機械工程材料實驗預習報告

衝擊、疲勞、磨耗實驗

實驗日期：111年10月5日

學生姓名：吳典謀

同組成員姓名：張瀚元、王睿哲、黃將身、周艾理、陳柏文、黃御銘、黃熙漢、黃健銘、宋庭宇、歐陽靖

1. 實驗目的

衝擊實驗顧名思義就是要將衝擊力道瞬間施加在試片上，以測試試片斷裂時吸收的能量。此能量可以用來代表衝擊強度，並且可以知道此材料相對於其他種材料的韌性與脆性。

疲勞實驗會測試材料容不容易疲勞，也就是材料受到反覆荷重時不會破壞的最高應力。在經過實驗後，將可以了解到材料疲勞的發生過程，並且可以了解到影響的因素有那些。可能影響的因素有形狀大小、加工法，以及荷重方式。這次實驗會研究這些因素對於材料的疲勞限度的影響。

磨耗實驗將測試各材料的滾動磨損與滑動磨損，讓我們了解各種不同材料表面的耐耗性。並且經過這次實驗，我們也會學習到磨耗試驗機的操作過程。

1. 實驗設備

衝擊實驗將會使用到以下的材料及設備：

1. 沙丕衝擊實驗機
2. 埃若德衝擊實驗機
3. 桿規、板規、凹口量規
4. 游標卡尺、分厘卡
5. 衝擊試片，其中還有分為兩種規格，分別為沙丕衝擊試片規格與埃若德衝擊試驗試片規格。

疲勞實驗將會使用到以下的材料及設備：

* + - 1. 旋轉式之疲勞實驗機
      2. 游標卡尺

磨耗試驗將會使用到以下的材料及設備：

1. 磨耗試驗機
2. 分厘卡
3. 精密天平
4. 實驗原理

衝擊實驗：

試片上會有凹孔，衝擊試驗利用了沙丕或埃若德衝擊試驗機在凹孔上施加瞬間的衝擊力。施加衝擊力後，可以測定出擊斷試片所吸收的能量與試片的斷面積。利用這兩個數值相除即為沙丕衝擊值：

那麼如何測定出擊斷試片所吸收的能量呢？衝擊試驗使用了重力位能與能量不滅法則，當擺錘舉高到某一個高度，並且讓其自由落下，衝撞置於定位的試片時，試片會斷裂並吸收部分能量，而剩下的能量則會讓擺錘往上抬高到另一端，並且有高度。假設擺錘重量為，我們可以得到以下的關係，左式為原有的能量，右式為試片吸收的能量加上餘留的能量。

在實驗時試驗機上的刻度為角度，而不是直接的高度。因此我們假設試驗機的擺錘重心到旋轉中心的距離為，而舉升角（舉高的角度）為，擺上角（擊斷試片後的擺錘升高角度）為，將上式簡化為以下關係式以方便實驗時計算。

本次實驗的目的為求出，因此我們將移到左式，其他移到右式以得到的算法。

以上的公式並沒有考慮到阻力，因此為使實驗更準確，可以先測量擺錘本身阻力造成的能量損失。假設無試片時擺錘由升高至，則我們可以測量出撞擊試片前因阻力而損失的能量如下。

注意我們將結果除以二，因為擺錘落下到撞到試片的行程大約為全部行程之一半。除了下落外，也可以求出抬升時阻力的影響。假設無試片時擺錘可由下落並升起至角度，則撞擊後擺錘因阻力而損失的能量如下。

由以上兩式，可以得到受到阻力總共的能量損耗如下。

接著，因為試片斷裂後會以一定速度飛出，並且將一部分能量轉換為動能，因此我們需要計算試片飛出時的動能。假設擺錘撞擊後瞬間的速度為，則撞擊後瞬間的動能如下：

假設試片飛出速度與擺錘速度相同，並且試片的重量為，則試片的動能為：

將阻力與試片飛出動能納入考慮後，我們可以得到更精準的如下。

將與截面積相除即可得到沙丕衝擊值：

若想要求埃若德衝擊值，埃若德衝擊值會直接等於。

一般材料之衝擊強度有下列五種：

* + - 1. 衝擊拉伸
      2. 衝擊壓縮
      3. 衝擊彎曲
      4. 扭曲衝擊
      5. 反覆衝擊

對於衝擊值小的鑄鐵及壓鑄合金等不是和衝擊試驗，因此工業上常採行的是有缺口試片之衝擊彎曲試驗，即一般所謂的衝擊試驗。

觀察試片的斷裂處可以發現不同的韌性與脆性會呈現不同的外觀。若斷口處灰暗無光澤平滑而帶有絲狀外表，表示材料晶粒細且富延韌性，反之，若外表呈現發亮的粗粒狀，則表示材料很脆，無韌性。通常在斷裂處呈現兩種不同區域，一為平滑絲狀區，是延性斷裂發生之處，另一種為粗粒狀部分，此乃最後發生脆裂處。

沙丕與埃若德衝擊實驗的原理相同，只有形狀與尺寸有差異。

試片被擊斷後，兩個斷片合起來可以量出一個角度，此角度越大代表試片吸收的應變能大，屬於韌性材料。如果角度越小，代表試片吸收的應變能小，屬於脆性材料。

材料在做衝擊試驗的時候，在某一溫度下會有韌脆轉變的現象。在此溫度以上，材料會有良好的韌性，若在此溫度以下，此材料的韌性會變得很差。此溫度稱為轉脆溫度。

疲勞實驗：

根據美國金屬學會的統計，近代的機械斷裂往往都是因為疲勞而造成疲勞斷裂。當機構因承受快速變化之週期應力或震動，日積月累下來，材料將逐漸導致疲勞而最後突然發生破斷。

疲勞試驗機有以下三種型式：

1. 拉伸壓縮疲勞試驗機：所承受的覆變荷重為軸向荷重。
2. 扭轉疲勞試驗機：所承受的是扭轉覆變荷重。
3. 旋轉彎曲疲勞試驗機：所承受的是直接剪斷荷重及彎曲荷重。

當試桿夾於試驗機上再施加荷重後，即啟動馬達使試桿旋轉。設試桿承受之彎曲矩為，由力學可以得知

其中為夾持點之支點到施力點之距離。

在材料力學中，若一根試桿受到彎曲矩作用時，試桿所承受的最大應力為

其中為軸心至軸面的距離，為面積慣性矩。對於試桿而言，有以下公式。

將上式代入最大應力公式可以得到

描繪出最大應力與旋轉數值之曲線圖，再以不同荷重以試桿所承受應力不同求其旋轉值，將其應力值與其所得旋轉值繪成S-N曲線圖。

材料受反覆應力之作用而破壞者稱之疲勞破壞。而不造成疲勞破壞之最大應力值稱為疲勞限，將其應力與旋轉數繪成圖即為S-N曲線圖。

在S-N曲線中，若為鋼鐵材料N至左右，曲線呈水平，此時應力表示材料無論經多少反覆次數皆不至於產生疲勞破壞的最大應力，亦即疲勞限或稱之為耐久限。

若非鋼鐵材料，材料試驗至或次而斷裂之應力，作為非鋼鐵材料之時間強度，需註記其選轉次數，亦稱為疲勞強度。

疲勞比為疲勞限對抗拉強度之比值，通常鋼的疲勞比約0.45~0.55之間，對有凹痕或被腐蝕的是桿而言，其疲勞比會降低。

疲勞過程可分下列四階段：

1. 第一階段：裂口初生
2. 第二階段：滑移帶裂口成長，此階段又稱第一期裂口成長。
3. 第三階段：裂口沿張應力高之面成長，又稱第二期裂口成長。
4. 第四階段：斷裂，一般可分成海灘紋及粗糙區

海灘紋因素為週期應力負荷所產生之烈口成長；斷面之腐蝕與氧化之間的差異；裂口尖端之應力集中而造成塑性流變。

粗糙區因素為上述四階段中，因截面積不足以承受荷重而斷破。

影響疲勞限度之原因有許多。材料強度越大者，因表面之凹痕效應而影響疲勞限度；材料表面受化學腐蝕時，會產生腐蝕疲勞，造成疲勞限降低。試驗時覆變速度若在每分鐘30000次以下時，對疲勞限無影響。但若疲勞試驗中間間斷，長時間休息會增加疲勞限。疲勞限會隨溫度上升而下降，經過淬火回火處理會增加其疲勞限。試桿承受過大應力，材料內部損傷會比較嚴重，且疲勞限降低。影響性質因素有表面效應、合金元素和晶粒大小、應力振幅、應力系統、振動頻率、溫度效應、試片大小等。

磨耗試驗：

磨耗試驗機有以下兩種：

1. 滑動型磨耗試驗機：測試試片是不動的，與轉動且比較硬的標準圓輪接觸，經過相當轉數後，度量固定試片的重量損失作為磨耗量觀察。固定試片上的深度或長度也可用來指示磨耗程度。
2. 滾動-滑動型磨耗試驗機：測試試片及其對磨標準片都是圓輪，兩者的轉數可以經由齒輪的調節而相等或有快慢，若兩轉數相等則僅發生滾動摩擦；若不同則測定相對滑動比。

磨耗現象有以下四種：

1. 黏著磨耗：固體表面接觸時，其高低峰端會妨礙固體表面做百分之百接觸，突出部分承受大壓力而產生塑性變形起冷焊作用，導致材料從比較弱的一側被黏著到較強的一側，稱為黏著磨耗。
2. 刮擦磨耗：硬質固體表面峰端刺入軟質物體表面，經由運動刮起軟質材料；有時外界硬質顆粒進入接觸面也會引起。
3. 表面疲勞磨耗：疲勞所導致的磨耗，因反覆週期變化應力作用在體表面，經連續操作，微小的裂縫在物體表面或內層產生，並擴大，當裂縫延伸至表面後導致材料剝落，又稱表面接觸疲勞。表面接觸疲勞分為四個過程，裂縫產生、裂縫延伸、第二裂縫產生與凹穴形成。
4. 腐蝕磨耗：若接觸環境有腐蝕性氣體或液體存在時，表面受到腐蝕有脆硬的氧化膜產生，此膜與母材結合力較弱，容易剝離，這種氧化及剝離作用不斷進行造成腐蝕磨耗。

影響磨耗之因素有以下五種：

1. 黏著性：不易黏著的材料組合，其耐磨性大。
2. 化學安定性：易腐蝕者耐磨性差。
3. 硬度與強度：硬質材料接觸點變形少，耐磨耗佳，但接觸不良時不易牢貼，磨耗量增大。
4. 表面粗糙度：粗糙度大時接觸不良黏著增加，易發生刮擦磨耗。
5. 熱傳導性：摩擦熱散熱不良時，會降低其耐磨性。

兩物體接觸摩擦，有應用潤滑劑之濕式法，即不用之乾式法。潤滑油除了可將接觸磨擦所生的熱量帶走以維持固體溫度不升高外，尚可提供油膜隔離兩接觸面峰端接觸，加油的磨耗試驗較合實際狀況，但會因油的性質、滲入程度、油溫等變動，磨耗量也較不易測定，且加潤滑油需要很長之測定時間，因此大多使用乾式法。

磨耗量之測定可由試驗前後之試片重量之減少，求直接摩耗量。要注意使用及精確之天平秤量，並注意試片清潔。

另外一種測定法為直接測量法，但此法較不精確。

1. 實驗步驟

衝擊實驗：

* + - 1. 將試片製作成標準試片之尺寸，凹口須小心加工，底部不得存在有害之切削痕，且試片任意相鄰之兩縱面彼此間需成直角。
      2. 以板規、桿規檢查試驗機各部份機構是否正常。
      3. 先空轉練習，熟悉機器各部功能。
      4. 除室溫外，準備不同溫度之恆溫槽浴。
      5. 將試片放入液浴中十分鐘以上，使之恆溫。
      6. 將離合器確實卡住擺錘。
      7. 將擺錘搖起桿轉動，使擺錘搖起些微角度，使試片容易放入。
         1. 沙丕：以試片規將試片缺口對正中心，放置於試片支持台上，且缺口背對刃口，再將刃口對準打擊中心。
         2. 埃若德：將缺口與試片支持台齊平，且缺口面對刃口，再將刃口對準打擊中心。
      8. 搖動擺錘搖起桿，使擺錘升高α角(自取)。
      9. 將刻度盤指針歸零。
      10. 鬆開離合器，使擺錘自由落下擊斷試片。
      11. 試片擊斷後立即拉煞車桿。
      12. 讀取刻度盤所示之β角。
      13. 搖下擺錘支撐桿，並將其與擺錘固定之。
      14. 將擺錘搖至α角，將刻度盤歸零，鬆開離合器使擺錘自由落下而不打擊試片，通過最低點後升高至另一邊最高點為φ角
      15. 拉煞車桿停止並讀取φ角。
      16. 再將擺錘支撐桿搖下將其與擺錘固定。
      17. 將擺錘搖至比β角稍大0.5度之角度，將刻度盤指針歸零，然後鬆開離合器使擺錘自由落下而不打擊試片，擺錘通過最低點後至另一邊之最高點角度。
      18. 讀取其刻度若等於β角，則θ角等於β+0.5度，若刻度比β角小則重複18，將擺錘搖至比β角多1度，直到刻度等於β角為止。
      19. 將所求之數據帶入衝擊值公式。
      20. 將每一試驗溫度使用三個試片測其衝擊值，由測得數據會出材料溫度與其衝擊值之關係曲線，決定其轉脆現象及轉脆溫度，並計算其脆性、延性破面率。
      21. 將試驗機恢復並保養。

疲勞實驗：

1. 先以拉伸試驗測定試片之抗拉強度及降伏強度，將試桿依標準試桿尺寸製作至少5支，並將表面依砂紙粗細之順序研磨，磨去加工條文並除去毛邊。
2. 調整試驗機左右軸承部的砝碼，使之平衡。
3. 調整自動停止器至適當高度，以便於在試桿斷裂時能自動切斷電源。
4. 將試桿裝置在夾頭上，並用量錶量測試片之平行部，慢慢的轉動軸，以測定是否有偏心，或是否裝置妥當。
5. 啟動馬達電源，使試桿空轉，再是其迴轉方向是否正確，運轉是否正常，並觀察試桿之夾持是否有鬆脫或震動現象，若有立即停止並重新整理之。
6. 待裝置完畢，使計數器歸零。
7. 利用馬達旋轉試桿時，迅速將荷重加上，以產生適當M
8. 至試桿斷裂便會觸及自動停止器而使馬達自動停止。
9. 讀取計數器上之數字再乘100，即為迴轉數。
10. 消除荷重，再裝另一試桿，並換成更小荷重，重複上述步驟試驗。
11. 將應力S及轉速N記錄在對數表上，以作S-N曲線圖。
12. 準備另外一組試桿，在表面故意留下凹痕，重複以上步驟，以研究表面效應的影響性。

磨耗試驗：

1. 依磨耗試驗機的特性製作出試片。製作試片的程序是先車製出毛胚，經硬化處理後，再進一步精磨成適當的尺寸。
2. 量測試片的硬度，並以丙酮清洗油污。
3. 分厘卡量測試片的尺寸精確到2um，精密天平秤其重量精確到1mg。
4. 改變磨耗試驗的測試條件，如負荷、轉速、時間等。
5. 測量試驗後試片的尺寸及重量，或磨損痕跡的尺寸。
6. 計算出試片的重量損失或尺寸縮減作為磨損量。