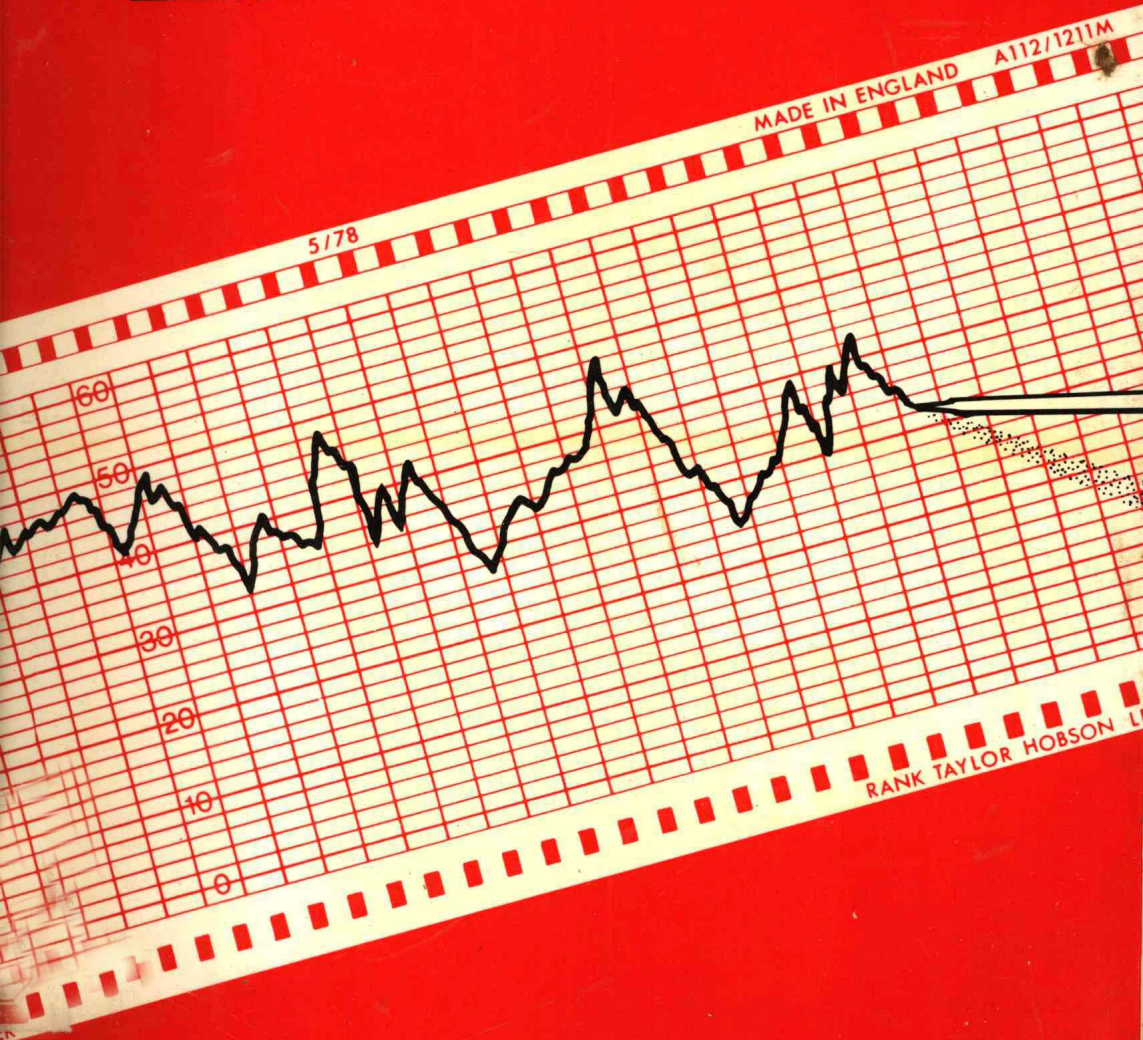


表面組織解說

H·DAGNALL M·A·

王廷飛 譯



前程出版社

科技用書

表面組織解說

作者：H. DAGNALL M. A.

譯者：王

江苏工业学院图书馆
藏书章

前程出版社

表面組織解說

定價 150 元

編譯者：王 廷 飛

發行者：張 睦 雄

出版者：前 程 出 版 社

地 址：高雄市建國三路 38 號

出版事業登記證：局版台業字第 1121 號

版權所有

翻印必究

總 經 銷：前程書店有限公司

郵政劃撥：0044893-5 號

地 址：高雄市建國三路 38 號

電 話：(07)2411874 號

中華民國 74 年元月初版

序

機械欲達到預期之功能，其構件在機械加工時須以“量度”來管制，才能確保優良品質。近年來國內正邁向技術密集，附加價值高的精密工業發展，機械加工品質的提升，極待加強，而“表面組織”及“真圓度”在精密尺寸量度佔極重的份量，尤其是精密加工另件，在這兩方面有極嚴格的要求。

現代工程除要求功能上的滿足之外，其他如使用期限的長久，構造的輕巧，材料使用的極限，環境、舒適等，都是設計時要考慮的要項。國內要求工業水準提升，須由自行根本的研究發展起步，諸如材料性質的研究，設計另件功能的改進，或整體成品的改良，都要配合試驗，不斷的提供改進，才可建立自己的技術資料，這些工作中極重要的材料試驗，已由早期的樣本試驗，構件試驗，走向整體結構在實際負荷及環境模擬下的全尺度試驗，即由靜態負荷的試驗走向動態負荷的試驗，這些已不是傳統式試驗機所能勝任，須以疲乏試驗機才能克竟其功。

所述三方面的技術都是國內工業及研究單位迫切需要的技術，但在一般書店還未發現有介紹此類技術的專書，今王君將極具價值的此類技術翻譯，以多年從事科學儀器服務人員的觀點視之，實具極大的意義，特此為序。



前 言

本書與“漫談真圓度”均為近代機械加工精密量度上重要的課題，作者詳細清楚的解說表面組織之起因、組成、特性，討論表面外形、量度圖形、及儀器使用間的原理與關係，對當今國際間及主要工業國家所發展之量度參數其幾何意義、數學定義及應用場合均詳加論述，有關探針式量度儀器之種類構造，使用也加以比較分析，最後並對已發展之非探針式儀器其量度方法及系統給予說明，使讀者能有系統的建立觀念，對表面組織量度之實務作業，及應用發展極有助益。

疏漏謬誤難免，敬請讀者指正，順此衷心感謝中美科學公司王增成先生的資料提供及鼓勵，前程出版社張睦雄先生熱心出版，及內人辛勞謄寫。

譯者 識



目錄

第一章 概 述 1

粗糙與平滑－爲何量度表面組織－控制－性能－功能－何謂
表面組織－表面的解說－將數字代入

第二章 表 面 17

表面是塊面積－組織隨使用而變化－複雜的表面組織－表面
組織的起因－粗糙度、波紋、形式－波峯、波谷是否同等重
要－方位－顆粒表面－複製品的製造－表面性質

第三章 外 形 32

外形包含所有的資料－圖形不是表面截面的放大－波峯及波
谷的形狀－探針尺寸及形狀－樣本長度－頻率反應

第四章 表面組織的參數 46

量度長度－參考線－儀表關斷值－粗糙度平均值－RMS 值
均方根值－波峯、波谷及高度－瑞典高度－十點高度－第三
點高度－承壓比值－Abbott-Firestone 曲線－波峯的組
成－波峯數－平均斜率－平均波長－振幅的分佈及歪斜－自
相關－R & W－波紋參數－外包線系統－參數間的關係－精
確性－儀器精確性－統計上的推廣－設計階段之表面組織－
標準化－結語－摘要

第五章 探針式的儀器 90

歷史的回顧－記錄器－外形圖示器－表面記錄器－外形儀器
－ Talysurf －探針式的儀器－關斷值－探針－收錄器－位
置感應收錄器－可變電感式－光電式－壓電式－動圈式（
Moving Coil）－收錄器基準－滑動器－獨立基準－探測
器致動器－放大器－濾波器－儀表－記錄器－校正－探測性
－曲面－彎曲基準－轉動式工作件－轉動收錄器－應用－
Talystep－現行的表面組織量度－印刷滾子－牙膏－大型
零件－刮鬚刀口－工具跳動－輔助外科手術－尼龍螺紋

第六章 其他的方法 151

比較樣品－深度規－磨擦－空氣量規－光學方法－反射－顯
微鏡－光學分段法－表面組織干涉儀－其他光學方法－電器
方法－表面的映像－輪廓量度－計算機之使應－未來發展

第七章 語彙 182

附錄 187

參考文獻

第一章 概 述

前頁兩種文獻的引用雖然時間差距超過七個半世紀，但所談的都是相同的問題——“量度”而且兩者均以規定量度的標準，並說明量度的作法來解決問題，大憲章（Magna carta）的句子中是由商業觀點來針對問題，就是吾人現在所謂的“保護消費者權益”而英國標準(1)（B.S.）是由工程品質的觀念來討論此問題。

顯然地每天生活、交易、工程及科學研究時，將一般的重量及量度（如公斤、公尺及公升等）標準化是很重要的，現今這些量度所共同接受的是經過長久嘗試後的結果，回溯至聖經時期，仍強調量度標準單位的使用，因此大憲章（Magna carta）在標準化歷史上也是不很早期的法令。

由上所知吾人現在可以毫不猶豫的認為：在日本製造的圓形機軸用英國的千分錶量度有 25.62 毫米的直徑時，將與在俄國製造而以美國製的千分錶量度 25.62 毫米直徑有相同的尺寸。因而尺寸不依機械製造者的精測或主觀判斷來決定。嚴格地尺寸控制成為可能，因為它可以用標準單位及標準方法來量度。

然而有些其他製造物的品質，很難描述，例如顏色，表面光度等等，而後者就是吾人將在此解說的主題。

本書不是一本深奧的論述，也不是一本教科書或介紹手冊，它甚至不準備教導如何去量度表面組織，而寧可幫您了解什麼是表面組織的度量，及它如何配合工程生產上的形態，隨著這些章節吾人將觀察表面，並試著去發現它們無數的特性中那些是重要

的，然後將觀測很進步的歸成一個數目，後者的工作是作表面特性量化的嘗試也是表面組織盤算的整個主題所圍繞之中心問題，總之材料的任何特性不論是尺寸，重量或表面光度要在製造中可被控制之前其特性必須可被量度。

粗糙與平滑

光滑表面有幾種方法可以區分其粗糙與否，觸摸時感覺不同，看起來不同，有的反射光線像鏡面，而粗糙者則無，有的表面全無形態，而有的卻經常有不同的晶粒及型態(規則或不規則)，有的可容易的滑過一相似表面，但是有的卻產生相當大的磨擦，這些差異使我們能夠由觸摸及觀看來區分粗糙和平滑，然而這些方法的缺點是太具主觀意識，當其用來設定表面那個被稱為完全粗糙或完全平滑時沒有兩位觀察者會有相同的意見，如表面由不同的加工方式車削及輪磨等來產生時其困難將更增加，尤其在工程製造方面，粗糙度及平滑等級之確切是相當重要的。不但影響另件的功能並可能決定其成本，所以吾人需要以數值來表示其表面到底如何粗糙(或如何平滑)，這是本書所要談之最基本觀念。

吾人所討論的尺寸經常很小，被表示成微米(記號 μm)，它是公尺的百萬分之一或為方便讀者更熟悉量度之英制單位，(圖1)提供微吋(百萬分之一吋記號 μin)的轉換刻度 $1\mu\text{m} = 40\text{in}$ 或 $1\mu\text{in} = 0.025\mu\text{m}$ 之大略值為依據。

為何量度表面組織

在作更進一步討論之前對這個非常有關聯的問題必需提供一

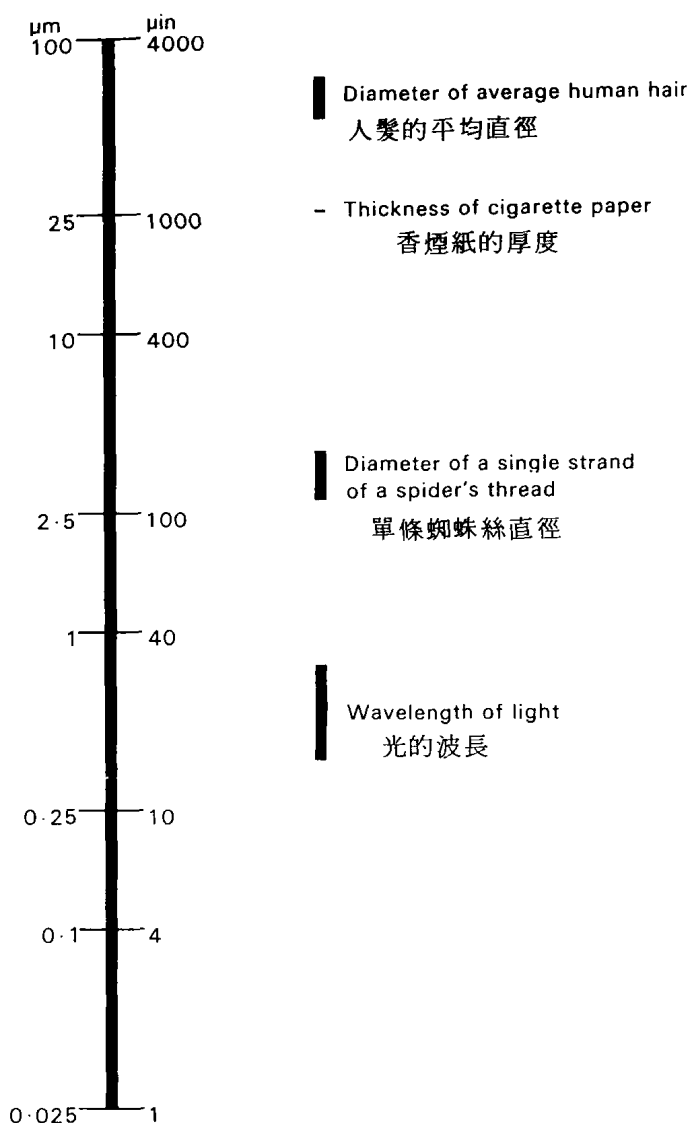


FIGURE 1 - Conversion between micrometres ($\mu\text{m} = 0.001 \text{ mm}$) and micro-inches ($\mu\text{in} = 0.000\,001 \text{ in}$) based on the approximate value $25 \text{ mm} = 1 \text{ in}$. The exact conversion is $25.4 \text{ mm} = 1 \text{ in}$, but the above approximation is generally used in surface texture measurement and is sufficiently accurate for the purpose.

圖 1 — 微米及微吋的轉換

些答案。

研究一零件製造的過程（圖 2）首先有它生產加工程序（製造）隨著是使用時期（性能），理想的情況是所有的生產加工程序（包括材料的物理及化學性質），在最佳設定下均能保持不變

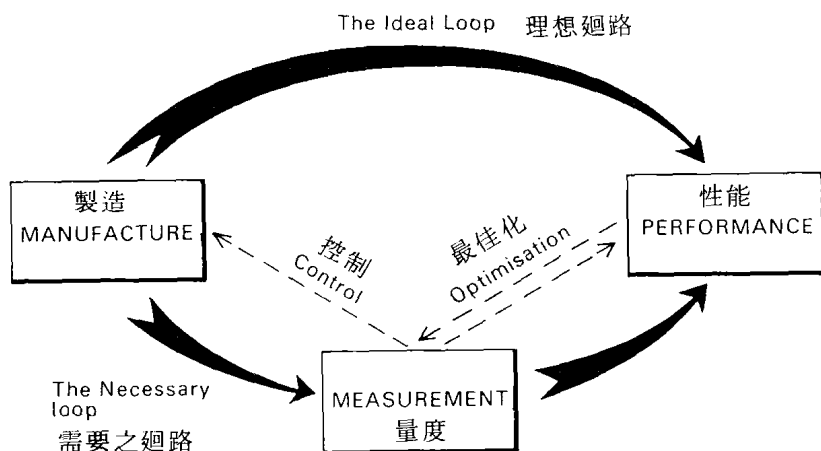


FIGURE 2 - Stages in the life of a manufactured component

圖 2 一另件製造歷程的階段

，所有生產的相同零件能立即被使用並具有同樣良好的功能及可靠性。但不幸地吾人所熟知，沒有一種製造程序能保持不變，它們都必須以某種方法來監督以測定其變化。諸如工具的磨損等都會影響性能，所以在製造和使用之間，必須列入一種中間步驟“量度”，這個步驟測定可能影響性能之零件其設計規格的所有偏差。顯然地尺寸和形狀必要經過修正，另外表面的物理特性，例如硬度及光滑度也同樣重要。

控制 (Control)

何事要作量度？要導源於控制，如果量度證實另外有一種性質，在設計容差之外，經過修正不再繼續發生差錯則不致於使整塊材料完全被廢棄，因此錯誤的原因必須被指出，並且修正，但其他隨後的部份也仍然會有錯誤發生，如此再重複修正，這就是我們所謂的“由量度來作控制”。

生產程序之任何部分改變，會導致於零件上許多可量度參數改變，表面組織對生產程序之改變特別敏感，甚至材料的組成或表面硬度也會被反映於加工零件的表面組織變化，工具之磨損，材料之應變及不正確的加工條件均能將其記號全部遺留在表面上。

因而表面組織是製造者的手紋，因為它是在一系列生產程序的終了量度，是一種重要的控制方法。

性能 (Performance)

就廣義而言，性能不只是機械上的功能，機件要能滿足使用者的不只是在機械方面工作正確，而且必須具有長久的使用期限，外觀也要能被接受然最重要的是它必須具有可被接受的生產成本。

一旦零件被認為滿意，表面組織必須被保持在特定範圍之內，使所有公稱相同之零件求得相對應之結果，最佳的組織既可由已證實之零件作量度或由實驗支持理論來決定，對往後的零件作量度是確定另件也能夠在性能上達到滿意的一種方法。

6 表面組織解說

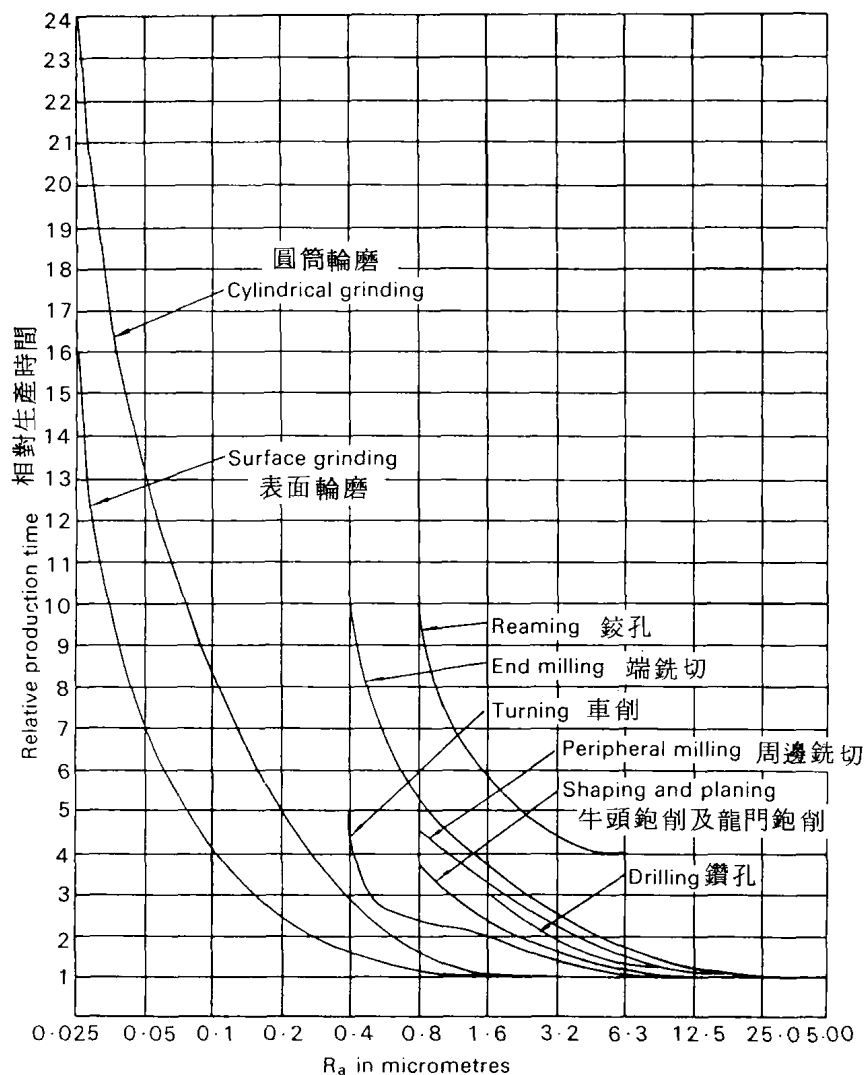


FIGURE 3 – The relative cost, in production time, necessary to produce finishes by different processes (for an explanation of the horizontal scale units, R_a , see page 46)

圖 3—以不同加工程序產生表面光度所須的相對成本（生產時間）
（水平尺寸單位 R_a ）

功能 (Function)

許多工程上之應用，表面組織密切的關聯到它的功能，特別是吾人所關心的表面是將與其他表面發生運動接觸者（當其和鄰近表面相鄰時功用必須適切的描述），有時建議愈光滑愈好是可被採用的，但是這也未必全對，因為還有其他因素要考慮，其中之一是潤滑的效果，爲了有效的潤滑，特定厚度的油膜必須被保持在表面上，並且發現粗糙的波谷對潤滑油的保持很重要。

另一避免“愈光滑愈好”的因素一般最實際的原因是成本，生產光滑表面要發費大量金錢，如果將表面拋光得比所需要的更好，則需附加相當大的生產成本，但卻不能獲得性能上的大量改進。（圖 3）

然而兩表面在相對運動下（例如軸與軸承）被潤滑，將發生些許磨耗如果表面最初是粗糙，在磨走粗糙的波峯後其將變成更平滑，如果表面組織在開始時就已經最佳化，現在因爲金屬的移走，則軸承內軸的配合將依快速用而變化，另一方面有些零件它們的功能是依磨擦或束縛而定。

夾緊裝置如果它們是粗糙的將被夾得更穩固，但甚至在這裏吾人也不能就規定“愈粗糙愈好”，因爲推入夾緊配合之銷子不能過度的粗糙，否則會緊壓零件使互相配合時由於磨耗而引起嚴重的傷害，甚至損壞其配合。另一種應用是使用唇形封套來避免液壓油或潤滑劑(2)的逃離，表面光度已被發現對其性能有相當大的影響。在汽車後轉軸這類封套經常被放置在差速箱及剎車機構之間，如果軸的光度太平滑則要在軸和橡皮封套之間保持油膜

8 表面組織解說

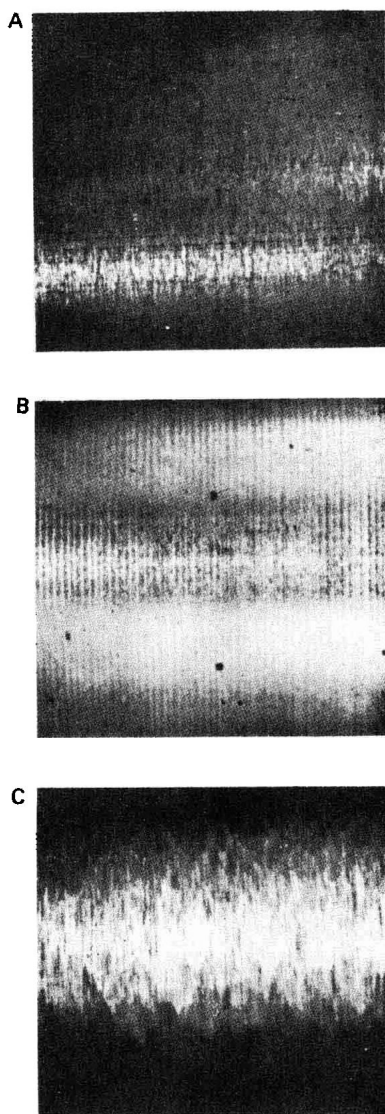


FIGURE 4 - A - Ground surface B - Ground surface showing errors of feed
C - Ground surface exhibiting tool chatter or vibration marks

圖 4—A—輪磨表面，B—輪磨表面呈現進刀誤差，C—輪磨表面
存有工具跳動或振動記號

將很困難。另一方面如果軸太粗糙將引起封套本身的磨耗而導致根本的破壞。對加工完成之金屬表面所遺留的組織作測定時經常可以顯示加工機器或工具上的缺陷及工具不正確的安裝或錯誤的操作程序（例如進刀錯誤或工具速度不正確）。圖 4 所示為工具跳動的例子，在表面上留有記號，並且也有進刀循環變化的現象。

表面的外觀有時很重要（吾人稱之為外表性質），以鋼片為例，常被用作裝飾表面，汽車車體及防撞桿等另件。表面組織被發現在噴漆或電鍍以及其外貌的均勻性之關係均有相當大的影響。

大多數人常有經驗嘗試對一光滑玻璃作噴漆，以求得良好穩固的結合，都要比粗糙表面困難許多。許多電器設備會產生熱，如果熱量不移走則零件可能造成損傷，甚至破壞。金屬間的熱傳導（例如電晶體熱源）經常是依賴由熱源將熱移至能夠散發熱而無有害效果的區域，然而越過兩塊金屬接合表面的熱傳效率，有一部份是依其表面組織而定，另外電氣接觸點的電阻也是依其組織而定。

不只是金屬表面需要控制其表面組織，紙張、塑膠片材如同擠製之纖維絲一樣需在具有可重複的光滑度下生產。許多材料是用滾軋，擠製或抽拉，經過模子來成形。而模子或滾子上任何表面上的不完美，如粗糙度、抓痕或磨損記號均會在產品上刻印相對應之記號。

在本書的課程內吾人將描述組織量度的其他應用，但是希望以上所給之例子被用來證實解說表面組織在實用上非常有意義。

表面組織的研究在設計階段就須開始，設計者要說明零件那個部位需要何類組織才能給予所要的性能——這就是說設計者必須具有瞭解表面組織及如何量度的知識，生產工程師必須設計安排工作程序使得所用之機器及工具能夠產生所要求之表面光度，又因為表面光度幾乎完全是加工程序的結果所以機器操作員必須瞭解什麼是表面組織。檢驗員必須對自己的檢驗感覺滿意，即表面光度在設計者所標註的容差之內。現用的表面組織量度，已經變成很容易，有時只要壓下按鈕讀取儀表數值，這些儀器的使用者經常忽略其作評估時所需具備的基礎，一般有了這些瞭解能導致對任何表面組織儀器作更靈巧的使用。

何謂表面組織

迄今吾人已經略為含糊的說明表面組織的粗糙及光滑但這仍是描述不夠清楚，現在吾人將正式的探究以決定這些名詞的意義。研究在理論上完美光滑的平板其表面 150 毫米長（圖 5A）如果在其中間有 15 微米深的凹陷（圖 5B），吾人仍然說它是平滑的，但是稍微彎曲，如果高點的間隔減半（圖 5C），我們對此表面的意見認為它仍然是平滑的但是有彎曲，然而當間隔更進一步減少時（圖 5D）則表面不再看起來平滑吾人稱之為成波紋狀，它很像在本書最前頁所示之砂粒波紋。再更加減少其間隔時，則波紋（吾人將稱其為不規則點）乃緊聚在一起用眼睛不能分辨其個別的波峯，此表面可稱為平坦但粗糙。

所以表面雖具有相同高度（15微米）之不規則點，但依這些