

塑料拉伸性能标准测试方法

本标准发布于固定名称 D638 下, D638 后面的数字表示最初采用的年份或最后修订的年份。圆括号中的数字表示最后一次重新批准的年份。上标希腊字母 (ϵ) 表示自从最后修订或重新批准后的编辑变更。

该标准被国防部各下属机构采用。

1、范围*

1.1 本试验方法包括在特定的状态调节、温度、湿度和测试设备速度条件下对标准哑铃形状试样增强和非增强塑料的拉伸性能的测定。

1.2 本试验方法可用于厚度不大于 14mm (0.55in.) 的任何测试材料。不过, 对于薄板形状的试样, 包括厚度小于 1.0mm 的薄膜, 试验方法 D882 为优先测试方法。厚度大于 14mm 的材料必须通过机加工进行缩减。

1.3 本试验方法包括对室温下 Poisson' s 比值的确定。

注 1: 本试验方法在技术上等同于 ISO 527-1。

注 2: 本试验方法计划不包含精确的物理试验程序。连接杆运行的恒定速率具有理论立场, 试样上的标准标记间的应变率与连接杆运行率之间可能会产生很大的差异, 特定的试验速度掩盖塑性状态下材料的重要特性影响。此外, 还要认识到, 试样厚度的差异会产生试样表面体积比的差异, 且这些差异可能会影响试验结果。所以, 想获得可直接比较的数据时, 所有样品都要厚度相同。需要更多精确物理数据时, 应进行其他特殊试验。

注 3: 本试验方法可用来测定模压酚醛树脂或层压材料。不过, 当这些材料用作电气绝缘时, 应根据 D229 试验方法和 D651 试验方法对其进行测试。

注 4: 对于用定向的连续或不连续高模量 $>20\text{-GPa}$ [$>3.0 \times 10^6\text{-psi}$] 纤维进行增强的树脂母体复合材料的拉伸性能测定, 应根据 D3039/D3039M 测试方法进行。

1.4 通过本试验方法获得的数据可适用于工程设计。

1.1 以 SI 单位 (国际单位制) 表示的数值被视作标准值, 圆括号内提供的数值仅供参考。

1.5 对于与使用本标准相关的安全事宜 (如果有的话), 该标准未进行陈述。采用该标准的人员有责任在使用前进行适当的安全和健康实践, 以确定规定限值的适用性。

*: 本标准末尾处对变更部分给以了总结。

2、参考文献

2.1 ASTM 标准²

D229 电绝缘用硬质薄板及板材的标准试验方法
D412 硫化橡胶、热塑橡胶和热塑合成橡胶的标准试验方法. 拉伸试验法
D618 调节试验用塑料的标准操作规程
D651 模压电气绝缘材料拉伸强度试验方法
D882 塑料薄板材抗拉特性的标准试验方法
D883 塑料相关标准术语
D1822 测试断裂塑料及电绝缘材料拉伸冲击能量的试验方法
D3039/D3039M 聚合母体混合材料抗拉特性的标准试验方法
D4000 规范塑料材料的标准分类体系
D4066 尼龙注射及挤压材料的标准分类体系
D5947 固体塑料样品物理尺寸的标准试验方法
E4 试验机的负荷检定的标准实施规范
E83 伸长计检验和分类的标准实施规范
E132 室温下泊松比率的标准试验方法
E691 为测定试验方法精密度开展的实验室间的研究

2.2、ISO 标准³

ISO 527-1: 塑料 拉伸性能的确定 第1部分: 一般原理。

3、标准术语

3.1 定义—用于本试验方法的术语定义可见 D883 标准和附录 A。

4、意义和用途

4.1 本试验方法为塑料材料控制和规范提供拉伸性能数据。这些数据对质量性状、研究及开发也有用途。对于一些材料，可能会有要求使用本试验方法的规范，但当和规范一起使用的时候，一些试验步骤上的修订可能会优先考虑。所以，使用本试验方法前，最好先查阅一下材料规范。D4000 分类体系标准中表 1 列出了现有的 ASTM 材料标准清单。

4.2 拉伸性能可能会随试样制备、试验速度和试验环境而变化。所以，想获得精确的可比性数据时，必须对这些因素进行仔细控制。

4.2.1 对材料进行试验时不会对材料制备方法也进行试验。所以，想要材料本身的可比性试验时，一定要小心操作，保证所有样品都以相同方法制备，除非试验要包括试样制备的影响。同样，为了参考目的或是为了特定系列样品间比较，也必须在试样制备、处理和搬运上小心操作，从最大程度上保证试样的一致性。

4.3 拉伸性能可为工程塑料设计提供有用数据。不过，因为一些塑料对应变率和环境条件的敏感性，使得本试验方法所得的数据不能有效用于涉及到负荷时标或者和本试验方法不同的环境下的应用。在这些差异点情况下，对大部分塑料来讲都无法得出限制用途的可靠估计。如果拉伸性能要满足工程设计目的，则对应变率 and 环境的敏感性要求在高于负荷时标（包括冲击和蠕变）和环境条件范围之外进行试验。

注 5: 因为对塑料（如在其它一些有机材料和金属中一样）中正确弹性限值的存在具有争议，所以对使用“弹性模量”（用来描述塑料“硬度”或“刚性”进行的定义）术语的规范要求

也引起质疑。塑料材料的确切应力应变特性与诸多因素相关，如应力施加速度、温度、试样以前的情况等。不过，如本试验方法所述测定出的塑料应力-应变曲线大都显示了低应力处的线性区域，和本部分曲线相切的直线可用来计算通常指定类类试样的弹性模量。如果认识到该恒量的任意性和对时间、温度及同等因素的依赖性，则该恒量将很有用途。

4.4 Poisson's 比值——当固体单向受到拉力时，则除了固体在施加力方向会伸长（向轴的方向）外，其余两个方向也会随之缩短。如果固体为同类且具有同向性，而且材料在施加力的情况下还保持弹性，则横向应变和纵向应变之间具有恒定关系。该常数叫做 Poisson's 比值，被定义为宽度的侧向收缩与长度纵向延伸之比（负值）。

4.4.1 Poisson's 比值用于结构设计，其中，要考虑到施加力过程中和弹性一般理论用于结构分析过程中导致的所有尺寸变化。

注 6: Poisson's 比值的测定是否准确受限于横向应变的测量，因为这些测量中的百分比误差通常超出横向应变测量中的误差。因为测量的是一个比值，则仅需知道伸长计的相关准确数值即可。此外，一般说来不需知道施加的负荷准确数值。

5、装置设备

5.1 伸长计：适用于测量伸长量较长之试验机。主要包括以下部分：

5.1.1 固定部分：支撑一个夹具的固定部分。

5.1.2 活动部分：支撑另一个夹具的活动部分。

5.1.3 夹具：用来把试样保持在试验机上固定部分和活动部分之间的装置，可为固定式也可自动对准式。

5.1.3.1 固定式夹具和试验机的固定部分和活动部分之间紧紧相连。使用该类夹具时要注意，插入和夹持试样时要确保试样的长轴与夹具装置中心线拉力方向相一致。

5.1.3.2 自动对准式夹具与试验机的固定部分和活动部分相连时，要符合以下条件：一施加负荷，该类夹具就可自由排成一行，以便试样的长轴和夹具装置中心线拉力方向相一致。应尽可能排好试样以避免夹具出现滑动。对自动对准夹具未排好的数量有限制。

5.1.3.3 固定试样时要尽可能预防其与夹具间出现滑动。表面刻有与粗糙单纹锉刀相似的式样、锯齿间隔为 2.4mm(0.09in.)、深度为 1.6mm(0.06mm)的夹具对大部分热塑性塑料都适用。具有更精细锯齿状的夹具适用于较硬塑料，如热固性材料。锯齿状要保持整齐、锐利。即使使用较深锯齿状或耐磨的试样表面，夹具也会不时出现断裂，此类情况下须使用其它方法。发现比较有用的其它方法，尤其是对于光滑表面夹具而言，就是把试样表面被夹的那部分进行磨损，并在试样和夹具表面之间塞上摩砂布、砂纸或塑料或涂胶布。80 号双面砂纸在一些情况下都很有用。一种线上涂有胶剂的开孔网状织物也比较有效。也可通过缩小试样横截面的方法来达到这一目的。有时需要使用特殊类型夹具来预防夹具的滑动和破裂。

5.1.4 传动装置：赋予活动部分和固定部分相关的统一、可调整速率，根据第 8 部分对速率

进行调节。

5.1.5 负荷指示仪：能显示被夹具控制的试样所承担的拉伸负荷总值的适用负荷指示机械装置。机械装置应无规定试验比率时的惯性滞后现象，示值的误差应在 $\pm 1\%$ 内。根据 E4 标准要求验证试验机的精确度。

注 7：经验表明，现在使用的一些试验机都不能足以及在 E4 标准中建议的检验期间内保持精确度。所以，建议对每个试验机分别进行单独研究并经常进行校验。往往需要每天进行该工作。

5.1.6 固定部分、活动部分、传动装置和夹具的材料和比例应能保证，试验过程中任一时间内、设备额定负荷能力内的负荷下，这些部分组成的系统的纵轴应变弹性总值不会超出试样上两个标准标记之间的纵轴应变总值。

5.1.7 连接杆伸长指示仪：能显示夹具分离变化量的伸长指示装置，即连接杆运转。该仪器应无规定试验比率时的惯性滞后现象，且应以指示值的 $\pm 10\%$ 为精确度表示连接杆运转。

5.2 伸长指示仪（伸长计）：用来测定试样被拉长时，试样标准长度内两个指定点之间间距的适用装置。伸长计必须设定在试样的标准长度，如图 1 所示。这种仪器最好可以自动记录试样上的负荷或自试验开始时的实用时间内的间距或者间距变化。如果仅仅达到后者，还必须获得负荷时间数据。该仪器应无规定试验比率时的惯性滞后现象。应对伸长计进行分类并根据 E83 标准进行定期校准校验。

5.2.1 弹性模量测量：对于弹性模量测量，应使用一个最大应变误差为 0.0002 mm/mm(in./in.)、可自动持续进行记录的伸长计。E83 标准中被列为可以满足 B-2 分类标准要求的伸长计即符合该项要求。

5.2.2 小伸长测量：对于屈服点伸长和小伸长测量（通常为 20%及以下），可采用减少到 20%伸长率的上同伸长计。不管任何情况下，伸长计都必须至少符合 C 级要求（E83 标准），其中包括 1%的固定应变误差或是指示应变的 $\pm 1.0\%$ ，哪个值高就采用哪个数值。

5.2.3 大伸长测量：为了测量超出 20%的伸长，可使用误差不大于测量数值 $\pm 10\%$ 的测量方法。

5.2.4 Poisson's 比值：双轴伸长计或是能同时记录轴向应变和横向应变的轴向、横向伸长计。伸长计能以相关数值的 1%为精确度测量应变变化。

注 8：也可采用应变仪来测量轴向和横向应变。不过，为了获得精确数据，安装应变仪的方法技巧很关键。可向应变仪制造商咨询用法说明和特殊方法技巧方面的培训事宜。

5.3 测微计：用来测量试样宽度和厚度的仪器，应符合 D5947 标准要求。

6、试样

6.1、薄板、薄板材和模压塑料

6.1.1 硬质和半硬质塑料：试样应符合图 1 所示尺寸要求。1 类试样是优先采用的试样，在

A2. 塑料拉伸试验相关术语和符号的定义

A2.1 弹性限度：把不使物体发生永久形变的最大外力称作弹性限度。它表示为每单位面积承受的力，通常为兆帕（每平方英寸承受的压力）。

注解 A2.1：测量出的比例限度和弹性限度随着试验机的灵敏度和精确度、负荷的离心率、绘制应力-应变曲线的比例和其它因素的变化而变化。所以，通常用屈服强度代替这些数值。

A2.2 伸长：拉力在试样标准长度上产生的长度增加。表示为长度单位，通常为 mm (inches)。（也被叫做延长）。

注 A2.2：试样在标准长度内显示出一致性的情况下伸长和应变值才有效。当材料出现缩颈现象时，这些值仅具有达到屈服点后的定性效能。因为在试样出现故障前，不能确保缩颈包括标准标记间的总长。

A2.3 标准长度：试样上确定应力或长度变化部分的原长。

A2.4 弹性模量：材料比例限度以下的应力（公称）与相应应变之比。它表示为每单位面积承受的力，通常为兆帕（每平方英寸承受的压力）。（也通常叫做扬氏系数）。

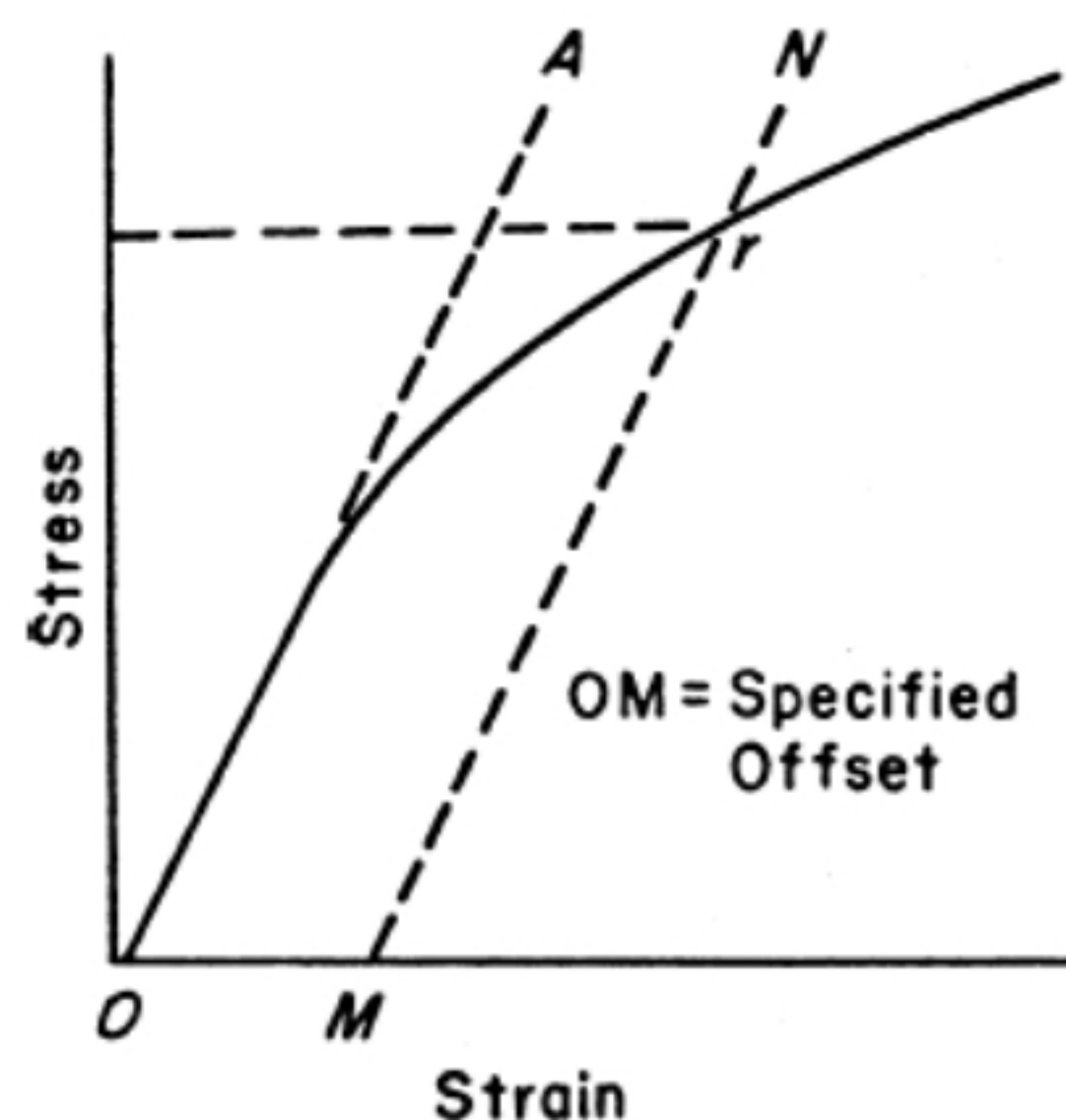
注 A2.3：一些塑料的应力-应变关系不符合 Hooke 's 规则的弹性范围，但与弹性限度以下的应力相偏离。对于此类材料，在较低应力时的应力-应变曲线正切的斜面常被作为弹性模量。因为对塑料中是否存在真正的比例限度这个问题有争议，则使用弹性模量来描述塑料的硬度也令人质疑。塑料材料的应力-应变特性很大程度上依赖于诸多因素，如应力速度、温度和此前历史记录等。不过，如果实现了其任意性和对时间、温度和其它因素的依赖性则该值也有用。

A2.5 缩颈：材料在拉伸应力下可能会出现的面局部缩减。

A2.6 偏置屈服强度：应力-应变曲线偏离直线性达到规定应变百分数（偏置）时应力。它表示为每单位面积承受的力，通常为兆帕（每平方英寸承受的压力）。

注 A2.4：该测量对于那些在屈服范围内的应力-应变曲线是逐渐弯曲的材料比较有用。可从应力-应变曲线中得出的偏置屈服应力如下（图 A2.1）。

图 A2.1 偏置屈服应力



其中：

stress: 应力

strain: 应变

OM=specified offset: 规定偏置

在应变轴上划出与规定偏置量相等的 OM。

绘制 OA 与应力-应变曲线起始直线部分正切。

经 M 点绘制一条与 OA 平行的直线 MN，定下 MN 与应力-应变曲线的交点。

交点 r 处应力为“偏置屈服强度”。规定的偏置数值须表示为原标准长度与强度值的百分比。
例如：偏置屈服强度=…MPa (psi) 或者在 0.1%的偏置量时的屈服强度…MPa (psi)。

A2.7 伸长率：试样伸长与原标准长度的百分率。

A2.8 断裂伸长百分比和屈服伸长百分比：

A2.8.1 断裂伸长百分比：试样在断裂时的伸长百分比。

A2.8.2 屈服伸长百分比：试样在达到屈服点（A2.22）时的伸长百分比。

A 2.9 面积缩减百分比（公称）：在断裂后断裂点测量的原截面面积与停止所有收缩后的截面面积之差值与原截面面积之比。

A2.10 面积缩减百分比（实际）：在断裂点测量的原截面面积与标准分界线内最小截面面积之差值与原截面面积之比。

A2.11 Poisson's 比值：横向应变和对应的轴向应变之比。

A2.12 比例限度：在弹性限度内，应力和应变之比为一定数（虎克定律）。它表示为每单位面积承受的力，通常为兆帕（每平方英寸承受的压力）。

A2.13：负荷速度：试样承受的拉伸负荷在每单位时间内的变化。它表示为每单位时间内承受的力，通常为“…牛顿/分钟”。从力-时间图示中的初始斜度计算出初始负荷速度。

A2.14 应变率：每单位时间内拉伸应变的变化。它可表示为每单位时间内的应变，通常为 m/m/min，或者每单位时间内伸长百分比，通常为每分钟内的伸长百分比。可从拉伸应变-时间图中的初始斜度计算出初始应变率。

注 A2.5：只有当机器的连接杆运行速度恒定且试样具有统一的原截面，不发生缩颈，夹头不滑动时，初始应变速率才和连接杆运行速率除以连接杆间初始距离的意思相同。

A2.15 应力速度（公称）：每单位时间内拉伸应力（公称）的变化。它表示为每单位时间内每单位面积承受的压力，通常为每分钟内兆帕（每平方英寸承受的压力）。可从公称拉伸应力-时间图示中的初始斜度计算出初始应力速度。

注 A2.6：以本方法测定的初始应力速度仅具有有限的物理意义。不过，它大致描述了试样承受的公称初始应力时的平均速率。它受到被测材料的弹性和流动性能的影响。如果截面面积缩减，则在屈服点，实际应力速度还可能继续保持正值。

A2.16 正割模量：应力-应变曲线上任一规定点上应力（公称）和应变之比。它表示为每单位面积内承受的压力，通常为兆帕（每平方英寸承受的压力），并与规定的应力或应变一块报告。

注 A2.7：该测量常被用来代替弹性模量，多用于应力-应变曲线未显示应力应变一致性的材料。

A2.17 应变：试样标准长度伸长比，即，每单位原长的长度变化值，它以无量纲比值表示。

A2.17.1 公称断裂应变：断裂时相对于原夹具分离的应力。

A2.18 拉伸强度（公称）：试样在拉伸试验中所承受的最大拉伸应力（公称）。当在屈服点（A2.22）出现最大应力时，它被指定为屈服拉伸强度。当在断裂处出现最大应力时，它则被指定为断裂拉伸强度。

A2.19 拉伸应力（公称）：试样在任一时刻内、标准界限内每单位原最小截面面积所承受的拉伸负荷。它表示为每单位面积内承受的压力，通常为兆帕（每平方英寸内承受多少磅的力）。

注 A2.8：关于拉伸性能中最小原截面的表达经常用于实践。对于具有较大拉伸性或缩颈现象的材料（A2.16）而言，因为随之会发生横截面的大量缩减，所以对超出屈服点（A2.22）的标准应力的计算变得毫无意义。一些情况下，可表示为每单位最小主要横截面的拉伸性能。

这些性能被称作真正的拉伸性能。（即真正的拉伸应力等。）

A2.20 拉伸应力-应变曲线：由应力-应变的相应值彼此对应地绘成的曲线图。

A2.21 真正应变 ϵ_T （见图 A2.2）定义为以下公式：

$$\epsilon_T = \int_{L_0}^L dL/L = \ln L/L_0 \quad (\text{A2.1})$$

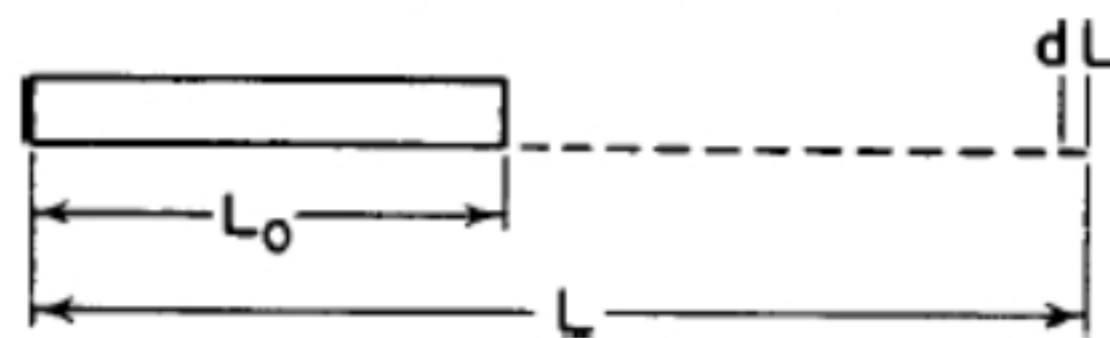
其中：

dL =当标准标记之间的距离为 L 时的伸长值增量。

L_0 =标准标记间原始距离。

L =任一时间内标准标记间间距。

图 A2.2：真正应变等式图示



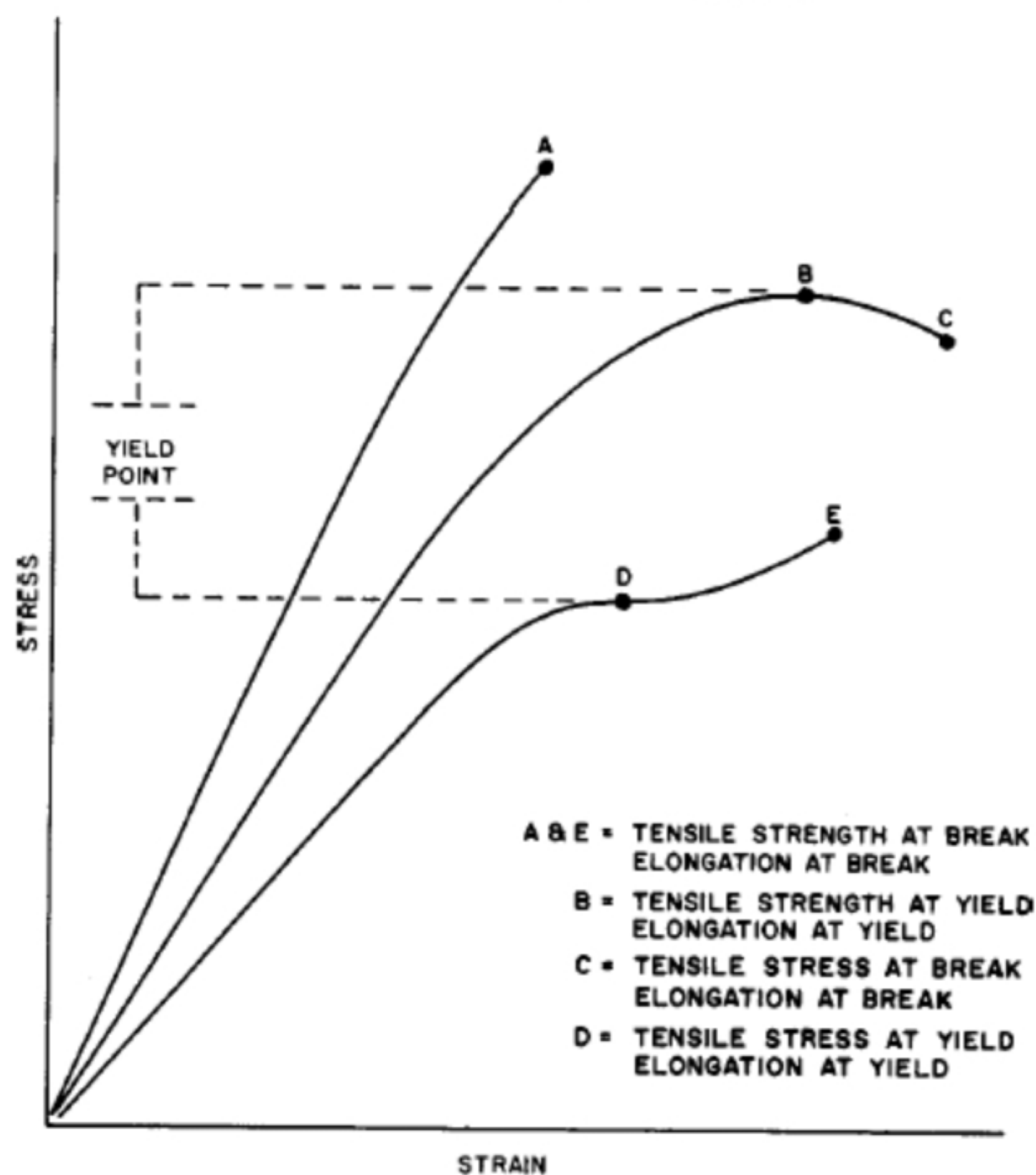
A2.22 屈服点：应力-应变曲线上，在应力没有增加的情况下而出现应变增加的第一点。（见图 A2.2）。

注 A2.9：应力-应变曲线可显示零倾斜点的材料可被视作具有屈服点。

注 A2.10：一些材料显示出明显的“断裂”或在应力-应变曲线弹性范围内出现非连续性。该断裂点不是定义中的屈服点。不过，该点对一些情况下的材料特性描述有一定用途。

A2.23 屈服强度：应力增加到材料出现变形的极限值。除非另有规定，该应力即为屈服点应力，和拉伸强度相比时，应被指定为屈服拉伸强度或屈服拉伸应变（图 A2.3）。（见偏置屈服强度）

图 A2.3 指定拉伸



其中：

STRESS：应力

STRAIN：应变

YIELD POINT：屈服点

A&E=TENSILE STRENGTH AT BREAK, ELONGATION AT BREAK：断裂拉伸强度，断裂伸长率

B=TENSILE STRENGTH AT YIELD, ELONGATION AT YIELD：屈服拉伸强度，屈服伸长率

C= TENSILE STRESS AT BREAK , ELONGATION AT BREAK：断裂拉伸应力，断裂伸长率

D= TENSILE STRESS ELONGATION AT YIELD, ELONGATION AT YIELD：屈服拉伸应力，屈服伸长率。

A2.24 符号：可使用以下符号代表一些术语：

W：负荷

ΔW ：负荷增量

L：任意时刻标准标记间距

L_0 ：断裂点时标准标记间距

ΔL ：标准标记间间距增量=伸长

A：任意时刻最小截面

A_0 ：原截面

ΔA ：截面增量

A_u : 试样断裂后测量出的断裂点截面。

A_r : 断裂时测量出的断裂点截面。

t : 时间

Δt : 时间增量

σ : 拉伸应力

Δ : 应力增量

σ_T : 真正拉伸应力

σ_U : 断裂拉伸强度 (公称)

σ_{UT} : 断裂拉伸强度 (实际)

ϵ : 应变

$\Delta \epsilon$: 应变增量

ϵ_U : 总断裂应变

ϵ_T : 实际应变

%EI: 伸长百分比

Y. P.: 屈服点

E: 弹性模量。

A2.25 以上术语之间的关系如下所示:

$$\sigma = W/A_0$$

$$\sigma_T = W/A$$

$$\sigma_U = Q/A_0 \text{ (W 表示断裂负荷)}$$

$$\sigma_{UT} = W/A_T \text{ (W 表示断裂负荷)}$$

$$\epsilon = \Delta L/L_0 = (L - L_0)/L_0$$

$$\epsilon_U = (L_U - L_0)/L_0$$

$$\epsilon_T = \int_{L_0}^L dL/L = \ln L/L_0$$

$$\%EI = [(L - L_0)/L_0] \times 100 = \epsilon \times 100$$

$$\text{面积缩减百分比 (公称)} = [(A_0 - A_u)/A_0] \times 100$$

$$\text{面积缩减百分比 (实际)} = [(A_0 - A_T)/A_0] \times 100$$

$$\text{负荷速度} = \Delta W/\Delta t$$

$$\text{应力速度 (公称)} = \Delta \sigma/\Delta = (\Delta W)/A_0/\Delta t$$

$$\text{应变率} = (\Delta L/L_0)/\Delta t$$

对于试验过程中体积不发生变化的试样, 适用以下公式:

$$\sigma_T = \sigma(1 + \epsilon) = \sigma L/L_0 \quad (A2.2)$$

$$\sigma_{UT} = \sigma_U(1 + \epsilon_U) = \sigma_U L_u/L_0$$

$$A = A_0/(1 + \epsilon)$$

变更概述

本部分概述了本试验方法中的变更地方。为了方便使用者, D20 委员会阐述了可能会影响本试验方法的一些变更。本部分内容也可包含变更详细内容或变更原因或者两者。

D638-03 中:

- 1) 为了反映出 D5947 的使用并与 ISO 527 协调使用, 对第 5.3、10.1、11.2 和 11.4 部分进行了修订。

- 2) 修订了 8.4。
- 3) 新增加了 10.3.1.1。
- 4) 把 10.3.1.1 改成 10.3.1.2。
- 5) 增加了注解 14。
- 6) 把 10.3.1.2 改成 10.3.1.3。
- 7) 把 10.3.1.3 改成 10.3.1.4。
- 8) 修订 10.3.1.4 的措辞。
- 9) 把注解 14 改成注解 15。
- 10) 修订 11.6。
- 11) 修订 11.6.1。
- 12) 新增加了 11.6.2。
- 13) 新增加了公式 (3)。
- 14) 把原来的公式 (3) 改成公式 (4)。
- 15) 修订 12.1.12。
- 16) 新增加了 12.1.13。
- 17) 新增加了表 11。
- 18) 新增加了 13.1.2。
- 19) 对原来的 13.1.2 到 13.1.2.8 改成 13.1.3 到 13.1.3.8。
- 20) 把 Poisson' s 比值加入 14.1 中关键词内。
- 21) 新增加了 A2.11。
- 22) 把 A2.11 到 A2.24 改成 A2.12 到 A2.25。

D638-02a 中:

- 1) 增加了 5.1.7。
- 2) 11.3 内容增加到 11.3.2.1。
- 3) 修订 12.1.11。
- 4) 增加了 A2.16.1。

D638-02 中:

- 1) 修订 9.1、9.2。

D638-01 中:

- 1) 对 7.3 中关于试样废弃不用的规定进行修改。

D638-00 中:

- 1) 增加了 11.1 并调整随后部分序号。

D638-99 中:

- 1) 增加并阐明了伸长计分类要求。

D638-98 中:

- 1) 修订了 10.3 并在 12.1.8 中阐明了伸长计用途。
- 2) 增加了 12.1.15。
- 3) 2.1 和 5.3 中以试验方法 D5947 代替了参考试验方法 D374。