



Рис. 14



Рис. 15

тариев, тем более что детальных исследований в этом направлении не удавалось провести по причине израсходования экспериментального материала – бревна оказались распиленными на чурбаны, а чурбаны были расколоты на поленья.

Пилить было больше нечего. Ян и Валерий ходили потерянные, бросая осторожные взгляды на окружающие ели. Их мучил гамлетовский вопрос – спилить или не спилить. Но тут в голову Яна пришла блестящая мысль – начать пилить полена, т.е. куски уже распиленных и расколотых бревен. Сразу же удалось дать иллюстрацию двум типам влияния неоднородностей на образование волновой структуры среза.

Распилив одно полено (рис.14), им удалось показать, что волнообразование может возникать не только вследствие однородного увеличения твердости дерева (например, в области большого сучка, как на рисунке 9), но и вследствие существования внутри дерева локальной силовой неоднородности. Распилив другое (рис.15), они выяснили, что изменение формы границ распила (в данном случае, переход от круговой формы поперечника бревна к сегментной форме полена) практически не меняет формы волновой структуры среза. На радостях они даже не обра-

тили внимание на то, где и какой из двух пил пользовались, но это было уже неважно, поскольку внимательный читатель и сам разберется, что к чему.

Фреттинг

Возможно, опрометчивый читатель подумает: ну вот, дошли до того, что в век тонких технологий они тут, понимаете ли, дрова ручной пилой пилят да еще физику этого архаичного процесса обсуждают, не говоря уж об эмоционально-лирической стороне такого обсуждения. Здесь следует заметить, что аналог рассмотренного явления встречается в работе машин и механизмов в условиях трения между металлическими, композиционными или пластическими материалами их деталей. Называется это явление фреттингом (fretting – изнашивание). Его страшные проявления сокращают срок службы деталей и могут быть причиной как мелких поломок, так и настоящих катастроф.

Суть фреттинга состоит в вырывании мелких частиц или волокон с одних участков трущихся поверхностей и их перенос на другие в условиях осциллирующих нагрузок малой амплитуды. При этом изменяется динамика движущихся друг относительно друга деталей, увеличиваются силы трения, растет тепловыделение и т.п.. Нередко фреттинг сопровождается коррозией, что существенно усугубляет негативные проявления этого эффекта и, в частности, может приводить к стихийным прерываниям контактов электрических цепей. Последняя проблема особенно актуальна при эксплуатации радиоэлектронного оборудования на движущихся объектах: автомобилях, самолетах, морских судах, космических кораблях и пр., где имеют место вибрации, приводящие к циклическому силовому взаимодействию между трущимися деталями.

Сегодня в мире работают сотни, если не тысячи, научных институтов и лабораторий, исследующих явление фреттинга. Об этом можно судить по количеству ссылок, которые вы сами можете найти, например, с помощью поискового сервера «Google», задавая слово «fretting». В любом случае, загляните на американские сайты www.hghouston.com/photoset.html и corrosion.ksc.nasa.gov/html/fretcor.htm, где вы найдете фотографии, похожие на те, которые приведены в данной статье.

Физика фреттинга чрезвычайно сложна. Связано это с тем, что в этом явлении идут равно значимые процессы и с характерными значениями энергий порядка 10^{-2} эВ, и с энергиями около 1 эВ, и с энергиями много больше десятков электронвольт. Первые соответствуют возбуждениям в электронной и фононной подсистемах материалов, вторые описывают процессы переноса отдельных атомов, диффузии и коррозии, третьи отвечают за перенос макроскопических частичек или волокон вещества и тепловыделение. Поэтому для анализа фреттинга используют все методы общей и теоретической физики – от термодинамики, теории упругости и пластичности материалов до квантовой теории поля. Хотя и без этих методов, а лишь руководствуясь описанными наблюдениями над пилой, можно предложить несколько правил по избежанию фреттинга.