

# 感應熱壓系統之開發及研究

粘世智<sup>1</sup>、黃明賢<sup>2</sup>、蔡宗鴻<sup>3</sup>

<sup>1</sup>國立台東專科學校 動力機械科 助理教授

<sup>2</sup>國立高雄第一科技大學 機械與自動化工程系 教授

<sup>3</sup>國立高雄第一科技大學 機械與自動化工程系 研究生

報告人:粘世智 助理教授

# 目錄

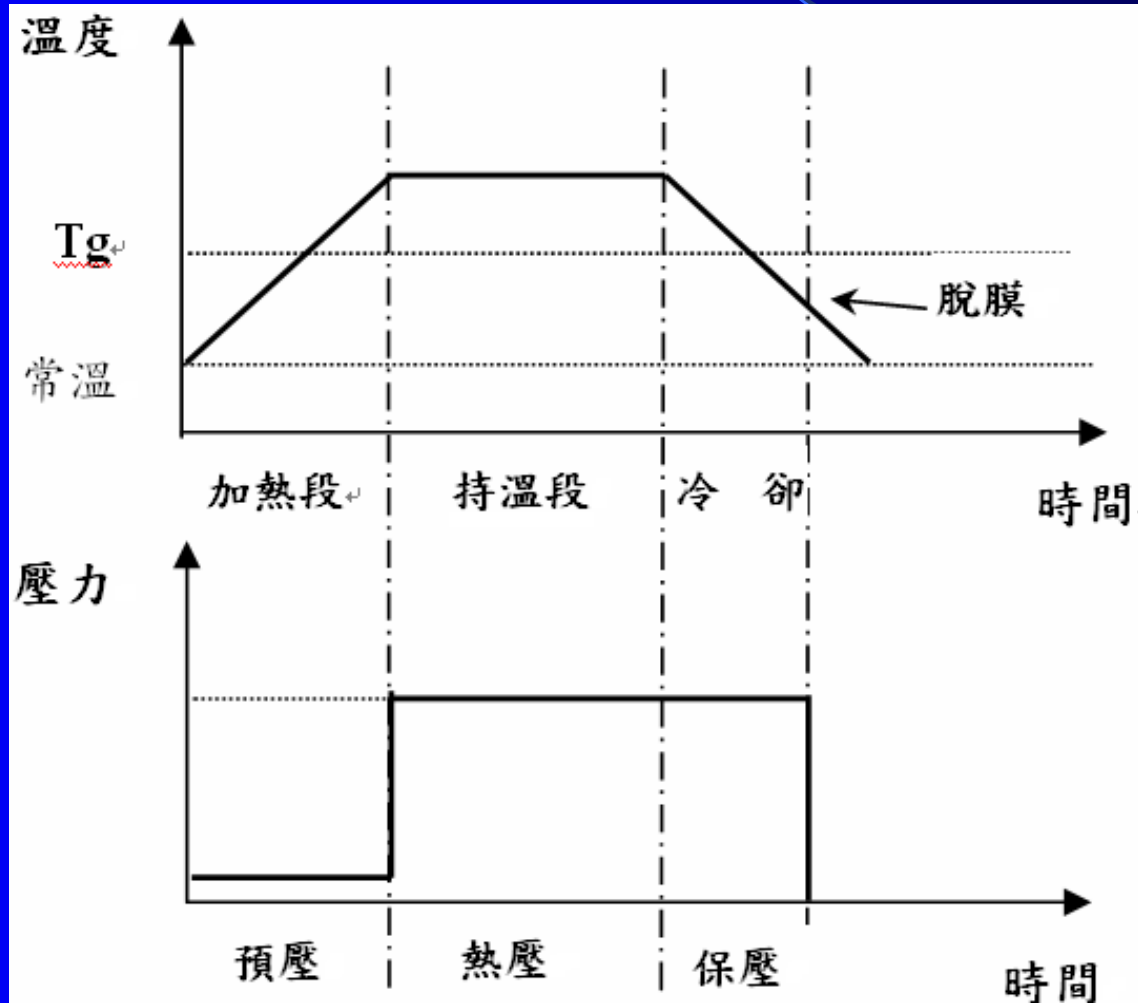
- 前言
- 技術背景
  - 熱壓印成型技術
  - 動態模溫控制系統
  - 感應加熱原理
  - 磁屏蔽感應加熱技術
- 研究動機
- 實驗設置
- 感應加熱均溫性實驗結果與討論
- 感應熱壓印微結構轉寫實驗結果與討論
- 結論

# 前言

- 熱壓印（hot embossing）成型廣泛的運用於塑膠表面微結構轉寫製程。
- 熱壓印將模具加熱至玻璃轉折溫度以上加壓，使模具上之微結構轉寫至塑膠表面，具有設備簡單及成型容易的優點。
- 模具需經過加熱轉印及冷卻脫膜過程，使成型週期大幅增加，嚴重的影響生產的效率。
- 如何快速有效的進行熱壓印的加熱及冷卻過程一直是熱壓印的重要目標。

# 研究背景

## ➤ 熱壓印成型技術<sup>1/3</sup>



# 熱壓印成型技術 2/3

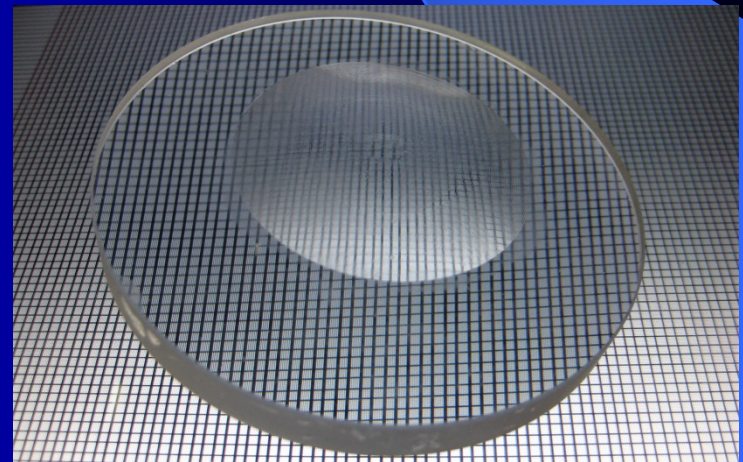
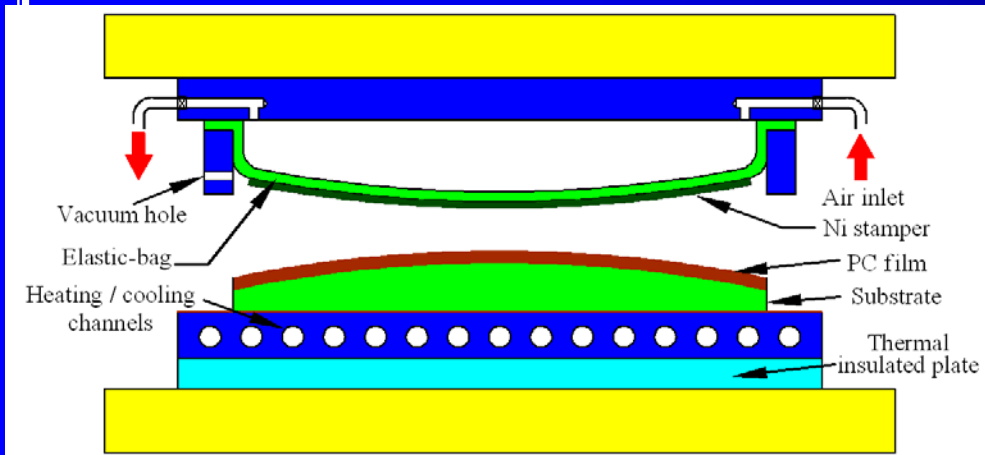
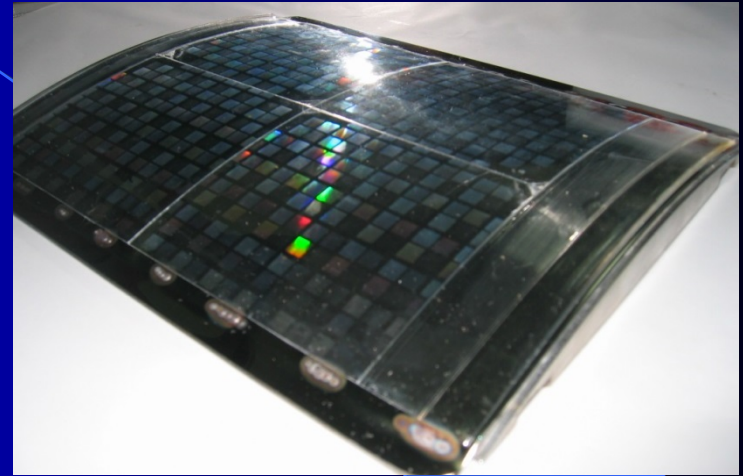
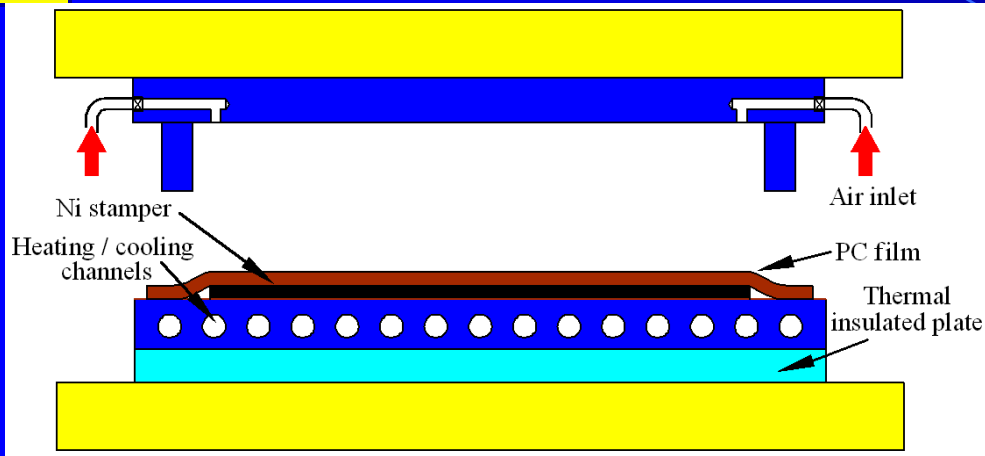


傳統油壓熱壓成型機



Obducet 2.5吋精密熱壓成型機

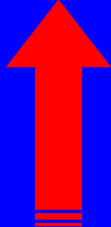
# 熱壓印技術 3/3



傳統油壓熱壓成型機

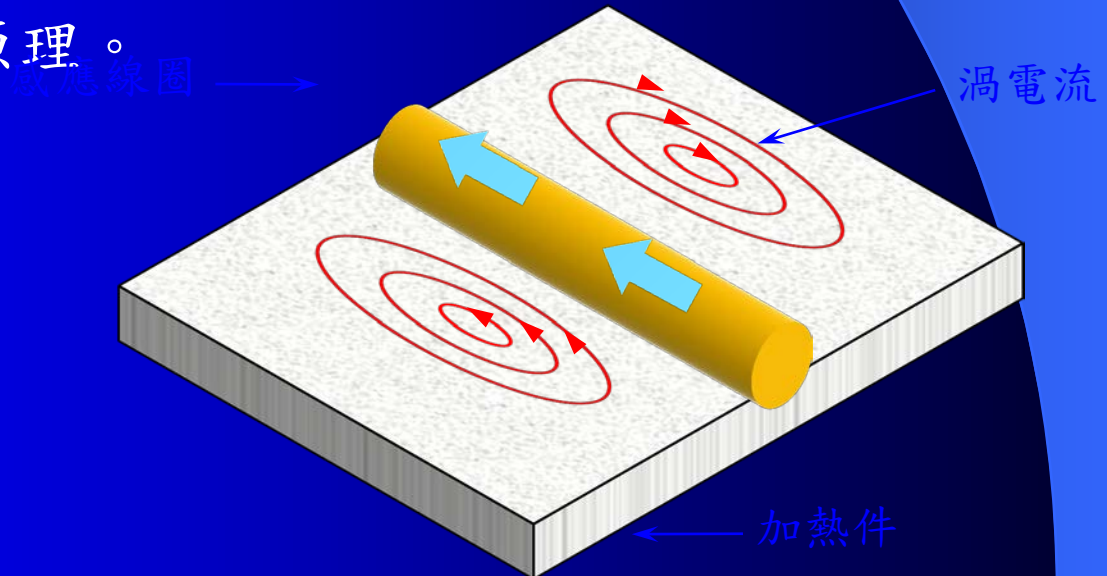
Obducet 2.5吋精密熱壓成型機

# 動態模溫控制系統

加熱系統	實驗方法	50°C 至 120°C 加熱效率	
感應加熱	1. 用水溫機將模板溫度控制在50°C 2. 使用電流60A、40KHz、加熱距離3mm	5秒	 <p>快速</p> <p>緩慢</p>
模面鍍層 (PTFE~ 22um) 搭配紅外線加熱	1. 用水溫機將模板溫度控制在50°C 2. 使用功率1000W、加熱距離3mm	17秒	
熱電管加熱	1. 用水溫機將模板溫度控制在50°C 2. 使用功率300W之電熱管	64秒	
模面無鍍層 搭配紅外線加熱	1. 用水溫機將模板溫度控制在50°C 2. 使用功率1000W、加熱距離3mm	128秒	
冷熱水切換 加熱系統	1. 用水溫機將模板溫度控制在50°C 2. 使用125°C加熱，待模面達到120°C	272秒	

# 感應加熱原理

- 感應加熱是利用法拉第定律的**電磁感應現象對金屬加熱**。
- 將具導磁性的材料靠近感應線圈，並對線圈通以高週波電流，則線圈附近則會產生一交變磁場，並與材料產生電磁感應，**電磁感應會產生電動勢於材料表面**，而此**電動勢會產生使渦電流(感應電流)**，**渦電流與工件的電阻特性作用產生熱源**，此即利用高週波電流進行感應加熱之原理。





# 集膚效應

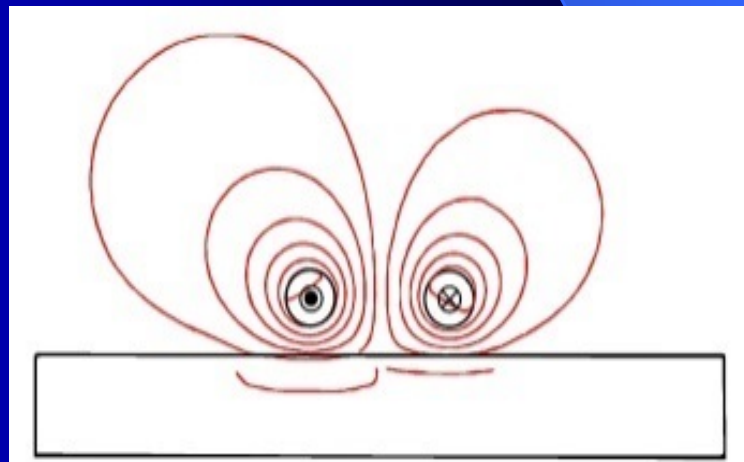
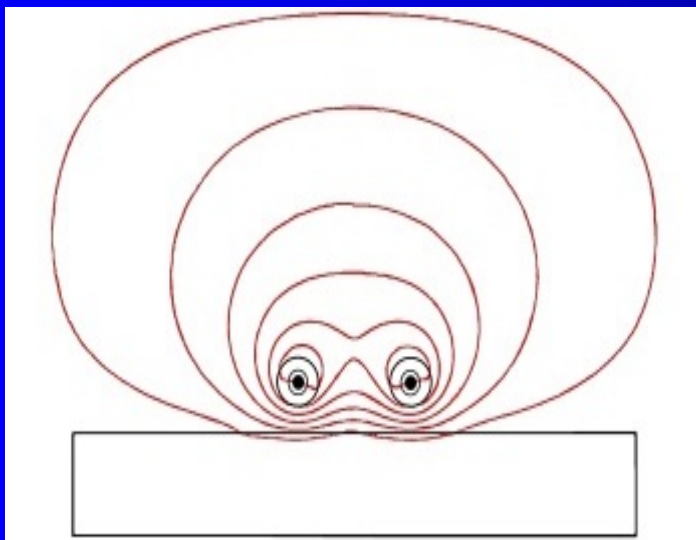
➤ 加熱件在加熱線圈所建立的交變磁場內感應產生渦電流，並均勻分佈在加熱件各剖面層上，為一種非接觸式加熱。

- 愈接近加熱件表面
- 電流密度越高
- 電流頻率越高

渦電流愈集中在加熱件表層程度越明顯，此種現象即為集膚效應。

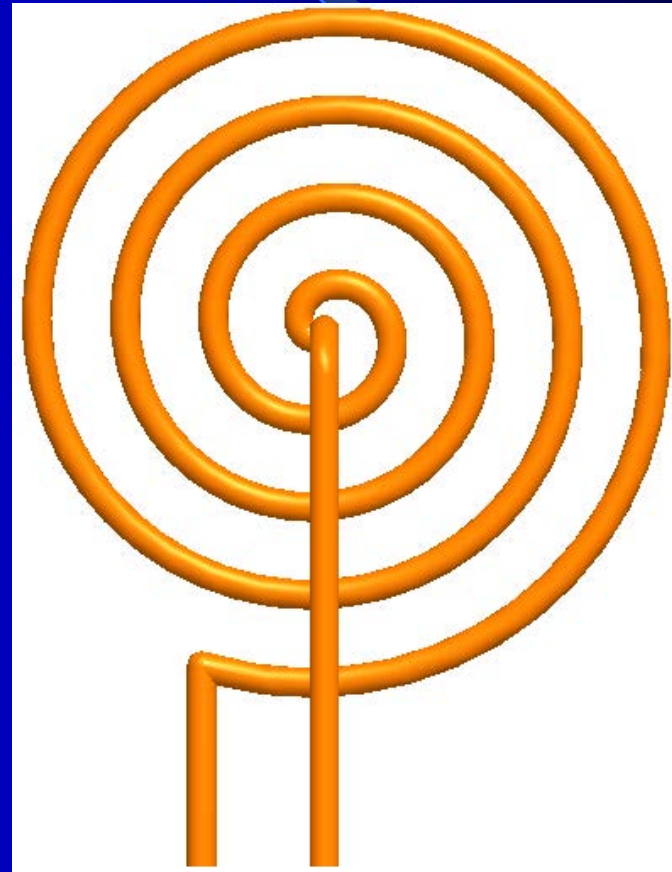
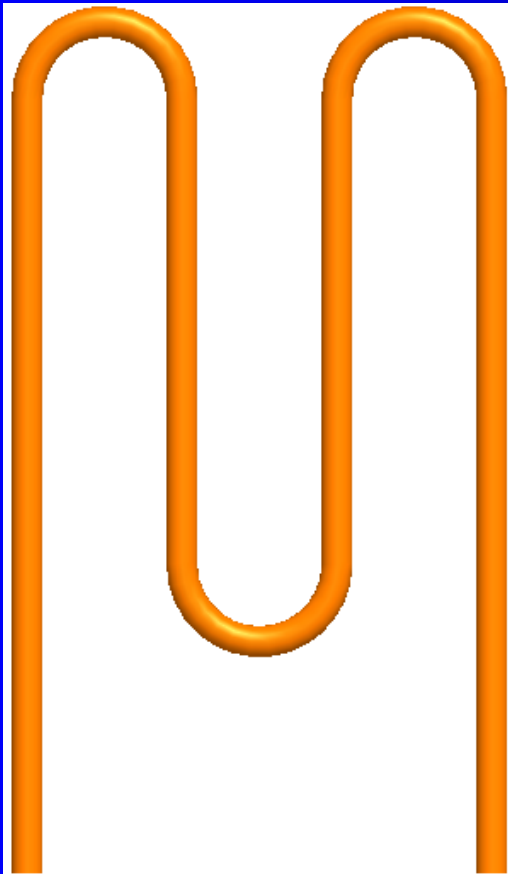
# 鄰近效應

- 導體距離較近時，其導體產生之磁場會受到其它臨近導體的磁場所干擾。
- 相鄰兩導體**電流方向相反**時，磁場呈偏向一邊的相斥現象，使相鄰兩導體內側的電流密度較外側大；反之，相鄰兩導體**電流方向相同**時，磁場則會連通起來，使相鄰兩導體外側的電流密度較內側大



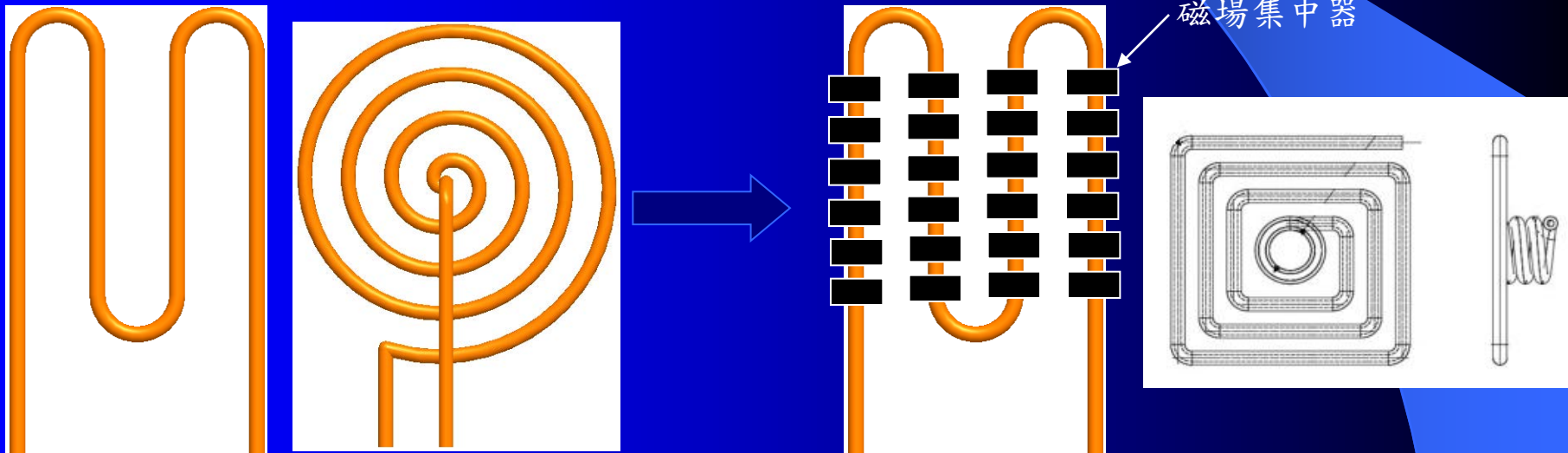
# 往復式及渦線線圈之鄰近效應

- 鄰近效應造成加熱不易或加熱不均。



# 均溫性改善

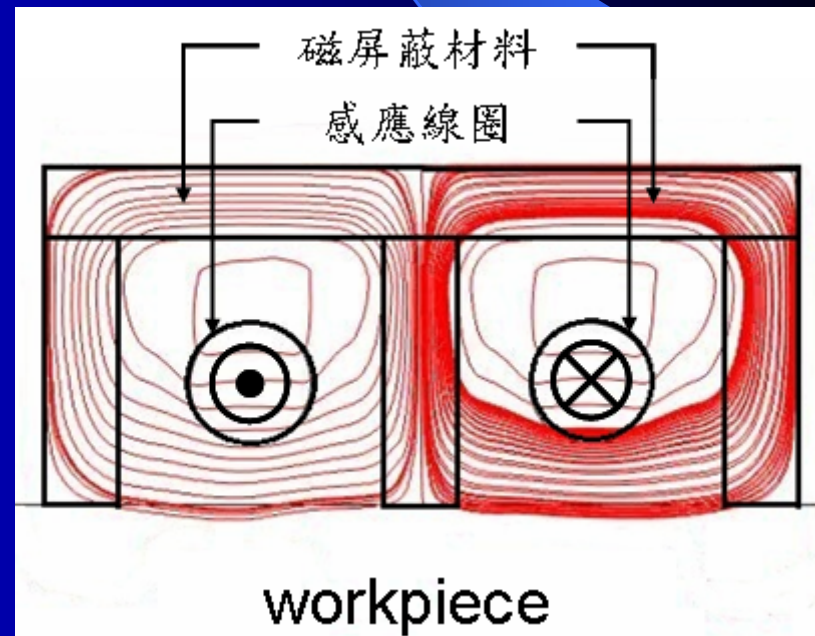
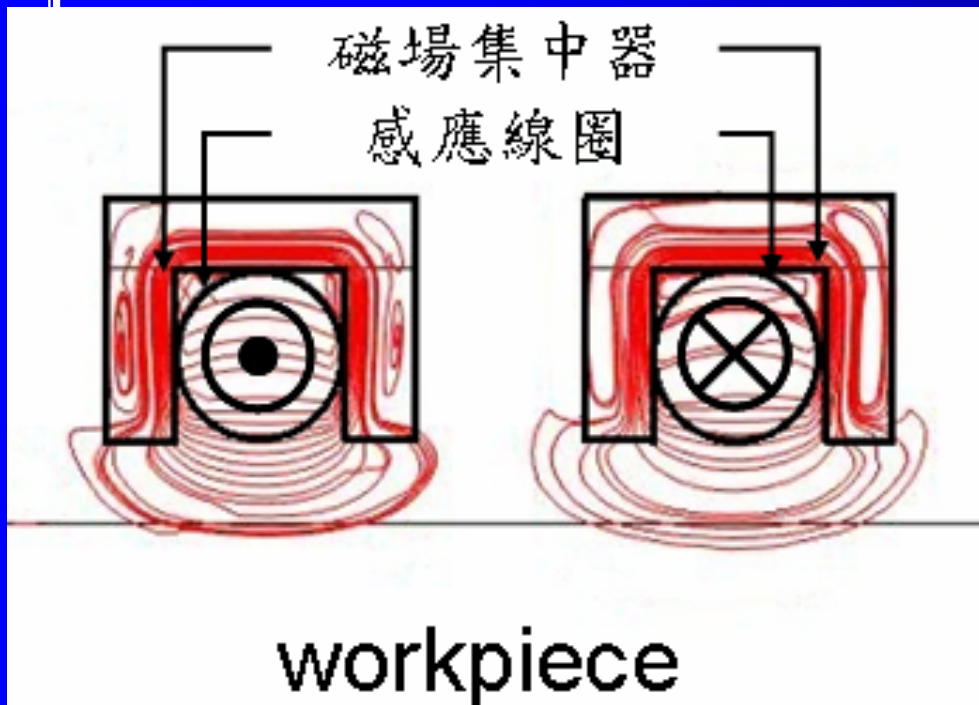
- 單層往覆式線圈因鄰近效應使得該線圈無法加熱，一般搭配磁場集中器進行改善。
- 渦線式線圈因線圈中央不易加熱，Huang等人提出中央多圈線圈，以改善加熱不均。



※參考文獻：Huang, M.-S., Huang, Y.-L., (2010), "Effect of multi-layered induction coils on efficiency and uniformity of surface heating," International Journal of Heat and Mass Transfer, Vol. 53, No. 11-12, pp. 2414-2423. (SCI/EI)

# 磁屏蔽感應加熱技術

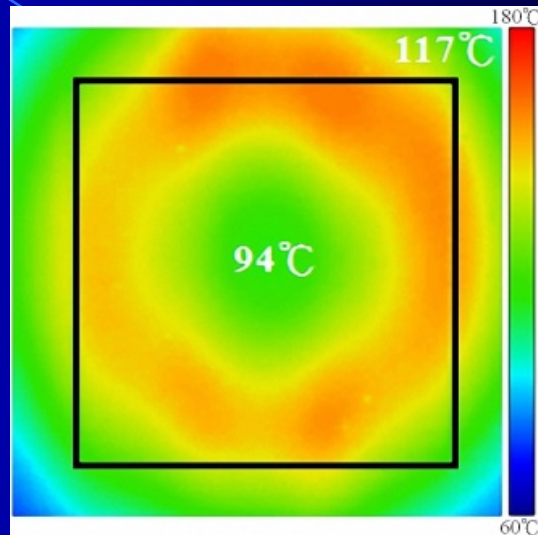
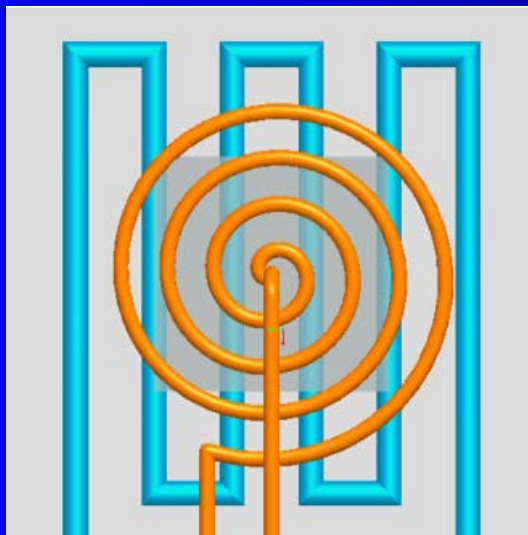
- 使用全新之『磁場屏蔽』技術區隔兩個不同方向的磁場，解決鄰近效應問題，進而提升感應加熱之加熱效果。



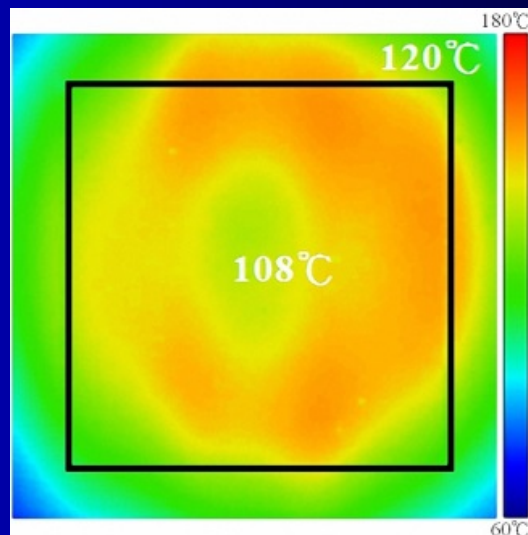
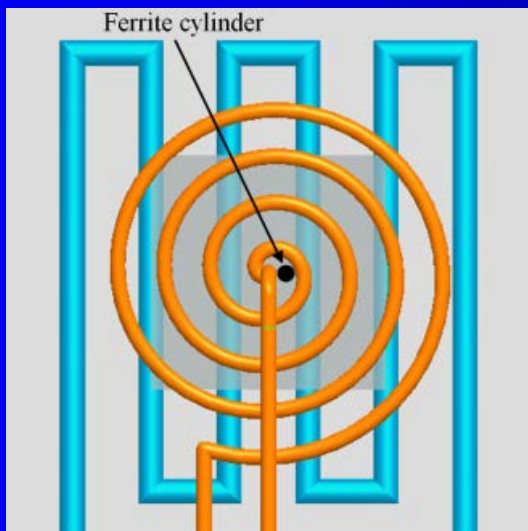
# 磁屏蔽渦線線圈加熱

➤ 渦線線圈感應加熱表面溫度分布

傳統線圈



使用  
磁屏蔽

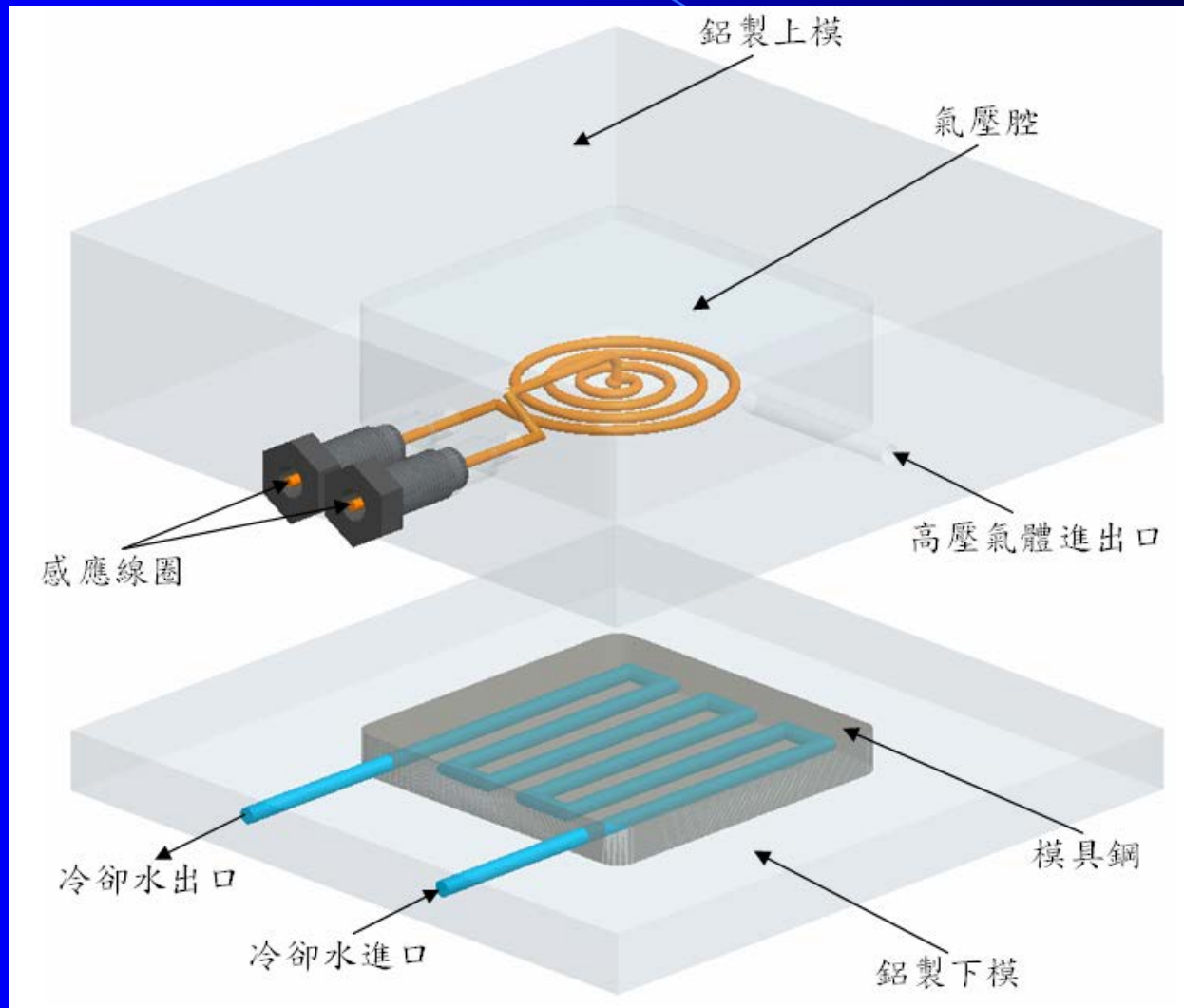


# 研究動機

➤ 磁屏蔽技術解決感應加熱運用於熱壓印成型的最大瓶頸 - 均溫性

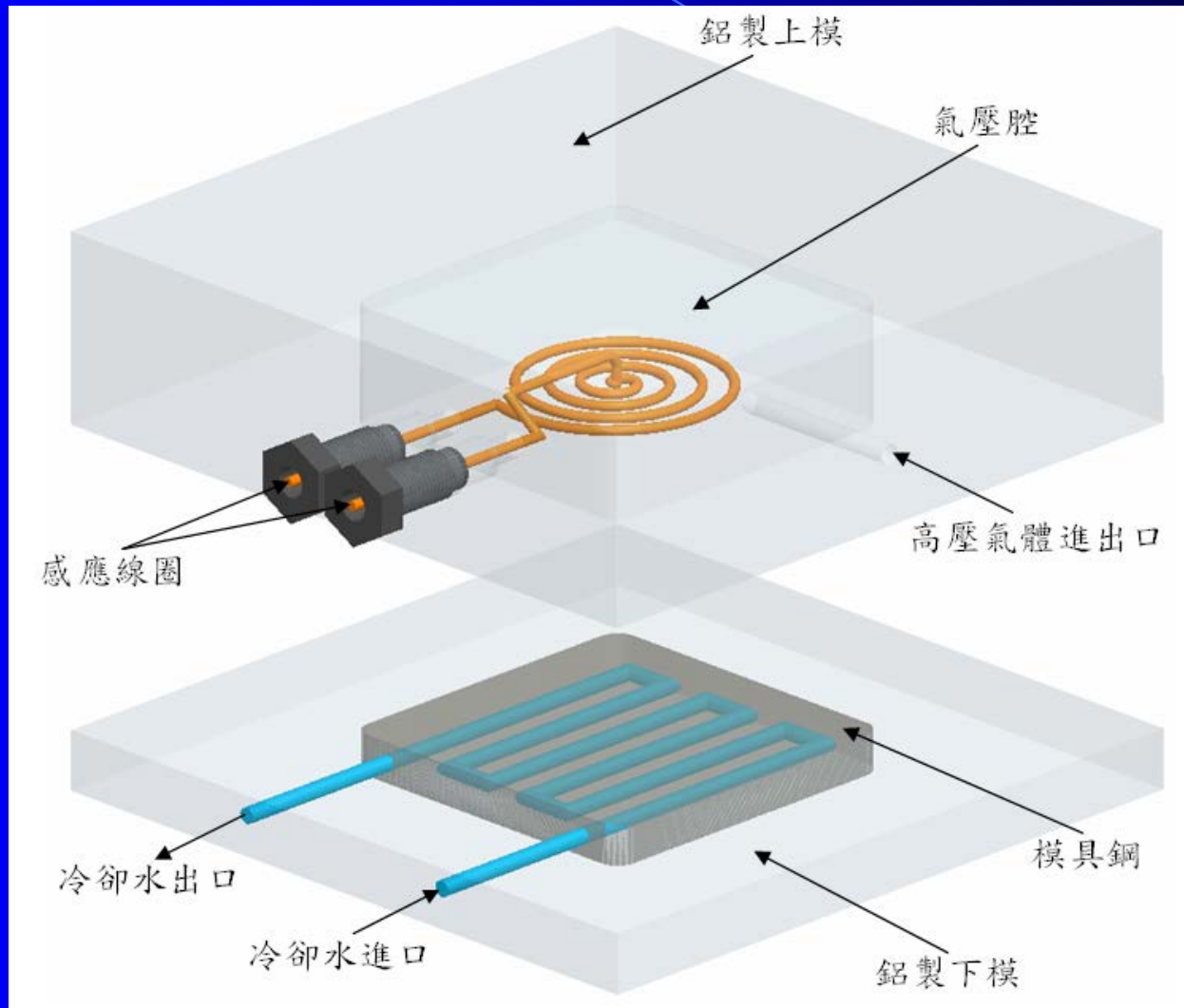
為有效縮短熱壓印的週期時間，本研究創新開發感應熱壓成型系統，利用感應加熱能快速加熱模具表面的特性，取代傳統熱壓印成型將整個模塊加熱之方式，以達到模具表面快速升降溫的目的。

# 實驗設置 1/3

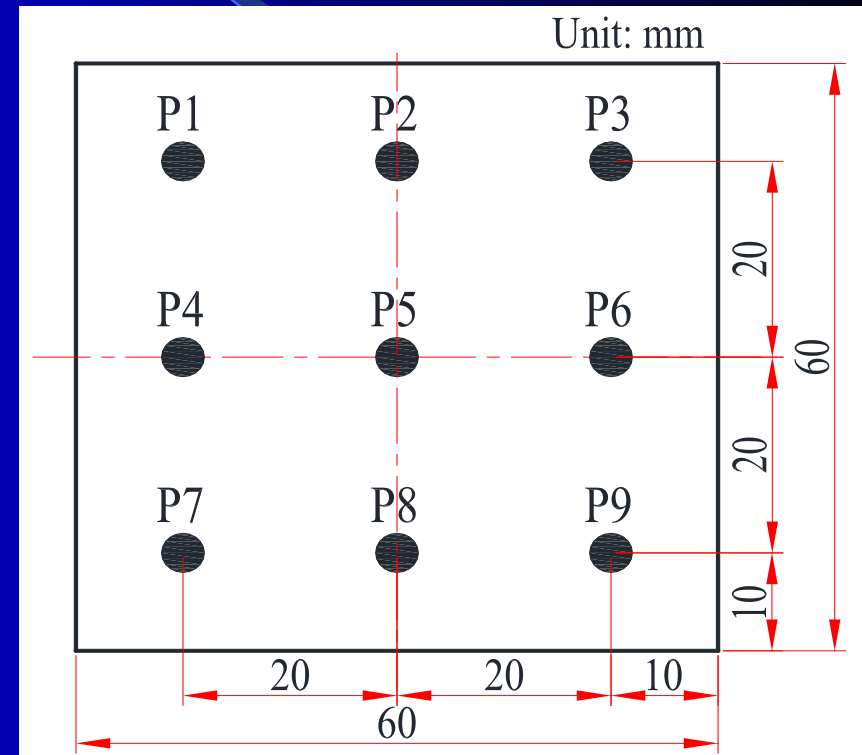
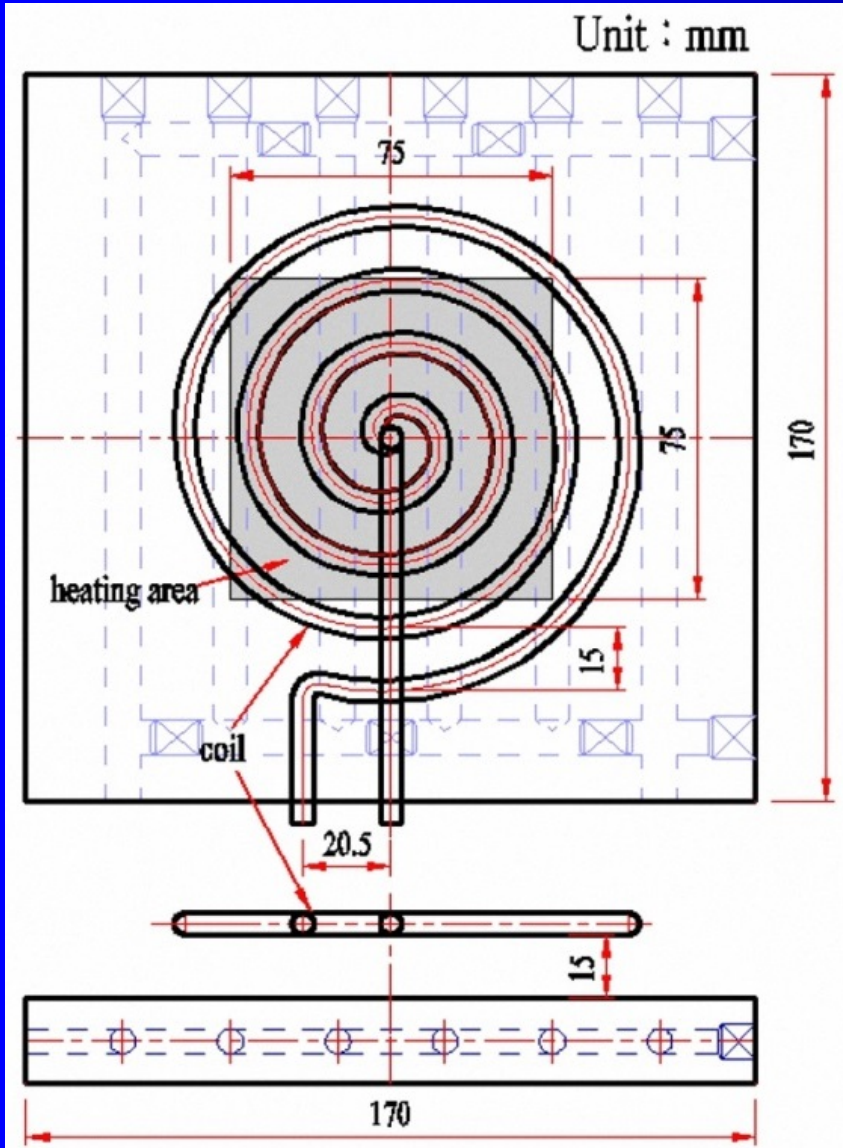




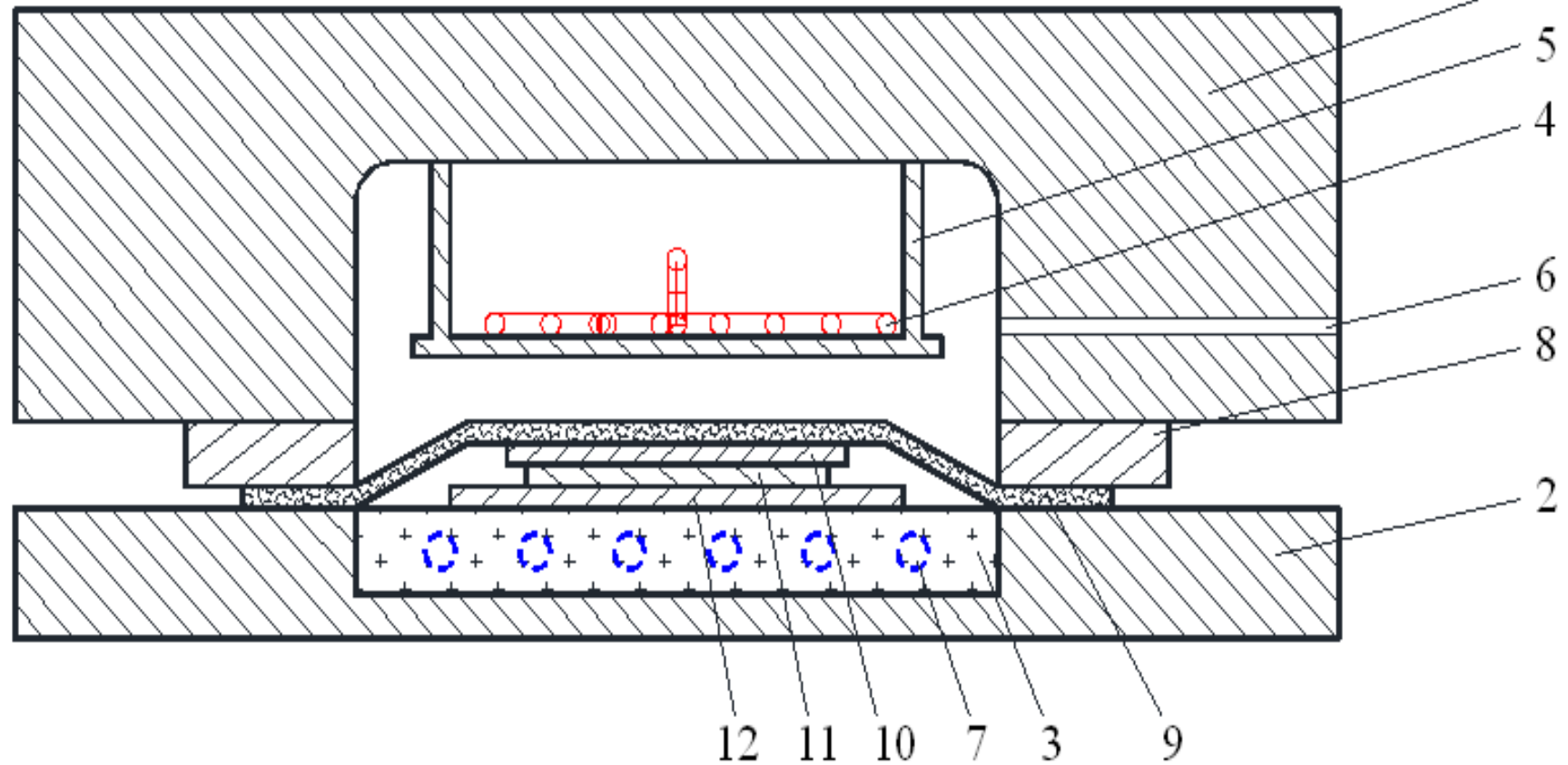
# 實驗設置 1/3



# 實驗設置 2/3

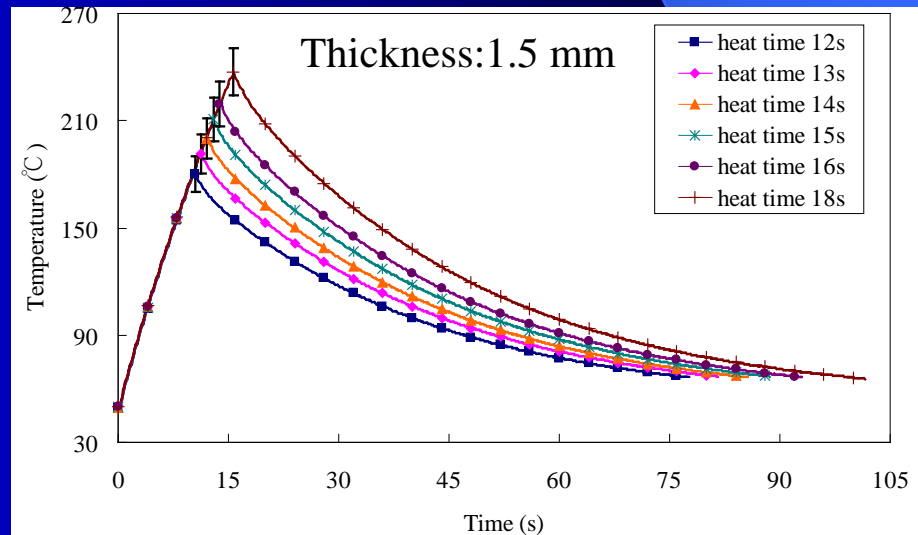
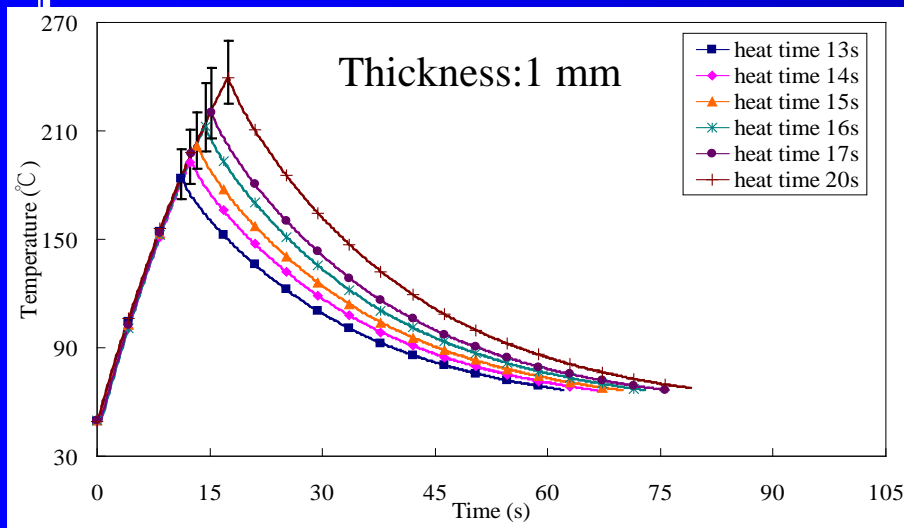
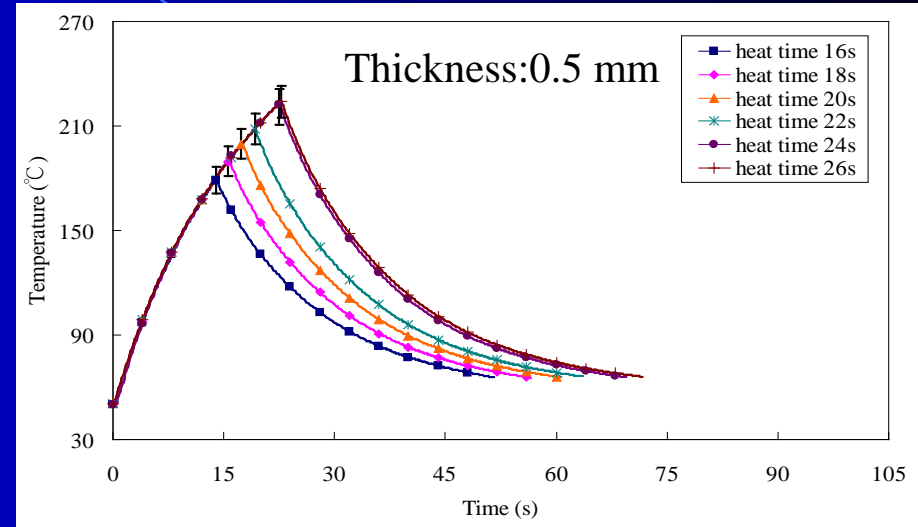
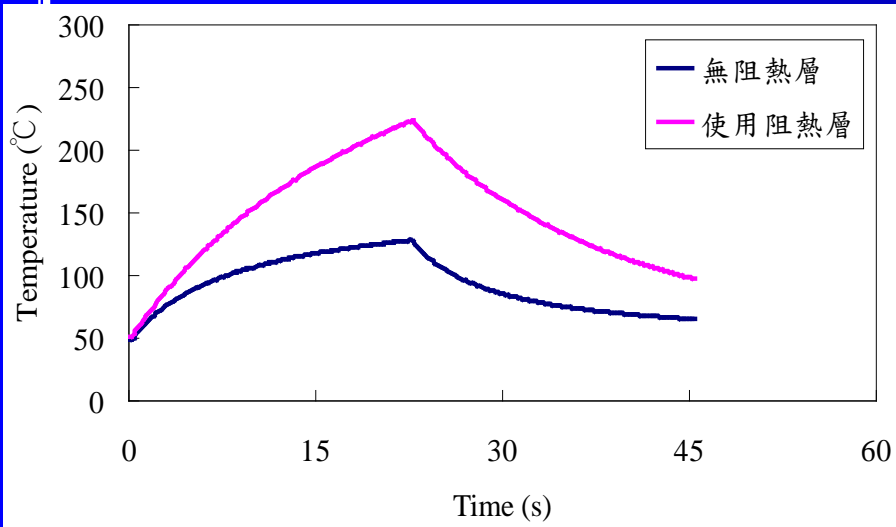


# 實驗設置 3/3



# 感應加熱均溫性實驗結果與討論 1/4

## 阻熱層厚度的影響



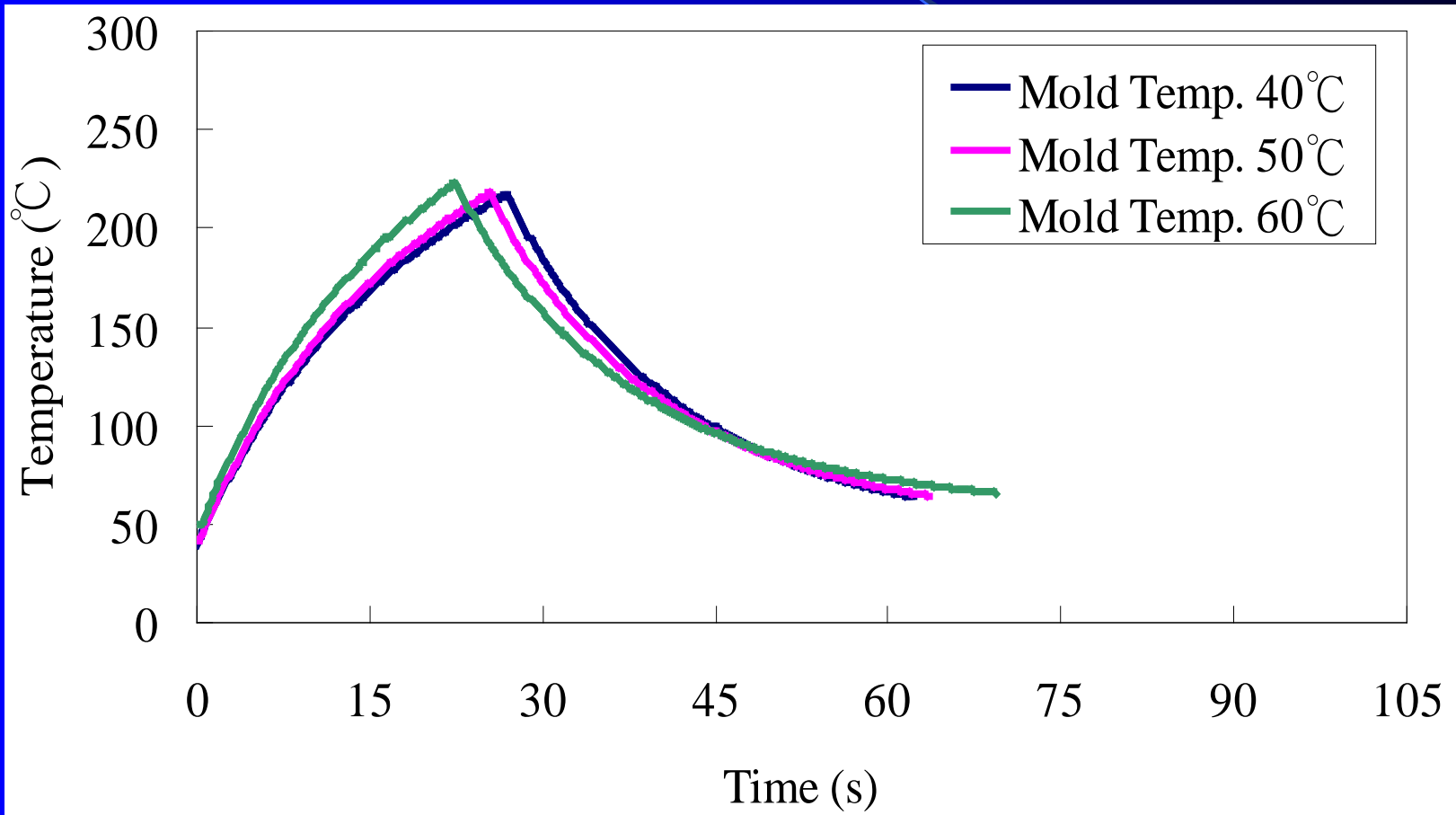
# 感應加熱均溫性實驗結果與討論 2/4

## ➤ 阻熱層厚度對最大溫差及成型週期之影響

阻熱層厚度 (mm)	Heating time (s)	Max(°C)	Min(°C)	Max-Min (°C)	Cycle Time (s) 開模溫度 80°C
0.5	24s	230.4	209.9	20.6	59
1	17s	244.7	206.1	38.6	64
1.5	16s	232.1	207.0	25.1	77

# 感應加熱均溫性實驗結果與討論 3/4

➤ 模具水路溫度對感應加熱溫度曲線的影響





# 感應熱壓印微結構轉寫實驗結果<sup>1/2</sup>

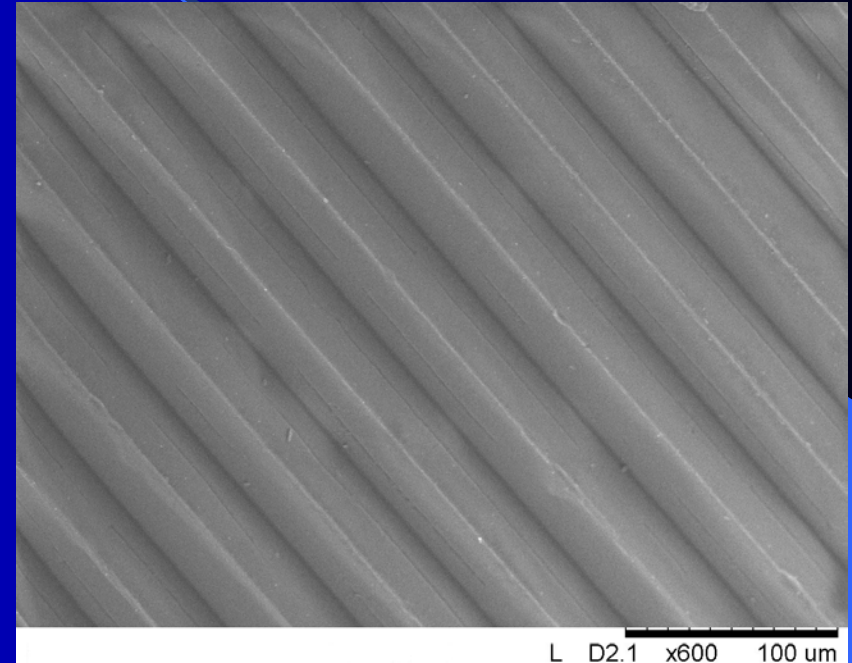
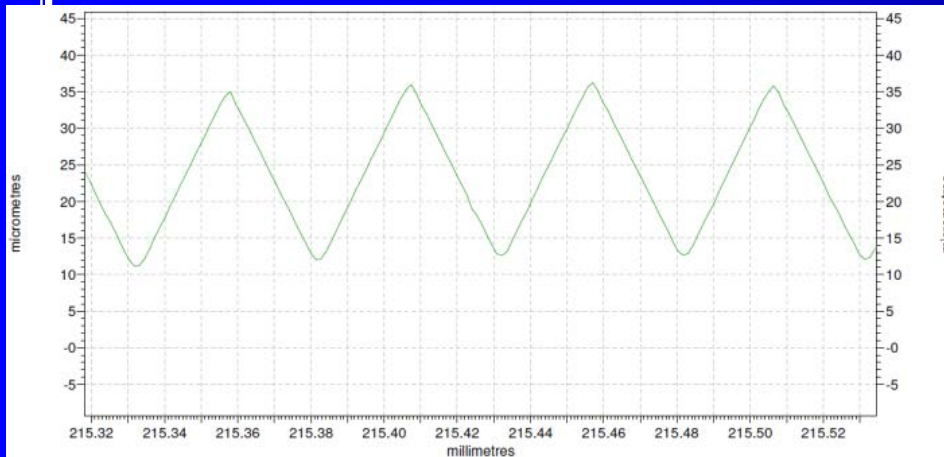
➤ 不同成型溫度下之九點微結構轉寫率

成形 溫度 (°C)	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	Avg.	九點 最大 差
180	60.4	65.4	60.4	78.8	78.8	74.6	79.2	86.3	64.2	72.0	25.8
190	70.0	77.9	78.8	91.7	87.9	89.6	81.3	91.3	75.4	82.3	21.7
200	81.3	92.5	91.3	95.8	92.1	92.9	97.1	98.8	87.5	92.1	17.5
210	97.9	97.9	97.9	97.5	97.1	97.5	97.9	97.1	97.1	97.5	0.8



# 感應熱壓印微結構轉寫實驗結果 2/2

➤ 轉寫率97%之微結構輪廓及SEM影像



轉寫率到達97%時，微結構之波峰波谷已經完全複製，其間可能因塑膠收縮或量測誤差導致微結構轉寫率無法達到百分之百。

# 結論

## 本研究創新開發感應熱壓印成型系統：

1. 利用磁屏蔽技術成功使加熱最大溫差低於 $20^{\circ}\text{C}$ ，解決感應加熱運用於熱壓印製程之最大瓶頸。
2. 運用感應加熱技術、磁屏蔽技術及氣體熱壓技術成功的於45秒內完成熱壓印製程，節省一半以上的成型時間。

## 感應熱壓印成型參數影響：

1. 較薄的阻熱層厚度及較低的模具水路溫度具有較佳的溫度均勻性及較短的成型週期。
2. 當感應加熱溫度至 $210^{\circ}\text{C}$ 以上時，微結構將可完整且均勻地轉印至塑膠表面上。

# 謝謝各位的指導 歡迎來臺東走走



粘世智 國立臺東專科學校 動力機械科助理教授

E-mail: [lawrence@ntc.edu.tw](mailto:lawrence@ntc.edu.tw) Mobile Phone: +886-910522646