

机器制造中现代的 材料試驗方法

莫斯科捷尔任斯基科技宣傳館編



机械工业出版社

机 器 制 造 中
現 代 的 材 料 試 驗 方 法
譯 文 集

莫斯科捷爾任斯基科技宣傳館編

郑 明 新 譯



机械工业出版社

1958

出版者的話

本文集是彙輯的有关金屬的檢查与試驗的現代方法的一些文章。在这些文章里，討論了机械試驗的方法；金相研究的方法，其中包括一些新的方法——紫外綫显微法和电子显微法；以及物理方法——磁性法、螢光法、 γ -探伤法和超声波法等。此外，書中 还 刊載有关于金屬光譜与化学分析的短文。

本文集的对象是工程技术工业工作人員，特別是机器制造和冶金工厂的实验室和技术檢查科的工作人員，但它也可供科学研究机关和高等学校的工作人員之用。

苏联 Московский дом научно-технической пропаганды
имени Ф. Э. Дзержинского 編 'Современные методы
испытаний материалов в машиностроении (Сборник
докладов)' (Машгиз 1956 年第一版)

*

*

*

NO. 1901

1958 年12月第一版 1953 年12月第一版第一次印刷

850×1168 $1/32$ 字数284千字 印張11 $1/16$ 插頁1 0,001— 5,200册

机械工业出版社(北京阜成門外百万庄)出版

机械工业出版社印刷厂印刷 新华書店發行

北京市書刊出版业營業許可証出字第 008 号 定价(11) 2.30 元

目 录

序言	4
福利德曼 材料破坏特性的一些研究結果	5
帕果金-阿列克賽也夫 作为产品檢驗和材料性能測量 方法的冲 击試驗	42
赫魯曉夫 机器零件在其实物試驗时磨耗的測量方法	70
拉赫斯达特和斯特列枚里 金屬中的內耗和其現代的測量方法	84
波尔芝队卡 关于金屬高溫力学試驗方法的情况	117
克亞其柯 工厂实验室的近代化学分析檢驗方法	133
斯米尔諾夫 工厂实验室中的光譜分析方法	150
別齒斯廷 金屬合金用紫外綫显微方法的研究	158
斯卡柯夫 电子显微法在金屬組織研究上的应用	169
烏曼斯基 X射綫法在合金研究和工艺过程檢驗中的意义	192
盖列尔 殘余奧氏体量的磁性測量方法	226
加尔金 零件热处理質量檢驗的近代电磁方法	245
耶列明 近代磁粉探伤法	266
斯奈貝尔 机器零件超声波探伤的現代方法和設備	279
納查罗夫 关于焊接不破坏的檢驗方法	315
波里亞克 發現金屬制件中表面缺陷的方法	329
加莫夫 电鍍复盖層的現代檢驗方法	343

序 言

为工业中技术进步的斗争，要求着迅速改进工厂实验室的工作。

在我国的各种企业里，在新技术的发展上，实验室具有主导的作用，而成为生产中合理工艺过程的传导者。然而，远非在所有工厂的实验室里均已深入地应用了材料研究和试验的现代方法。这就使得检验试验的准确性降低，并降低了研究结果的可靠性。

在现代检验方法和试验方法方面的科学技术情报的广泛交换，对实验室工作技术的进一步完善，具有巨大的意义。由于这个缘故，捷尔仁斯基工程师和技术员之宫在1954年10月组织了一次工厂实验室分析和检验的现代方法方面交流经验的科学技术会议，在会上，听取和讨论了許多报告。鉴于广大工厂工作人员群众对报告的题目和内容表现有巨大的兴趣，而作出了决议，为了使会议的收获在工业上得到最完全的利用，将一部分报告彙编成单独的文集出版。

本文集的出版，就是为了执行会议的决议。

本文集中所编辑的文章是经过修改和补充了新资料的，它们讨论了力学试验的现代方法和试验机与仪器的结构；分析的化学方法；新的显微方法；现代的检验和试验的物理方法。

本文集中所发表的材料不仅可供工厂实验室的工作人员之用，也可供科学研究院和高等学校的同行们应用。

材料破坏特性的一些研究結果

技术科学博士教授 福利德曼 (Я. Б. Фридман)

測定材料在不同負載条件下的彈性、塑性、韌性和强度特性以及脆性破坏趋向性等的力学試驗，在近代技术中，在材料制造和加工的合理工艺过程的拟定上，以及在具有最大的、强度和寿命对重量的比值的机器部件和結構的設計上，有着最重要的意义。

关于力学性能、材料試驗、試驗机器和仪器結構的科学的基本理論的系統敘述和其应用的例子，可閱讀相应的專門文献、手册和教科書籍。

本文的目的是想簡短地敘述一下理論以及实际方面的某些新方向的发展。应特別指出，这些新的成果主要是关于材料破坏范围内所測定的各种性能。在不破坏的彈性和塑性范围内，力学試驗的敏感性較小（如压入硬度、屈伏極限、頸变部分断裂的極限抗力和其他等等），这就成了近来除研究測定彈性和塑性形变的方法外，热烈研究能說明破坏过程的方法（划痕硬度、拉伸破坏抗力、缺口敏感性、代替相对伸長的縮頸的收縮）的原因。在这里，必須区别物体的破坏（物体破裂成数份的、完全的或最終的破坏）和單位体积或个别区域的破坏（在物体某些部分生成裂縫）。

破坏的开始阶段（有时叫做损伤）的研究具有特別大的实际意义，因为在很多情况下，机器零件和結構元件的报废，以及压力加工和切削加工的工艺过程的限度，在較大的程度上就是取决于材料的破坏开始，而不是制件的完全破坏。

关于力学試驗的[硬]方法和[軟]方法

作者所提出的不同負載方法根据其[硬度]或[軟度]的衡量，在現在已取得了应用，硬度或軟度近似地用比值 $\frac{f_{\max}}{s_{\max}}$ 来表示。

例如，时常說，与較[硬]的方法——如光試件，而特別是缺

口試件的拉伸或弯曲——相比較时，扭轉，而特別是壓縮或压入就是〔軟〕負載方法。

但是在作这种衡量时，并未考虑这样一个情况，即重要的不是絕對的，而是負載的相对〔硬度〕或〔軟度〕，因为同一种負載方法，对一种材料是硬的，而对另一种材料則可能为軟的。

相对硬度的衡量不仅决定于切应力对拉应力的比 $\left(\frac{t_{\max}}{s_{\max}}\right)$ ，而且也决定于剪断抗力对拉断抗力的比。

例如，可以引出以下 4 个系数：

$$\alpha = \frac{t_{\max}}{s_{\max}}; \quad \beta = \frac{t_{\kappa}}{s_{om}}; \quad \eta = \frac{t_m}{s_{om}}; \quad \lambda = \frac{t_m}{t_{\kappa}},$$

式中 $t_{\max}$ ——最大切应力；

$s_{\max}$ ——最大拉应力；

t_{κ} ——剪断抗力；

s_{om} ——拉断抗力；

t_m ——切屈伏極限。

所以当 $\beta < \alpha$ 时，产生剪断，当 $\beta > \alpha$ 时則拉断，当 $\beta = \alpha$ 时，过渡破断。

若 $\eta < \alpha$ ，产生塑性破坏，为〔軟〕負載，而当 $\eta \geq \alpha$ 时，脆性拉断，为〔硬〕負載。

λ 的大小不决定于应力状态，而决定着塑性形变的可能性。

材料表面的加工質量对脆性状态的趋向性具有巨大的影响。

在同样的切削刀的尖度下，由于材料的性能不同，在塑性範圍內，在被加工的材料中能生成不同的应力状态。

为了得到材料的一定的表面質量，因而得到一定的应力状态，必須根据被加工材料的彈性和塑性性能来选定必需的切削刀的尖度。

很明显，韌性大，即單位破坏功的量大的时候，不仅在塑性範圍內，而且在彈性範圍內，都有碍切削加工（在刀刃下造成很高的局部应力）。橡皮可以作为例子，由于其彈性模数較小，它具有很大的彈性形变能力（順从性），使切削加工困难。

試件在試驗机上由于夹头定心不准的歪斜，对应力状态的特点，因而对低塑性材料（例如，淬火工具鋼）的拉伸試驗的結果都具有很大的影响。然而在塑性較大的材料作試驗时，歪斜的影响較小些，因为这种歪斜被試驗时所产生的試件的塑性形变糾正了。因此，試件安装时允許的歪斜量也与被試驗材料的性能有关。

所以不同应力状态和負載方法的相对 [硬度]● 和 [軟度]，应考虑各主要力学性能之間的关系而衡量。

可以由两个基本的方法（同时地或單獨地）来求出应力状态的这种或那种相对 [硬度] 或 [軟度]：

a) 例如，用热处理或合金化的方法改变材料主要性能之間的关系；

б) 改变物体的形状、固定的条件或負載的特点。除了 [硬度] 或 [軟度] 外，負載的集中程度也起着巨大的影响（見后）。

局部的（局集的）和平均的力学性能

如果材料的应力状态和性能在試件所有的單位体积內是均匀的，則整个試件的性能不会与其任一單位体积內的性能有差別。然而在大部分情况下，所遇到的是实际的零件和制件，而最通常的是实验室的試件，它們甚至很难談得上近似的均匀性，所以物体的性能和單位体积的性能能相差很悬殊。

例如，30XГCA 結構鋼光試件断裂面截面积的 剩余縮小（收縮）的数量級为 50%（近于單位体积的性能），而此同一鋼的試件，在其上作一尖圓缺口时，收縮总共仅为 4~5%。

产生这种差別的主要原因是应力状态和形变状态的不均匀性，而在某些情况下，是物体整个体积內材料性能的不均匀性。所以應該区别局集的和平均的力学特性。不久以前均認為，大部分

● 不应与材料力学中的刚度混淆，刚度决定着 [可变形性] 或 [順从性]，而决定于彈性模数和横截面的大小和形状。

标准力学試驗反映的是局集特性。新的力学試驗的方法(微觀力学方法、显微硬度的測量、压網法等)的应用指出,測量局集性能的比以前少得多。例如,冲击試样断面附近的塑性分布指出,这种断面的塑性低只是平均的,在个别区域塑性可能非常高。

同样地,拉伸試驗时缺口試件破断面的[脆性]也是一个宏觀的概念,因为局集塑性能超过了5~10%,所以从微觀的尺度看,此破断面已不是脆性的了。因此很明显,有必要来創造和应用研究局集力学性能的方法。

時間因素在力学試驗中的作用

大家都知道,在一定的条件(較高的試驗溫度、長時間的負載)下,力学性能是決定于負載的時間或速度的,因此不指出負載的時間,是不能談材料的力学性能的。

流傳最广的意見認為,对普通結構材料(特别是对于鋼),在室溫下負載時間的影响实际上是不存在的,但在許多情況下,这并未得到証实。如近年来的許多研究所指出的,結構鋼在20°时,能發生蠕变的現象,同时还可見到裂縫發展的过程(所謂減速或迟延的破坏)。

对許多非金屬材料,特别是塑料,負載時間的影响在程度上表現得更大一些。系統的資料指出,時間对破坏抗力的影响具有一般的規律,時間的影响只有在个别的情況下才可忽略。这个影响考虑的必要性,早就有人在关于金屬在高溫下的行为的問題中已意識到了(蠕变和持久强度的考虑)。想必在室溫或近于室溫的条件下衡量强度时,考虑負載時間的必要性是應該的。特別在防止受力零件——彈簧、滾珠軸承、焊件、受內压力的罐筒等——的減速破坏現象时,考虑負載的時間是很重要的。

負載速度的影响在于使材料的力学破坏逐漸發展,而在材料中表現为裂縫的产生和發展。如果在不久以前設想,形变过程的总序是两依次进行的过程而以破坏告結束的話,而更准确的概念

是，應該把這個圖序設想為三個依次的过程：彈性形變、塑性形變和破壞过程。

裂縫形成的过程為破壞的开始，它在許多情況下比最終破壞還重要些。很遺憾，發現破壞的开始阶段，在很大的程度上是复杂的。能發現裂縫的現代方法是很不夠的，因此現在我們只能觀察到已經有了較大發展的裂縫。

如果假定，裂縫最小的尺寸相當於晶格的周期的大小，即數量級為 10^{-8} 公分，則細裂縫即使用電子顯微鏡也不能發現，因為用這種方法也只能測量超過晶格周期 $10\sim 20$ 倍的裂縫。光學顯微鏡能發現大約超過晶格周期500倍的巨大的裂縫。現代探傷法的鑒別能力還要低得多。例如，X-射綫或 γ -射綫透視能發現的裂縫的最小寬度約25公忽，磁粉法為 $5\sim 10$ 公忽，磁性-螢光法約為 $0.2\sim 0.5$ 公忽。

因此，用現有的方法能觀察到的範圍以外的破壞的早期阶段，可能就是「損傷」过程或「預破壞區」。研究物理性能，特別是力學性能的殘余變化，可以得到有關這些过程的間接的概念，認為它們都是負載过程的後果。而力學性能降低的現象，就成了引入「損傷」這一名詞的理由。

損傷的第一個特征的發現，決定於所用方法的敏感性，因此在這種意義上，它也是假定的，正如屈伏極限的定義一樣，後者與允許的塑性形變量有關。屈伏極限的這種條件性並不妨礙它在強度計算中的廣泛應用，與此相似地，作損傷曲綫也就獲得了愈來愈廣泛的應用。

除了作疲勞時的損傷曲綫以外，德洛芝朵夫斯基(Б. А. Дроздовский)和本文作者不久以前建議過，作出較高溫度下持久靜力試驗時的這種曲綫。這種試驗指出，試件從試驗開始至完全破壞的衡量，可將各種金屬排列成另一種性質不同的次序，而與至可見裂縫出現的試驗的衡量不同。例如，在比較 **НИМОНИК**● 型合金

● 是一種Ni, Cr, Ti和Ae的耐熱合金。

的粗晶和細晶合金时，可以見到，粗晶組織根据其至完全破坏的周期時間，是超过細晶組織的，而細晶組織至裂縫产生的時間却是大于粗晶組織的。

基斯金 (С. Т. Кишкин) 認為，借裂縫的产生和發展的破强化的現象，就是持久負載中强度降低的主要原因。

各向异性的估計和橫向性能的衡量

各向异性的現象，即金屬性能在不同方向上的不同，可以由以下两个主要原因产生：

a) 拉絲、軋制等加工时晶体作主要的結晶学取向（形成纖維构）；

6) 多相性的取向（带状組織等）。

虽然金屬性能的各向异性是大家都知道的，然而在实践上大多数所应用的力学試驗中，直到現在都对它不作特殊的衡量，因为大部分是只作縱向試件的試驗。

这就使得在許多情況下，对縱向性能作过高的估計，而对橫向性能估計不够，特别是对高强度的和具有明显的纖維构的材料。在存在有各向异性时，由于在运用时在制件中要产生应力状态的緣故，所以更需进行性能的衡量。如果在制件中产生拉伸的單向应力状态，并且不改变其相对于材料各向异性軸的取向时，則低的橫向性能不妨碍高縱向强度的应用（无应力集中剂的拉杆、鋼繩、联接光栓等）。應該指出，任何应力集中剂（缺口、沟痕、孔洞、甚至伤迹）都会破坏应力的均匀性，因为引起了橫向应力。

在衡量各向异性时，必須考虑与垂直应力有关的力学性能（例如，拉断抗力）和与切应力有关的力学性能（屈伏極限、强度極限等）之間的根本区别。在后一种情況下，橫向試件的性能不应与縱向試件的性能相差很大，这是由于 $\tau_{\max}$ 的作用面（与 $\sigma_{\max}$ 成 45° 角），对縱向和橫向試件相重合了，这可由实验証明。所以根据与切应力有关的、而在縱向試件和橫向試件上所測量得的性能的

相等，不能作出关于材料各向同性的結論。如果将在橫向或縱向試件上所得的性能与例如从 45° 角度上取下的試件的性能作比較时，則在所指的試驗結果中，也甚至能見到这些性能的各向异性的現象。

至于与垂直应力有关的材料的各向同性的問題，根据在縱向和橫向試件上所求得之力学特性的比較，即可得到解决。

由上可知，重要的任务是：

- 1) 找出各种零件負載区域的工作条件（單向、两向和三向应力状态）；
- 2) 衡量两向和三向应力状态的材料的各向异性；
- 3) 必須使各向异性軸相对于不同应力状态的应力方向作最好的取向。

可以用各种不同的方法来对力学性能的各向异性进行檢驗，方法則根据制件的形状和尺寸和其在运用条件下負載的特点而选定。

在这些試驗方法中，包括有管子的压扁試驗、缺口半环的压縮、微觀力学試驗、德拉果米諾夫-德罗茨多夫斯基的試驗以及其他等等。

根据各向异性材料制件中織构最有利的排列原則（根据拉断抗力）要求，織构的方向不应与制件的外形符合（如有时大家認為的），而与最大拉应力和形变的方向一致。

这个方向在許多情況下（扭轉、压縮）可以不与制件的外形符合。

缺口和缺陷敏感性的衡量

大家都知道，衡量材料对应力集中剂的敏感性是很重要的，应力集中剂包括缺口、孔洞、表面伤迹、缺陷和其他等等。

在不久以前，大都是用缺口頂端半徑为 $0.1 \sim 1$ 公厘的缺口試件来进行試驗而衡量的。

但是损坏的零件的破坏分析指出，破坏往往是由早已生成的裂縫（例如，在热处理、矯正、焊接和其他等工序中产生的）所引起的。如果認為，在彈性範圍內應力的集中与 $\sqrt{\frac{a}{\rho}}$ 型的量成比例，这里的 a 为缺口截面的半宽度， ρ 为缺口頂端的曲率半徑；那末可以看到，从缺口到裂縫的过渡处局部集中将有很大的增加。因此，研究金屬对裂縫的敏感性是非常重要的，它是一个特殊的性能，不一定和缺口的敏感性一致。研究这种敏感性的方法之一是德洛芝朵夫斯基所提出的方法。这个方法在于測量缺口試件靜力弯曲时的 [破断功]，即用于裂縫产生后試件完全破坏的功。也可以采用用人工的方法造成裂縫的办法并研究其对强度的影响。弗拉基米爾斯基（Т. А. Владимирский）指出，改变冲击 試件的缺口半徑时，脆性临界溫度的測量結果会有原則性的变化。例如，在缺口半徑为 1 公厘时，15XΦ 正火鋼是韌性最大的（和同一工作中所有其他試驗的鋼种比較，它具有最小的脆性临界溫度），而当半徑减小到 0.1 公厘时，鋼种的排列次序改变了，15XΦ 鋼变为韌性最低的了。这是材料对尖缺口敏感性的一个突出的特点，在較鈍的缺口試件的試驗中是不常能显出的。材料对髮裂、非金屬夹杂和磨削缺陷等的敏感性的衡量，具有非常重大的意义，因为这关系到缺陷檢驗时的廢品标准。可以应用不同敏感性的近代方法（磁粉法、磁性-螢光法等）来作这种檢驗。用最大敏感性的方法时，在大部分制件中均可發現各种各样的缺陷。如果根据發現的任何甚至極小的、几乎在每个零件上都有的缺陷而报廢的話，则会沒有根据地把能够正常工作的这种产品也报成廢品。因此有必要对零件的报廢标准作合理的限制，即制定缺陷檢驗时允許和不允許的标准（根据其大小、数量和分布）。

拟定这些标准时，应考虑零件的工作条件、它們的重要程度、材料对缺陷的敏感性，要根据零件的实物試驗，而主要是依据实际运用的經驗。

必須指出，广泛流傳的、关于缺陷危險性根据其相对于 [制

件軸的取向的分类,是不正确的。例如,經常在技术条件中有人指出,縱向(相对于截面的軸)缺陷最不可怕的,而橫向(相对于同一軸)缺陷最可怕。須知缺陷的危險性首先是决定于其相对于主应力軸的取向。所以,若截面受拉伸,即它的縱軸与最大应力的方向一致时,的确,橫向缺陷最可怕,而縱向缺陷最不可怕。

然而在許多其他的情况下,在制件軸与 $\sigma_{\max}$ 的方向不重合时,最可怕的可能恰巧是縱向缺陷(例如,弯性小的杆受縱向弯曲时)或斜向缺陷(例如,扭轉时)。

所以在断定缺陷(例如,髮裂和其他連續性的破裂等)最危险的取向时,应与零件各区中最大应力和形变的方向的测定密切结合起来,为此,須应用应力和形变实验分析的近代方法(漆胶复盖層方法和其他脆性复盖層方法、电張力法和其他等等)。

材料的相对的組織不均匀性圖

在測量一般假定的假均匀性和假各向同性的材料的应力和形变时(在彈性理論、塑性理論和材料力学理論中),以及在研究材料的力学性能时,在材料的强度和形变的研究中广泛地采取宏觀的(平均化的)处理办法。但是,因为这种应力和形变只是平均的靜力的量,所以它們不能說明現象的微观情况,而不能給出关于强度和形变的完整的概念。在許多情况下,組織不均匀性的影响表現得非常显著,而宏觀的办法显得不够了。例如,疲劳破坏的現象一般在宏觀研究中是不能被理解的,因为疲劳試件是在宏觀彈性範圍內工作。事实上,在彈性負載时,重复的負載一般不会导致材料的破坏(宏觀彈性負載)。只有在分析微观形变和应力时,才可解釋疲劳的現象。

下面討論作者不久以前所提出的、区别基本上表現在宏觀範圍內的規律的作用,以及主要作用在微观範圍內的規律的圖形。

很明显,第二个範圍与假均匀性和假各向同性是有巨大的差

別的。

宏觀办法的条件就是，單位宏觀体积有充分的大小●（例如，和組織單元的尺寸相比而够一个数量級的大小）。

在相对的組織不均匀性的圖中

（圖1），橫座标表

示組織不均匀性的綫尺寸 l_c ，而縱座标表示最大应力区的綫尺寸 l_o 。

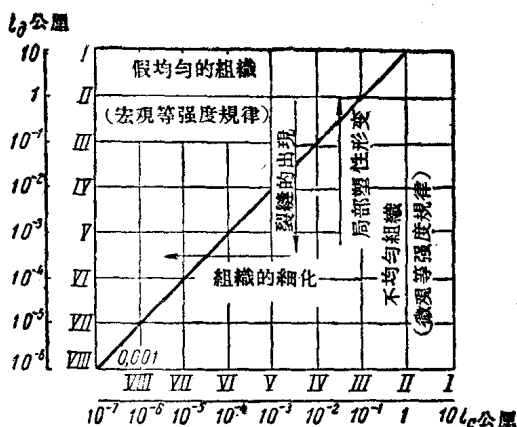


圖1 相对的組織不均匀性。

量 l_c 是相当准确地已知的，量 l_o 的測量是很有条件的，在測定最大应力区时，决定于公差〔例如，小于95% σ_{max} 时，如彼特尔松（Р. Петерсон）所作者，可見文献〔25〕〕。很明显，在这种公差时，量 l_o 将随应力梯度的增加而减小。

但是在很多情况下（例如，在疲劳时，在切削时，在穴蝕时，以及其他等等）， l_o 的数量級是已知的。 l_o 和 l_c 的数量級和其例子載在表1中。

圖1中斜綫以上为宏觀等强性規律的范围。在此范围内，組織不均匀性、破裂性和其他等具統計性質，如材料的性能一样（假均匀性組織 $\frac{l_o}{l_c} \geq 10$ ）；此綫以下（不均匀性組織 $\frac{l_o}{l_c} < 10$ ）为微觀等强性規律的范围。

从圖1中可知，在許多情况下，广泛应用的〔絕對組織不均匀性〕的衡量（大的、小的、粗的、細的等等）应用相对衡量来

● 特别是，1945年依琉新（А. А. Ильющин）在苏联科学院技术科学部和物理数学科学部的會議上就〔强度和其物理基础〕的問題的發言中已指出了这一点，也可見斯捷潘諾夫（А. В. Степанов）的工作。

表 1 最大应力区的量 l_0 的大小和組織不均匀性的尺寸 l_0 之間的关系

組 号	大小 (公厘)	最大应力区的尺寸	組織不均匀性的尺寸
I	10	标准試件的直徑	鋼筋混凝土內鋼筋之間間隙
II	1	微觀試件的直徑 冲击試驗时的应力区 粗削时的应力区 大型零件疲劳破坏开始的应力区	鑄鉄中大塊石墨的尺寸(№ 1)
III	10^{-1}	精削时的应力区 試件疲劳破坏开始的应力区	鋼中大晶粒的大小 鑄鉄中小塊石墨的尺寸(№ 8)
IV	10^{-2}	穴蝕时的应力区	鋼中的小晶粒
V	10^{-3}	—	馬氏体片的厚度
VI	10^{-4}	裂縫尖端附近的应力区(彈性 形变时)	硬鋁和类似合金中大塊脫溶物 的尺寸
VII	10^{-5}	中子照射时扭曲的应力区	硬鋁和类似合金中小塊脫溶物 的尺寸
VIII	10^{-6}	—	低温回火鋼中(馬氏体中)碳化 物的尺寸。碳化物球化的始 点

代替。同一种組織，在一种負載方法中和 l_0 小时，可能是急剧不均匀性的（例如，切削、穴蝕、疲劳破坏和微觀力学試驗时急剧显示組織的影响），而在另外的負載方法中和較大的 l_0 时（例如，光試件的靜力拉伸、布氏硬度試驗和其他等），也可能是假均匀性的。从圖 1 可知，缺口試件的冲击試驗的敏感性很高（与光試件的靜力試驗相比），这是因为（除其他的因素以外）由光試件（ l_0 約 10 公厘）过渡到門納哲型試件（ l_0 約 1 公厘）时， l_0 大大地减小了的緣故。最近測定了，显微裂縫和超显微裂縫对强度有很大的影响，而某些結構鋼对裂縫的敏感性很高，这种敏感性是門納哲缺口（缺口半徑为 1 公厘）試件的冲击韌性反应不了的。这是由于在裂縫出現时，門納哲缺口試件的形变区急剧地由 0.1 公厘减小到了十几分之公忽（即减小了几級）。

因此，对門納哲缺口均匀性的組織，可能对裂縫是急剧不均匀性。

二十世紀出产的鋼，一般其組織是粗的和晶粒是大的 (l_c 数量級为几分之几公厘)，因此冲击韌性的敏感性相当大。随冶金工业的發展，以及非常弥散的組織 (l_c 的数量級为 1 公忽和几分之几公忽，見圖 1) 的制得，要求更局集的、具有更小得多的 l_0 的試驗方法 (过渡至更尖銳的缺口，而在特殊的情况下，过渡到預先作有裂縫的試件的試驗)。

各种不同的力学試驗方法彼此大不相同，不仅是拉应力和切应力的比值 (負載方法的 [硬度]) 不同，而且其局集程度 (l_0 的大小) 也是不相同的。

例如，依靠外形的圓板法虽能給出很大的 l_0 ，但其硬度又較缺口試件拉伸的更大。

圖 1 中的箭头表示，裂縫的产生 (以及試驗温度的降低) 如何使該組織由假均匀性范围变至不均匀性的范围；相反地，局部塑性形变的产生，急剧地增加形变区的大小 l_0 ，使組織变至假均匀性范围。

当 $l_0/l_c < 10$ 时 (圖 1)，应不仅仅是尽量爭取宏觀等强性的条件，因为不仅希望負載强度和阻力平均地重合，而且力求在各个組織單元的区域内也相重合。

在宏觀均匀性的、純彈性的負載中，由于各个組織單元的彈性模数不同，即可产生微觀負載强度的不同。

圖 2 表示組織單元的板状模型 (彈性模数为 E_m 的墊圈被焊在彈性模数为 E_n 的板上) 的，根据賀斯黑利斯維里 (Н. И. Мусхелишвили) 公式所計算出来的应力的分布。从圖 2 中可見，如果圓形夹杂的彈性模数 E_m 比基底 (例如固溶体) 的彈性模数小得多，則基底过载 (在 $E_m = 0$ 的限度內可达 3 倍)，而夹杂脱載；相反地，如果夹杂的彈性模数比基底的彈性模数大得多，則夹杂过载 (在 1 倍半的限度之內)，而根据关于較大彈性模数的單元过载的