

УДК 621.185.532

А. В. Блохин, ассистент (БГТУ)

РАСЧЕТ УСИЛИЙ, ДЕЙСТВУЮЩИХ НА ЭЛЕМЕНТЫ КРЕПЛЕНИЯ ОБРАЗЦОВ ДЛЯ МЕХАНИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ, МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

В работе рассмотрена проблема расчета усилий, действующих на детали крепления образцов методом конечных элементов. Детали крепления работали в условиях циклического нагружения.

Для определения усилий, действующих на различные элементы крепления, составлены расчетная схема и модель методом конечных элементов.

Анализ результатов исследований расчетной схемы и твердотельной модели показал, что при частотах испытаний 18 кГц для достижения напряжений изгиба в опасном сечении 100–120 МПа сила прижима должна достигать от 800 Н до 1500 Н.

The article dwells upon the calculation of stresses acting on fastening parts of samples by the finite element method. Fastening elements were working in the circumstances of cyclic loading. To determine the stress acting on different fastening parts, the design diagram and model was drawn up by the finite element method.

The analysis of the design diagram and solid-state model research results showed that at test frequencies 18kHz force of pressing should be from 800N to 1500N for reaching bend tension of 100–120 MPa in dangerous section.

Введение. Большинство деталей современных машин лесозаготовительной и деревообрабатывающей промышленности работают в условиях, сочетающих как статические, так и динамические нагрузки, нередко при повышенных температурах. Наряду с материалами, полученными на основе железа, широкое распространение получили сплавы из цветных металлов. Наиболее широко применяются различные алюминиевые сплавы [1]. Такие материалы все чаще используют для изготовления деталей, подверженных знакопеременным нагрузкам. Например, блоки цилиндров, поршни, кронштейны передней растяжки, рычаги передней подвески, кронштейны крепления двигателя и др.

Более широкое применение сплавов, полученных на основе алюминия, в настоящее время ограничивается их высокой стоимостью, обусловленной сложностью получения чистого алюминия электролизом. В первую очередь это связано со значительными затратами электроэнергии. Изготовление алюминиевых сплавов с использованием вторичного сырья позволяет существенно снизить удельные расходы электроэнергии. Поэтому замещение первичных алюминиевых сплавов на сплавы, полученные с использованием вторичного сырья, обеспечивает снижение себестоимости производства машин в целом.

Существенной проблемой, ограничивающей применение алюминиевых сплавов, полученных с использованием вторичного сырья, являются их низкие механические характеристики.

Решение данной задачи может быть обеспечено большим объемом ускоренных усталостных испытаний, реализуемых с использованием высоких частот нагружения.

Для испытаний на высоких частотах нагружения часто используют установки, в основу работы которых положены магнитострикционные преобразователи [2]. Принципиальная схема установки, позволяющей проводить испытания на частоте 18 кГц, приведена на рис. 1.

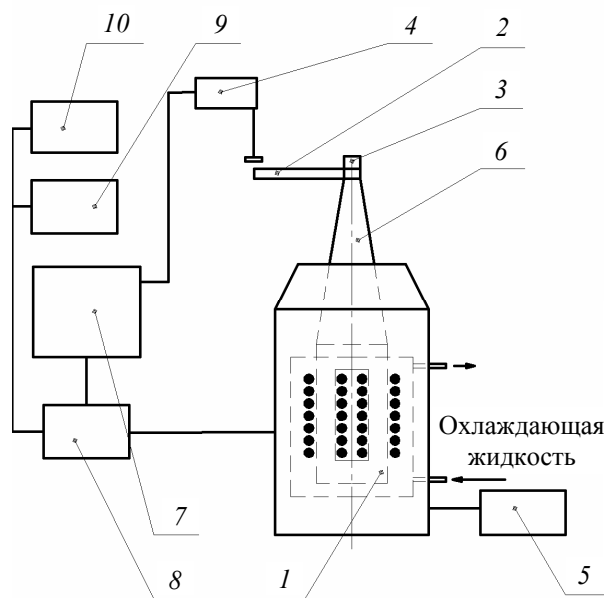


Рис. 1. Принципиальная схема высокочастотного испытательного стенда для возбуждения изгибных колебаний:
 1 – магнитострикционный преобразователь с катушками возбуждения и подмагничивания;
 2 – образец; 3 – устройство крепления;
 4 – виброметр МРТИ; 5 – модуль подмагничивания;
 6 – концентратор-волновод; 7 – прибор стабилизации амплитуды ПСА; 8 – частотомер; 9 – осциллограф;
 10 – устройство вывода на печать

Наиболее нагруженным элементом испытательной установки является устройство крепления 3 (рис. 1).

Широко применяется способ крепления модельных образцов к концентратору при помощи винта, который вставляется в отверстие образца в его хвостовой части и завинчивается в отверстие с резьбой (рис. 2), расположенное в торцевой части концентратора [3].

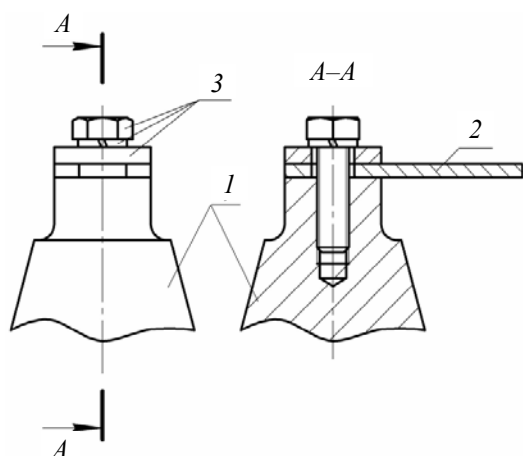


Рис. 2. Устройство крепления образца винтом с прижимной планкой:
1 – концентратор; 2 – образец;
3 – элементы устройства крепления

Недостатком крепления такого типа является пониженная жесткость и надежность крепления. Повышение усилия затяжки для увеличения жесткости заделки повышает вероятность разрушения винта.

Еще один способ крепления, когда на конец концентратора, имеющий меньший диаметр, навинчивается специальный клиновой захват, в который вставляется плоский хвостовик образца, фиксация последнего осуществляется при помощи клина, одна из плоскостей которого перемещается по плоскости хвостовика образца, а вторая имеет уклон, движение осуществляется за счет винтовой пары. Недостатком такого способа является низкая надежность и наличие значительных инерционных масс, снижающих возможную амплитуду колебания образца.

Известен способ крепления, когда хвостовая часть испытуемого образца имеет резьбу и непосредственно ввинчивается в резьбовое отверстие в концентраторе. Недостатком такого способа крепления являются сложность изготовления образцов, низкая надежность, невозможность использования для испытаний листовых материалов.

Из перечисленных выше способов наиболее широко применяется первый, в силу простоты своей конструкции.

Целью данной работы является определение усилий, действующих на отдельные детали крепления в процессе нагружения образцов при проведении усталостных испытаний.

Основная часть. Для анализа усилий, действующих на элементы крепления, был выполнен расчет методом конечных элементов. Для этого была построена твердотельная модель образца (рис. 3) и проанализированы силы, действующие на различных участках хвостовика (рис. 4, 5). Анализ модели показал, что при амплитудных напряжениях в опасном сечении 100 МПа необходимо обеспечить минимальное усилие прижима не менее 1400 Н.

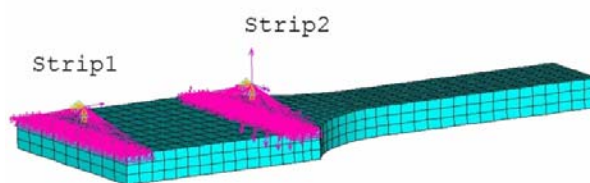


Рис. 3. Расчетная схема к определению усилия прижима методом конечных элементов

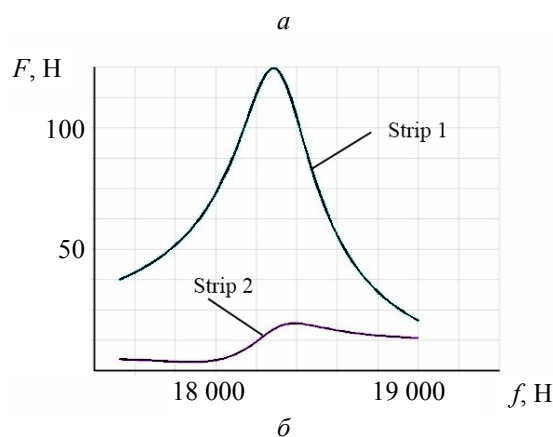
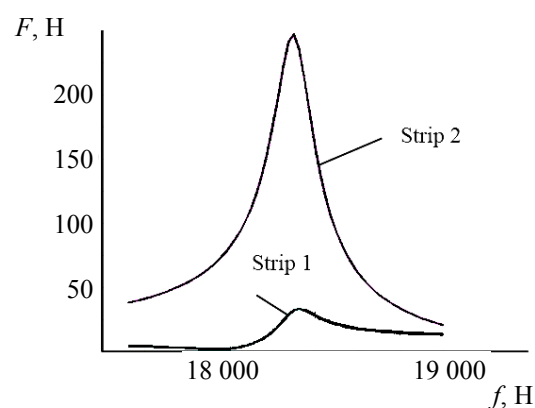


Рис. 4. Усилия, действующие на различных участках хвостовика образца, при нагружении знакопеременным изгибом, полученные моделированием методом конечных элементов при коэффициенте демпфирования:
 $a - 0,01$; $b - 0,05$

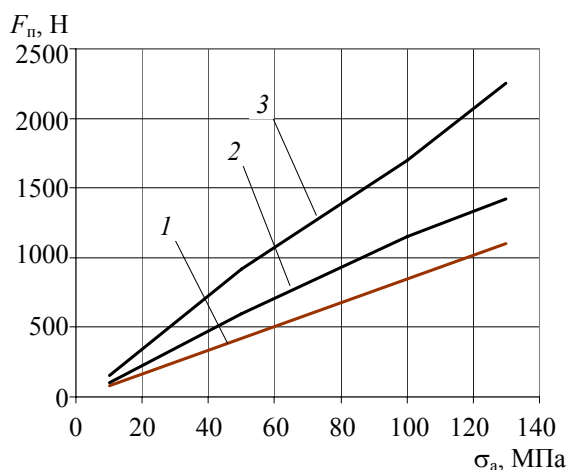


Рис. 5. Сила прижима образца (частота нагружения 18 кГц) для различных уровней изгибных напряжений в опасном сечении: 1 – для жесткой заделки; 2 – для податливой заделки при коэффициенте демпфирования 0,01; 3 – для податливой заделки при коэффициенте демпфирования 0,005

Для реализации необходимых усилий прижима, повышения надежности устройства крепления, повышения точности позиционирования образцов при частоте испытаний 18 кГц было предложено устройство крепления, конструкция которого показана на рис. 6.

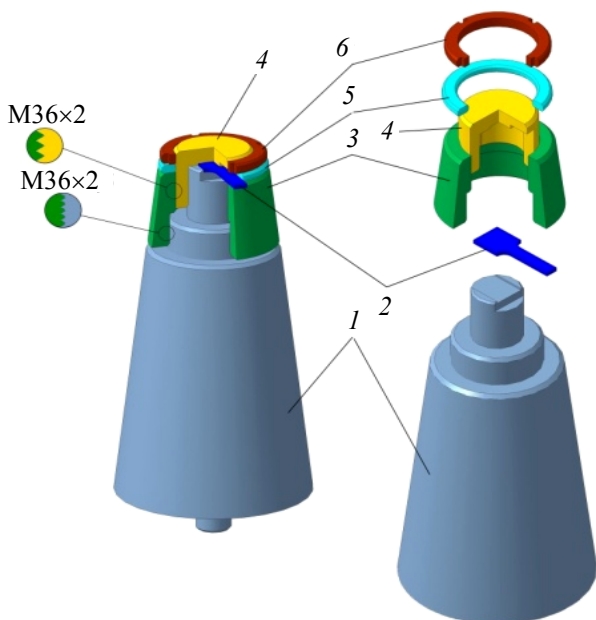


Рис. 6. Конструкция устройства крепления образца к концентратору:

- 1 – концентратор-волновод; 2 – образец;
3 – дифференциальная гайка; 4 – втулка;
5 – шайба; 6 – контргайка

Конический концентратор-волновод 1 имеет ступенчатый хвостовик, на торцевой части ступени меньшего диаметра выполнен призматический паз,

ширина которого определяется размером хвостовой части образца 2, а глубина составляет около 40% процентов высоты его поперечного сечения. На ступени большего диаметра выполнен участок резьбы, на который накручивается дифференциальная гайка 3, имеющая два участка внутренней резьбы с различным шагом и две лыски на наружной конической поверхности под ключ. Отношение длин ступеней выбирается равным отношению шагов резьб дифференциальной гайки 2.

Втулка 4 выполнена в виде стакана, имеющего прорезь для установки образца и призматический паз, имеющий аналогичную форму и глубину такую же, как у концентратора-волновода 1. На наружной поверхности втулки 4 нарезана резьба.

Контргайка 6 имеет на наружной поверхности четыре шлицевые прорези, расположенные через 90 градусов. Для снижения инерционно колеблющихся масс число полных витков резьбы контргайки принято равным трем.

Шайба 5 имеет прорезь для установки образца. Высота шайбы выбирается в зависимости от высоты поперечного сечения образца 2 и от необходимых зазоров между образцом и торцами дифференциальной гайки 3 и контргайки 6.

Для снижения влияния элементов крепления на коэффициент усиления концентратора-волновода 1 дифференциальная гайка, втулка, шайба и контргайка выполняются из материала концентратора-волновода, а образующие их наружной поверхности являются продолжением образующей концентратора-волновода.

Выводы. Использование моделирования методом конечных элементов позволило определить усилия, действующие на детали крепления. Была предложена конструкция крепления, которая за счет существенного увеличения диаметра резьб (в 4–5 раз) позволила повысить его надежность. Это дало возможность сократить время нагружения образцов при исследовании характеристик усталости конструкционных материалов за счет сокращения остановок испытательного оборудования по причине выхода из строя устройства крепления.

Литература

1. Ефименко, Г. Г. Сталь и альтернативные материалы. Проблемы экономики и экологии / Г. Г. Ефименко, И. Г. Михеева, Т. Н. Павлышин // Металл и литье Украины. – 1997. – № 8–9. – С. 3–8.
2. Блохин, А. В. Комплекс оборудования для усталостных испытаний элементов технологического оборудования / А. В. Блохин, Ф. Ф. Царук, Н. А. Гайдук // Труды БГТУ. Сер. II, Лесная и деревооб. пром-сть. – 2002. – Вып. X. – С. 213–215.
3. Усталостные испытания на высоких частотах нагружения / под ред. В. А. Кузьменко. – Киев: Наукова думка. – 1979. – 335 с.

Поступила 14.03.2012