

带锯条挂锯位置对锯条宽度应力分布和稳定性的影响

王华滨 陈守谦 张铁岭

(东北林业大学)

摘 要

本试验采用应力应变法测试锯条宽度上应力分布,并在等精度条件下研究锯条的振动,以确定带锯条宽度应力分布与振动的关系。试验结果证明,带锯条宽度上应力分布图与锯条挂于锯轮上的位置有关。在锯条直线段,挂锯伸出量以22毫米左右为宜。在锯条弯曲段,局部高应力区产生于靠近锯条齿根部位,这些高应力区在锯条弯曲脉动循环作用下易于发生应力集中性裂纹。带锯条振动的平均幅值和标准偏差与张紧应力具有显著的线性关系。振幅随张紧系统的压砣重量的增加而减小。

一、引言

虽然在上世纪末已由 Skutch, R [1897] 首先对轴向运动的弦进行了线性横向振动研究,但带锯条——轴向运动薄壁杆件却具有一定弯曲刚度,并受多因子控制的随机、连续变化的复杂过程。到本世纪50年

代末, Chubachi T. [1958] 开始应用弯曲刚度研究低刚度、低适张度钢带的振动问题,并由于试验科学的发展,带锯条的振动和稳定性才获得广泛、深入的研究。因此自六十年代初以来,对带锯条进行了大量的振动模型的理论研究,以及诸如锯条速度^[1]、张紧力^[2]、导向装置^[3]、进料速度^[4, 5]

A Preliminary Study on Water-resistant Property of Gypsum Particleboard

Li Xiaoming

Chen Shiying

(Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry)

Abstract

This study focuses on the influence of cement on the water-resistant and physico-mechanical properties of gypsum particleboard. The gypsum hydration under the condition of added cement and cold water soluble extractives of poplar was also investigated. The results are as follows: 1) the water-resistant property of gypsum particleboard could be improved greatly by adding proper amount of cement, 2) the cement had an hydration of gypsum.

等工艺因素对锯条稳定性影响的试验研究等。在影响锯条稳定性的诸因素中,带锯条轴向张紧力是重要因素之一,对张紧应力在锯条宽度上的分布及其与锯条稳定性关系的究研对研制高精度、高张紧力带锯机,提高成材加工质量具有积极作用。但此项工作迄今尚未有人进行研究。

二、试验方法

本试验采用应力应变测试方法测定带锯条宽度上应力应变分布,并在等精度条件下采用振动测试系统进行锯条振动试验,以研究带锯条宽度应力分布对稳定性的影响。

(一) 试验设备和试验条件

试验采用MJ3212型跑车带锯机;锯条为林工牌厚度1.25mm(C.W.G.),锯条宽度(不计齿高)135和140mm;锯背挠度0.28/900mm,适张度0.3/120mm;锯条齿距40mm,齿高12.5mm,齿前角 28.4° ,齿后角 19.5° ,齿尖角 42.1° ;锯机调整参数为:上锯轮倾斜角度为 $15'$,木块式导向装置与锯条之间间隙为0.2mm。

(二) 带锯条应变(应力)测试方法

带锯条应变测试系统由锯条与应变片、静态电阻应变仪和预调平衡箱等组成,如图1所示。

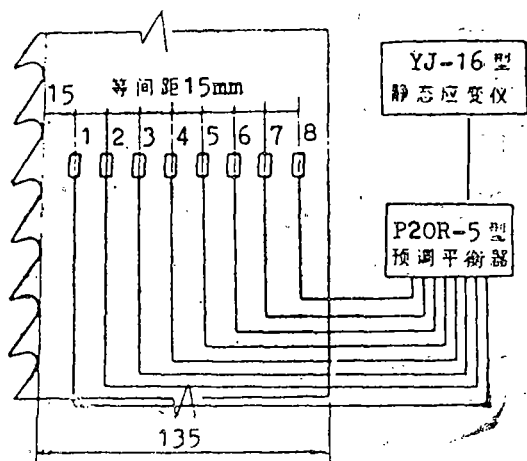


图1 带锯应变测试系统图

当锯条承受机械应变时,通过贴在锯身

上应变片的丝栅将变形信号转换为电阻变化,经预调平衡箱传输到电阻应变仪的测量电桥上,由此输出一个幅度与应变成比例、频率与载波频率相同的调幅波,经放大、解调,输至指示电表(或模一数转换器)显示被测锯条应变的大小和符号。

带锯条应变测试方法如下:

①带锯条是挠性钢带,为防止应变片在粘贴过程产生弯曲变形,首先应采用平直的夹板将锯条布片段固定,再用502快干胶将应变片紧密地粘贴在带锯条的测量点上;

②清除锯轮外圆表面上粘着物,再将带着夹板的带锯条分别以齿槽底线伸出轮缘面30mm,22~24mm,18~20mm,16~17mm等位置状态(即挂锯状态,简称挂锯伸出量)挂于锯轮上。

③溜稳锯条后,用夹板将锯条夹紧于同一垂直平面内,调整上、下导向木块之间锯条自由长度为600mm,导向木块与锯条之间间隙为0.2mm;

④松弛锯条,连接线路,并接入温度补偿片,以消除由于环境温度变化而产生的虚假应变;

⑤用标准电阻调整应变仪电桥平衡,并分别调预调箱各路平衡,以待正式测量。为减小贴了应变片的带锯条在试验中非线性和机械滞后的影响,在正式测量之前,卸去锯条夹板,将锯条张紧、松弛,重复三次,以提高试验数据的稳定性和准确性。

(三) 带锯条振动测试方法

带锯条振动测试系统由传感器、测振仪、光线示波器、信号发生器、磁带记录仪、频谱分析仪等组成,如图2所示。

带锯条振动测试原理是,当锯条受干扰力激振时,通过磁电式传感器将锯条振动的信号转换电压信号,经GZ-2型测振仪微分或积分,放大,检波,表头显示相应电压值;并由测振仪输出端将电信号传输给SC-16型光线示波器,将电信号转换成光信号,并依据电信号强弱,反射光在记录纸上描

绘出与锯条振动量成比例、频率与振动信号频率相同的模拟振动波形；同时在测振仪输出端接磁带记录仪，然后将磁带记录信号输给2034频谱分析仪，进行锯条振动相关分析和频率分析。

带锯条振动测试试验方法如下：

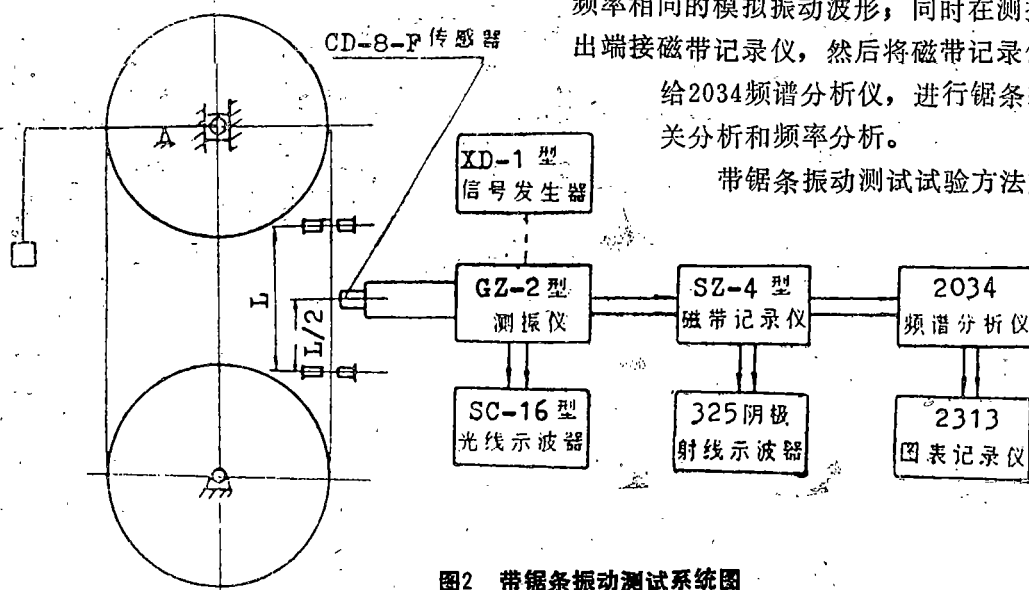


图2 带锯条振动测试系统图

①按图3 a、b所示位置，在锯条自由长度中部并在宽度方向上安装两个CD-8-F非接触式传感器，并调整传感器磁钢面与锯条之间间隙值；

②待锯机运转平稳后开始对锯条振动信号进行测试记录。在每次试验条件下，截取SC-16光线示波器在记录纸上记录20cm长的

一段振动波形图，用磁带机采样信号2分钟；

③用XD-1信号发生器对振动信号进行标定，确定记录纸上每毫米波形高度对锯条实际振动波形峰峰值的相对比值；或由磁带机记录的标定信号输给分析仪，计算出锯条真实的振幅值。

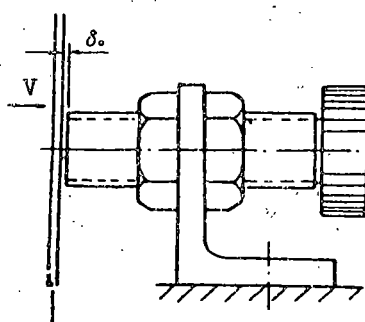
三、试验结果与讨论

(一) 在不同挂锯状态下，锯条直线段宽度上应变分布的分析

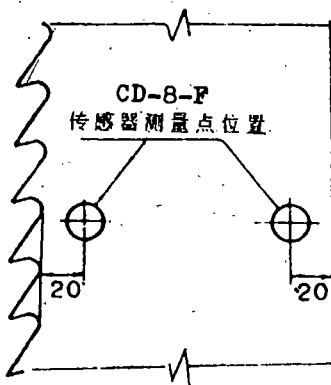
纵坐标代表应变，以微应变 $\mu\epsilon$ 表示；横坐标代表在一定挂锯伸出量条件下各应变片距齿槽底线的距离。所得图形代表锯条宽度上应变分布图，如图4所示。

试验表明，在带锯条直线段，宽度上应变分布状态也与挂锯伸出量有关。

带锯条宽度上应变分布状态因挂锯伸出量不同而发生的差异，是由于一定适张度形态的锯条在锯轮上位置



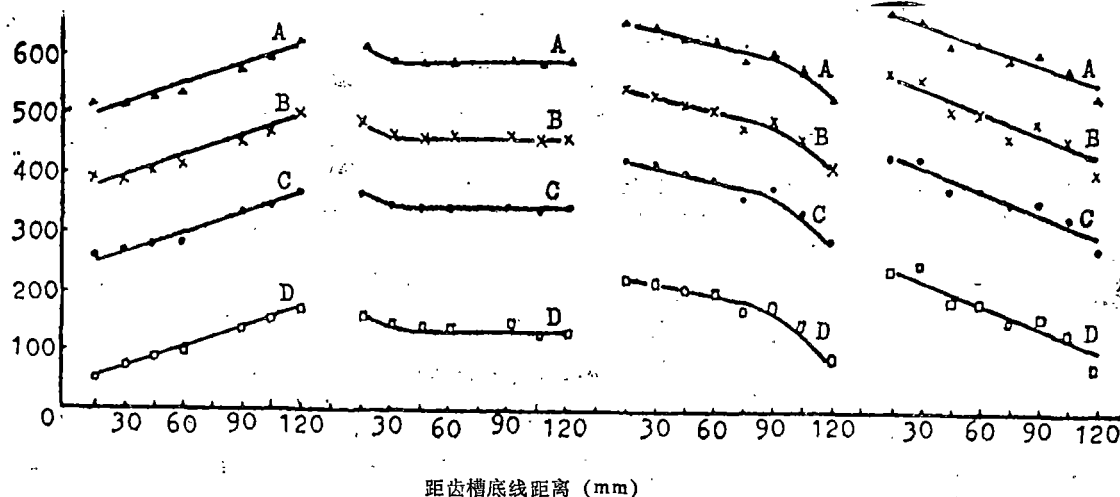
a—CD-8-F安装图



b—带锯条振动测量位置图

图3 CD-8-F传感器测试位置图

微应变 ($\mu\epsilon$)



a—挂锯伸出量30mm; b—挂锯伸出量22~24mm; C—挂锯伸出量18~20mm; d—挂锯伸出量16~17mm

图4 各种挂锯条件下锯条直线段应变分布图

图中: A—压砧重49kg, B—压砧重39kg, C—压砧重29kg, D—压砧重13kg

不同改变了锯身应力应变分布。当伸出量30mm以上时,锯齿侧‘口紧’区域可能处于锯轮张紧拉伸线以外;同时锯条上整个适张度在锯轮上前移,伸出量增大,锯背部位压伸应变愈小于锯轮倾斜圆锥台母线与中心线之间的夹角,锯背部位应变增大的趋势愈显著,故在锯条宽度上应变分布呈上升趋势。

随着伸出量减小,使锯条张紧拉伸线逐渐移向并作用于锯齿侧‘口紧’区域,同时锯条上整个适张度在锯轮上后移,锯条中部‘腰软’,使锯条上压伸应变大于锯轮倾斜圆锥台夹角,应力应变减小,在锯条宽度上的应变分布呈下降趋势。

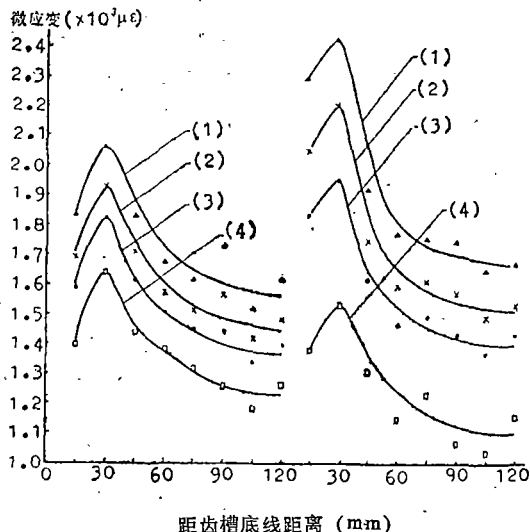
由上述锯条宽度应变分布图中可以看出,在伸出量22~24mm时,锯齿侧部位应变较高,增大了锯齿侧的张紧应力,同时在锯身的大部分宽度上出现等应变,说明可以保持锯身应力均衡性。

最后,由图还可以看出,在同一种挂锯位置条件下,所得直线段宽度应变分布呈极高的线性关系,回归直线斜率几乎相同,说明试验具有良好的重复性。

(二) 在不同挂锯状态下,锯条弯曲段宽度上应变分布的分析

由于带锯条具有一定的弯曲刚度,锯条

弯曲应变发生于锯条与锯轮相切点后约 10° 左右处。试验表明,随着锯条绕上锯轮,锯条宽度上各布片点的应变几乎没有变化;当布片点转到锯轮上最高点位置时,出现如图5所示的应变分布状态。



a—挂锯伸出量18~20mm b—挂锯伸出量16~17mm

图5 锯条弯曲段应变分布图

图中: (1)、(2)、(3)、(4)分别代表压砧重49、37、29、13kg

由图可见,在接近锯轮前缘的锯条部位上,产生一个局部高峰应变区;然后应变急剧下降,由此向锯背侧应变趋于平缓。局部高峰应变区最大应力($\mu\epsilon_{max}E$)达到320

~500N/mm²。而且该最大应力并不是发生于锯条与锯轮相接触的前缘上，而是出现于距离齿槽底部30mm的应变片2上。这个试验现象说明：①带锯条局部高峰应变不是来自锯条对锯轮的最大接触压力，而是来自于齿槽根部的应力集中；②带锯条出现裂纹并不是由于锯条受拉伸的破坏，而是由于带锯条在锯轮上受弯曲时在齿槽根部产生应力集中性高峰应变。

试验还表明，在一定挂锯状态下随着压铊重量的增加，弯曲段最大与最小应变量之差值也随之增大，如下表1所示。

表1 锯条弯曲段最大与最小应变之差 (με)

加 压 铊 重 量 (Kg)	13	29	37	49
挂 锯 状 态				
挂锯伸出量18—20mm	460	487	511	547
挂锯伸出量16~27mm	500	588	716	782

表1证明，随着压铊重量的增加，挂锯伸出量16~17mm的高峰应变增长速度较伸出量18~20mm的快。可见，增加压铊重量，挂锯伸出量过小，带锯条弯曲段宽度上应变分布愈不均衡。因此高峰应变区在高张紧力、弯曲脉动循环作用下，很容易发生应力集中性裂纹。为此，我们应适当地增加压铊重量，提高张紧力，并采取适中的挂锯位置，保证锯条宽度上应力分布尽可能均衡。

表3 弯曲应力计算表

状 态 挂 锯		挂锯伸出量18~20mm				挂锯伸出量16~17mm			
		加 压 铊 重(Kg)							
		13	29	37	49	13	29	37	49
布 片 号	4	1187	1118	1089	1099	952	1084	1122	1140
	5	1154	1095	1069	1091	1064	1137	1160	1152
	6	1080	1068	1101	1015	899	1070	1115	1135
	7	1049	1004	982	1159	896	1032	1056	1059
	8	1175	1112	1098	993	1074	1151	1147	1127
平均弯曲应变(με)		1129	1079	1068	1071	977	1095	1120	1122
实测弯曲应力(N/mm ²)		237	227	224	225	205	230	235	236
与计算弯曲应力的相对误差(%)〔注〕		12.8	7.95	6.76	7.14	2.28	9.47	12	12.2

〔注1〕计算弯曲应力 $\sigma_w = S/D \times E = 1.25/1250 \times 2.1 \times 10^5 = 210 \text{ N/mm}^2$;

〔注2〕如果扣除压铊适张度与锯轮倾斜度不相适应所产生的应力 5 N/mm^2 ，则锯条弯曲应力测量值与理论计算值相对误差不会超过10%。

如果把应变片2的应变作为弯曲段局部最大应变，应变片4~8的应变平均值作为平稳应变，最大与平稳应变之比值在一定挂锯条件下几乎为恒定，见下表2。

表2 弯曲段局部最大应变与平稳应变之比

加 压 铊 重 量 (Kg)	13	29	37	49
挂 锯 状 态				
挂锯伸出量18~20mm	1.28	1.28	1.27	1.27
挂锯伸出量16~17mm	1.36	1.36	1.41	1.42

(三) 带锯条应力分析计算

上述试验结果表明，在带锯条弯曲段靠近锯齿侧的高峰应变区不仅承受张紧应变、弯曲应变，并包含齿槽根部应力集中源的局部高应变；在锯条高峰应变区之外的平稳应变量为锯条张紧应变、弯曲应变与压铊应变之和。因为试验时转速极低并不进行切削，可以认为由离心应力、切削应力和温度应力所引起的应变为零。其次，我们知道，压铊适张度应力是为适应锯机状态（如锯轮倾斜度）的调整应力。在压铊适张度与锯机状态配合良好的条件下剩余应力是很小的，一般不超过 0.5 N/mm^2 〔6〕，所以在分析中可以忽略不计。由此，从弯曲段应变片4~8的平稳应变中减去直线段相应的应变，可以求得弯曲应变，如下表3。

由表 3 可见, 尽管在不同压铊重量条件下, 但应变片 4~8 的弯曲应变变化不大, 说明弯曲应力只决定于锯轮直径和锯条厚度, 而与压铊重量无关。

由试验数据与图 4 可以求得带锯条直线段在不同压铊重量下平均张紧应力, 如下表 4。

表4 张紧应力计算表

张紧应力 (N/mm ²)	加压铊重(Kg)			
	13	29	39	49
挂锯伸出量18~20mm时实测张紧应力	36	76	96	124
挂锯伸出量16~17mm时实测张紧应力	37	76	95	126
计算张紧应力 σ_z	35	77	104	130
与计算张紧应力最大相对误差(%)	5.7	1.3	8.6	4.6

(注)计算张紧应力 $\sigma_z = W \times 91.36 / (2 \times s \times b)$, 式中 91.36 为锯机 MJ3212 实际杠杆比值

由表可见, 实测平均张紧应力与理论计算值最大相对误差小于 10%, 基本上是相一致的, 可以用加压铊重量计算的应力值来代表锯条平均张紧应力值。

(四) 带锯条宽度上应力分布状态对锯条稳定性影响

为说明锯条宽度上张紧应力分布对锯条稳定性的影响, 在等精度条件下用伸出量 22~24mm 和 16~17mm 下进行锯条振动试验。由 SC-16 光线示波器描绘的振动波形、经数据处理可绘如图 6 所示。

由图可见, 随着压铊重量增加 (即张紧应力提高), 带锯条的平均振幅 $\bar{y}$ 和振幅的标准偏差 σ 均随之降低, 存在着明显的线性关系; 而且锯齿侧的振幅显著小于锯背侧的振幅, 这说明提高张紧力有利于保持锯条的稳定性, 提高成材锯割精度。

上述试验说明, 挂锯伸出量是影响锯条宽度应力分布和稳定性的重要因素之一。挂锯伸出量过大, 如大于 30mm, 则锯条齿刃侧张紧应力降低, 振幅增大; 若伸出量过小, 锯条弯曲段宽度应力应变分布不均衡性

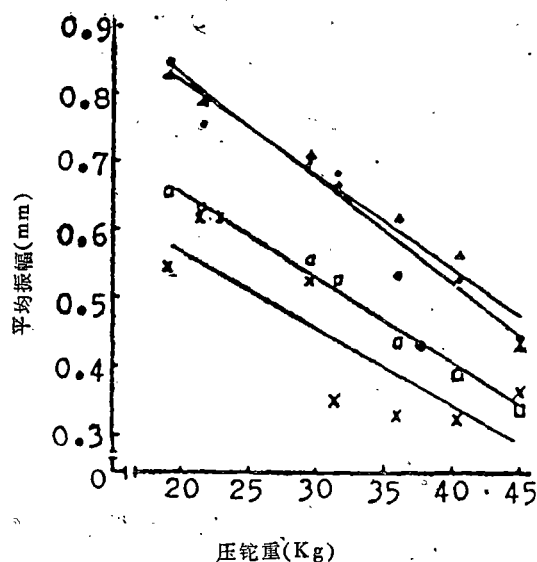


图6 带锯条振幅与压铊重(张紧应力)关系图

□与△为伸出量22—24mm时锯齿侧和锯背侧振幅,
×与·为伸出量16—17mm时锯齿侧和锯背侧振幅。

增加, 产生极大的高峰应变区, 在弯曲脉动循环作用下很容易产生应力集中性裂纹。所以, 为保持锯条稳定性和安全容许应力, 挂锯伸出量应取适当的数值, 保证锯条宽度上应力分布均衡或等应力分布。

四、结论

1. 带锯条宽度上应力应变分布状态不仅与压锯方法、适张度和锯轮倾斜度有关, 而且与挂锯状态有关。试验表明, 在锯条直线段伸出量取 22mm 试验条件, 锯齿刃部分张紧应力较大, 同时锯身大部分宽度上出现等应力分布图, 而且振幅较小, 可以保持锯身稳定性, 提高锯割精度, 在锯条弯曲段, 局部高峰应力应变区发生于靠近锯条齿根部位, 依据张紧应力值不同, 可能接近锯条钢质的持久极限。它充分证明, 锯条发生裂纹并不是由于锯条受拉伸的破坏, 而是由于锯条在锯轮上弯曲时高峰应变在脉动循环作用下疲劳破坏。因此在计算锯条张紧应力时, 应在保证容许安全弯曲应力原则下确定张紧应力。

2. 带锯条振动的平均振幅及标准偏差与张紧应力具有显著的线性关系, 增加压铊重

量,提高张紧应力,锯条振幅随之下降。所以,提高锯条张紧应力有利于提高锯条稳定性。

3.弯曲应力和张紧应力的试验值与理论计算值的最大相对误差不超过10%,证明试验数据具有较高的可靠性。

参考文献

- (1) Mote, Jr C.D., Naguleswaran S., 1966, Theoretical and Experimental Band Saw Vibrations, Trans. ASME 88(B): 151—156.
- (2) Tanaka C. et al., 1981, Experimental Studies on Band Saw Blade Vibration,

Wood Science and Technology, Vol.15 (2): 145—159.

- (3) 凌克臣, 1985, 带锯条导向装置对锯条稳定性影响的试验研究(硕士学位论文), 东北林业大学学报, Vol.13(3): 64—71.
- (4) 王华滨等, 1980, 大带锯进料速度对加工质量影响的试验研究, 中国林科院木材工业研究所木工分所、东北林学院林工系科研报告, 黑龙江林业科技第一期。
- (5) 加藤幸一, 1982, 带のて制材にすける限界送材速度, 木材学会志, Vol.28(11): 699—704.
- (6) ФЕОКТУКТОВ, А.Е., 丁炳寅译, 王华滨校, 1985, 带锯机, 中国林业出版社, 43~44.

The Influence of Setting Position of Band Saw-blade on Stress Distribution across the Blade and Saw Stability

Wang Huabin, Chen Shouqian, Zhang Tieling

(Northeast Forest University)

Abstract

The stress distribution across the band saw-blade was measured by methods of stress-strain in this study and the saw-blade vibrations were investigated in the identical accuracy conditions to determine the relationship between the saw-blade stress distribution and its vibration. Results of the tests have shown that the state diagram of stress distribution across the blade is related to the setting position on the wheels. In the straight span of blade, the proper value of saw-gullet bottom outstriped from wheel rim is about 22mm; in the bending span of blade, the local high-strain region can be created on the blade near gullet bottom and such high stress can approach the bending endurance limit of saw steel. The stress concentration cracking is easily produced in these regions under the effect of bending pulse circulation of blade. The average value of vibration amplitude and standard deviation of blade is of significant linear with the tensile stress. The amplitude of vibration is reduced with the increase of the weight strain-system.