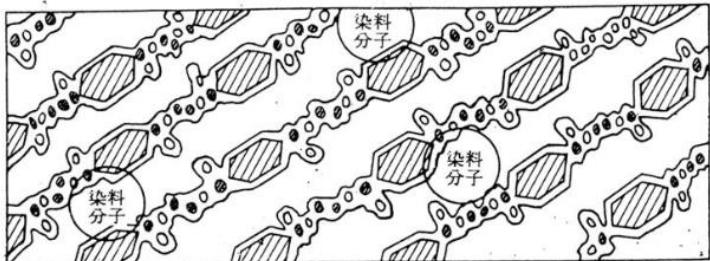


知識物件上傳表

計畫名稱：紡織製程節能技術研發計畫
 上傳主題：長纖織物關鍵染色溫度區間
 提報機構：財團法人紡織產業綜合研究所
 提報時間：112 年 11 月 08 日

與計畫相關	☒ 1. 是 ☐ 2. 否
國別	☒ 1. 國內 ☒ 2. 國外：(日本、美國、中國)
能源業務	☐ 1. 總體能源 ☐ 2. 化石能源 ☐ 3. 電力 ☐ 4. 核能 ☐ 5. 新及再生能源 ☒ 5. 節約能源
能源領域	☐ 1. 政策與法規 ☐ 2. 環境衝擊與調適 ☐ 3. 經濟及產業 ☒ 4. 科技 ☐ 5. 統計資訊
決策知識類別	☐ 1. 建言 (策略、政策、措施、法規) ☐ 2. 評析 (先進技術或方法、策略、政策、措施、法規) ☒ 3. 標竿及統計數據：技術或方法、產業、市場等趨勢分析 ☐ 4. 其他：
關鍵字	中文：長纖織物，染色，染著率，關鍵染色區間 英文：Filament fabric, Dyeing, Dye uptake, Key dyeing region
重點摘述	一、長纖織物的染色原理 長纖織物本質上為疏水性纖維，因染料分子很難進入長纖織物內部，導致一般用於天然纖維的染色方式無法適用於長纖織物上，目前國內主要使用溢流式染色機遂行長纖染色任務，係採高溫高壓染色法，如聚酯纖維需使用 130°C~135°C 的高溫及高壓(3 atm 以上)，尼龍則需要 95°C~100°C 的染色溫度，且持溫 40 分鐘以上。在高溫高壓環境下，織物分子間空隙變大，讓染料分子得以進入空隙內與織物分子建立穩定鍵結或經由凡得瓦爾力結合，以得到較好的染色牢度(至少 3-4)。示意圖如下。 $\begin{array}{c} \text{O}-\text{N}-\text{H} \cdots \cdots \text{O}=\text{C}-\text{O}-\text{R}' \\ \qquad \qquad \\ \text{H} \qquad \qquad \text{R} \end{array}$  圖 1、聚酯纖維及染料分子配置示意圖 二、纖維材料熱力學三態 高分子纖維在受熱且尚未進入晶態前，會先經過三段相態變化，首先是玻璃態，纖維內部大分子熱運動的能量較低，鍵段處於被“凍結”狀態，纖維的拉伸量很高，強力高，變形能力小；溫度持續上升後進入黏彈態，開始轉

變的溫度稱 T_g 點，纖維拉伸量突然下降，但少許受力後就容易變形，而且當外力解除後，變形快速恢復。換句話說這個階段的高分子卷縮、伸直與變形會比較容易，也是進行染色的良好時機；當溫度再繼續上升達到某一溫度（稱為 T_f 點）後，進入熔融態，此時高分子的熱運動已大於分子間的作用力，分子間出現相對滑移，變形能力顯著增大且不可逆。此區間已不適合染色，因此我們會把染色溫度設定在 T_f 點以前的 130°C 至 135°C 。如下圖所示。

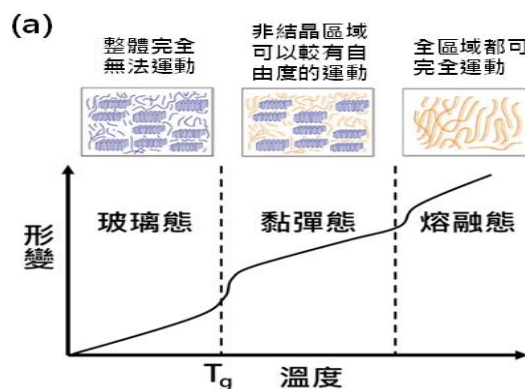


圖 2、長纖分子鏈段形變與溫度關係圖

三、長纖織物關鍵染色溫度區間

實驗觀察長纖織物的上色情形，我們發現織物染著率的變化情形不是固定值，在溫度進入 T_g 點以後，染著率的變化會相對快速，這代表在染著率快速變動的溫度區間內，染色發生色花瑕疵的機率變高，在這個關鍵染色區間內的升溫速率不宜太快，以維持染色品質的穩定。

如下圖所示，聚酯纖維在 90°C ~ 130°C 之間的染著率變化明顯變快，可假設此區間即為該布種規格的關鍵染色區間。

■ 升溫速度： $1.0^{\circ}\text{C}/\text{min}$

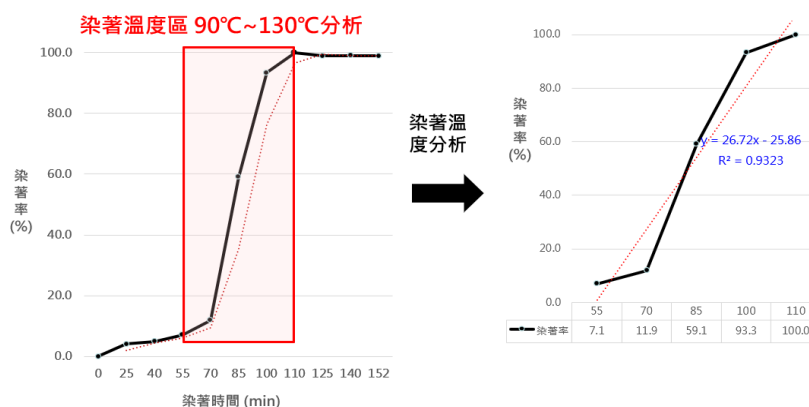


圖 3、聚酯纖維在 $1.0^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 升溫速度下的染著溫度分析

如下圖所示，使用跟上圖同樣布種規格的實驗數據得知，升溫速度調整為 $2.0^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 時，也是在 90°C ~ 130°C 之間的染著率變化明顯變快，因此可判定此為該布種規格的關鍵染色區間。而且在 $2.0^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 的升溫速度下，染著率的變化量變得更不穩定，產生色花或色不均的機率變高，因此該區間的升溫速度應該要設小一點。

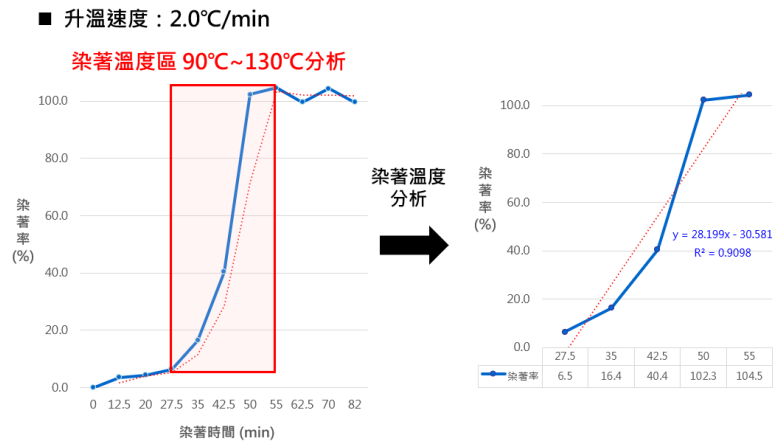


圖 4、聚酯纖維在 2.0°C/min 升溫速度下的染著溫度分析

四、節能潛力

染色機運行期間所消耗的能源為電力與熱蒸氣(由鍋爐提供)，只要設備為運轉狀態，就會持續的消耗電力，由於機體與管路間不可能處於完全密封狀態，即以在染色工段已進入持溫階段，仍持續會有一部份的熱能溢散掉。換句話說，在染程進行的期間，電力跟熱能都會持續的消耗，反過來說，減少染程時間就可以減少能源的耗費。

所以在非關鍵染色溫度區間，這溫度區間段的染著率提昇很慢，不容易造成色花，因此它的升溫可以儘可能調最快，以縮短升溫所需時間，能被縮短的運轉時間內所耗能量即為我們在升溫段可以獲得的節能潛力。

五、結論

- 長纖織物存在快速上色區間，稱之為關鍵染色溫度區間。
- 長纖織物的關鍵染色溫度區間與高分子纖維的鏈段形變存在對應關係。
- 同一布種，不同規格(布重、織法)的關鍵染色區間大同小異。
- Nylon 亦為高分子纖維，其關鍵染色區間特性與聚酯纖維應雷同。
- 在關鍵染色溫度區間的升溫速度不宜超過 2.0°C 以免造成瑕疵，在其他區域的升溫速度可以試著調快且不會影響到染色品質。

六、參考文獻

1. 廖盛焜、郭文貴、林尚明、張振忠，陳兆琦(2005)，染整技術原理與實務，台灣：經濟部工業局。
2. 林峯標(2008)，耐隆與聚酯針織紡織品快速化染色技術研究，台灣：逢甲大學。
3. 東升數碼(2013)，2013 東升數碼杯節能減排與印染新技術交流會資料集，杭州：浙武省印染行業協會。
4. Paul J. Flory(2019)，Principles of Polymer Chemistry，北京：世界圖書。
5. 蔡勝利(2017)，複合纖維紗線、織物：浸染實務與工廠精實管理，台灣：棉布印染整理工業同業公會、絲綢印染整理工業同業公會。

註：1.請計畫執行單位上傳提供較具策略性的知識物件，不限計畫執行有關內容。

2.文字精要具體，量化數據盡量輔以圖表說明。