

哈尔滨工业大学讲义

金属性能

金相热处理教研室译

1956

金屬性能

金相熱處理教研室譯

1956

翻譯者： 金相熱處理教研室
出版者： 哈 爾 濱 工 業 大 學
印刷者： 哈爾濱工業大學印刷廠

1956 年11月出版 工本費0.80元

前 言

本讲义系根据苏联专家科学技术副博士扎米亚特宁 (М.М.Замятин) 副教授在我校讲授金属性能时所写的讲稿译出。扎米亚特宁专家在讲授本课程时，因受到时间限制，需要在 52 小时内讲完本课程，故讲稿内容较为精简而扼要。因此本讲义虽可供金相热处理专业学生在学本课程时参考，作为教材则内容尚嫌不足，但因考虑到目前尚缺乏金属性能方面的中文教材，对于尚未掌握俄文而学本课程的同志极感不便，故我们决定仍将此讲义付印，以供学本课程时参考。

本讲义的翻译工作是由本教研室的几位研究生戚正风、刘光裕等在课余时间合作进行的。

哈尔滨工业大学金相热处理教研室

1956 年 4 月

第一部

緒論

學習「金屬與合金的機械性能」課程的目的是熟識現代衡量金屬與合金的機械強度及可靠性的方法，認識衡量機械性能的标准。

在很多情況下，對金屬的主要要求和選用的原則系為機械零件、結構及其他金屬工件工作時的機械強度及可靠性。

金屬與合金的機械強度及可靠性與其化學成分、生產條件、冷或熱的壓力加工、熱處理以及使用的條件有關。

為了正確地選擇金屬或合金、選定合金的化學成份、甚而為了正確的制定生產及加工規程，以及規定正確的使用條件，金屬學熱處理工程師應該很好的知道代表金屬工件機械強度及可靠性的量度，並會應用調節成分、生產條件及加工方法來改變這些量。同時也應該會根據使用條件選擇所必需的金属與合金（亦即牠們必須具備的性質）。

A. C 拉甫洛夫，H. B 卡蘭努斯基及 Д. И 切爾諾夫等於十九世紀下半期作了首創的有關金屬與合金機械性能的研究工作。

現在蘇聯研究這一問題的最有名學者有 Н. Н 大衛金柯夫，В. Д 庫滋涅佐夫，Я. Б 弗里德曼等。

在中國，由於機械製造工業迅速的發展，研究「金屬機械性能」這門科學及培養這方面的中國專家就具有很大意義。

目 錄

第一部份 金屬與合金的機械性能

緒論

第一章	彈性、塑性及破斷	1
	彈性、塑性變形及破斷的概念	1
	呈現塑性變形與破斷的條件	2
	判別金屬機械強度及可靠性的方法	4
第二章	靜力拉伸時金屬與合金的機械性能	6
	靜力拉伸時金屬與合金的機械性能	6
	真實應力變圖	10
	拉伸試驗機	12
第三章	靜力壓縮、彎曲及扭轉試驗	14
	壓縮試驗	14
	彎曲試驗	15
	扭轉試驗	16
第四章	缺口至斜對靜力試驗結果的影響	18
第五章	變形速度對金屬與合金機械性能的影響，衝擊韌性試驗	22
	變形速度對金屬與合金機械性能的影響	22
	缺口試樣的衝擊試驗	24
第六章	高溫下金屬與合金的機械性能	27
第七章	金屬與合金的硬度及其試驗方法	29
	用球壓入法測金屬與合金的硬度	29
	應用金剛石圓錐的硬度試驗	30
	應用金剛石角錐的硬度試驗	30
	壓入法的硬度試驗儀器及其他硬度測量法	32
第八章	金屬與合金的疲勞	34
	疲勞極限與疲勞破壞的過程	34
	表面加工質量、腐蝕及提高溫度對金屬疲勞的影響	38
	熱處理及表面強化對疲勞的影響	39

第二部份 金屬與合金的物理性能

緒論

第一章	金屬與合金的磁性	43
第二章	鐵磁性金屬與合金	45
	鐵磁性、磁化曲線與磁滯曲線	45
	測量磁性的方法	46

第三章	鉄磁性在工業上及在研究工作中的應用	49
	組織對鉄磁性的影響	49
	研究相變的磁分析方法	50
	具有特殊磁性的材料	51
第四章	金屬與合金的導電性及電阻系數	53
	一般概念	53
	測量電阻的方法	54
	金屬與合金的導電性	56
	應用導電性及電阻研究合金平衡圖及合金中的相變	58
	具有特殊電阻的金屬與合金	58
第五章	金屬和合金的導熱性和溫度傳導性	59
	一般概念	59
	導熱系數的測定	60
	工業用合金的導熱性	61
第六章	金屬及合金的比熱與熱含量	63
	一般概念	63
	測量比熱的方法	64
	鋼鉄及各種常用金屬的比熱	64
第七章	熱分析	67
第八章	金屬及合金的熱電性	70
第九章	金屬及合金的比重	73
第十章	金屬及合金的熱膨脹	77
第十一章	金屬及合金的膨脹研究	81
第十二章	檢查金屬及合金質量的物理方法	84
	物理探傷法	84
	檢查金屬與合金組織及硬度的物理方法	86

第一章 彈性、塑性及破斷

彈性、塑性變形及破斷的概念

由于外力的作用金屬改變自己的形狀——即變形，如繼續增加外力，便要發生破壞。

在一般情況下有三個階段：

彈性變形、塑性變形或殘余變形（同時彈性變形仍在繼續）及破斷，這三個階段可以用拉伸圖表示出來（圖 1-1）。

在正應力作用下，彈性變形應為：

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E}.$$

式中： ε —— 相對變形；

σ —— 引起變形之應力；

E —— 正彈性系數。

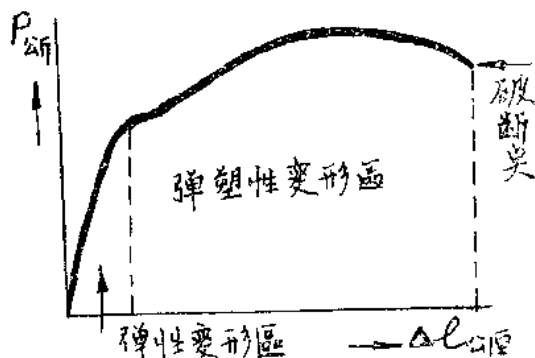


圖 1-1

彈性變形的絕對值很小，常見金屬的彈性系數如下：

鎂——4500 公斤/公厘²， 鉻——7200 公斤/公厘²，

鐵——21400 公斤/公厘²， 鎢——40000 公斤/公厘²。

大多數金屬與合金開始發生顯著塑性變形時之最大應力（屈服點），不超過正彈性系數的二百分之一。因此，在開始過渡到彈——塑性變形時的彈性變形一般不超過 0.005 或 0.5%。

與塑性變形同時產生的彈性變形比較大些，可以達到 0.01（1%），在特殊情況下能達到 0.02（2%）。

彈性常數與原子間相互作用力有關，但于加入少量雜質、壓力加工（加工硬化）、熱處理及其他方法時，其值改變甚小。

彈性系數與變形速度無關。但隨溫度升高而減少（例如鐵與鋼每升高 100°C 時約減小 3—4%）。

增加所作用的外力到應力高于彈性極限及屈服點時便產生塑性變形。塑性變形即去掉外力後不產生破壞，而有殘留下來的變形。

塑性變形大的材料稱它為塑性材料，粘土可作為非金屬塑性材料的例子。在許多情況下，但並不是絕對的，塑性變形大的材料得到塑性變形需要很大的功。在塑性變形及破壞時需要吸收大量功的材料便稱它為韌性的材料。塑性變形小（或根本不產生塑性變形）的材料，同樣，在變形和破壞時吸收少量的功，並稱此材料為脆性的。

塑性變形的機構是金屬學研究的問題

所有的金屬及合金，在不同的條件下，可能呈現出大的塑性和韌性，亦可能相反。塑性變形的產生與其大小，不僅與所研究的金屬與合金有關，也與試驗速度、溫度以及

应力状态有關。

在一定試驗条件下，塑性變形的產生与其大小不僅与金屬本性有關，而且与所加入少量的雜質、压力加工（加工硬化）、熱处理以及其他改變組織的因素有關。

在這方面，塑性變形完全不同于彈性變形。

金屬塑性變形的大小各不相同，許多金屬与合金具有非常大的相对變形。例如，在拉伸時对原長之相对伸長可達 0.5 (50%) 以上，而个别的局部變形，即縮頸处，甚至可達 5 (500%) 即局部伸長可達原長之 5—6 倍。

一般塑性變形較彈性變形大得多。

破断是所有彈性變形过程或彈塑性變形过程之終結，並使工件或試样分为兩個独立部份。

破断可能是由于正应力作用而拉断（отрыв）也可能是由于剪应力作用而剪断（срез）。

拉断可能在沒有任何塑性變形時產生，也可能在塑性變形之后產生。而剪断在破断前則必定產生塑性變形。

破断强度是塑性變形的極限，它限制了變形的繼續發展。

在塑性變形及破断强度兩者之間，可以建立起質的甚至量的關係。

如制作真实应力—应變圖時，則發現許多金屬与合金的真实应力与真实应變關係圖的形狀是相似的。

由于彈性變形很小，为了簡便起見，以二直線 $\sigma\sigma_s$ 及 $\sigma_s S_k$ 來代替曲線，則得真实變形与破断强度值 S_k 、屈服點 σ_s 及 α 角之間的關係。 α 角一般以正切來表示之：

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{S_k - \sigma_s}{e_k} = D \dots\dots (2)$$

D 称为塑性系數，它表示金屬隨變形硬化的情况。相应于破断時的最大真实變形为：

$$e_k = \frac{S_k - \sigma_s}{D} \dots\dots\dots (3)$$

其變形功为：

$$a = \frac{S_k^2 - \sigma_s^2}{2D} \dots\dots\dots (4)$$

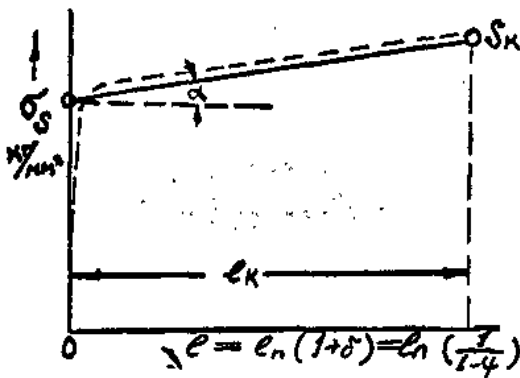


圖 1-2

由 (3) 及 (4) 兩式可知， σ_s 与 D 相同之金屬破断時之全變形以及變形功隨破断强度之昇高而增大；相反地，当 S_k 及 D 不變時，屈服點增大，將使變形及變形功降低。利用这些關係時應該特別注意，雜質及熱处理可以同时改變这三个數值，特別是調質鋼屈服點之急剧增高使伸長減低，但變形功韧性却增大了。

呈現塑性變形與塑性破断的條件

金屬工件的实际应用及專門的實驗証明：同一爐冶煉出來的金屬，甚至同一塊金屬

在不同的条件下，可能產生出几乎沒有塑性變形的脆断，也可能產生出預先有塑性變形和消耗很大功變形的塑性或韧性破断。从实用觀點來看，希望在破断前一定要產生塑性變形。在很多情況下，破坏常常是在有限的体積內局部超載應力的結果，塑性變形的產生將消滅局部超应力。在許多情況下，可使工件繼續工作而沒有什麼危險。

在不可能發生塑性變形時（即脆性材料——譯者註），甚至極細微裂隙就可能是迅速的完全破断的原因。

因此，我們願意得到塑性及韧性破断，而不希望得到脆性破断，並且在金屬及合金的成分、組織、工件的結構及其使用条件等各方面採用一切办法來免除脆性破断。

A.Φ 約非院士首先指出了某些影響岩鹽得到脆性及塑性破断的因素，他提出了如

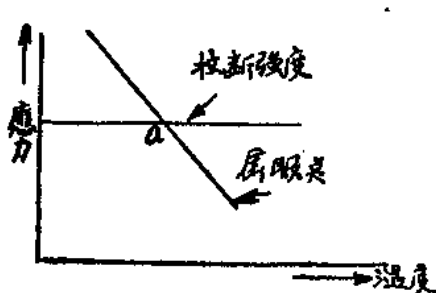


圖 1-3

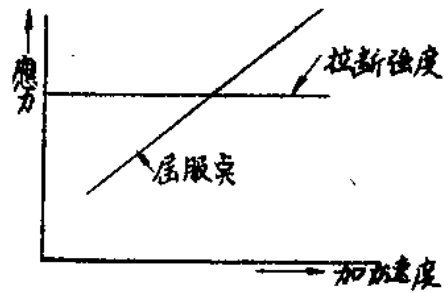


圖 1-4

圖 1-3 及圖 1-4 所示的示意圖。

按照 A.Φ 約非之部分的實驗所証明了的意見來說：拉斷強度（脆性破断）与試驗溫度及速度無關，而表示塑性變形抵抗力的屈服點則隨溫度升高而降低，隨加力速度之增大而增高。

在一定的試驗速度和在一定的低溫下（低於 a 點）岩鹽的破断是脆性的，因拉斷強度低於屈服點。在溫度高於 a 時加載荷，則岩鹽先產生塑性變形然後破断。

在溫度一定和試驗速度低時，將先發生塑性變形後產生破断，當變形速度大時，沒有塑性變形就被拉断。

H.H 大衛金柯夫及其學派利用 A.Φ 約非的示意圖成功地解釋了在試驗速度及溫度不同時金屬的行為，指出許多金屬在溫度較低時破断是脆性的，而在溫度較高時破断是塑性的（如鋼在 $+20^\circ$ 及 -20° 時，其性質相差很大）。增高試驗速度，同樣有助於金屬及合金得到脆性破断。

然而，現在說來，A.Φ 約非之示意圖有其不足之處。在溫度及試驗速度相同時，金屬及合金的破断性質（脆性的或塑性的）还与應力狀態有關，即与試樣或工件之幾何形狀及加荷重的方法（拉伸、壓縮、彎曲及扭轉等）有關。

因為脆性破断的產生，系由於垂直拉應力的作用而塑性變形則決定於剪應力，所以按 Я.Б 菲利德曼的意見，金屬的性質还可以利用最大剪應力 $\tau_{\max}$ 与最大拉應力 $S_{\max}$ 之比 $\frac{\tau_{\max}}{S_{\max}}$ 來說明。

這個最基本的最簡單的應力狀態的應力比，可以由材料力學求得。我們知道，當單

向拉伸時，最大剪应力等于最大拉应力的一半（ $\tau_{\max} = \frac{1}{2} S_{\max}$ ）。而于扭轉時兩者相等。

欲討論在不同应力状态下的破断性質，可利用 Я.Б 菲利德曼示意图（圖 1—5）。

圖上作出了拉断强度、塑性變形抵抗力及剪断强度和在不同应力状态下的剪应力与正应力比值的關係。

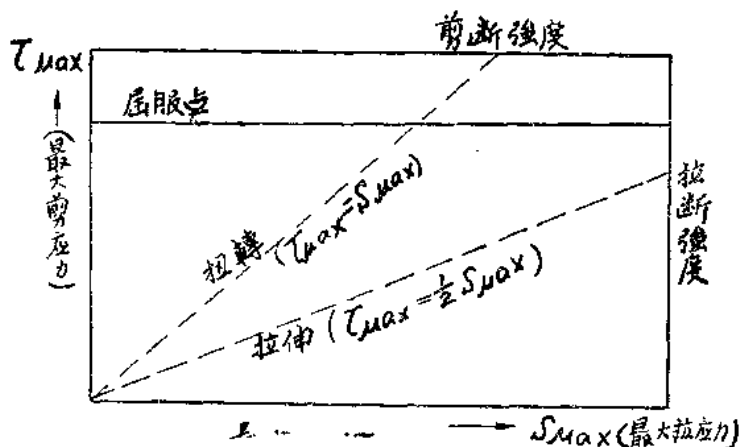


圖 1—5

由圖可知，当扭轉時，最大剪应力隨应力增大而達到屈服點，並開始塑性變形，最后產生塑性破断。

同一的材料，作拉伸試驗時，正应力比剪应力大一倍，正应力達到拉断强度早于剪应力到達到屈服點，結果得到了沒有塑性變形的脆性破断。

正应力比剪应力大得多的应力状态称为較「硬」的应力状态，因为它常導致脆性破断。三向拉伸是最「硬」的应力状态，当三个主应力相平衡時不存在剪应力，在示意图中即相当于横坐标。在这种应力状态下，所有的金屬（其他材料亦然）应为脆性破断。拉伸時之应力状态是相当「硬」的，如鑄鐵于拉伸試驗時是脆的，而在壓縮試驗及硬度試驗時，則顯示有相当的塑性。

判別金屬机械强度及可靠性的方法

要正確的判別在每一状态下（退火的、淬火的）金屬或合金全部的特性，必須作可表示金屬在不同应力状态、不同温度、不同試驗速度、長久的工作及不同的外界条件下（例如有腐蝕時）的强度及塑性的各种各样的机械性能試驗。这一系列的試驗只有对少數最重要的及广泛应用的金屬及合金才这样作。在工作的工作条件下來試驗金屬及合金，可以很好的了解它們的性能，然而这样做，在許多情況下很繁雜、耗費大，而且在某些条件下是不可能的。

因此，按照少數的最簡單的試驗來粗略的衡量金屬及合金的性能。但此時应注意，簡單試驗所得到的性質或優點对于選擇金屬及合金來說，沒有决定性意义。硬度相同的金屬及合金，可能有不同的塑性；特別要注意到，不能肯定說硬度高塑性一定低，而硬

度低塑性、韌性便一定高。拉伸試驗結果相同時，沖擊韌性可能完全不同。

在 20°C 時性質相同，在高溫或低溫下性質可能完全不同。

一般的機械性能試驗限于硬度試驗、拉伸試驗（強度極限、屈服點、伸長率、斷面收縮率），沖擊試驗作得很少。

根據這些試驗所得到的金屬及合金之機械性能要來全面的評定它們還是不夠的，必須附加的檢查其化學成分、生產方法、冷熱的機械加工、熱處理、以及顯微組織等。還需要再強調一下，兩種材料根據機械性能試驗，他們的性質是相同的，但在實際使用時可能完全不同，在更換材料或制定新的加工方法時，除作機械試驗外，最好還要在使用的情況下進行試驗。

雖然如此，機械性能試驗仍是衡量金屬質量重要的方法（但非唯一的），絲毫不能貶低它的價值。

第二章 靜力拉伸時金屬與合金的機械性能

靜力拉伸時金屬與合金的機械性能

在所有的機械性能試驗中（硬度試驗出外），實際上最廣泛被採用的是光桿試樣的單向拉伸試驗。

拉伸試驗用的試樣之形狀，應保證在試樣的工作部份呈現出直線應力狀態的可能性（即力的作用方向應該嚴格的與試樣的軸線相一致）。

產生拉伸的力，應作用在最後斷面的重心上，並且嚴格地沿着試樣軸的方向。依據這些條件，計算正應力和最大切應力是很簡單的。用最初面積計算所得的條件正應力等於：

$$\sigma = \frac{P}{F_0},$$

式中：P —— 為作用於試樣上的力。

與試驗軸線成 45° 角的最大應力等於「 σ 」的一半，即：

$$\tau_{\max} = \frac{\sigma}{2}.$$

在按裝試樣時，如有歪斜就使合力的作用點移動，力的方向與試樣軸之方向不相一致，於應力分配時引起彎曲和扭曲，這對於脆性材料是特別危險的。

一般用於作拉伸試驗之試樣的形狀如圖 2-1 所示。

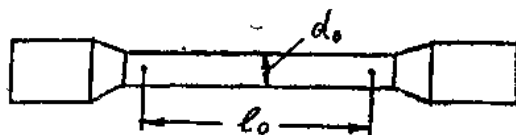


圖 2-1

$$F_0 = \frac{\pi d_0^2}{4}.$$

按 H. П. 大衛金柯夫的意見可用兩種不同的方法進行拉伸實驗：

第一個方法是逐漸地增加載荷（例如借倒彈丸於懸掛在試樣下的容器中以增加載荷）並測量所加載荷。此法，甚不方便，很少應用。

第二個方法是以一定的速度逐漸增加試樣的長度，並測量試驗所生之抗力（使試樣變形的方）。法）。

差不多所有的拉伸試驗機均按第二個方法設計製造的。

在這些機械上所得到的拉伸圖，係表示隨變形而變化的力或應力的關係，而不是表示相反的關係。

塑性材料的拉伸圖如圖 (2-2) 和 (2-3) 所示：

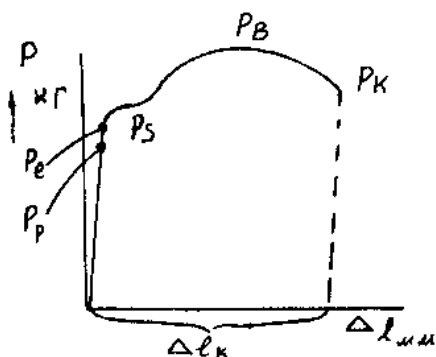


圖 2-2

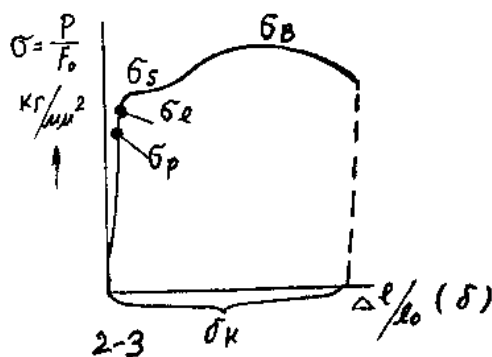


圖 2-3

圖 (2-2) 表示變形量 Δl (公厘) 與試樣抵抗總力 P (公斤) 之關係。

為了概括不同斷面積的試驗拉伸圖，在圖 2-3 中變形長度，以單位伸長來表示，而以公厘² 原斷面積上所受之力，即所謂應力來表示力之大小。

為實用起見，常應用下列各值 (圖 2-3)：

- 1) 塑性變形小時的抵抗力；
- 2) 塑性變形大時的抵抗力；
- 3) 破斷強度；
- 4) 塑性變形值。

在開始變形階段 (即彈性變形或可逆變形的階段中) 變形稍加增大，應力便激烈地增加；此時，應力的增加可用下式表示：

$$\sigma = E\varepsilon = E \frac{\Delta l}{l_0},$$

式中： E —— 正彈性系數；

ε —— 單位變形 $\left(= \frac{\Delta l}{l_0} \right)$ 。

當變形不大時 (一般不超過 0.5—1.0%) 與彈性變形產生的同時還呈現出殘余的塑性變形。由於在工程技術上與計算強度所採用的方法有關的許多原因，不以變形的大小來表示材料在什麼時候由彈性變形轉變為彈塑性變形，而以相應的應力的大小來表示較為方便。為了表示在不同時間內的塑性變形小時的抗力提出了三個不同的數值：比例極限、彈性極限和屈服點 (流動極限)。

比例極限 σ_p ：相當於應力 (σ) 和變形 $\left(\varepsilon = \frac{\Delta l}{l} \right)$ 開始不符合於直線比例關係時那點的應力 (以公斤/公厘² 表之) 叫做比例極限。經驗証明：該數值和別的性能一樣取決於測量變形的準確度。普通以變形量與直線關係達到一定值時的應力作為條件比例極限。

彈性極限 σ_e ：相當於由彈性變形過度到彈塑性變形時那一點的應力叫做彈性極

限以公斤/公厘²表示。同樣彈性極限與確定開始塑性變形的準確度有顯著的關係。實用中以塑性變形為原長的 0.001~0.03% 時所作用的應力來表示彈性極限。

彈性極限和比例極限可能彼此不重合；實際上通常採用屈服點 (σ_s) 作為表示塑性變形小時的抗力。對某些金屬而言，屈服點相當於圖上的水平線，即變形增大而應力並不增加的區域。在沒有水平線時採用條件屈服點，此即殘余變形達到所定的某一定值（為原長的 0.2%）時的應力。此條件屈服點常用 $\sigma_{0.2}$ 表之。

屈服點恒位於比例極限與彈性極限之上，並把它作為這樣一個很好的應力指標，即達到這個應力前，在大多數場合下塑性變形實際上是很小的。

局部性質的塑性變形大時的抗力以強度極限 σ_B 或破斷強度表示之。對塑性材料它相當於拉伸圖上的最大值。在 σ_B 點後于增加變形時獲得局部變形的特性；在試樣上產生縮頸。如以原斷面積計算條件應力，其值減小。

脆性材料和某些不產生縮頸的塑性材料。其強度極限等於其破斷強度。產生縮頸的塑性材料之破斷強度，可以於破斷時實際的應力來表示；但它不是用原面積 F_0 計算的，而是按縮頸處之實際斷面積 F_k 計算得到的 ($S_k = \frac{P_k}{F_k}$)。

拉伸試驗時，可以按破斷時相對殘余伸長率 δ_k （或簡寫 δ ） $\delta_k = \frac{\Delta l_k}{l_0}$ 及相對殘余收縮率 ψ_k （或簡寫 ψ ） $= \frac{F_0 - F_k}{F_0}$ 來衡量材料的塑性。

實際上相對伸長或收縮率用百分數表示；為了達到這個目的，只要乘上 100 即可，但在很多理論上的研究工作中伸長和收縮率不以 100 乘而用相對單位表示。

當不產生縮頸而均勻伸長時，斷面收縮與伸長率二者之間可以導出簡單關係式。因塑性變形時，金屬之體積變化不大，因此可近似的認為它沒有變化。

試樣工作部分的原體積為 $V_0 = F_0 l_0$ 。

沒有縮頸時最後體積為 $V_k = F_k l_k$ 。

最後體積可很容易的用 F_0, l_0, δ 和 ψ 表示出來：

$$l_k = l_0(1 + \delta),$$

$$\frac{F_0 - F_k}{F_0} = \psi,$$

$$\text{又} \quad F_k = F_0(1 - \psi)。$$

比較最初和最後的體積便得：

$$F_0 l_0 = F_0(1 - \psi)(1 + \delta),$$

$$(1 - \psi)(1 + \delta) = 1,$$

$$\text{故} \quad \delta = \frac{\psi}{1 - \psi} \text{ 及 } \psi = \frac{\delta}{1 + \delta}。$$

δ 和 ψ 的值應該是相對單位。根據上式的計算結果說明了當不產生縮頸而均勻伸長時斷面收縮恒小於伸長；假如伸長 $\delta = 0.1$ (10%)，則 $\psi = 0.09$ (9%)；如 $\delta = 0.5$ (50%) 則斷面收縮 ψ 等於 0.33 (33%)；如伸長等於 1 (100%)，則斷面收縮等於

0.5 (50%)。

當產生縮頸時發生顯著的局部塑性變形，斷面收縮將大于（有時候可以相等）按試樣全長所計算到的伸長量。

在產生縮頸處局部的完全伸長（一般不採用）等于 $\frac{\psi}{1-\psi}$ ，它仍然大于斷面收縮率。

δ 之值在數學上是沒有極限的，但實際上金屬的 δ 不超過 100%。而 100% (1) 是斷面收縮率 ψ 的數學極限，因為這個數值相當縮頸變成一點。

在產生縮頸時的相對伸長率 δ_k 由均勻伸長 Δl_1 ，與頸縮處的局部伸長 Δl_2 所組成（圖 2-4）。均勻伸長正比于試樣長度： $\Delta l_1 = \alpha l_0$ ，縮頸處的局部伸長與試樣長度無關，它是由試樣斷面面積所決定的： $\Delta l_2 = \beta \sqrt{F_0}$ 。且在全部伸長中，試樣愈短，其作用愈大。

具有縮頸時，試樣中各段的伸長甚不均勻，形成縮頸處的伸長比其他各段的伸長大得多，圖 (2-5)。

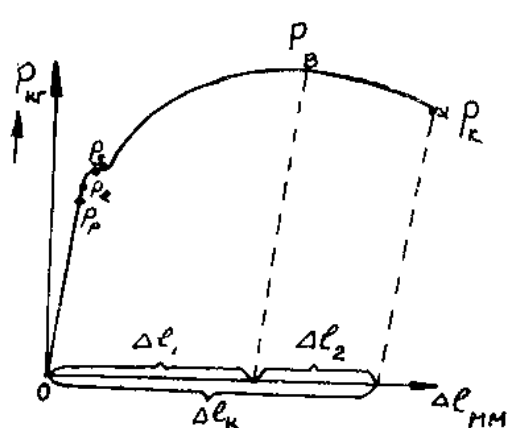


圖 2-4

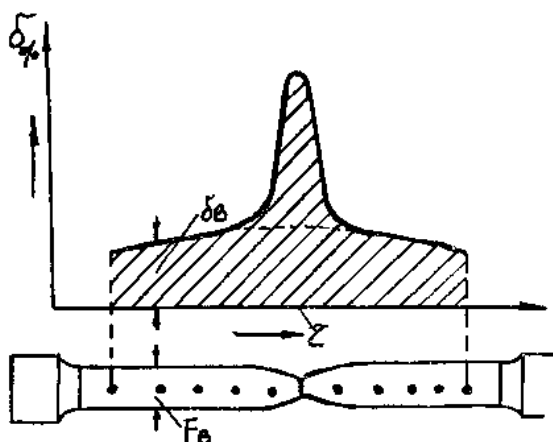


圖 2-5

因此在測定伸長時，如僅測定第五段的伸長，則所得的數值將比全試樣的伸長為大，一般如試樣斷面一定或直徑一定，則試樣愈長，其相對伸長（不是指絕對伸長）愈小。

為了按所獲得的伸長率對金屬進行比較，則必須 $\frac{\sqrt{F_0}}{l_0}$ 或 $\frac{l_0}{\sqrt{F_0}}$ 之比例為一定值。

因 $\Delta l_k = \Delta l_1 + \Delta l_2 = \alpha l_0 + \beta \sqrt{F_0}$ ，

$$\therefore \delta_k = \frac{\Delta l_k}{l_0} = \alpha + \beta \frac{\sqrt{F_0}}{l_0}$$

常數 α 、 β 與試樣大小無關。如 $\frac{\sqrt{F_0}}{l_0}$ 之值為一常數時，則試驗所得的伸長率亦為一常數。

实用上，对于圆形试样一般系用试样长度 l_0 与直径 d_0 之比为一定值较为便利，最常用的 l_0/d_0 为 10 与 5。

当 $l_0/d_0=10$ 时，可得试样长度与断面积 F_0 之关系如下：

$$F_0 = \frac{\pi d_0^2}{4} \text{ 与 } d_0 = \sqrt{\frac{4F_0}{\pi}} = 1.13\sqrt{F_0},$$

$$l_0 = 10 d_0 = 11.3\sqrt{F_0}, \quad \frac{l_0}{\sqrt{F_0}} = 11.3。$$

当 $\frac{l_0}{d_0} = 5$ 时，

$$l_0 = 5.65\sqrt{F_0}, \quad \frac{l_0}{\sqrt{F_0}} = 5.65。$$

不仅应确定圆形试样长度 l_0 与直径间的关系，而对非圆形的试样（方状的、管状的等）也应确定长度与断面积间的关系。

实际上，所用试样的 $\frac{l_0}{\sqrt{F_0}}$ 之比甚多，但

通常用得最多的为 11.3（10 倍的试样）与 5.65（5 倍的试样）。确定试样伸长率与各种不同的 $\frac{l_0}{\sqrt{F_0}}$ 比之间的关系及一件复杂事情。

一般伸长率值之改变与试样倍数的关系，如图 2-6 所示。当倍数减少时，按收缩率 $\delta_{\text{完全}} = \frac{\psi}{1-\psi}$ 所计算出之完全伸长是 为伸长之极限值，在倍数增加时，则根据图 2-6 中之 Δl_1 所得的均匀伸长为其另一极限值。

倍数为 5 的试样之相对伸长可能较倍数为 10 的大 1.2—1.5 倍。因此，5 倍试样的伸长率大于 10 倍试样的。

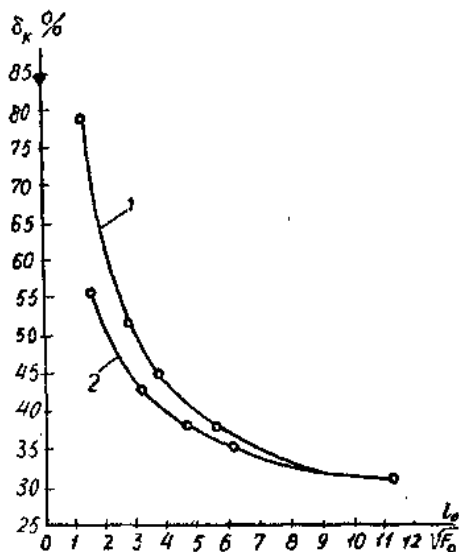


图 2-6

真實應力應變圖

条件应力应变图不能对应力与变形间的关系予给正确的数值。同时也不能将拉伸试验所得的曲线与其他试验所得的曲线比较。

要表明真实变形，在理论上最合理的是采用真实对数相对变形。

因为如采用条件变形时，则所得之伸长不能以积累之和计算之。设将原长为 l_0 之试样拉伸 20%，然后又拉伸此试样的新长度 l_1 之 20%，则变形之和不等于 40%，而为原长之 44%。

此种现象可解释为试样稍稍伸长之后，其伸长的百分数便已增大。如正确的反应连续变形的过程，采用无限小的伸长 dl 对改变的长度 l 之比所得的伸长的总和就可以达