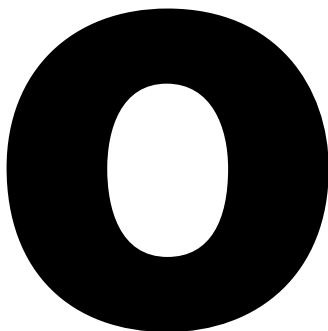


Методика и устройство для определения стойкости к многократному изгибу подошвенных материалов

Говорится о разработанном авторами устройстве, позволяющем проводить испытания полимерных подошвенных материалов в условиях, максимально приближенных к реальным условиям эксплуатации обуви. Изложена методика проведения испытаний, представлены результаты исследований свойств материалов, применяемых в обувной отрасли



И.А. Петюль

доцент кафедры
«Стандартизация»
Витебского государственного
технологического университета,
г. Витебск, Республика Беларусь,
petul@inbox.ru,
канд. техн. наук

К.С. Матвеев

директор государственного
предприятия «Научно-
технологический парк
Витебского государственного
технологического университета»,
г. Витебск, Республика Беларусь

Одним из эффективных способов достижения высокого качества обуви является широкое применение методов контроля как самой обуви, так и материалов, применяемых для ее изготовления. Многократный изгиб — один из основных видов деформации, который возникает в подошвенных материалах при эксплуатации обуви. В результате действия небольших по величине, но многократно прикладываемых изгибающих нагрузок материал «утомляется», возникают зоны пластической деформации и предразрушения, что приводит к образованию трещин, ухудшающих внешний вид и нарушающих физическую надежность изделия.

Почти 10 % возвратов обуви производителю связано с появлением трещин подошвы вследствие низкой стойкости материала к многократному изгибу. В результате по вине производителя подошв предприятие-изготовитель обуви несет убытки, причем не только финансовые: страдает имидж предприятия, теряется доверие потребителя. Несмотря на то что предприятия-изготовители обуви зачастую закупают подошвы у специализированных организаций, ответственность за качество продукции и гарантийные обязательства приходится нести именно производителям окончательного вида продукции. Поэтому такие предприятия заинтересованы в организации и осуществлении входного контроля приобретаемых готовых или производимых подошв и подошвенных материалов.

Вместе с тем вопросы технического и нормативно-правового обеспечения контроля этого показателя до конца не решены. В Республике Беларусь действующим документом, в соответствии с которым проводятся подобные ис-

пытания, является ГОСТ 422–75 «Резина для низа обуви. Методы испытаний на многократный изгиб». Однако в настоящее время обувь с резиновыми подошвами практически не выпускается, поэтому область распространения данного документа крайне ограничена. Испытательное оборудование, указанное в стандарте, морально устарело, и предприятия машиностроительной и приборостроительной отрасли стран СНГ его уже не выпускают.

В международной практике замена резины новыми композиционными полимерными материалами для изготовления обуви сопровождалась корректировкой нормативной документации. Следует отметить международный стандарт ИСО 17707:2005 «Обувь. Методы испытаний подошвы. Сопротивление многократному изгибу». Сущность метода, изложенного в данном стандарте, заключается в проведении многократных изгибных деформаций готовой обуви. В ходе испытаний на специальной машине образец, установленный на откидном столе с закрепленной носочной частью, подвергается воздействию силы 30 Н перпендикулярно к плоскости откидного стола на расстоянии 315 мм от центра шарнира. Угол изгиба регулируется в зависимости от интенсивности проведения испытаний.

Методика испытания на стойкость к многократному изгибу специальной обуви изложена в международном стандарте ИСО 20344:2011 «Средства индивидуальной защиты. Методы испытаний обуви» [1]. Схема испытаний показана на рис. 1. В качестве образца берется отделенная от верха обуви подошва с основной стелькой. На подошве обуви проводится поперечная линия, перпендикулярная продольной

ключевые слова

полимерные подошвенные материалы, многократный изгиб, многоцикловые испытания, предел прочности, коэффициент снижения прочности

оси, на расстоянии одной трети длины подошвы от крайней точки носочной части. Вдоль поперечной линии в ее средней части делается сквозная прорезь и измеряется ее длина. Образец закрепляется в испытательном устройстве в подвижный зажим (3) и неподвижный зажим (4). В ненапряженном состоянии образец находится в положении 2, а нанесенная поперечная линия и прорезь совпадают с направлением оси валика, изгибающего низ подошвы до положения 1. В ходе испытаний выполняется 30 тысяч циклов изгиба образца низа обуви под углом $(90 \pm 2)^\circ$ с постоянной частотой 135–150 циклов/мин. После завершения работ измеряется окончательная длина разреза на поверхности образца, и по приросту длины разреза оценивается результат испытания.

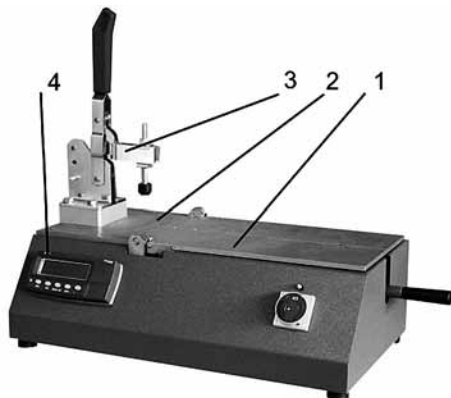
Однако испытания образцов, проводимые по данным методикам в европейских испытательных центрах, являются паллиативными, так как ограничены количеством отсылаемых на экспертизу образцов и требуют значительных временных и финансовых затрат. Дефицит испытательного оборудования лишает производителей возможности проводить входной и текущий контроль качества продукции на различных этапах ее изготовления.

Таким образом, в сфере контроля качества обувная промышленность страны отстала от мировых тенденций. Для решения данной проблемы отечественным предприятиям необходимо

Использование такого критерия, как предел прочности на разрыв, позволяет дать объективную оценку, имеющую конкретные числовые показатели. В результате появляется возможность сравнивать качество различных материалов

наладить выпуск современного испытательного оборудования, разработать эффективные методики проведения испытаний, моделирующие условия, наиболее приближенные к реальным условиям эксплуатации обуви.

В настоящее время специалистами республиканского инновационного унитарного предприятия «Научно-технологический парк Витебского государственного технологического университета» и научными сотрудниками кафедры «Стандартизация» этого университета разработана конструкция



Прибор для испытания на изгиб

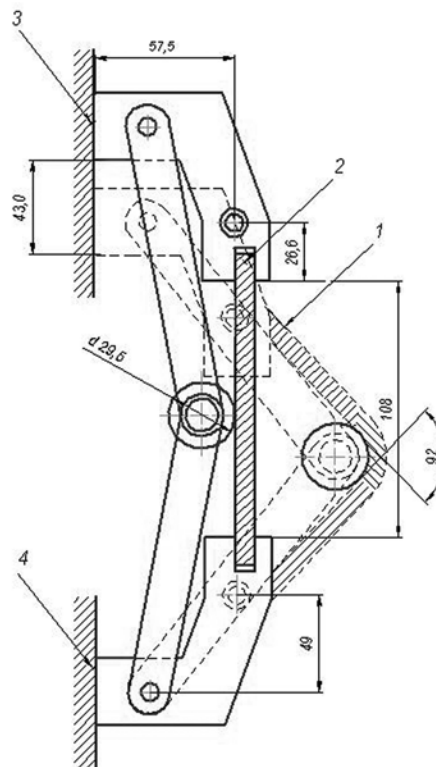


Рис. 1. Схема узла испытаний на многократный изгиб в соответствии с требованиями ISO 20344:2011

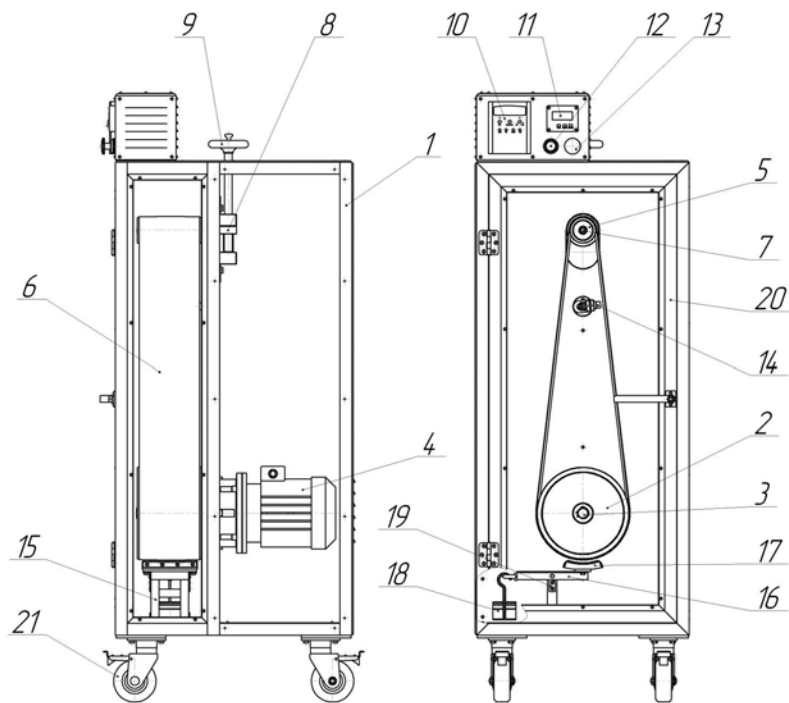


Рис. 2. Установка для испытания полимерных материалов на многократный изгиб и абразивный износ

опытной установки ременного типа для испытаний полимерных материалов на многократный изгиб (рис. 2). Испытываемый на данной установке образец, закрепленный на ремне, подвергается многократным коротким периодам быстрого сгибания, чередующимся с более длинными периодами, в течение которых образец не сгибается. Аналогичные установки применяются и широко рекламируются Британским научно-исследовательским и технологическим центром (SATRA) [2]. В отличие от британской модели отечественная установка кроме многократного изгиба образца может одновременно испытывать его и на абразивный износ. Необходимость такого комплексного испытания объясняется реальными условиями эксплуатации обуви.

Устройство для абразивного износа состоит из держателя и наклонного основания, на котором закреплен прижим с абразивной шкуркой. Усилие истирания регулируется при помощи наборного груза, подвешенного с противоположной стороны наклонного основания. Ограничитель накло-

на предотвращает повреждения ролика об абразивный элемент.

Испытываемые образцы прикрепляют скобами или пришивают к ремню и обеспечивают натяжение ремня вращением маховика. Контакт абразивного элемента с образцами на ремне достигается с помощью наборного груза, предварительно выбрав требуемую нагрузку. Частоту вращения электродвигателя задают с помощью частотного преобразователя, а автоматическое выключение обеспечивает заданное счетчиком-выключателем число циклов изгиба образцов.

Вращаясь, ведущий ролик увлекает ремень, передавая вращение меньшему ролику. Испытываемые образцы, закрепленные на ремне, начинают подвергаться короткому периоду быстрого сгибания, чередующемуся с более длинным периодом, когда образец не сгибается. Проходя через больший ролик и прижим, образцы дополнительно подвергаются абразивному износу.

Подсчет числа циклов изгиба осуществляется следующим образом.

В ремне имеется металлический элемент (скоба). Во время движения скоба перемещается вместе с ремнем и, проходя вблизи индуктивного бесконтактного выключателя, способствует изменению электрического поля. Благодаря этому индуктивный датчик генерирует сигнал и передает его в счетчик-выключатель. При достижении заданного числа изгибов счетчик-выключатель размыкает цепь питания и электродвигатель останавливается. При необходимости досрочного выключения машины используют кнопку «стоп».

После испытаний образцы извлекаются, регистрируется наличие трещин, оценивается серьезность их образования, а также величина абразивного износа. Для определения степени влияния износа и многократного изгиба на механические свойства материала могут проводиться дальнейшие испытания как совместно с истирающим устройством, так и без него (что определяется требованиями к испытываемому материалу).

При проведении испытаний на многократный изгиб используются различные критерии оценки стойкости материалов. Если испытание проводится до появления первых трещин, то критерием является число циклов, которое выдержал образец до разрушения. Как правило, эти испытания носят исследовательский характер и являются достаточно длительными. В отдельных случаях задается определенное количество циклов изгиба (например, 10, 20, 30 тысяч циклов) и после них органолептически (допускается использование оптических увеличивающих средств) оценивается состояние материала. Для такой оценки характерен некоторый субъективизм, она не исключает возможности появления трещин через несколько сотен циклов. В некоторых случаях в образце предварительно делается прокол или надрез фиксированного размера, и критерием оценки стойкости является увеличение размера прокола или надреза после определенного количества циклов изгиба.

В статье представлены результаты исследований, направленные на изучение возможности использовать в качестве критерия оценки стойкости к многократному изгибу снижение прочности материала после многократных изгибающих воздействий. Использование такого критерия, как предел прочности на разрыв, позволяет дать объективную оценку, имеющую конкретные числовые показатели. В результате появляется возможность сравнивать качество различных материалов. Для чистоты эксперимента исследования проводились на макете опытной установки с отключенным устройством абразивного износа.

Испытания прошли восемь различных образцов полимерных подошвенных материалов, отличающихся составом, структурой, в том числе полученных с применением отходов полиуретана и поливинилхлорида. Результаты исследования представлены в таблице.

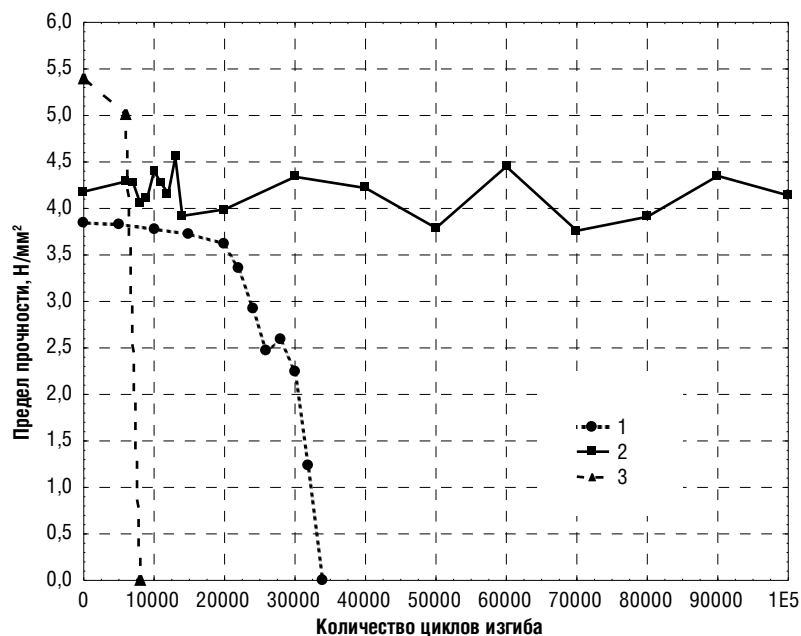
Перед испытанием были определены основные физико-механические свойства материалов: предел проч-

Таблица
Основные характеристики исследуемых материалов

Вид материала	Основные характеристики
1	Материал получен на основе отходов ПВХ и искусственной кожи: 30 % ПВХ, 70 % наполнителя Условная прочность при разрыве — 3,85 МПа Относительное удлинение при разрыве — 37 %
2	Микропористая резина Условная прочность при разрыве — 4,21 МПа Относительное удлинение при разрыве — 141 %
3	Материал получен на основе отходов ПУ с добавлением полисульфона Условная прочность при разрыве — 5,6 МПа Относительное удлинение при разрыве — 42 % Остаточная деформация после разрыва — 10 %. Твердость (по Шору А) — 86 у. ед.

ности при растяжении и удлинение при разрыве. Затем образцы размером 20x20 мм закреплялись скобами на ремне опытной установки и подвергались многократному изгибу. После определенного количества циклов часть образцов снимали и определяли их физико-механические показатели. Испытания различных материалов отличались длительностью в зависимости от динамики процесса разрушения, их максимальная продолжительность составила 100 тысяч циклов изгибов. Наиболее характерные результаты представлены на рис. 3. (Номера со-

Рис. 3. Изменение предела прочности для некоторых материалов после многократного изгиба



ответствуют номерам испытанных образцов.)

При анализе полученных данных выявились следующие типичные ситуации. Кривая 1 графика показывает, что для данного вида материала после незначительного количества циклов изгибающих воздействий характерно закономерное снижение предела прочности. Зависимость 2 говорит о том, что образец растрескивается или ломается в процессе изгиба при небольшом количестве циклов воздействия (например, до 10 тысяч циклов). Зависимость 3 свидетельствует об отсутствии ухудшения качества образца.

Кривая 1 подтверждает предположение, что снижение прочности может являться критерием стойкости материала к многократному изгибу. Но, чтобы использовать этот подход, необходимо ответить на два вопроса: какому числу изгибающих воздействий необходимо подвергнуть материал для оценки снижения прочности, и какой процент снижения предела прочности характеризует фактическое ухудшение свойств материала, а не находится в пределах статистической погрешности.

С точки зрения производителя обуви, подошвенный материал не должен разрушаться под влиянием изгибающих нагрузок как минимум в течение гарантийного срока, который в большинстве случаев составляет тридцать дней. Если исходить из того, что при ходьбе продолжительность шага составляет одну секунду, время опоры на пучки составляет 60 % общего периода опоры, а обувь носят не более четырех часов в сутки, то в течение тридцати дней носки обувь подвергается в среднем 430 тысячам циклов изгибающих воздействий под углом,

равным примерно 22°. Угол изгиба материала на разработанной установке достигает 82°, то есть испытание материала происходит в более жестких условиях. Учитывая рекомендации Британского научно-исследовательского и технологического центра [2], требования международного стандарта ИСО 20344:2011 [1] и принимая во внимание результаты исследований, изложенные в [3], можно считать достаточным и функционально обоснованным проведение испытания на разработанной опытной установке до 30 тысяч циклов и после этого количества изгибающих воздействий оценивать снижение прочности материала.

Анализ результатов исследований показал, что после проведения испытаний до 30 тысяч циклов изгибающих воздействий снижение предела прочности для отдельных материалов может достигать 42 %. Часто этот показатель оценивают коэффициентом снижения прочности, который вычисляется по формуле:

$$K_{\text{с.п.}} = f_n / f_0,$$

где f_n — условная прочность материала после n -го количества циклов изгиба;

f_0 — условная прочность исходного материала.

В данном случае $K_{\text{с.п.}}$ равен 0,58.

Свидетельством действительно ухудшения физико-механических свойств можно считать коэффициент снижения прочности менее 0,8, так как коэффициент вариации при определении предела прочности у всех образцов не превышает 15 %.

Таким образом, применение разработанной установки для проведения испытаний полимерных материалов на многократный изгиб и предложенная методика оценки стойкости материалов к многократному изгибу по коэффициенту снижения прочности позволяют предприятиям обувной отрасли оперативно осуществлять входной контроль качества подошв и подошвенных материалов. Кроме того, появляется возможность контролировать качество как готовой продукции, так и на различных этапах ее изготовления. ■

Список литературы

1. ISO 20344:2011 Personal protective equipment — Test methods for footwear. — First edition 29.11.2011. — ISO 2011.
2. Метод испытания SATRA TM 133. Метод испытания на многократный изгиб при помощи ременной машины. — Введ. март 1993. — Великобритания: SATRA Technology Centre, 1993.
3. Татаров С.В. Метод исследования формованных подошв на многократный изгиб / С.В. Татаров, О.К. Тулупов, Л.Г. Семенова, Е.Б. Ершова // Мир оборудования. — 2011. — № 5.