

# 金属塑性成型过程中摩擦声发射信号特征

贾园, 张守茁, 席镇, 高宏, 魏盛春

(内蒙古工业大学 材料科学与工程学院, 呼和浩特 010051)

**摘要:**在金属塑性成型的过程中, 在较大的正压力作用下, 变形金属与模具之间存在着摩擦力, 导致除了浪费能源以外, 还会使金属坯料的变形不均匀。采用声发射技术, 检测了模拟金属滑块和滑板在三种匀速运动及三种正压力的情况下, 产生的塑性变形摩擦声发射信号的变化。试验结果表明, 在特定条件下, 随着正压力的增加, 声发射信号的计数和幅度减少。

**关键词:**声发射检测; 摩擦; 压力; 特征参数

中图分类号: TG115.28

文献标志码: A

文章编号: 1000-6656(2009)07-0554-03

## The Friction Acoustic Emission Signal Characteristics During the Plastic Forming Process of Metal

JIA Yuan, ZHANG Shou-Zhuo, XI Zhen, GAO Hong, WEI Sheng-Chun

(School of Material and Engineering Nei Meng Gu Gong Yei Uniriversity, Hukehaote 010051, China)

**Abstract:** In the plastic forming process of metal, at the great pressure, the friction was produced between the deformation metal and the mold, which could made energy waste, and also so the non-uniform deformation of the metal blank. Using acoustic emission testing technique, the plastic deformation acoustic emission signals of friction were detected during the simulated metal slider and skateboards on three uniform speed and three contact pressure. Testing results showed that under certain conditions, as the pressure was increased, the counts and amplitude of acoustic emission signals would reduce.

**Keywords:** Acoustic emission testing; Friction; Stress; Characteristic parameters

在金属塑性成型过程中, 由于有较大的正压力, 金属与模具之间、变形金属各部分之间都不可避免地要产生摩擦。由于摩擦的普遍存在, 改变了变形体内部的应力状态, 增大了变形抗力, 既浪费了能源, 又造成金属坯料的变形不均匀, 给金属的塑性成型带来很多不良影响。

由于发生在模具表面与板料表面之间的摩擦无法直接测量, 所以需要借助声发射手段, 这时就需要建立声发射信号与摩擦各因素之间的关系。已经知道正压力是影响摩擦的重要因素, 为此必须研究正压力对声发射信号的影响<sup>[1]</sup>。

设计的试验中不添加任何润滑剂, 通过改变金

属间的正压力来模拟金属塑性成型时的摩擦状态, 并采用 SDAES 数字声发射检测仪对不同正压力平面运动状态下的摩擦声发射信号进行检测。分析了各个声发射特征参数与摩擦状态参数(包括正压力及相对运动的速度)的联系。

### 1 试验材料及设备

#### 1.1 试验材料

45 号钢板两块, 表面磨削加工, 钢板 1(滑板)尺寸为 748 mm × 195 mm × 14 mm, 粗糙度 20~23 μm; 钢板 2(滑块)尺寸为 167 mm × 134 mm × 34 mm, 粗糙度为 16~20 μm。

#### 1.2 试验设备

(1) 深圳新三思材料检测有限公司生产的 CMT2503SANS 微机控制电子拉力试验机, 准确度等级为一级, 其最大试验力为 5 kN。

收稿日期: 2008-08-13

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(50565002)

作者简介: 贾园(1979—), 女, 讲师, 硕士, 主要从事声发射技术在金属塑性成形中的应用及研究。

(2) 北京声华兴业科技有限公司生产的SWAES数字化全波形声发射检测仪。其中数据采集卡为ADLINK公司的PCI-9812卡,最高采样速度为20 MHz,采样精度为12位,量程误差 $\pm 1.5\%$ (25 °C);传感器为SR150A系列谐振式传感器,频率范围为50~400 kHz;谐振频率为50 kHz;灵敏度峰值 $>-65$  dB。

(3) 哈尔滨量具刃具厂生产的25-1000106型电动轮廓仪,量程为30 μm,采样长度为0.8 mm。

## 2 试验过程

### 2.1 试验方案

(1) 保持相同的相对运动速度(100, 300和500 mm/min),改变摩擦表面的正压力,三次压力分别为7.4, 17.5和24 kg。同时检测摩擦产生的声发射信号。每组试验要复三次。考虑到Kaiser效应,试验时采取保持固定压力,变换相对运动速度的方法,并由低到高增加正压力。

(2) 在第一组试验之前和每次进行完一组试验后,测量钢板摩擦表面的粗糙度。

(3) 试验过程中,滑板与滑块之间不加任何润滑剂。

### 2.2 防止外界信号干扰的措施

(1) 在滑板下放置防震的弹性胶垫,以减小震动干扰。

(2) 试验过程中严禁触碰工作台面,防止产生干扰震动。

(3) 开始试验之前,测量设备启动后的环境噪声。根据环境的噪声情况设置声发射滤波器的门槛值,以避免设备及环境噪声的影响。

(4) 在砝码下面粘贴厚胶布,以防滑块上增加砝码的时候,滑块与砝码之间的相对滑动产生声发射信号。

(5) 将传感器固定在滑板的一侧,防止在滑动过程中由于对传感器的振动或触动产生额外的声发射信号。

试验原理图见图1所示。

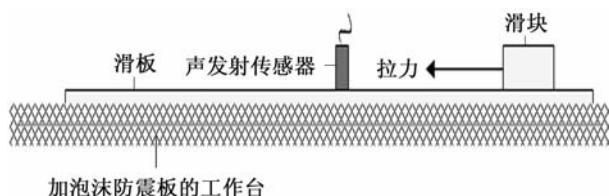


图1 试验原理示意图

## 3 试验结果及分析

### 3.1 试验用钢板粗糙度的变化

试验中,将钢板参与摩擦的部分均匀分成4个区域,分别是A,B,C和D区。将试验开始前及不同压力摩擦试验后滑板各区域的平均粗糙度用电动轮廓仪测出并记录在表1中。从表1可见,钢板的粗糙度逐次升高。

表1 不同压力试验后滑板粗糙度的变化

区域	试验前	2.4 kg 压力 试验后/ $\mu\text{m}$	17.5 kg 压力 试验后/ $\mu\text{m}$	24 kg 压力 试验后/ $\mu\text{m}$
A	21.52	21.94	22.74	23.67
B	21.63	23.40	23.78	23.98
C	22.48	24.68	24.62	23.47
D	24.44	26.09	25.24	24.79

### 3.2 摩擦力的变化

图2和3分别表示了各组试验中摩擦力的变化情况。可见,随着正压力的增大,摩擦力显著增大。

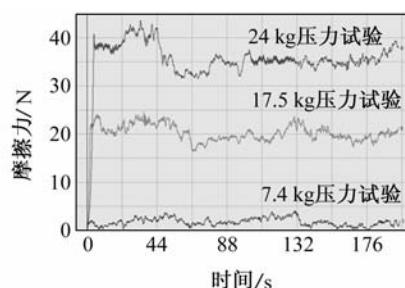


图2 滑块100 mm/min匀速运动时摩擦力随压力状态的变化

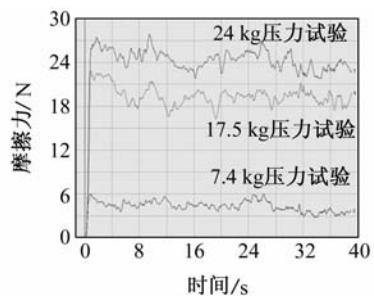


图3 滑块500 mm/min匀速运动时摩擦力随压力状态的变化

### 3.3 摩擦试验中的声发射信号特征

摩擦试验中的声发射信号特征见图4和5。

从图4和5可见,在100, 300和500 mm/min

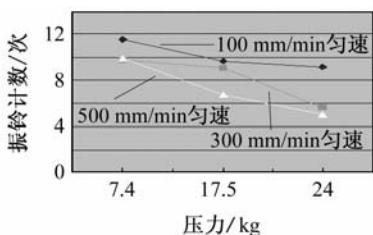


图 4 各匀速运动状态下振铃计数随正压力的变化

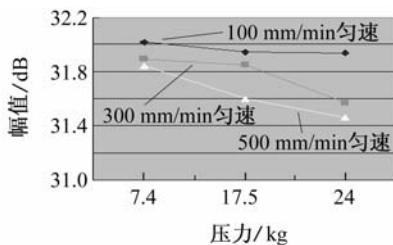


图 5 各匀速运动状态下幅度随正压力的变化

三种匀速运动状态下,随着压力的增加,声发射振铃计数明显降低,信号幅值也有比较明显的降低,而声发射信号能量的变化比较复杂,没有明显的规律性,还有待进一步研究。

根据金属塑性成型原理,金属的塑性变形机理有两种,分别是晶粒内部变形和晶界变形。晶粒内部的主要变形方式为滑移和孪生,其实质是晶粒内部位错的增殖和运动。晶界变形的主要方式是晶粒之间的相互滑移和转动<sup>[2-4]</sup>。无论是哪种形式的塑性变形,都会产生一定量的弹性波,被声发射仪所监测,并能把它用一系列声发射信号参数记录下来。弹性变形是金属原子在外力的作用下偏离平衡位置,外力消失后在原子间力的作用下恢复到原来位置的一种变形方式。微观上看不会产生明显的振动,但在金属表面比较粗糙的情况下,金属表面的小突起可能会在弹性变形的时候发生整体的振动。从试验情况来看,所使用的声发射检测仪无法检测到任何弹性变形所产生的振动信号<sup>[5-8]</sup>。

考虑到 Kaiser 效应,即从微观上看每一个小的峰点在受力过程中必然遵循 Kaiser 效应。但是即使严格保持每次摩擦的路径完全一致,由于金属间摩擦时产生的啃噬作用,每次摩擦行程中真正相互接触的峰点也不尽相同。因此从宏观上看,摩擦时 Kaiser 效应应该不是很明显。再者,试验时采取固定压力而变换相对运动速度的方法,逐次增加正压力,一定程度上也避免了 Kaiser 效应的影响<sup>[9-10]</sup>。

因此在试验中,可以忽略 Kaiser 效应。

综上所述,可以认为,随着载荷的增加和摩擦次数的增多,金属板表面的粗糙度逐渐升高,从而使金属间实际接触面积减小。因此,虽然接触峰点产生的塑性变形量增多,但总体上发生接触而变形的峰点数减少,因此金属表面总的塑性变形量减少,监测到的声发射信号也逐渐减弱。

#### 4 结论

当正压力发生变化的金属表面产生无润滑机械摩擦的时候,随着正压力的增加,有以下结论:

- (1) 摩擦力显著增加。
- (2) 金属摩擦表面的粗糙度在不断发生变化。
- (3) 当金属表面的粗糙度逐渐升高时,产生的声发射信号振铃计数和幅度呈现下降趋势。

#### 参考文献:

- [1] 温诗铸,黄平. 摩擦学原理[M]. 北京:清华大学出版社,2002:265—269.
- [2] 俞汉清,陈金德. 金属塑性成型原理[M]. 北京:机械工业出版社,1999:10—15.
- [3] 雷玉成,汪建敏,贾志宏. 金属材料成型原理[M]. 北京:化学工业出版社,2006:128—133.
- [4] 崔忠圻. 金属学与热处理[M]. 北京:机械工业出版社,1999:167.
- [5] 秦国栋,刘志明,王文静. 16 Mn 钢疲劳过程中的声发射特性研究[J]. 中国安全科学学报,2005,15(8):105—108.
- [6] 张守苗,朱宝泉. 无润滑条件下金属板材凸模胀形声发射检测[J]. 锻压技术,2001,(3):41—43.
- [7] 张守苗,席镇,杨殿魁. 基于声发射技术的金属动态塑性摩擦研究[J]. 润滑与密封,2006,(11):53—59.
- [8] 张守苗,席镇,贾园. 摩擦过程中相对运动速度对声发射能量信号的影响[J]. 润滑与密封,2008,(5):10—14.
- [9] Patrik Dobrön , Jan Bohlen , František Chmelík . Acoustic emission during stress relaxation of pure magnesium and AZ magnesium alloys[J]. Materials Science and Engineering, 2007,(A 462):307—310.
- [10] Hellwig R J, Lamark T T, Popov M V. Influence of equal-channel angular pressing on the acoustic emission behaviour of magnesium alloy AZ31 under compression [J]. Materials Science and Engineering, 2007,(A 462):111—115.