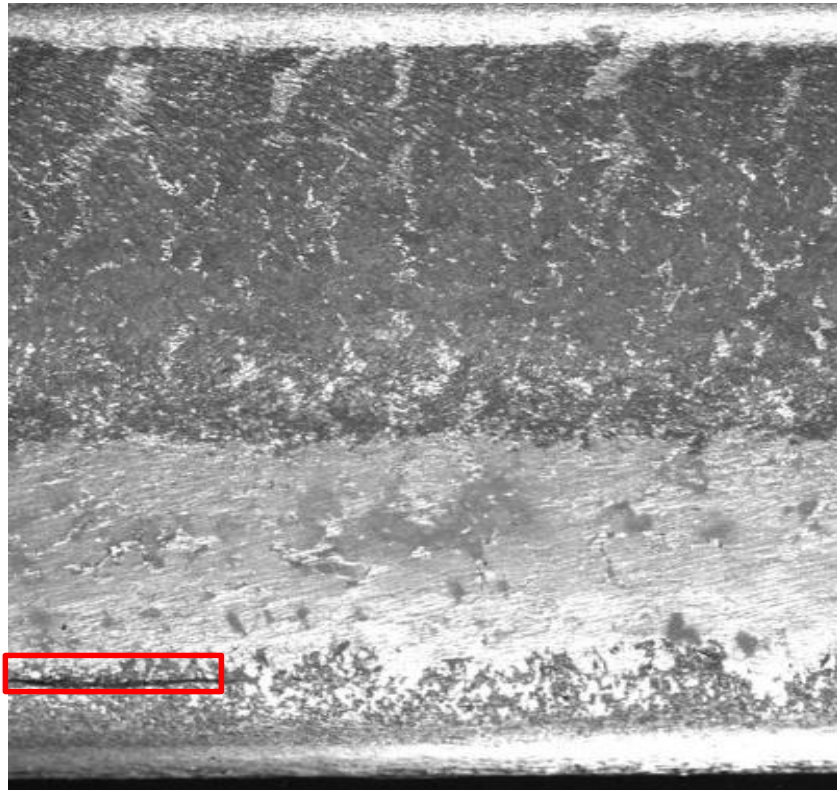


(c)

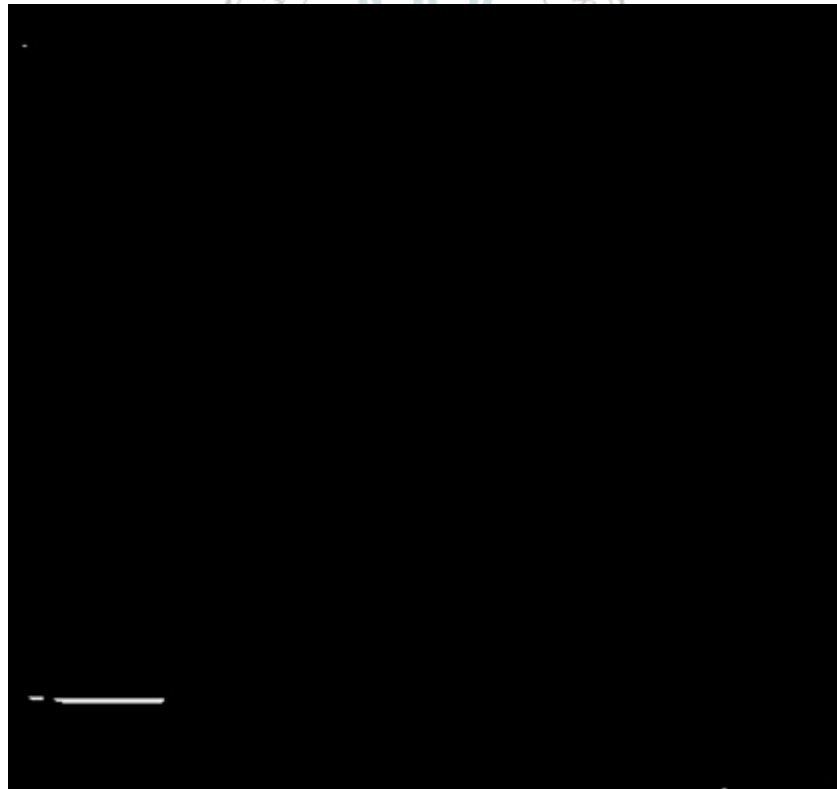


(d)





(e)



(f)

圖 4 - 4 (a). (c). (e)為轉角裂紋缺陷原始影像，(b). (d). (f)為偵測結果。

本實驗結果在每張影像上平均執行時間為 0.08 秒，所使用的執行設備為：

CPU：Intel® Core™ i5-2400/6M/3.40 GHz

主機板：ASUS P8H77-V

記憶體：創見 4G DDR3

作業系統：window 7 64bit 旗艦版

執行平台：Visual Studio 2012 + opencv 2.4.9

另外將 280 張無缺陷、126 張海綿裂紋、100 張轉角裂紋、50 張線縫缺陷影像

個別做測試，將其檢測正確張數及準確性個別記錄，如下：

Detection result			
	Number of images	True alarm	Accuracy
None defect	280	274	97.85%
Corner Crack	126	125	99.99%
Corner Grain	100	84	84%
seam	50	27	54%

## 第五章、結論與未來研究方向

為了測試自動化的鋼胚缺陷檢測是否能正確偵測缺陷，我們使用中國鋼鐵股份有限公司提供之鋼胚影像做測試，其中包含各種缺陷及無缺陷影像，目前無法被正確檢測的影像幾乎都以輕微的線縫還有刮傷等，而能精準檢測出的缺陷包含角裂裂紋、綿裂裂紋等嚴重缺陷，所提出的影像特徵除了幫助決定該影像是否為缺陷影像，還可以將缺陷種類做分類。

其中缺陷特徵較不明顯之缺陷，如線縫缺陷，檢測率較低，未來希望能朝這方面做修正，找出其他缺陷特徵及方法，已提高整體檢測率。



## 參考文獻

- [1] J. P. Yun, S. H. Choi, J. W. Kim, and S. W. Kim, “Automatic detection of cracks in raw steel block using Gabor filter optimized by univariate dynamic encoding algorithm for searches (uDEAS),” 2009.
- [2] J.W. Kim and S.W. Kim, “Parameter identification of induction motors using dynamic encoding algorithm for searches(DEAS),” 2005.
- [3] J.W. Kim and S.W. Kim, “PID control design with exhaustive dynamic encoding algorithm for searches(eDEAS),” 2007.
- [4] Y. Jeon, J. Yun, D. Choi and S. Kim, “Defect detection algorithm for corner cracks in steel billet using discrete wavelet transform,” 2009.
- [5] J. R. Parker, “Algorithms for image processing and computer vision,” 1997.
- [6] Rafael Vilar, Juan Zapata, and Ramon Ruiz, “An automatic system of classification of weld defects in radiographic images,” 2009.
- [7] R. A. Johnson and W. W. Dean, “Principal component analysis, 2nd edition,” 2002.
- [8] 蘇育興 “應用於小鋼胚面部及角部缺陷檢測之電腦視覺自動化系統,”國立成功大學資訊工程學系碩士論文, 2011.
- [9] P.V.C. Hough, “Method and Means for Recognizing Complex Patterns,” 1962.
- [10] 許紋誠“小鋼胚缺陷偵測與分析系統,” 2008.
- [11] M. Gangadaran, and Pranab K. Dutta, “Automatic Defect Detection on Hot-Rolled Flat Steel Products,” 2013.
- [12] Yong-Ju Jeon, Doo-chul Choi, Sang Jun Lee, Jong Pil Yun, and Sang Woo Kim, “Defect detection for corner cracks in steel billets using a wavelet

- reconstruction method,” 2014.
- [13] London Limited, “Detection of surface defects on raw steel blocks,” 2004.
- [14] Se Ho Choi, Jong Pil Yun, Boyeul Seo, YoungSu Park, and Sang Woo Kim, “Real-Time-Defects-Detection-Algorithm-for-High-Speed-Steel-Bar-in-Coil,” 2007.
- [15] Jong Pil Yun, SungHoo Choi, Sang Woo Kim, “Vision-based\_defect\_detection\_of\_scale-covered” 2009.
- [16] A. Zomet, A. Levin, S. peleg, and Y. Weiss, “Seamless image stitching by minimizing false edges,” 2007.
- [17] H. Bay, A. Ess, T. Tuytelaars, and L. J. V. Gool, “Speeded-up robust features(SURF),” 2008.
- [18] Martin A. Fischler and Robert C. Bolles, “Random Sample Consensus: A Paradigm for Model Fitting with Applications to Image Analysis and Automated Cartography,” 1981.

