

金属材料剪切试验方法

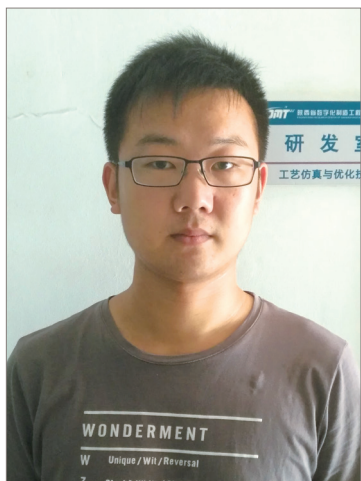
邬洪飞, 吴建军, 王明智, 张增坤, 姜 强, 王奇帅, 杨东升

(西北工业大学机电学院, 西安 710072)

[摘要] 通过与其他诸如单向拉伸、压缩试验的比较, 描述了剪切试验识别材料流动曲线的优点; 阐述了金属材料剪切试验的研究现状, 按照试验过程中试件变形区的应力状态, 将剪切试验分为简单应力状态下的剪切试验和与其他加载方式结合的复杂应力状态下的剪切试验; 介绍了各种剪切试验方法的试验装置和典型试件形状, 概述了各类剪切试验的实现方式, 并根据各种剪切试验方法的优缺点, 概括了各个剪切试验的应用现状。

关键词: 剪切试验; 加载方式; 力学性能测试; 应力应变; 各向异性

DOI:10.16080/j.issn1671-833x.2018.18.053



邬洪飞

硕士研究生, 主要研究方向为板料剪切试验。

为了充分发挥材料的性能, 对材料的性能进行试验研究是非常重要的, 尤其是随着对成形过程仿真的有限元技术的发展, 迫切需要输入能准确表示材料真实流动应力的材料模

型。传统的求取金属材料流动应力曲线的方法是在材料万能试验机上进行单向拉伸试验。目前, 由于单向拉伸试验简单, 在试件颈缩之前是均匀的一维应力状态, 已对横截面为矩形或圆形的拉伸试件进行了标准化, 形成了国标。但是单向拉伸试验最明显的缺陷是会产生颈缩, 试验可获得应变小, 不能反映大应变时的材料流动应力曲线; 作为颈缩现象的补救措施, 单向压缩的试验方法被人们所采用, 但由于压缩试件与模具接触的表面存在摩擦力, 会使试验过程中的试件出现“鼓形”, 影响所测得的流动应力曲线^[1]。另外, 用于传统板料成形工艺的材料一般经过轧制和辊轧, 材料内部晶粒成定向排列, 会表现出明显的各向异性。不同方向的力学性能通常通过与材料轧制方向成不同角度的拉伸试验来测得, 但此方法忽略了纯剪切受力条件下带来的屈服、硬化、损伤和断裂现象的差异。因而近年来, 很多学者通过剪切试验来研究材料在剪切条件下的材料性能。本文介绍了剪切试验相对于其他试验方法的优点, 概括了国

内外剪切试验的研究现状, 按照试验时变形区域的应力状态, 将剪切试验分为简单应力状态下的剪切试验和与其他加载方式结合的复杂应力状态下的剪切试验, 介绍了各类剪切试验装置和试件, 分析了各类剪切试验的优缺点, 并对其应用范围进行了简要概括。

剪切试验的优点

不同的剪切试验装置差别很大, 并没有一个统一的标准, 因而金属材料的剪切试验需要根据不同的试件形状, 设计不同的辅助装置, 以使板料的局部区域发生剪切变形, 以获得材料流动应力曲线。相对于单向拉伸/压缩试验, 剪切试验具有以下优点: (1) 可达到的应变范围大^[2]; (2) 在变形过程中, 不会出现颈缩和屈曲等塑性不稳定现象; (3) 试验过程中应变速率可以保持恒定; (4) 方便进行正反向加载, 研究材料的随动强化; (5) 可以设计合理试验装置研究应变速率和温度敏感性材料。

尽管剪切试验有上述优点, 但由于剪切装置不统一, 剪切试件有多种

形状,因而产生多种剪切试验方法。下面根据试验过程中变形区域中的应力状态,将剪切试验分为简单应力状态下的剪切试验和复杂应力状态下的剪切试验,上海交通大学的郑钰等^[3]对简单应力状态下剪切试验装置及试件进行了总结。

简单应力状态下的剪切试验研究现状

剪切试验可以用来研究材料的屈服、硬化行为以及温度、应变速率等对材料硬化行为的影响。按照实现剪切区域发生剪切变形的夹具的运动方式又可分为平移式剪切试验和旋转式剪切试验。

1 平移式剪切试验

典型的剪切试验通过两个夹持部分将试件夹紧后相对运动,使剪切试件产生局部剪切变形,试验装置及试件^[4]如图1所示,通过移动夹具相对于固定夹具的运动,使试件中间变形区域发生相对上下错动,从而产生剪切变形。当需要研究材料不同方向的剪切性能时,可以将试件沿着轧制方向成不同角度加工,单独测量某个方向的材料性能。Bouvier等^[5]采用图2所示的装置研究了小试件大应变情况下材料的各向异性。当采用这种类型的试验装置进行薄板的剪切试验时,会在剪切试件变形区域的两个对角上分别产生额外的压应力和拉应力,影响剪切区域均匀的应力-应变分布,并且产生皱缩和破裂失效,同时试件变形区域会严重起皱,难以获得有效的大应变。为了能够尽可能获得极薄金属材料较大的有效流动应力曲线,Pham等^[6]在典型的剪切装置上增加了一种抑制屈曲装置,最终在剪应变达到0.33时仍无起皱发生。Pereira等^[7]也采用此类试件通过反向剪切试验研究了材料的随动强化,并对随动强化参数进行识别。Rauch^[8]采用类似的试件形状研究

了金属材料产生各向异性的原因,如图3所示,并通过简单的公式求取相应的应力-应变。

$$\begin{cases} \gamma = \frac{\Delta L}{h} \\ \tau = F / (L \times e) \end{cases} \quad (1)$$

式中, γ 、 τ 分别为剪切应变和剪切应

力, F 为试验过程中施加的力, L 、 h 、 e 分别为变形区域的长度、宽度和厚度, ΔL 为剪切位移。

ASTM B831 采用了一种更为简单的试件夹持结构,即通过万能试验机的夹头即可实现材料的剪切试验,所采用的试件如图4(a)所示,试验

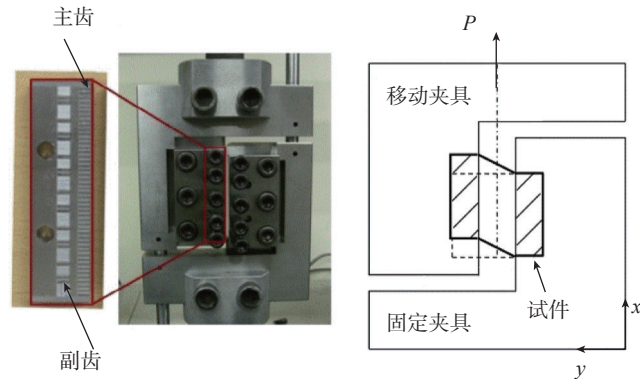


图1 单剪试验装置及试件
Fig.1 Simple shear test device and specimen

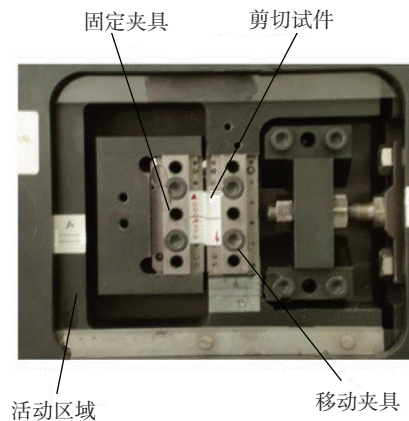


图2 单剪试验装置
Fig.2 Simple shear device

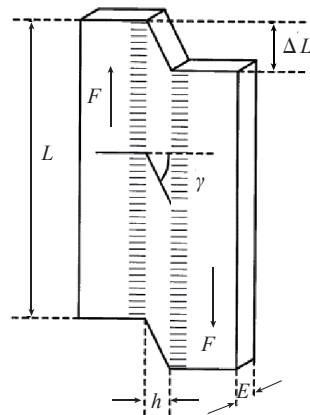


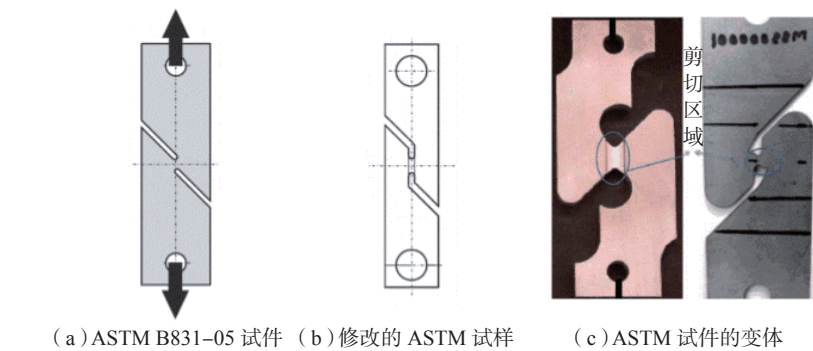
图3 剪切试件的几何形状
Fig.3 Geometry of a shear specimen

过程中,通过上下夹头的相对运动,使剪切区域发生局部剪切变形^[9]。它的优点是试件形状简单,加工方便,可以直接在通用的万能试验机上进行,不需要额外的夹具。然而,在变形过程中,试件会产生额外的侧向力,产生额外的反作用力矩。为了抑制或减少反作用力矩的产生,通常会选择刚度较大的模具,并且施加更大的夹紧力,但这会破坏试件或当夹具夹持面与试件表面不在同一面内时,会使试件发生翘曲,导致试件提前失效。为了获得更有效的试验数据,设计了图4中(b)和(c)的变体^[10-12],图4(b)中试件通过将试件的变形区域部分局部铣薄,使变形主要集中在凹槽区域,图4(c)中试件通过合理设计试件形状,可以减小在试验过程中因试件剪切变形产生的反作用力矩。

为了避免上述单剪时产生的反作用力矩, Miyauchi^[13] 采用带有两个剪切区域的试件, Zillmann 等^[14] 对试件形状进行了修改,试验试件及装置如图5所示,箭头表示施加力的方向。试验时,将试件的两侧区域与固定夹具固定,中间区域与活塞杆相连,通过活塞杆的运动使试件产生剪切变形。由于试件的两个剪切区域对称,试验过程中在两侧产生的反作用力矩相互抵消,具有良好的稳定性。但在试验过程中,两个变形区域的应力状态并不完全相同,应力主轴会发生一定的旋转,所测得的各向异性会被部分平均。另外, An 等^[15] 发现,当整个试件均为矩形时,应力-应变分布较均匀,试验也表明,准确的应变分布测量对试验结果有很大的影响。

2 旋转式剪切试验

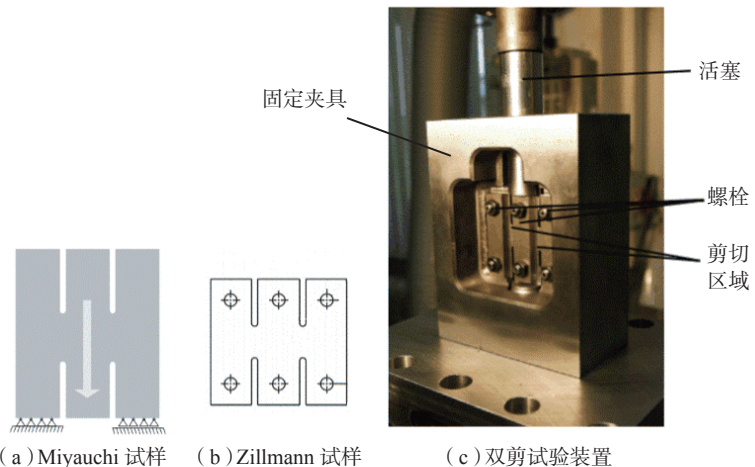
平移式剪切试验包含的各种类型试件,大部分可以通过万能试验机进行,试件灵活,成本较低,由于试验过程中会产生反作用力矩,影响大应变时的试验结果的准确性。因此,旋



(a) ASTM B831-05 试件 (b) 修改的 ASTM 试样 (c) ASTM 试件的变体

图4 其他剪切试件的几何形状

Fig.4 Other shear specimen geometries



(a) Miyauchi 试样 (b) Zillmann 试样 (c) 双剪试验装置

图5 双剪切试件及试验装置

Fig.5 Double shear specimen and experimental device

转式剪切试验测量材料的剪切性能逐渐兴起。在旋转式剪切试验中,所施加的载荷为旋转扭矩,不会产生额外的反作用力矩,最初的旋转式剪切试验如图6所示^[16]。试验时,通过将圆盘内部和外部分别用夹具夹持固定,然后使内外夹具相对运动,使试件未与夹具接触的圆环部分材料发生旋转剪切变形。由于试验是测量整个变形过程中的作用力,因而不能用于测量材料的各向异性,但是在整个变形过程中,剪切区域变形量与半径有关,半径不同,会出现不同的应变,因而可以通过提取不同半径的扭矩和位移,在一次试验时得到多条应力-应变曲线^[17],尤其在材料随动强化分析时,同时提取不同半径的材料性能即可得到不同应变情况下的强化规律。

另外,为了便于观察材料的剪切破坏情况,可以人为将试件的表面进行圆环状铣薄,使试件在铣薄区域发生变形破裂^[18]。

为了利用旋转剪切试验研究材料的各向异性, Brosius 和 Yin 等设计双桥剪切试验,试验试件及装置如图7所示^[19-20],这种试件含有两个对称分布的剪切桥,变形过程中两侧作用力方向与材料方向相同,可以用于测量各向异性材料的性能,不会产生额外的反作用力矩。试验时,试件内部由万能试验机将之压紧固定,通过电机带动涡轮蜗杆机构使整个试件产生旋转,使试件内外部桥接区域发生剪切变形,通过简单的公式(2)即可得到理论上的应力-应变曲线,但是应变测量会出现较大偏差,因而通过数字图像相关技术(DIC)测量变

形过程中的应变。

$$\begin{cases} \gamma = \theta \times r_m / \Delta r \\ \tau = M / (2t\Delta\theta r_m^2) \end{cases} \quad (2)$$

式中, γ 、 τ 分别为剪切应变和剪切应力, M 为试验过程中扭矩, $\Delta\theta$ 为剪切桥相对于试件中心的弧度, θ 为旋转的弧度变化, Δr 、 r_m 分别为试件的凹槽宽度和凹槽中心线半径, t 为试件厚度。

复杂应力状态下剪切试验研究现状

在实际工程应用中,材料一般在各种复杂加载作用下发生变形,简单的求取单向拉伸或剪切作用的试验数据并不能真实有效地反映实际变形情况,因而需要研究材料在多种载荷作用下的材料性能。例如双向拉伸试验和液压胀形试验等,其中液压胀形试验相当于双向等拉应力状态,可以测量材料在双向等拉状态时材料的流动应力曲线;而双向拉伸试验不但可以用来研究等拉的应力状态,而且可以通过改变两个方向所施加载荷实现加载路径的变化,从而研究不同加载路径对试验结果的影响。同样,研究包含剪切加载在内的复杂加载方式对材料性能表征也具有重要意义。

Bouvier^[21] 采用一系列单向拉伸与简单剪切的组合,研究预应变对材料塑性的影响,所使用的装置及试件如图 8 所示。首先将较大的双向剪切试件进行剪切试验,在达到所要求的预应变后,从双向剪切试件的变形区域中截取不同方向的单拉试件,然后在万能试验机上进行单拉试验。这种类型的试件可以实现不同应变路径的加载,进而研究轧制材料在有限应变时的各向同性强化、随动强化以及扭转强化,但是这种加载方式所得的应变路径和双拉不同,应变路径的变化是非连续的。

Noman^[22] 和 Mohr 等^[23] 研究了连续路径变化对试验结果的影响,即

通过多轴的试验装置——拉剪试验装置,试验的原理图及试件如图 9 所示。一般情况下,将万能试验机和水平加载的测量装置结合形成可用于拉剪变形的装置。试验时,将试件垂直部分与万能试验机夹头相连,水平部分与水平加载装置夹紧,通过改变水平载荷和垂直载荷的比例,实现不同加载路径的变化,研究加载路径对材料流动曲线的影响。Mohr 指出,对面心或体心立方金属的多相钢来说,初始屈服可以用 Hill 屈服准则的关联流动法则描述,然而在大应变时,非关联流动法则对流动曲线的描述更为准确。为了良好的试验结果,必须将试件的剪切变形区域进行优化,合理选择变形区域的长度和高度比例。

上述剪切试验在每次试验时需要进行多步骤试验或需要多个驱动,试验步骤繁琐,成本较高,

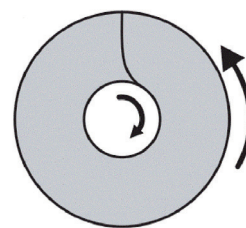


图6 圆盘扭转试件
Fig.6 A disk torsion specimen

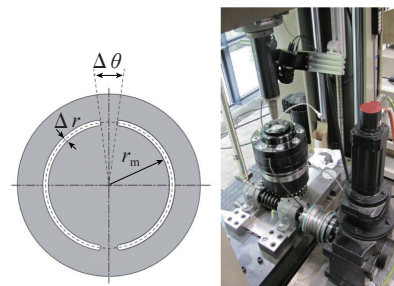


图7 双桥剪切试件及试验装置
Fig.7 A twin bridge shear specimen and experimental device

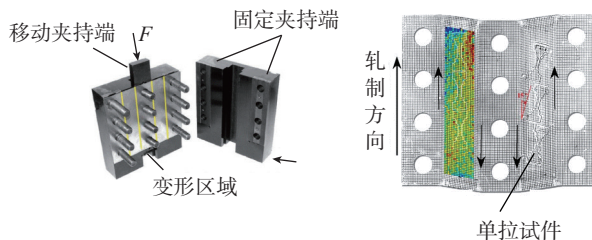


图8 预剪装置及试件
Fig.8 Preshear device and specimen

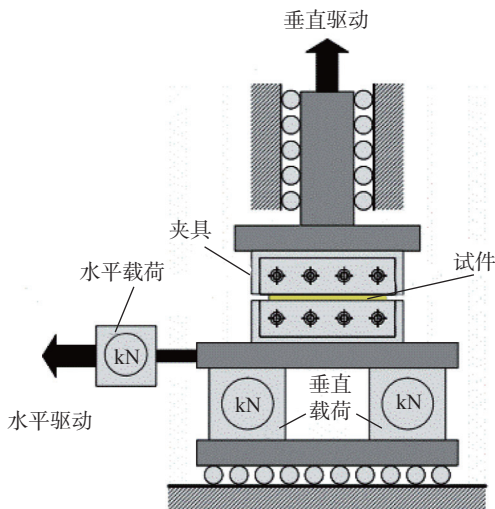


图9 拉剪装置及试件
Fig.9 Tension-shear device and specimen

Dorogoy 等^[24]设计了剪切压缩圆盘试件,用来获得在试验过程中可控的应力三轴度,并研究了这种试件对材料流动应力和断裂属性的影响,试验装置及试件如图 10 所示。在剪切压缩圆盘上切有凹槽,凹槽与试件上下面的法线有一定的角度 β ,而且圆盘的外周也与试件上下面成 α 角,在试验时,首先经过预加载过程,即将整个试件下压一定距离后停止,由于角度 α 的存在,使整个试件在下降过程中在试件内部产生预压应力,之后在主加载时,只将试件的内部进行下压,使整个试件产生以剪切为主的变形,形成剪切压缩变形。在试验时,可以通过改变 α 角和 β 角,实现拉剪-纯剪-压剪过程的转换,上海交通大学徐芹所等^[25]也对此进行相关方面的研究,验证了试验方法的有效性,并将其用于剪切断裂失效机理分析。

除了以上所述复杂应力状态下的剪切试验以外, Rittel 和 Dorogoy 等引入了剪切压缩试件^[26-30],在圆柱上有倾斜 45° 的凹槽,使剪切压缩主要集中在凹槽内,如图 11 所示,这种试件简单,容易加工,而且在通用的万能试验机上即可完成试验。在变形过程中,主要的变形模式是剪切,将此试件安装在 Kolsky (SHPB)^[31]装置上,可进行高应变速率剪切压缩试验,这种试件主要用于研究应变速率对材料流动曲线的影响,可以研究准静态加载到高应变速率($2 \times 10^4 \text{s}^{-1}$)的流动应力曲线。由于此类试件的变形区域较小,不便于采用专业的应变测量技术测量变形过程中的应变,故而通过将试验过程中的力-位移曲线数据减缩技术转化为试验过程中的应力-应变曲线。因而在数据处理时需要将试验曲线与有限元曲线进行对比,进而求取相应的材料参数。

后来, Dorogoy 和 Rittel 等^[32]对剪切压缩试件进行了改进,形成

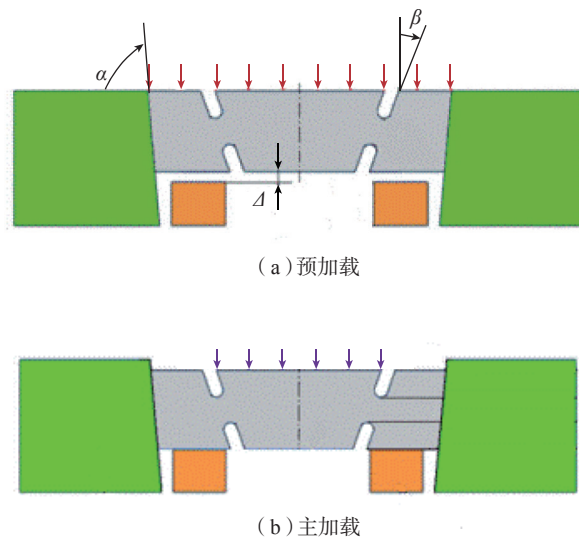


图10 试验过程及试件

Fig.10 Experimental procedure and specimen

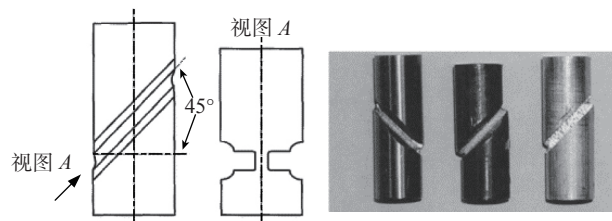


图11 剪切压缩试件及3种不同材料的变形图

Fig.11 Shear compression specimen and deformed graphs of three different materials

了剪切拉伸试件,进而研究在剪切拉伸状态时的材料硬化以及断裂行为,值得注意的是,在此情况下并不会出现单轴拉伸时的颈缩和软化现象。Vural 等^[33]对剪切压缩试件的凹槽角度进行了分析,经过理论和试验分析,认为当凹槽相对于中心轴线的角度为 35.26° 时,变形区域的变形更均匀。

在以上各类试件中,每种试件都有其优点和缺点,有不同的应用范围,见表 1。

结论

为了准确描述金属材料的塑性变形,需要进行多种试验,作为材料识别试验中剪切变形行为的研究,本文对现阶段金属材料剪切试验的方法进行了详细的归纳和总结,将剪切试验按照剪切试验变形区域中的应

力状态,将剪切试验分为简单应力状态下的剪切试验和复杂应力状态下的剪切试验,结论如下:

(1) 剪切试验没有统一的标准,研究材料变形行为的不同方面需要设计不同的试验装置及试件;

(2) 剪切变形时,与单拉试验具有一维的应力状态不同,剪切试验应力状态复杂;

(3) 剪切试验的应用范围随着试件的几何形状的不同而产生差异;

(4) 剪切试验可用于研究各方面的材料性能,包括各向异性、应变速率对材料行为的影响,也可以用来研究正反向剪切时随动强化的影响。

参考文献

[1] 俞汉清,陈金德.金属塑性成形原

表1 剪切试件的优缺点和应用范围

Table 1 Advantages and disadvantages of shear specimens and application scope

试件	主要优点	主要缺点	应用范围
Bouvier 单剪试件	测量各向异性	产生反作用力矩	材料各向异性识别
ASTM B831 类剪切试验	试件简单,加工方便,试验方便	产生反作用力矩	各向异性识别
双剪切试件	无反应力矩,对称,试验稳定	两侧应力状态不同,会部分平均各向异性	剪切测试
圆盘剪切试件	同时测多条不同应变状态流动曲线	平均材料各向异性	随动强化研究,应变状态对材料影响
双桥剪切试件	变形区域主应力状态相同,识别各向异性	试验装置复杂,塑性扩散到夹具内	各向异性识别,随动强化研究
拉伸和剪切组合	应用方便	试验程序繁琐,试验要求、成本高	研究加载顺序对材料的影响
拉剪试件	多轴加载,加载比例可调节	试验装置要求较高	加载路径对材料行为的影响
圆盘压缩剪切试件	修改试件,应力三轴度可控	试件复杂,加工困难	可控应力三轴度下的材料行为和断裂
剪切压缩/拉伸试件	试验成本低,应变速率范围大	试件加工复杂	应变速率材料行为的研究

理 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2010.

YU Hanqing, CHEN Jinde. Metal plastic forming principle [M]. Beijing: China Machine Press, 2010.

[2] RUSINEK A, KLEPACZKO J R. Shear testing of a sheet steel at wide range of strain rates and a constitutive relation with strain-rate and temperature dependence of the flow stress[J]. International Journal of Plasticity, 2001, 17: 87-115.

[3] 郑钰, 李宏辉, 庄新村, 等. 金属板料剪切试验方法及应用的研究现状 [J]. 上海交通大学学报, 2014, 48(3): 422-426.

ZHENG Yu, LI Hongye, ZHUANG Xincun, et al. Research state on sheet metal shear test methods and application[J]. Journal of Shanghai Jiaotong University, 2014, 48(3): 422-426.

[4] VINCZE G T. Investigation methodologies for metals used in forming process[D]. Portugal: University of Aveiro, 2007.

[5] BOUVIER S. Simple shear tests: Experimental techniques and characterization of the plastic anisotropy of rolled sheets at large strains[J]. Journal of Materials Processing Technology, 2006, 172: 96-103.

[6] PHAM C H, ADZIMA F, COER J, et al. Anti-buckling device for ultra-thin metallic sheets under large and reversed shear strain paths[J]. Experimental Mechanics, 2017, 57: 593-602.

[7] PEREIRA A F G, PRATES P A, SAKHAROVA N A, et al. On the identification of kinematic hardening with reverse shear test[J]. Engineering With Computers, 2015, 31: 681-690.

[8] RAUCH E F. Plastic anisotropy of sheet metals determined by simple shear tests[J]. Materials Science & Engineering A, 1998, 241: 179-183.

[9] American Society for Testing and Materials. Test method for shear testing of thin aluminum alloy products[S]. American: American Society for Testing and Materials, 2005.

[10] MERKLEIN M, BIASUTTI M. Forward and reverse simple shear test experiments for material modeling in forming simulations[C]//10th International Conference on Technology of plasticity. Aachen, 2011.

[11] BAO Y B, WIERZBICKI T. On fracture locus in the equivalent strain and stress triaxiality space[J]. International Journal of

Mechanical Sciences, 2004, 46(1): 81-98.

[12] TARIGOPULA V, HOPPERSTAD O S, LANGSETH M, et al. A study of large plastic deformation in dual phase steel using digital image correlation and FE analysis[J]. Experimental Mechanics, 2008, 48(2): 181-196.

[13] MIYAUCHI K. A proposal of a planar simple shear test in sheet metals[J]. 1984, 78: 27-40.

[14] ZILLMANN B, CLAUSMEYER T, BARGMANN S, et al. Validation of simple shear tests for parameter identification considering the evolution of plastic anisotropy[J]. Technische Mechanik, 2012, 32: 622-630.

[15] AN Y G, VEGTER H, HEIJNE J. Development of simple shear test for the measurement of work hardening[J]. Journal of Materials Processing Technology, 2009, 209: 4248-4254.

[16] MARCINIAK Z. Influence of the sign change of the load on the strain hardening curve of a copper test subject to torsion[J]. Archives of Mechanics, 1961, 13: 743-751.

[17] YIN Q, TEKKAYA A E. Determining cyclic flow curves using the inplane torsion test[J]. CIRP Annals-Manufacturing Technology, 2015, 64: 261-264.

- [18] YIN Q, SOYARSLAN C, ISIK K, et al. A grooved inplane torsion test for the investigation of shear fracture in sheet materials[J]. *International Journal of Solids and Structures*, 2015, 66: 121–132.
- [19] YIN Q, BROSIUS A, TEKKAYA A E. Modified plane torsion tests for sheet metal characterization[C]//10th International Conference on Technology of Plasticity. Aachen, 2011.
- [20] YIN Q, SOYARSLAN A, BROSIUS A, et al. A cyclic twin bridge shear test for the identification of kinematic hardening parameters[J]. *International Journal of Mechanical Sciences*, 2012, 59: 31–43.
- [21] BOUVIER S, GARDEY B, HADDADI H, et al. Characterization of the strain-induced plastic anisotropy of rolled sheets by using sequences of simple shear and uniaxial tensile tests[J]. *Journal of Materials Processing Technology*, 2006, 174: 115–126.
- [22] NOMAN M, CLAUSMEYER T, BARTHEL C, et al. Experimental characterization and modeling of the hardening behavior of the sheet steel LH800[J]. *Materials Science and Engineering A*, 2010, 527: 2515–2526.
- [23] MOHR D, JACQUEMIN J. Large deformation of anisotropic austenitic stainless steel sheets at room temperature : Multi-axial experiments and phenomenological modeling[J]. *Journal of the Mechanics and Physics of Solids*, 2008, 56: 2935–2956.
- [24] DOROGOY A, KARP B, RITTEL D. A shear compression disk specimen with controlled stress triaxiality under quasi-static loading[J]. *Experimental Mechanics*, 2011, 51: 1545–1557.
- [25] 徐芹所, 庄新村, 方勇勇, 等. 一种新的金属板材双向压缩剪切试验方法 [J]. *上海交通大学学报*, 2015, 49(10): 1510–1515.
- XU Qinsuo, ZHUANG Xincun, FANG Yongyong, et al. A novel test method for symmetrical sheet metal compression-shear[J]. *Journal of Shanghai Jiaotong University*, 2015, 49(10): 1510–1515.
- [26] RITTEL D, LEE S, RAVICHANDRAN G, et al. A shear-compression specimen for large strain testing[J]. *Experimental Mechanics*, 2002, 42(1): 58–64.
- [27] DOROGOY A, RITTEL D. Numerical validation of the shear compression specimen(SCS). Part I : quasi-static large strain testing[J]. *Experimental Mechanics*, 2005, 45: 167–177.
- [28] DOROGOY A, RITTEL D. Numerical validation of the shear compression specimen(SCS). Part II : Dynamic large strain testing[J]. *Experimental Mechanics*, 2005, 45: 178–185.
- [29] DOROGOY A, RITTEL D. A numerical study of the applicability of the shear compression specimen to parabolic hardening materials[J]. *Experimental Mechanics*, 2006, 46: 355–366.
- [30] DOROGOY A, RITTEL D, GODINGER A. Modification of the shear-compression specimen for large strain testing[J]. *Experimental Mechanics*, 2015, 55: 1627–1639.
- [31] KOLSKY H. An investigation of the mechanical properties of materials at very high rates of loading[J]. *Proceeding of the Physical Society*, 1949, 62(11): 676–700.
- [32] DOROGOY A, RITTEL D, GODINGER A. A shear-tension specimen for large strain testing[J]. *Experimental Mechanics*, 2016, 56: 437–449.
- [33] VURAL M, MOLINARI A, BHATTACHARYYA N. Analysis of slot orientation in shear compression specimen(SCS) [J]. *Experimental Mechanics*, 2011, 51: 263–273.

通讯作者: 吴建军, 博士、教授, 研究方向为板料塑性成形力学基础、材料成形的数字化分析与模拟、飞机工装结构分析与优化, E-mail: wujj@nwpu.edu.cn。

Shear Test Methods for Metallic Material

WU Hongfei, WU Jianjun, WANG Mingzhi, ZHANG Zengkun, JIANG Qiang,
WANG Qishuai, YANG Dongsheng

(School of Mechanical Engineering, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710072, China)

[ABSTRACT] The advantages of shear tests for identification of the flow curve of metallic material were described by comparing the other test methods, for example, uniaxial tension/compression test. The research on metallic material shear tests was reviewed in this paper, in which the tests were divided into two kinds of shear tests according to the stress state of deformation zone during testing, i.e. shear test under simple stress state and shear test under complex stress state result from other loading methods. All kinds of devices and typical geometries of specimens were introduced and the loading methods of shear tests were described in this paper. The applications of all kinds of shear test were summarized according to the advantages and disadvantages of shear test method.

Keywords: Shear test; Loading method; Mechanical property testing; Stress and strain; Anisotropy

(责编 大漠)