

机械微型化所面临的科学难题——尺度效应*

博士、研究员 魏悦广**

(中国科学院力学研究所 LNM, 北京 100080)

摘要:随着机械的微型化,人们所面临的科学问题——尺度效应的主要特征为:(1)微构件本身材料的物理特性的变化;(2)在传统理论中常常被忽略了的表面力此时将起主导作用;(3)某些微观尺度短程力所具有的长程作用效应及其所引起的表面效应将在微构件尺度起重要作用;(4)微摩擦与微润滑机制对微机械尺度的依赖性以及传热与燃烧对微机械尺度的制约,等等。对这些现象的预测超出了传统理论的范畴。本文将对由微机械尺度效应所引发的上述科学问题作简要阐述。作为微机械尺度效应固体力学研究的一个开端,最后给出由固体塑性应变梯度理论刻划微构件抵抗弯曲和扭转变形及薄膜脱胶的尺度效应结果。

关键词:微机械 微构件 尺度效应 表面力 微尺度力学

1 引言

微机械概念是在四十多年前由著名物理学家、诺贝尔奖获得者 R. P. Feynman 提出的,而国际上真正掀起对微机械研究的热潮则是从八十年代后期开始的,直至今日已有十几年了。受益于微电子技术的发展,微机械研究在某些方面取得了一些进展,如微机械工艺技术的初步建立,微传感器和驱动器的研制及其在液体和气体流动控制中的应用等等。但就微机械本身来讲,发展却比较缓慢,很少看见已研制出可以有效地进行工作的微机械的报道。那么,究竟是什么因素制约着微机械的研究和发展呢?其主要因素是,除了人们对微机械的设计、加工与制造技术的掌握还不够之外,还有一个关键问题是,人们对微机械的强度及破坏机理还缺乏足够的认识,其原因是人们将面临着—个前所未有的科学难题——尺度效应。当机械尺寸微小化并达到微米层次后,实际上已超出了常用于宏观机械的传统理论的适用范围。应当强调指出,微机械并非传



统意义下宏观机械的简单几何缩小,这是由于机械尺寸微小化以后,首先,构件材料本身的物理性质及其对环境变化的响应将有很大的改变;其次,微机械的力学特性和构件在环境介质中的行为以及所受体积力和表面力的相对关系等均发生变化;另外,由制造工艺和技术的难度而造成的构件间的几何误差和接触摩擦等等因素,所有这些都超出了传统科学理论所能解释的范畴。因而,微机械是基于现代科学的一门综合性技术,采用一种新的思维方式指导下的产物^[1,2]。

由于微机械具有普遍看好的应用前景及具有进行深入科学研究的潜力,因此,对微机械的研制及其围绕微机械所进行的科学研究十几年来一直是生物学、医学、光学、力学、材料科学、以及航空航天、机械工程和电子工程等领域的热门研究课题。世界工业发达国家,如美国、日本及欧洲各国投入了大量资金资助这项研究^[1-3]。

当机械微小化后,首先所要回答的问题是,微构件本身

*国家自然科学基金项目(No. 19891180;19925211)和中科院基础研究项目资助。

**魏悦广(WEI Yueguang, 1960. 1~),男,1992年6月清华大学工程力学系固体力学专业获博士学位,其后于1994年底为中国科学院力学研究所博士后;1995年1月至1998年8月为美国 Harvard University 博士后(Post-Doctoral Research Associate);1998年8月回国至今在中国科学院力学研究所非线性力学开放实验室工作,研究员;现为中国力学学会理事,副秘书长;中国力学学会固体力学专业委员会委员。已发表论文50余篇,主要涉及以下固体力学研究领域:考虑微尺度效应的塑性应变梯度理论及应用研究;裂纹起裂及扩展的弹塑性断裂准则研究;纤维增强复合材料压缩观弹塑性失稳研究;巷道及洞室的弹塑性失稳研究,等等。研究课题“固体材料的宏微观断裂与破坏”作为部分1995年获原国家教委科技进步一等奖;研究项目“裂纹顶端弹塑性应力应变场和断裂准则”作为部分1995年获国家自然科学基金三等奖;1993年获第三届中国科学院青年科学家奖;1994年获第四届中国青年科技奖;1998年被选入中国科学院“百人计划”;1999年国家杰出青年科学基金资助。

的力学性能与传统构件相比有什么差别?也就是说微构件抵抗拉伸、压缩、弯曲和扭转的机械性能如何?与传统情况相比较有什么不同?其次,必须认识到,对于微小的机械,构件的表面积与其体积之比值将会很大,因此,表面力的作用将起主导作用。从另一角度看,虽然当机械微小化后,表面积相对于体积较大,但表面积本身又是非常之小,则表面力作用区域的尺度将更小,在这种情况下,微构件可能受到的外载荷是什么?微构件处于什么样的工作环境?工作环境的作用是气体的阻尼,还是液体的流动?是摩擦阻力,还是介质润滑?是电场作用,还是磁场作用?等等。更进一步地分析,在微观层次的某些作用力,即原子分子层次的作用力,如分子间的静电力和范得瓦耳斯力等等,虽然均属于短程力,但它们却能产生微米层次的长程效应,这些力虽然在宏观尺度可以被忽略,但对尺度在微米层次的微机械来说,则需要考虑其影响。本文将从微机械固体力学、流体力学、摩擦与润滑、燃烧与防热以及计算机虚拟设计等方面简要地阐述微机械层次的微尺度力学特征。作为考虑尺度效应微机械固体力学问题研究的一个开端,最后简要介绍采用微尺度效应固体塑性应变梯度新理论刻划微构件抵抗弯曲与扭转变形的尺度特征以及薄膜脱胶问题的尺度效应预测结果。

2 微尺度力学特征

2.1 微尺度固体构件的力学特征

在机械微型化的情况下,微构件的力学特征与传统尺度极大的不同。无论构件是金属材料还是非金属材料,都将表现出强烈的尺度效应。对于非金属材料,特别是非金属材料,如混凝土和陶瓷,其尺度效应在宏观层次的表现就比较明显,而且早在十六世纪就已被人们所认知^[4]。然而对于金属材料,即使是结构完好而且成份纯正的金属材料,在微米层次也表现出了尺度效应。对于金属材料尺度效应的实验观测和研究则是在近年来才见报道^[5-6]。例如,近年来对金属钨^[5]和铜^[6]所测定的硬度曲线表明,当压头尺度小到微米量级或该量级以下时,所测出的硬度值急剧上升,强烈地依赖于压头尺度;另外在对圆柱型铜试样的扭转实验时测出^[7],当试样的直径为几十微米或更小时,扭转剪应力——剪应变曲线也明显上升,同样反映出尺度效应;还有对镍试样的弯曲实验^[8],当试样的厚度小到25微米及更小尺寸时,测出的弯曲应力应变曲线同样明显升高。可见,微构件的受力与变形特征与传统构件情况大不相同。虽然对于材料这种内在的物理特性的机理目前尚不清楚,有待于进一步探讨,但由近年来发展的塑性应变梯度理论^[9-11]可以刻划出这种尺度效应,从而为微机械构件的强度与破坏研究建立一个良好开端。

微机械的固体力学问题除了上述微构件的尺度效应外,还将涉及微构件与微构件之间的诸多破坏机制^[12],如薄膜脱胶与撕裂问题^[13-16],等等。这些问题,如果采用传统理论进行分析,所给出的结果与相应的实验结果相差甚远,而采用考虑微尺度效应的塑性应变梯度理论进行分析,则能够对实验现象作出有效预测以及在某种程度上给出合理的解释。

2.2 尺度的比较及表面力^[1]

本小节及下一小节的相关内容,主要参考了文献[1]。由于微流动主要以表面力的形式作用于微机械表面,对于微机械能否正常工作起到至关重要的作用;另一方面人们可通过采用微机械技术实现对流动特征的控制。从科学研究角

度看,由于微观原子、分子层次的诸多短程作用力所具有的长程效应要波及到微机械构件的尺度,因此,对微机械表面力的深入探讨和研究将有助于实现与微观理论的尺度关联,具有深远的科学研究意义。

2.2.1 表面力与体力的比较

在支配物理现象的所有作用力中,长度尺度是表征作用力类型的基本特征量。体力以特征尺度的三次幂标度,而表面力则依赖于特征尺度的一次幂或二次幂。由于对应于幂次的变化快慢的不同,随着尺度的减小,表面力相对于体积力来说越来越重要。随着构件尺寸逐步减小,体力和面力必有交点。由对微机械的研究积累的经验显示出表面力在小于毫米的尺度范围起主要作用^[1]。例如,作用在直径为100微米^[17]的微马达上的摩擦力主要是由表面力引起的。因为在转子底面设置凸点以减小转子与衬底之间的接触面时,转子更易启动。

2.2.2 微构件尺度与本征尺度的比较

对微机械来说,表面力与体积力的比值较大,而且表面积和体积之比值也较大,这是微构件的一个固有特征。通常该比值与构件较小的横截面尺寸成反比,对于微构件来说,几何特征尺度大约是1微米量级。与宏观构件相比,微构件中的表面积与体积之比要大得多,这进一步说明了表面力和其他表面效应的重要作用。

2.3 表面力

微机械系统中的液体或气体流动因一些表面力的作用而出现了一些新现象,这些表面力在宏观尺度的流动中通常被忽略了。在讨论这些表面力之前,应强调的是这些表面力都来源于分子间的相互作用力。而分子间的基本作用力本质上是短程(<1 纳米)力,但其累积效果可导致大于0.1微米的长程作用。如液体的表面张力效应等。另外一点也应注意,所有的分子间相互作用力基本上都是静电力(库仑力)。

2.3.1 范得瓦耳斯力

范得瓦耳斯力是所有作用力中最弱的,但因其处处存在而不失其重要性。该力本质上是短程力,但在涉及大量分子或极大表面时,却可产生长达0.1微米以上的长程效应。一般讲,范得瓦耳斯力可分为三部分:取向力,感应力和弥散力。各部分的大小均与分子间的距离的六次方成反比(r^{-6}),所以是短程力。

范得瓦耳斯力在许多宏观现象中起重要作用,如附着力,表面张力,物理吸附,表面浸润,薄膜特性,以及凝聚蛋白和聚合物的行为等等。在微电子机构系统中,只要存在表面与表面的接触,范得瓦耳斯力在表面积与体积之比很大的情况下就有显著的影响,如长而薄的多晶硅梁^[18],以及大而薄的梳状驱动结构^[19],结构与底衬之间的静摩擦或附着力常被视作上述结构操作运转中的主要问题。因此,两接触面之间的范得瓦耳斯力在许多情况下仍然难以与静电力(库仑力)相区别。

2.3.2 静电力

静电力或称为库仑力,存在于带电分子或粒子之间的作用力,其大小与分子或粒子之间距离的平方成反比(r^{-2}),所以与范得瓦耳斯力相比,静电力是比较长程的作用力。在微电子机械系统中,静电力在间距小于0.1微米时最为重要,而在远离10微米时仍具有显著影响。在两个电极之间存在电势差就会产生静电力。然而由于难以控制的表面陷落电

荷的存在,微电子机械系统中出现的一些问题通常都与静电力有关。实际上,由于断键和表面电荷陷阱,任何表面都有可能带有电荷。当表面是良绝缘体时,如 SiO_2 , 陷落电荷会产生高达几百伏到数千伏的电压^[20]。

2.3.3 空间位形力

空间位形力是一类与链状分子(如聚合物)及其空间位置或形状有关的作用力。在靠近另外的分子或其他表面时,将产生一类十分不同的作用力。它与链状分子受到限制而导致熵增有关。复杂的分子可产生复杂的相互作用,因此空间位形力既可以是吸引力,也可能是排斥力,能达到相当长程的作用范围(>0.1 微米),而且在含有大量长链分子的液体流动中,该作用力尤为重要。

3 关于微摩擦与微润滑

相对于传统机械而言,微机械的摩擦问题显得十分突出^[2]。作用在表面上的摩擦力和润滑粘滞力对于微机械性能的影响也很重要。微机械对于摩擦特性要求较高。一方面,由于微机械携带的动力能源很小,对于作为运动阻力的摩擦应尽可能地降低摩擦耗散;另一方面,在某些情况下,微机械可能利用摩擦力作为驱动力,此时则要求摩擦力应具有稳定的数值,而且可以适时控制和调整。应当强调指出,随着机械尺寸的微型化,传统的摩擦定律,即摩擦力的大小仅仅与正压力成正比(体力占主导地位而与接触面大小无关),已经失效。而此时的摩擦力主要依赖于接触面的大小和形态。

微机械的润滑问题也与传统机械不同,此时处于纳米间隙的润滑膜只有几个到十几个分子层厚度,显然,基于连续介质力学的传统流体润滑理论已不再适用。近年来开发研究出多种类型的有序分子膜,从而实现了微观层次的润滑状态,在无需连续供油条件下,对于纳米间隙摩擦副的润滑具有良好的作用^[2]。

4 微器件的燃烧与防热问题

微推进器作为微驱动器的一种,在小型卫星和小型飞行器的姿态控制上起着非常重要的作用^[21]。姿态控制常常通过对微推进器点火产生微小推力来实现。为了达到在整个有效时间内对小卫星姿势的跟踪控制,小卫星上将安装有由众多微推进器集成的微小集成块,通过不同微推进器在不同时刻的点火实现跟踪控制。但对于微小集成块来说,一个微推进器的点火可能会由于高温的扩散导致其他相邻微推进器在很短时间相继点火,或者会引起集成块的燃烧而导致危险的后果,这就极大地限制了集成块尺度的微小化或集成微推时器的数量,同时对于微推进器及集成块材料的防热问题提出了严格的要求。

5 微机械的虚拟制造、组装与仿真模拟

微机械构件的制造与组装属于微操作,精度要求很高,实现高精度的难度也很大。如果微操作不当,达不到高精度要求,将会为表面阻力的形成设下埋伏,进而将会严重影响微机械的正常工作或导致微系统失效。因此,对微机械的计算机虚拟制造、虚拟组装和行为的仿真模拟将是非常重要的^[22~23]。虚拟过程大体包括以下步骤:(1)概念设计。主要包括几何概念设计和机械概念设计。其中几何概念设计要要求虚拟原型的形状能够直观、方便地被改变,即数据模型在

实时反馈下可被交互地改变;机械概念设计要要求虚拟原型具备运动学特性、可接近性和可装配性。(2)微构件生产及控制过程虚拟。针对具体生产计划和工艺方案进行评估;通过将描述加工过程的解析模型与微构件和加工台的实体模型相结合,可进行虚拟加工过程仿真和生产流程仿真。(3)微机械的虚拟组装。主要包括微构件的虚拟对准和焊接。这一过程对于微机械的运行表现、可靠性和工作寿命产生重要影响。(4)微机械行为仿真。将已虚拟组装的微机械按照设计目标赋予以工作环境,以检验其可靠性及工作效率。若不附合质量标准,可更新设计,重复上述虚拟仿真过程。

6 微构件抗弯、扭及薄膜脱胶尺度效应分析实例

针对传统理论不能够描述尺度效应这一情况,近年来国际上提出和发展了一个新理论—塑性应变梯度理论^[9~11],利用该理论可以描述微构件受弯扭时力与变形的尺度效应以及薄膜脱胶时由尺度效应引发的界面强张力现象。应变梯度理论的最基本的关系—等效应变可简要描述为

$$E_c = \left\{ \epsilon^2 + \left(I_s^2 \frac{(\cdot)}{ijk} \frac{(\cdot)}{ijk} \right)^{\mu/2} + \left(\frac{2}{3} I_R^2 \frac{(\cdot)}{ij} \frac{(\cdot)}{ij} \right)^{\mu/2} \right\}^{1/\mu} \quad (1)$$

其中, ϵ 为传统等效应变; ijk 和 ij 分别刻划应变梯度和变形曲率; I_s 和 I_R 分别为表征材料伸缩梯度之强度和转动梯度之强度的参量; μ (1 到 2 之间取值), 表征几何位错和统计位错的特征。下面分别对几种典型情况的分析结果给予简要介绍。

6.1 微尺度板的弯曲^[8]

对于金属镍(Ni)微尺度板的弯曲试验结果展示出了强烈的尺度效应。文献[8]由应变梯度理论刻划出了这种尺度效应。由应变梯度理论和由传统弹塑性理论所获得的最大弯曲应力之比为(对于线性硬化材料以及不可压缩情况)($\mu = 1$):

$$\frac{\sigma_B^0}{\sigma_B} = \frac{1}{B} / \frac{1}{B} = f \left(\frac{E_p}{Y}, \frac{h}{l_c} \right) \quad (2)$$

其中

$$l_c = \frac{\sqrt{88}}{\sqrt{25}} I_s + I_R$$

E_p 和 Y 分别为硬化模量和屈服强度; h 为板厚度。对于镍 $E_p/Y = 26$ 。图 1 中给出了(2)式所刻化的尺度效应的预测结果。由对实验结果的拟合可得到 $l_c = 5.3 \mu\text{m}$ 。所以,从图 1 可看出,当板的厚度大约小于 $30 \mu\text{m}$ 时,尺度效应急剧上升。

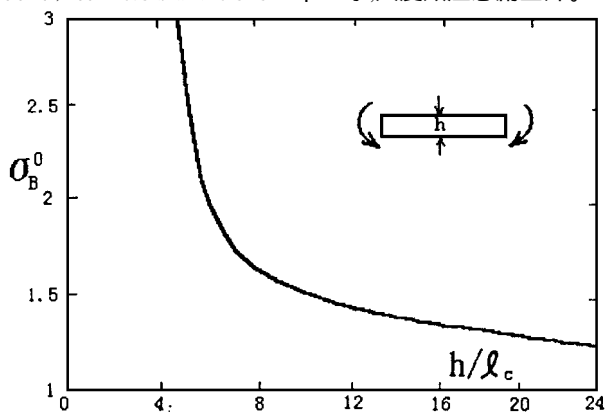


图 1 最大弯曲应力的归一化值随板厚度变化的尺度效应结果; 传统理论的归一化值恒等于 1

6.2 微尺度圆柱体的扭转^[7]

文献[7]对圆柱形铜丝所进行的扭转试验也展示出强烈的尺度效应,并采用应变梯度偶应力理论^[9]进行了分析。采用应变梯度理论和采用传统弹塑性理论所得到的最大扭转剪切应力之比可表示为:

$$\sigma^0 = \tau^0 / \tau = g(N, \frac{a}{l}) \quad (3)$$

其中,偶应力理论对应(1)式中取: $\mu = 2$; $l_R = 1$ 及 $l_s = 0$; N 为材料的幂硬化指数; a 为圆柱体的半径。图 2 给出了(3)式所刻划的扭转剪应力的尺度效应 ($N = 0.1$)。由对实验结果的拟合可得出 $l = 4\mu\text{m}$ 。由图 2 可知当试样的直径小于 30 微米时,尺度效应非常强烈。

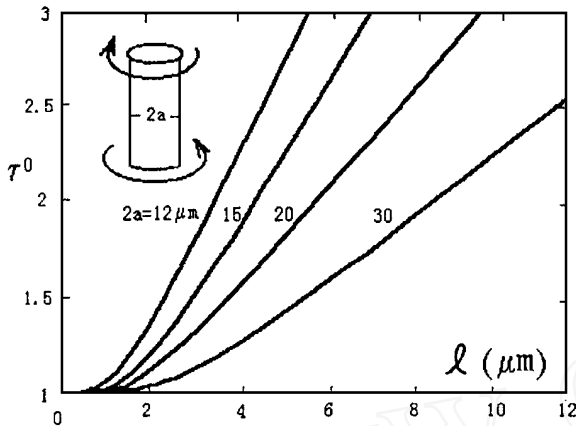


图 2 微构件扭转剪应力的尺度效应结果; 传统理论的对应力恒为 1

6.3 薄膜脱胶时的尺度效应^[14]

在上述所讨论的弯曲与扭转时的尺度效应问题时,采用的是塑性应变梯度理论的形变理论。在考虑薄膜脱胶问题时,必需采用应变梯度增量理论,由于在薄膜脱胶过程中有能量耗散。文献[11]发展了塑性应变梯度增量理论。对于可压缩材料的一般情况,当薄膜脱胶时最大分离应力与屈服应力之比可表示为:

$$\frac{\sigma}{\sigma_Y} = q(\frac{1}{R_0}, N, \frac{E}{\sigma_Y}, \nu) \quad (4)$$

其中,对应(1)式中取: $\mu = 2$; 及 $l_s = l_R = 1$; N , E 和 ν 分别为材料幂硬化指数、杨氏模量和泊松比; R_0 为小范围屈服时的塑性区尺度,通常为微米大小。通过分析并结合文献[24]对铜薄膜和二氧化硅基的实验结果,给出了薄膜脱胶时最大分离应力变化的尺度效应结果,如图 3 所示。图中水平线对应传统弹塑性理论预测结果;近似为斜直线的结果对应尺度效应解。由图可知,尺度效应所对应的界面在薄膜脱胶时具有较大的分离应力,即为强界面。

7 问题及展望

本文就机械微型化所面临的科学问题—尺度效应进行了简要的阐述,从文中可看出,微机械研究涉及的内容十分广泛。首先,涉及科学研究的诸多领域的前沿课题,包括微尺度力学,微尺度摩擦及润滑学,微尺度燃烧与传热,等等,并且这些研究课题都是相互耦合、相互关联的,与此同时也存在诸多效应的影响,如光、电、磁以及化学反应等等。其次,微机械研究也涉及微加工与微制造技术的不断探索和提

高。可见,要使微机械研究领域有所发展,有所进展,单凭某一研究领域的研究工作是难以实现的,需要各相关领域的合作。可以设想,随着微机械研究领域的发展、完善和成熟,人们所期待的宏、微观理论相互关联愿望的实现将为期不远了。

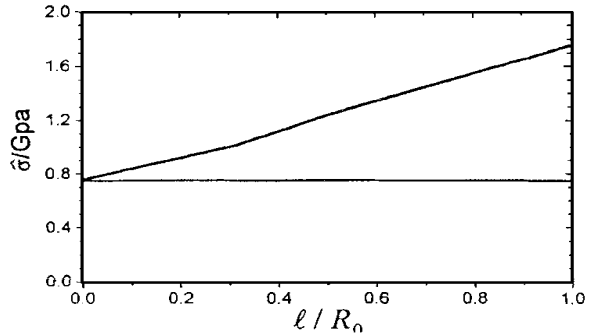


图 3 薄膜脱胶时分离应力峰值的尺度效应结果; 图中水平线对应传统理论结果

致谢 本文部分内容是在受我所前所长薛明伦研究员有益的启发下形成的,在此特表谢意!

参考文献

- [1] Ho C M, Tai Y C. Annu. Rev. Fluid Mech., 1998, 30: 579, 又见:方新和柳绮年翻译.力学进展,第 28 卷,第 2 期,1998
- [2] 温诗铸. 纳米摩擦学. 北京:清华大学出版社,1994
- [3] 周兆英等. 中国仪器仪表, 1993, 1: 14
- [4] Bazant Z, Chen E P. Appl. Mech. Rev., 1997, 50: 593
- [5] Selimashenko N A, et al. Acta Metall. Mater., 1993, 41: 2855
- [6] Ma Q, Clarke D R. J. Mater. Res., 1995, 10: 853
- [7] Fleck N A, et al. Acta Metall. Mater., 1994, 42: 475
- [8] Stolken J S, Evans A G. Acta Mater., 1998, 46: 5109
- [9] Fleck N A, Hutchinson J W. J. Mech. Phys. Solids, 1993, 41: 1825
- [10] Fleck N A, Hutchinson J W. Adv. Applied Mech., 1997, 33: 295
- [11] Wei Y, Hutchinson J W. J. Mech. Phys. Solids, 1997, 45: 1253
- [12] 余寿文,力学进展,1995, 25(2): 249
- [13] Wei Y, Hutchinson J W. J. Mech. Phys. Solids, 1997, 45: 1137
- [14] 魏悦广. 中国科学, 2000, 40(2)
- [15] Wei Y, Hutchinson J W. Int. J. Fracture, 1998, 93: 315
- [16] Wei Y, Hutchinson J W. Int. J. Fracture, 1999, 95: 1
- [17] Fan L S, Tai Y C, Muller R S. IEEE Trans Electron Devices, 1988, 35: 724
- [18] Mastrangelo C, Hsu C H. Actuator Workshop, Hilton Hend Isl. Sc, New York: IEEE, 1999, 208
- [19] Tang W C, Nguyen T C, Howe R T. Sensors Actuators, 1989, 20: 25
- [20] Wolf S. Proc. VISA Era, Vol. 2, Sunset Beach CA, 1990, 753
- [21] Lewis D, et al., Twelfth IEEE Int. MEMS Conf., Orlando, Florida, Jan. 1999
- [22] Schomburg W K, et al., J. Micromech. Microeng., 1995, 5: 57
- [23] Harish A R, Peihua G. Integr. Manufact. Systems, 1997, 8: 159
- [24] Bagchi A, Evans A G. Interface Sci., 1996, 3: 169

Size Effect, A Hard Topic for Machine - Miniaturization

Professor WEI Yueguang

(LNM, Institute of Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080)

Abstract : With machine - miniaturization, size effect, as a hard topic, will be faced and can be characterized here. Firstly, the physical properties of the micro - device materials are changed. Secondly, the surface forces, which are often neglected in conventional theories, play leading roles. Thirdly, the long - range effects of some microscopic short - range forces and the surface effects produced by them will play important roles in the scale of the micro - device. Fourthly, the dependence of the friction and lubrication theories in the scale of micro - device on the machine size, and the limitation of the machine size by heat transfer and combustion, must be considered, etc. The predictions of these phenomena are beyond the scopes of conventional theories. In this paper, the topics produced by the machine - miniaturization and mentioned above will be described concisely. Finally, as a research start for the micro - machine size effects by using solid mechanics method, some results about the bend and torsion of micro - devices and thin film delamination by using the strain gradient plasticity theory are shown.

Key words : micro - machine, micro - device, size effect, surface force, micro - scale mechanics

(责任编辑:房俊民)

国外新闻

法国加强防范网上走私诈骗活动

随着网络经济的飞速发展,网上走私诈骗活动也逐渐猖獗。为防范网上不法经营,法国竞争、消费和反走私诈骗总局近年来成立了电子商务协调办公室,密切了与欧盟及其他国家在电子商务管理方面的合作,加大了打击网上经济犯罪的力度。

法国竞争、消费和反走私诈骗总局主要负责市场管理监督和保护消费者的合法权益。近年来,法国的网络市场发展很快,为适应这种新兴商业形式的发展,该局成立了电子商务协调办公室,其主要任务是监督各网站的商业活动,通过对各网点进行经常性地检查和以匿名形式参与公众网上聊天,捕捉网上商业犯罪活动。据电子商务协调办公室负责人若埃尔·德安焦介绍,在该办公室立案调查的非法销售活动中,有三分之二是在网上聊天时发现的,其中大部分同兜售肌酸等兴奋剂及其他控制或违禁物品有关。德安焦说,他们拥有一支非常精干的队伍,如果在网上发现有人兜售走私物品或进行其他犯罪活动,他们便立即从网页上拷下备份,以便掌握确凿证据,并及时通告海关、税务、内政部或其他有关机构。目前,他们已将近百例此类案件交付司法机关审理。

因特网技术使商业活动超越了国界,因此,加强国际合作也就显得比以往更加重要。据法国竞争、消费和反走私诈骗总局透露,目前,法国已经与美国、加拿大、澳大利亚、瑞士以及欧盟各国共同组成了电子商务监督网,携手防范网上走

私诈骗活动。每年,法国都与这些国家一起对某一领域进行一次网上走私诈骗集中围捕日,如去年围捕日的打击对象是提供治疗癌症和心脏病假药的网商。德安焦说,一些人往往利用瑞士不是欧盟成员国的特点,在瑞士进行一些针对其他欧洲国家的商业犯罪活动。现在,法国已经与瑞士建立起密切的合作关系,如果再有人利用瑞士进行针对法国的商业犯罪活动,将很难逃脱两国的法网。

为使消费者能够参与揭发网络商业犯罪活动,法国竞争、消费和反走私诈骗总局还开设了消费者申诉网站。据悉,这个网站每天都接待 20 多个申诉者,申诉原因大多是没能按时获得在网上订购的物品,以及送到的物品与订购的不符等等。德安焦向消费者建议,为保护自己的合法权益,消费者应该在网上订购物品前,把网上提供的有关信息从网页上拷贝下来,以便在对方违约的情况下向有关部门出示证据。

目前,网上购物正在逐渐成为一种时尚。由于其轻松便捷以及网上销售商经常提供一些优惠条件,越来越多的消费者开始接受这种购物形式。但是,一些不法分子也借机大搞欺骗活动。法国竞争、消费和反走私诈骗总局负责人表示,他们将加强防范措施,加大打击这些犯罪分子的力度,以便保护好消费者的合法权益,从而保证这种新兴经济形式健康有序地发展。(新华社供本刊稿)