



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 31218—2014

GB/T 31218—2014

## 金属材料 残余应力测定 全释放应变法

Metallic materials—Determination of residual stress—  
Sectioning relaxation strain-gage method

中华人民共和国  
国家标准  
金属材料 残余应力测定  
全释放应变法  
GB/T 31218—2014

\*

中国标准出版社出版发行  
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)  
北京市西城区三里河北街16号(100045)  
网址 [www.spc.net.cn](http://www.spc.net.cn)  
总编室:(010)68533533 发行中心:(010)51780238  
读者服务部:(010)68523946  
中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷  
各地新华书店经销

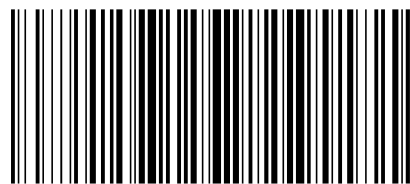
\*

开本 880×1230 1/16 印张 1.25 字数 26 千字  
2015年7月第一版 2015年7月第一次印刷

\*

书号: 155066·1-50371 定价 21.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换  
版权专有 侵权必究  
举报电话:(010)68510107



GB/T 31218—2014

2014-09-30 发布

2015-05-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局  
中国国家标准化管理委员会 发布

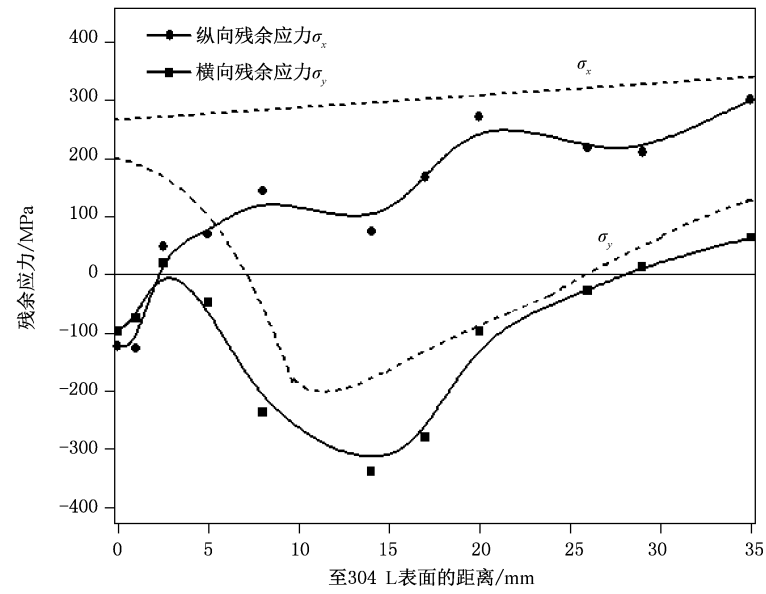


图 B.4 复合板纵向和横向残余应力沿厚度方向的分布

## 目 次

前 言 .....	III
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 符号和说明 .....	1
5 原理 .....	2
6 设备和应变计 .....	2
7 测量步骤 .....	3
8 误差分析 .....	5
9 测量报告 .....	6
附录 A (资料性附录) 电阻应变计测量应变方法 .....	7
附录 B (资料性附录) 电阻应变计测量(焊缝)三向残余应力的方法——R-N 切割法及其修正程序 .....	9
参考文献 .....	13

这里  $E, \nu$  和  $h$  分别为弹性模量、泊松比和板的厚度。从方程中可以看出,应变变化量  $\Delta\epsilon_{x,1}$  是厚度的线性函数,而应力变化量  $\Delta\sigma_{x,1}$  由于  $\sigma_y$  和  $\sigma_z$  在厚度方向的分布原因,就变得非线性了。

因此,当切割纵向薄片时,在长轴  $X$  方向上的应力变化呈非线性,而应变变化是线性的。假定  $\Delta\epsilon_{xT}$  和  $\Delta\epsilon_{xB}$  分别代表上下表面的应变变化,那么在不同  $Z$  坐标(深度)上的应力释放值见(式 B.2):

$$\Delta\sigma_x = E [\Delta\epsilon_{xB} + (\Delta\epsilon_{xT} - \Delta\epsilon_{xB})Z/h] + \nu(\sigma_y + \sigma_z) \dots\dots\dots (B.2)$$

在切取横向薄片时,不存在任何均匀的残余应力场。考虑由于切割截面上应力的松弛导致  $Y$  方向应力的变化情况。作用于该截面上的应力松弛导致了在  $Y$  方向上的应力应变变化,此时可以按上述纵向薄片平行于  $Y-Z$  平面上应力松弛时导致的应力应变变化情况作类似考虑。在这个截面上,应力  $\tau_{xz}, \tau_{xy}$  和  $\sigma_x$  被释放,若薄片足够窄,可以将  $Y-Z$  平面看作对称平面,剪应力  $\tau_{xz}, \tau_{xy}$  的值就可以忽略。由于  $\sigma_x$  的释放,导致在  $Y$  方向上的应力应变变化与厚度呈非线性关系,这是因为在此情况下,不存在沿  $Y$  轴方向上的均匀应力场,而且由于  $\sigma_x$  的释放引起  $\sigma_z$  的变化,不过这个变化经数值分析表明并不明显,可以忽略。所以就可以从切割的横向薄片直接测取厚度方向上的  $\sigma_z$  分布。

这样看来,切割横向薄片时产生的应力应变变化  $\Delta\sigma_y$  和  $\Delta\epsilon_y$  与厚度呈非线性关系,然而若把  $\Delta\epsilon_y$  看作厚度的线性函数,纵向残余应力  $\sigma_x$  的计算仍可以获得很好的精度。原因就在于  $\Delta\epsilon_y$  对厚度函数的线性偏差是由残余应力  $\sigma_x$  的释放引起的,其值最多是 0.3 倍的  $\sigma_x/E$ , 该值的 0.3 倍,即 0.09 倍的  $\sigma_x/E$  再贡献到  $\sigma_x$  的计算中就显得较小了。如此假定  $\Delta\epsilon_y$  是厚度的线性函数后,就有下面的计算公式(式 B.3):

$$\Delta\sigma_y = E [\Delta\epsilon_{yB} + (\Delta\epsilon_{yT} - \Delta\epsilon_{yB})Z/h] + \nu\sigma_x \dots\dots\dots (B.3)$$

现在剩下的工作就是测取残留在纵向和横向薄片中的残余应力。为了达到这一目的,可继续使用切片法,即将应变计粘贴这些板条的中间截面上,在纵向薄片上水平贴上测取纵向应力的应变计,将测取横向应力和厚度方向应力的应变计按各自方向贴在横向薄片上。假定残留在各自薄片中的应力分别为  $\sigma_{xR}$  和  $\sigma_{yR}$ , 则最终的  $X$  和  $Y$  方向的残余应力就由式(B.4)计算:

$$\begin{cases} \sigma_x = \Delta\sigma_x + \sigma_{xR} \\ \sigma_y = \Delta\sigma_y + \sigma_{yR} \end{cases} \dots\dots\dots (B.4)$$

在一般的测量中,需要根据释放应变直接计算最终残余应力大小,同时忽略厚度方向应力  $\sigma_z$  的影响(当厚度不是很大时)。为方便使用,以下给出由于两次切割释放得到的上下表面的最终残余应力( $\sigma_{xT}, \sigma_{yT}$ )和( $\sigma_{xB}, \sigma_{yB}$ )以及不同厚度方向上的残余应力  $\sigma_{xi}, \sigma_{yi}$  的计算公式(式 B.5)、式(B.6)和式(B.7):

$$\begin{cases} \sigma_{xT} = \frac{E}{1-\nu^2} [(\Delta\epsilon_{xT} + \Delta\epsilon_{x0}) + \nu(\Delta\epsilon_{yT} + \Delta\epsilon_{y0})] \\ \sigma_{yT} = \frac{E}{1-\nu^2} [(\Delta\epsilon_{yT} + \Delta\epsilon_{y0}) + \nu(\Delta\epsilon_{xT} + \Delta\epsilon_{x0})] \end{cases} \dots\dots\dots (B.5)$$

$$\begin{cases} \sigma_{xB} = \frac{E}{1-\nu^2} [(\Delta\epsilon_{xB} + \Delta\epsilon_{x0}) + \nu(\Delta\epsilon_{yB} + \Delta\epsilon_{y0})] \\ \sigma_{yB} = \frac{E}{1-\nu^2} [(\Delta\epsilon_{yB} + \Delta\epsilon_{y0}) + \nu(\Delta\epsilon_{xB} + \Delta\epsilon_{x0})] \end{cases} \dots\dots\dots (B.6)$$

$$\begin{cases} \sigma_{xi} = \frac{E}{1-\nu^2} \left\{ \Delta\epsilon_{xi} + (\Delta\epsilon_{xT} - \Delta\epsilon_{xB}) \frac{z}{h} + \nu \left[ \Delta\epsilon_{yi} + (\Delta\epsilon_{yT} - \Delta\epsilon_{yB}) \frac{z}{h} \right] \right\} \\ \sigma_{yi} = \frac{E}{1-\nu^2} \left\{ \Delta\epsilon_{yi} + (\Delta\epsilon_{yT} - \Delta\epsilon_{yB}) \frac{z}{h} + \nu \left[ \Delta\epsilon_{xi} + (\Delta\epsilon_{xT} - \Delta\epsilon_{xB}) \frac{z}{h} \right] \right\} \end{cases} \quad i = \frac{z}{h}, \dots, h - \frac{z}{h} \dots\dots\dots (B.7)$$

## 前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由中国钢铁工业协会提出。

本标准由全国钢标准化技术委员会(SAC/TC 183)归口。

本标准起草单位:武汉钢铁(集团)公司、中国科学院金属研究所、深圳万测试验设备有限公司、海军工程大学。

本标准主要起草人:李荣锋、陈怀宁、余立、薛欢、彭文杰、刘冬、祝洪川、安建平、朱利洪、侯海量、汪选国。

### B.2 三向残余应力测定的修正程序

采用 R-N 全释放解剖法测量残余应力时,如果线性和协调条件满足得好,测量的结果就更精确。