

硬化鋼件表面 精磨時之損傷問題

魏 振 蓀 編 譯
王 樹 良 校 閱

•

大東書局出版

硬化鋼件表面 精磨時之損傷問題

魏振孫 編譯
王樹良 校閱

大東書局出版

一九五三年三月初版

硬化鋼件表面精磨時之損傷問題

定價人民幣：4500元

編譯者 魏振蓀

校閱者 王樹良

出版發行者 大東書局

福州路三一〇號

印刷者 聯華印刷廠

上海天潼路242弄26號

版權所有
不准翻印



書號：5089 (0001—3000)

目 錄

一、損傷之種類與其重要性.....	1
1. 裂紋.....	1
2. 內應力.....	11
3. 燒灼.....	13
二、磨損查察法.....	16
1. 淬硬鋼料之裂紋檢查.....	16
2. 其他硬質鋼料之裂紋檢查.....	31
3. 裂紋範型.....	34
4. 表面應力之檢查.....	36
5. 燒灼之性質.....	40
6. 燒灼現象檢查法.....	42
三、磨削因素.....	47
1. 磨輪面之情況.....	47
2. 磨輪其他因素.....	48
3. 機床之因素.....	50
四、冶金方面之問題.....	54
1. 淬火情況.....	54
2. 淬火及回火後之敏感性.....	56
3. 加炭後之敏感性.....	56
4. 其他促使敏感之原因.....	57
五、損裂舉例.....	59
1. 汽缸內主磨削後之“碎裂”.....	59

一 損傷之種類與其重要性

1. 裂紋 在磨光面上最常發現之嚴重損傷為裂紋，因裂紋部份為全部工件上最脆弱之點，應用時受到外力作用最易擴大而破裂，常因此而造成不幸之後果。所以原則上對於一切磨光面上之裂紋均應注意而儘可能地避免其發生。表面裂紋常因磨光而發現於淬硬之鋼料或硬質合金上。但有時像鉛質之較軟工件亦會因切割磨輪（Abrasive cut-off wheel）進刀過速而產生裂紋，此項損傷常使工件頂端在以後鍛製時裂開。

在討論淬硬鋼料之磨損裂紋時，須與因淬火而產生之裂紋



圖 1 工具鋼淬硬後，因熱處理不當而起之裂紋，深而較粗。

區別清楚，因後者在磨光前即已存在，（有時因磨前不易發現，在表面磨光後才顯明），而前者則否。圖1與圖2為二種不同裂紋之例子。其最明顯之區別為磨損裂紋較淺而細密，且與磨輪之顆粒痕迹有一定關係，



圖 2 淬硬工具鋼上，因磨削過烈而生之裂紋，淺而較細。

但因淬火而產生之磨前裂紋，則較深而粗大。有時磨損裂紋之產生是因鋼料淬硬方法不當，使其對磨削發生過敏反應，因此即使輕微之進刀，亦易在表面發生裂紋。因此究係因為淬火不當，過敏反應而生裂紋，還是因為磨削過烈，而使表面損裂，如單從裂紋表面情況去推測，是很難加以斷定的，必須深入對淬火方法及磨削情況進行分析，方能決定其裂紋之來源而加以糾正。圖10及圖11。

為使上述情況更形明確起見，曾作下列之試驗。將三種不同標準之工具及模子鋼，各取二三件，加以精確之表面磨削。每種鋼料之第一件，依製造廠商之指示進行熱處理，而其他數件則故意以其他方法處理，使產生較大內應力及脆性，然後將其經數次磨削，並使生高熱直至所有試驗工件全呈裂紋為止。此項試件在熱處理後每次磨前及磨後之裂紋情況皆經浸蝕及縝密之查察。每次磨削之情況，裂紋產生之位置、大小、形狀、及數量皆經準確地加以記錄。

由以上試驗所得之結論，雖僅得自三種鋼料，並且僅用一種磨法，但大致可應用於其他鋼料及其他磨法上，而無多大之例外。上述試驗證明：淬硬面上經磨光後所產生之裂紋，並非僅因淬火之不當，或僅因磨削之不當，而大部實係由兩者交合之影響而產生。

如將正確淬硬之鋼料施以不當之磨削，則結果將使工件表面呈現裂紋，同樣如以不當方法淬硬之鋼料，施以正確之輕微磨削，亦可使其開裂。在此二者之間，可有各種不同之配合，形成各

種不同之裂痕。

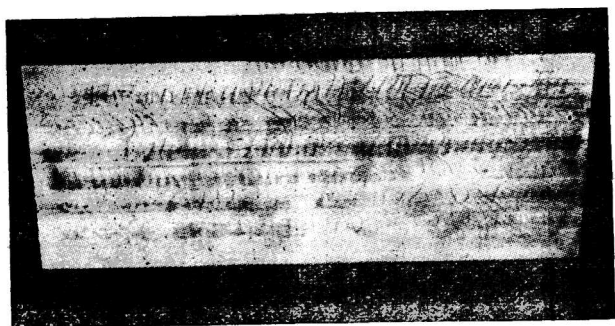


圖 3 高速鋼，熱處理恰當，但磨削時燒灼成暗藍色。

圖 3 為正確淬火後之高速鋼，因磨削不當而產生之裂紋，圖 4 所示則為正確淬火之高速鋼，但未經延化

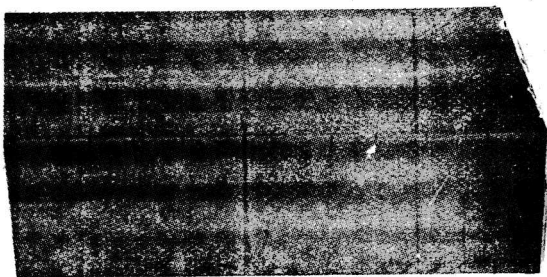


圖 4 高速鋼，適當溫度急冷後，未延化。磨削時燒灼成草黃色

(draw)，再加不當之磨削而產生之裂紋。

試驗所用之材料 此項試驗所用之三種鋼料為高速鋼，鎢鉻鋼及炭鉻鋼。鎢鉻鋼為組織較密，變形較少之模子鋼而炭鉻鋼則為高炭、高鉻、堅韌而具高度抗磨力之模子鋼。表一為三種鋼料之成份及標準處理情況。所有鋼料皆用油淬。延化溫度之範圍可隨所需之硬度及韌度而加變更，硬度隨延化溫度之提高

而減低，韌度則隨之增高。

試件之準備 所用之試件先自鋼條上鋸成所需之長短用砂輪將表面層磨去約 $\frac{1}{16}$ 吋之深度，以清除表面垢殼 (scale) 及疵病，所用之砂輪為 19 A 46 氧化鋁製成，磨時注以充沛之冷卻液。然後將試件放在熱硫酸中浸蝕達十五分鐘，再細察其表面之疵病。在淬火後再重覆進行上述之工作將垢殼去除，並查察其表面裂紋。最後在磨削前，每一試件須在硬度機上試其硬度及均勻度，每端取四個讀數。

試件處理法 表二所列為每一試件熱處理之情況。所有高速鋼件先在電爐中預熱三十分鐘，再移至用氣體燃燒之加熱爐中，在二十分鐘內將溫度提高至 2350 °F，然後浸入油中急冷。所有淬硬及冷卻溫度皆用高溫計縝密測定。此後延化工作則在一備有高溫記錄計之特製延化電爐中進行。炭鉻鋼在延化後以油冷卻，而高速鋼及鎢鉻鋼則在空氣中冷卻。與表一比較，表二中之所列之延化溫度能使鋼件較硬而脆。

表 一

鋼 料 種 類	成 份			淬 硬 溫 度 °F	延 化 溫 度 °F
	炭	鎢	鉻		
高速鋼	.70%	18.0%	4.0%	2250-2400	1000-1150
油淬鎢鉻鋼	.85	.50	1.55	1550-1550	400-600
高炭高鉻鋼	2.35	1.0	10.5	1700-1750	500-850

表 二

標 件	急冷溫度 °F	延化溫度 °F	洛氏硬度	附 註
高速鋼: $\frac{15}{16}$ 吋× $1\frac{5}{8}$ 吋× $2\frac{7}{8}$ 吋				
* 1-1	2750	1050	C64	恰當地熱處理
3-2	2350		C65	未延化
3-3	2350		C65	保持在急冷溫度達20分鐘, 未延化

鎢鉻鋼: 1吋× $1\frac{1}{2}$ 吋×3吋

* 1-1	1520	400	C60	恰當地熱處理
1-2	1520		C60	未延化
1-3	1650		C63	角部有孔, *過熱, 未延化
2-3	1520	400	C61	角部有孔, *恰當地熱處理

炭鉻鋼: $\frac{15}{16}$ 吋× $1\frac{1}{2}$ 吋×3吋

* 1-1	1725	500	C60	恰當地熱處理
1-2	1725		C65	未延化
1-3	1850		C65	角部有孔, *過熱125 °F, 未延化
2-3	1775	500	C60	角部有孔, *恰當地熱處理

* 在 *1-2及*2-3兩樣件(鎢鉻鋼及炭鉻鋼)之角部鑽有數孔, 使急冷時產生較大之應力。

試件磨法 所有試件皆在工具磨床上以精確之平面乾磨法進行工作。

磨削種類.....乾磨, 用8吋× $1\frac{1}{2}$ 吋砂輪

磨輪速度..... 4500呎/分之邊緣速度

台面速度(traverse)..... 120吋/分

橫向進刀(cross feed)..... 0.1或0.2吋(每一行程)

垂直進刀 (vertical feed) ... 0.0005 或 0.001 吋 (每橫向進刀)

每次總進刀量 (垂直進刀) 0.015 吋

砂輪整形 金鋼鑽進給 0.0005 吋 (每一行程)

試件放在磁性夾頭上，先用 38A46-HS ① 矽酸鹽黏合體之砂輪 (Silicate wheel) 磨過一道，然後用硬度逐漸增加之砂輪繼續磨削，直至工件表面經浸蝕後發現裂紋為止。每磨過一道須浸蝕一次，以查驗其有無裂紋。在用 38A46-KV 玻璃狀黏合體之砂輪 (Vitrified wheel) 時，每次曾橫向進刀 0.2 吋，垂直進刀 0.001 吋，使工件表面受到較烈之燒灼。每次磨輪之作用，包括表面光滑度、砂輪磨耗率及工件表面燒灼後之變色程度均經特別注意。磨輪之耗損率係以總進刀量減去工件表面之磨去量而求得。

表 三

樣 件	熱 處 理	使裂之磨輪*	燒灼程度	進 刀 (吋)		裂 紋 情 況
				橫向	垂直	
高速鋼 * 1-1	正確地淬硬與延化	38A46-KV 玻璃狀黏合體	暗 藍	0.2"	0.0005"	極細之網狀裂紋，深不超過 .005 吋 (見圖3)
* 3-2	正確地淬硬，未延化	38A 46-IV 玻璃狀黏合體	淡草黃	0.1"	0.0005"	極少但頗深之一條，幾乎佔全部樣件 (圖4)
* 2-3	沉澱於淬火熱量中，未延化	38A 46-IS 矽酸鹽黏合體	淡草黃	0.1"	0.0005"	表面有較粗之網狀裂紋，並有數條橫過全樣件之闊裂紋 (圖5)

* 所有樣件，先經磨削，不使有裂紋，然後再劇烈磨削，促使開裂。

① 38A46——HS 為磨登公司 (Norton Co.) 對於砂輪的編號；38A 表示某一種氧化鋁的磨料；16 指磨料顆粒的粗細，即粒度，46 為一種中等的粒度；H 表砂輪的硬度，以英文字母表示，由 G 至 I 表極軟，由 J 至 L 表軟，由 M 至 P 表中等，由 Q 至 S 表硬，而 T、U 表極硬；S 表矽酸鹽黏合體，另有 V 表玻璃狀黏合體。

表 四

樣 件	熱 處 理	使裂之磨輪*	燒灼程度	進 刀 (吋)		裂 紋 情 況
				橫向	垂直	
鎢鉻鋼 * 1-1	正確地淬 硬及延化	38A 46-KV 玻璃狀黏合體	暗 藍	0.2"	.0005"	裂紋較*2-3少, 但較闊, 深約 $\frac{3}{16}$ 吋。
* 1-2	正確地淬硬, 未延化	38A 46-JS 矽酸鹽黏合體	暗草黃	0.2"	.0005"	甚少, 中度闊, 深 不超過 $\frac{1}{16}$ 吋, 成 網狀。
* 1-3	過熱 125 °F 未延化(有孔)	38A 46-KV 玻璃狀黏合體	藍 色	0.2"	.001"	甚少, 極寬, $\frac{1}{4}$ 吋 深。(見圖6)
* 2-3	正確地淬硬及 延化(有孔)	38A 46-KV 玻璃狀黏合體	藍 色	0.2"	.001"	許多細微之表面 裂紋, 深不超過 $\frac{1}{16}$ 吋。(見圖7)

* 所有樣件先經細度磨削, 不使有裂紋。

表 五

樣 件	熱 處 理	使裂之磨輪*	燒灼程度	進 刀 (吋)		裂 紋 情 況
				橫向	垂直	
炭鉻鋼 * 1-1	正確地淬 硬及延化	38A 46-KV 玻璃狀黏合體	暗藍色	0.2"	.0005"	數條直線裂紋, 較闊但淺。
* 1-2	正確地淬硬, 未延化	38A 46-JS 矽酸鹽黏合體	暗草黃	0.2"	.0005"	網狀, 較闊, 深度 不超過 $\frac{1}{16}$ 吋。
* 1-3	過熱 125 °F 未延化(有孔)	38A 46-KV 玻璃狀黏合體	藍 色	0.2"	.001"	網狀, 較闊, 深度 不超過 $\frac{1}{4}$ 吋(見 圖8)
* 2-3	正確地淬硬 及延化(有 孔)	38A 46-KV 玻璃狀黏合體	藍 色	0.2"	.001"	細密之網狀, 深 度不超過 $\frac{1}{32}$ 吋。 (見圖9)

* 所有樣件, 先經輕度磨削, 不使有裂紋。



圖 5 高速鋼，沉浸於適當之熱度中冷卻，未延化，磨削時表面燒灼或輕微的草黃色。



圖 6 鎢鉻模子鋼，急冷前過熱，未延化。磨削時產生藍色燒灼現象。

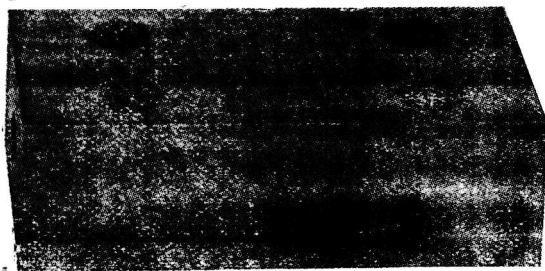


圖 7 鎢鉻模子鋼，恰當地熱處理後，磨削時燒灼成暗藍色。

試件之查察及結果

表三、四、五所列為每一試件之熱處理方法，磨削經過及裂紋情況。表上所列之每一磨削情況為其促成裂紋中之最緩和者。試驗之結果大致可總結如下：

1. 試件如經熱處理，產生較烈之內應力及脆弱性，則雖較輕之磨削亦易使其裂開，反之如熱處理後內應力及脆弱性較

少，則須經較烈之磨削，方生表面裂紋。

2. 熱處理後，內應力較大且較脆之試件，其裂紋一般較稀，但較闊而深，並且幾乎延長至全部工件表面。反之，如熱處理後，內應力及脆性較少，而受較烈之磨

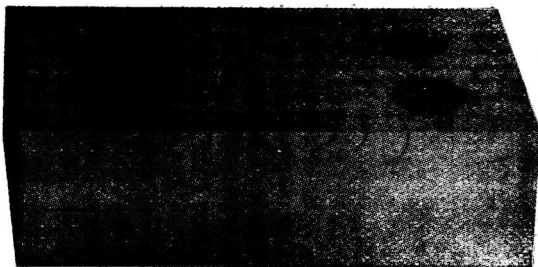


圖 8 炭鎢模子鋼，急冷前退熱，未延化。磨削時燒灼成藍色。

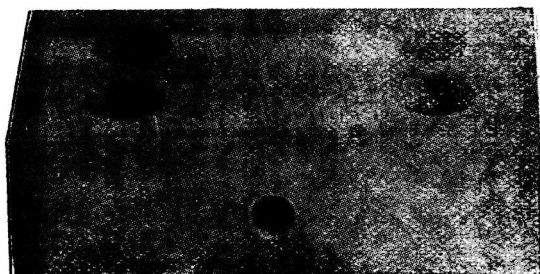


圖 9 炭鎢模子鋼，恰當地熱處理後，磨削時燒灼成藍色。

削，因此產生裂紋之工件，其裂紋較細而淺，且表面呈現網狀結構。

3. 所有試件在未呈現裂紋前，磨削進行均甚順利。

4. 所有試件，在因磨削而產生高熱使表面變色前無呈現裂紋者。

5. 所有促使試件裂開之磨削情況，除少數例外，皆不宜於一般應用。因其易使工件受熱而扭曲，並能使磨輪與工件間因磨輪嵌沒(glazing)無法適應進刀量而產生過度之壓力。

6. 在此試驗中有一顯著之現象，即各種不同之鋼料對不同之熱處理方法及磨削情況會產生各種不同之反應。此種現象顯因各種鋼料中之主要構成分子，其物理性能各各不同而然。如高速鋼最易開裂，但磨輪耗損較少，而炭鉻鋼較難開裂，但磨輪損耗最快。普通磨床工作者之經驗為磨輪損耗量與工件之脆弱間接有關。所用之三種鋼料，其硬度相差無幾。

上述結論，1, 2 兩條對所有不當之熱處理及磨削情況皆可應用。3, 4, 5, 對磨削情況較為着重，並且試驗結果與淬火不當之程度有關，故可能不適宜應用於所有其他事例。上面所述之淬火不當係指因淬火而使工件產生過度之內應力與脆弱性，其成因包括下列各因素：加熱情況與程度，急冷方法，急冷液之種類，有無經過延化之作用。往往略去延化工作為使工件發生過度內應力與脆弱性之原因之一。而有時在淬大型模子或複雜形狀之工具鋼時，雖用正確熱處理法，其較薄切面處常因過度受力，以致裂開，故在磨削此項工作時，須加倍注意，以免因磨削不當，而促成更嚴重之裂痕。

又上面所稱磨削不當，一般係指，因進刀過多，或磨輪嵌沒而變鈍，致使產生高熱之現象。磨輪嵌沒之主因為磨輪太硬或機床運用不當。總之如發現工件表面因燒灼而變色，工作者便須特別留意，因為這是對磨削情況不當之警告信號，表示工件已受過度內應力，甚至達到開裂之階段。

（至於工件表面因燒灼而變色之情況，將於後段詳述）

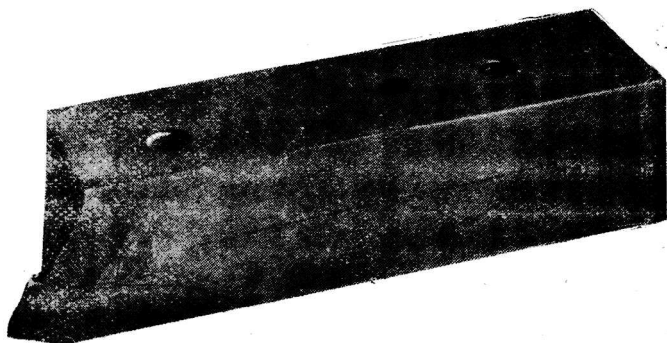


圖 10 炭鎢模子鋼，極硬與脆。側邊之裂紋因淬火不當而產生，頂面之細密裂紋則由磨削而生，與淬火無關。

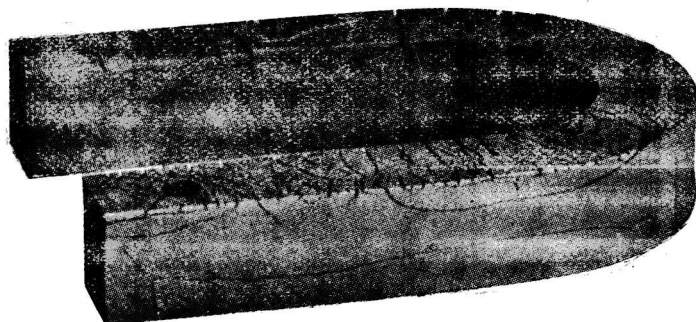


圖 11 炭鋼用以處理成永久磁鐵。由其表面之變色與細密之裂紋，可知係因磨削之不當致損。但因再由較深及較闊之裂紋觀之，其熱處理亦不甚恰當，因永久磁鐵之熱處理，要求甚為嚴格，需要十分小心與超越之技術。故磨削時，亦須格外留意，勿因磨削不當，而使熱處理之裂紋一併產生。

2. 內應力 磨光之表面可能無裂紋而表面內部則由磨削，產生應力實際業已受損。表面內應力通常存在於工件之表面層上，深僅數公絲。圖12以彈簧附着於薄片之表面，以比喻表面

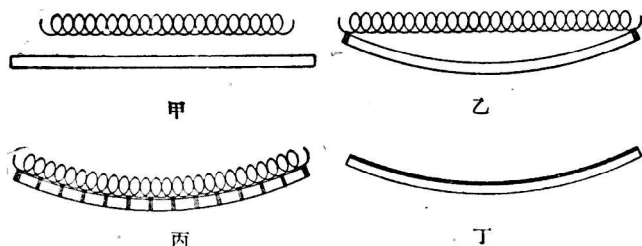


圖 12 上圖解釋表面應力之作用。

甲 一薄片及較短的一段彈簧。

乙 薄片向上彎曲，以湊合彈簧，致使彈簧略受拉力。

丙 薄片再行向上略彎，使彈簧與其各部密合。

丁 另一薄片，表面層（黑色）因磨削而受張力，其作用與丙圖中之彈簧相同。

應力之作用。薄片之表面如因磨削過烈而產生表面張力即能使

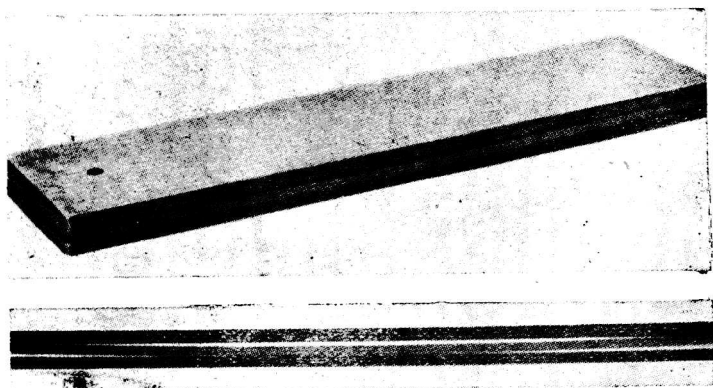


圖 13 三薄片——淬硬工具鋼——經磨削後，表示表面應力與變形之情況。

底片：兩面皆經輕微之磨削，無表面應力；薄片平直度在0.0001吋之內。

中片：底面經輕磨，頂面劇磨；頂面受強度張力，故薄片向上彎約0.03吋左右。

頂片：兩面皆經劇磨，皆受高度應力；但因兩面抵消，故仍保持平直，如無應力之底片一樣。

工件變形如(D)所示。但有時雖然工件無顯著之變形，而表面內應力仍有存在之可能。假如薄片二面皆產生相等之表面應力，則其影響恰巧抵消而薄片保持其原來之平直度。圖13表示三薄片，二面各經不同程度之磨削，結果因二面不同強度之表面應力而產生各異之變形。如工件上無較薄之切面其堅強度足以防止工件之變形，則雖有高度之應力，亦無顯著之變形，然而此並不說明應力之不存在。工件變形通常如彎曲或扭歪與有時可能產生之低點現象。“低點”現象之產生是因工件部份受熱過甚，較附近地區擴張為快，因此稍形突起，磨削後表面固然磨成同樣平度，但在冷卻時，此過熱部份收縮較多，因而低了下去。在較硬之材料上，如淬硬鋼料或硬質合金等，表面應力有時在不同部份之強弱不同。如在某部份應力過強，可能超過其破裂極限，因而在表面磨光後發生裂紋。故對於表面應力之強弱，一般係根據其變形程度及開裂現象而加以判斷。有時可能無變形或開裂現象，但因高度表面內應力之存在而使工件應用時受嚴重之交替應力(alternate Stress)而減短其使用之壽命，如在飛機引擎及齒輪上所發現者。

在一般使用上，磨削所產生之表面應力，對於工件之應用，並無多大嚴重之影響。

3. 燒灼 在磨削時可能產生之第三種表面損傷為燒灼，如圖14一般磨床工作者最熟悉者為表面受短時期之高溫而產生一層甚薄之氧化物，因而發生極明顯之表面變色。同樣之變色在回火時如將工件以較長時間(一小時以上)熱至較低之溫度，亦