

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **036595**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2020.11.27

(51) Int. Cl. **G01N 19/04** (2006.01)
G01N 3/24 (2006.01)

(21) Номер заявки
201700566

(22) Дата подачи заявки
2017.10.25

(54) **МЕТОД И ПРИСПОСОБЛЕНИЕ ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ НА СДВИГ МНОГОМЕРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ИЗ КОМПОЗИЦИЙ ЛЮБЫХ МАТЕРИАЛОВ, ОБЛАДАЮЩИХ ОПРЕДЕЛЯЕМЫМ КОЭФФИЦИЕНТОМ ЖЕСТКОСТИ**

(43) **2019.04.30**

(56) RU-C1-2511624
ГОСТ Р 57157-2016

(96) **2017/EA/0085 (BY) 2017.10.25**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
(BY)**

(72) Изобретатель:
**Калиниченко Мария Львовна,
Калиниченко Владислав
Александрович, Кукареко Владимир
Аркадьевич, Железей Александр
Евгеньевич (BY)**

(57) Изобретение относится к методу оценки прочности на сдвиг многомерных моделей из композиций и/или композиционных материалов, различных по структуре и модулю упругости, относится к различным отраслям машиностроения и может быть использовано в самолетостроении, судостроении, строительстве при подборе типов совмещенных разнородных материалов, которые могут скрепляться при помощи адгезива и/или иных способов соединения разнородных материалов. Может использоваться для оценки прочностных характеристик деталей в виде как простых форм неразъемных конструкционных деталей, так и различных многослойных композиционных конструкций. Целью заявленного изобретения является упрощение оценки прочности на сдвиг многослойных и равно- и разнотолщинных образцов; возможность испытывать на прочность любые виды материалов, в том числе пористые, а также их комбинации с компактным телом и друг с другом; возможность оценки качества склеивания не только образцов, но и склеенных моделей из различных комбинаций материалов в целом; доступность подготавливаемых образцов для испытания; отсутствие необходимости подготовки приспособления с изгибом, соблюдая соосность; возможность использовать для измерения стандартное оборудование на разрыв.

B1

036595

**036595
B1**

Изобретение относится к методу оценки прочности на сдвиг многомерных моделей из композиций и/или композиционных материалов, различных по структуре и модулю упругости, относится к различным отраслям машиностроения и может быть использовано в самолетостроении, судостроении, строительстве при подборе типов совмещенных разнородных материалов, которые могут скрепляться при помощи адгезива и/или иных способов соединения разнородных материалов. Может использоваться для оценки прочностных характеристик деталей в виде как простых форм неразъемных конструкционных деталей, так и различных многослойных композиционных конструкций.

Известен метод испытаний, определяющий кажущийся предел прочности при межслойном сдвиге методом испытания короткой балки [1]. Сущность метода заключается в том, что образец, свободно лежащий на двух опорах, нагружают с постоянной скоростью в середине между опорами до его разрушения при межслойном сдвиге.

Недостатком метода является то, что он распространяется только на многослойные термопласты или реактопласты. Полученные результаты не являются абсолютным значением, поэтому для определения вычисленной величины сдвиговых деформаций используют термин "кажущееся напряжение при многослойном сдвиге". Для его использования требуется закупка специального дополнительного измерительного оборудования. Результаты испытания образцов различных размеров или испытанных при различных условиях не являются сопоставимыми. Толщина образцов не должна превышать $2,0 \pm 0,2$ мм (т.к. может произойти разрушение образца).

Поверхность образцов должна быть ровной и гладкой, при этом возникают множественные напряжения. Метод не пригоден для определения расчетных параметров сдвиговых деформаций и может быть применен к пористым материалам только для контроля качества. Данный метод может быть неприемлемым для использования в технических условиях или в случаях спорных результатов, поскольку кажущееся напряжение при многослойном сдвиге прецизионности не имеют.

Известен метод определения межслойной прочности на сдвиг [2]. Сущность метода заключается в кратковременном испытании образцов на растяжение с постоянной скоростью деформирования, при котором определяют кажущуюся прочность на сдвиг соединения внахлест; характер разрушения.

Недостатком метода является то, что он относится к испытаниям только полимерных композитов, изготовленных определенным способом. При испытаниях определяется кажущаяся прочность на сдвиг. Односрезные соединения дают неоднородное распределение результатов для напряжения сдвига в области участка соединения внахлест во время испытания. Этот метод испытаний фокусируется на самом FRP (fiber-reinforced plastic - волокнит; пластмасса, армированная стекловолокном; стеклопластик) - материале, независимо от способов его захвата. Следовательно, значения прочности, полученные в случае разрушения или выдергивания из любого из захватов, не рассматриваются. Измерения прочности основаны на участках испытываемых образцов в пределах рабочей длины (в стороне от захватов) или в месте склеивания. Изготовление соединенных внахлест образцов с использованием изготовленных способом мокрого формования FRP-композитов приводит к изгибу волокон верхнего слоистого материала. Изгиб может привести к разрушению слоистого материала за пределами клеевого шва, а величина изгиба может передавать нагрузку от изгибающего момента на клеевой шов. Полученные результаты являются действительными исключительно для рассматриваемой длины соединения внахлест. Увеличение толщины клеевого шва может существенно повлиять на результаты испытания.

Известен метод и модель определения прочности при растяжении и сдвиге с помощью "перекрывающихся" образцов [3]. Сущность метода заключается в кратковременном испытании прочности клеевых соединений при сдвиге и при растяжении. В качестве модели берутся образцы испытываемого материала толщиной 1,6 мм, длиной 100 мм и шириной 25 мм. Листы склеиваются с длиной перекрытия в 12,5 мм.

Недостатком метода является то, что испытываемая часть имеет квадратное сечение, в результате чего создаются концентрационные напряжения, возникающие в местах резкого изменения формы упругого тела (углы, разнотолщинность и т.д.), что влияет на диаграмму состояния испытания. В данной модели решен вопрос соосности образца, однако испытания слоя под углом совмещают сдвиговые деформации с разрывными (с увеличением угла возрастает приоритет разрывной деформации).

Наиболее близким к изобретению по технической сущности является способ проведения испытаний на сдвиг и устройство для его реализации [4], где в качестве приспособления используются неподвижные плиты, соединенные между собой жестко, а на обе стороны подвижной плиты и на внутренние стороны неподвижных плит наносят клейкий слой равномерной толщины по всей площади нанесения, образуя гладкую поверхность. На торцы подвижной и неподвижных плит наносят метки для определения величины сдвига. Подвижную плиту устанавливают в пазы, обеспечивающие параллельность перемещения подвижной плиты относительно неподвижной. Регистрируют значение силы, соответствующей величине перемещения.

Недостатками данного изобретения является большое количество резьбовых соединений (4 шт.) и, как результат, создания продольных люфтов и помех, влияющих на точность измерения; наличие балки с двумя свободными соединениями, которые при наличии люфтов (изначальных или приобретенных) могут выдавать конечный результат с высокой степенью приобретенных погрешностей. Отсутствие точно-

сти измерения, т.к. способ основывается на замере передвижения образца относительно контрольных рисок и не учитывает как возможность, искривление подвижной плиты, так и зависит от степени точности приборов измерения. Приложение сил идет только в одном направлении, что дает симуляцию испытаний ближе к срезу, чем к сдвигу.

Наиболее близким к изобретению по технической сущности является метод испытания прочности клеевых испытаний на сдвиг [5]. Сущность метода заключается в определении величины разрушающей силы при растяжении стандартного образца, склеенного внахлестку, усилиями, стремящимися сдвинуть одну половину образца относительно другой.

Недостатком метода является то, что он не обеспечивает возможности проводить испытания хрупких (пористых) образцов, а также многомерных соединений. Для проведения испытаний возможно применение образцов только определенной формы. Соединение деталей необходимо производить внахлест с отсутствием соосности разрываемых частей, что может быть истолковано, как работа на излом в совокупности со сдвигом.

Целью заявленного изобретения является упрощение оценки прочности на сдвиг равно- и разно-толщинных многослойных образцов; возможность испытывать на прочность любые виды материалов, в том числе пористые, а также их комбинации с компактным телом и друг с другом. Возможность оценки качества склеивания не только образцов, но и склеенных моделей из различных комбинаций материалов в целом. Доступность подготавливаемых образцов для испытания. Отсутствие необходимости подготовки приспособления с изгибом, соблюдая соосность. Создание однородного поля напряжения в связке многомерной (сэндвич) модели. Возможность использовать для измерения стандартное оборудование на разрыв.

Сущность изобретения.

1. Приспособление для испытаний на сдвиг многомерных соединений из композиций любых материалов, обладающих определяемым коэффициентом жесткости, представляет собой две металлические пластины, фиксируемые в разрывную машину, изготавливаются из высокопрочного материала, намного превышающего испытываемый образец по коэффициенту жесткости (в соответствии со справочными данными), при этом толщина и длина пластин подбирается в зависимости от размерных характеристик испытываемого образца, и снабжены отверстием для крепления образца (под ножку грибка); при этом угол отклонения α обеспечивает соосность при креплении образца общей толщиной A , и величина l может варьироваться от величины захвата разрывной машины; и может использоваться многократно для испытания различных типов адгезивных соединений и композиций на их основе на стандартном разрывном оборудовании.

2. Метод для испытаний на сдвиг многомерных соединений из композиций любых материалов, обладающих определяемым коэффициентом жесткости, заключающийся в том, что для его реализации на первоначальном этапе пошагово соединяются испытываемые материалы, заданного количества, с основанием грибка и/или стержня в виде многомерного композиционного сэндвича, скрепляются с помощью соединяющего слоя (адгезив), где основание грибка и/или стержня могут являться одним из испытываемых материалов (при этом грибок или стержень должны обладать максимальными прочностными характеристиками из набора всех исследуемых образцов); полученный композиционный блок крепят в приспособление по п.1 с помощью резьбового соединения M12 и выше, фиксируют в разрывной машине, далее прилагается нагрузка по оси сдвига до полного разрушения образца.

Сущность изобретения поясняется фиг. 1-4, где показаны позиции

1 - образец или испытываемый композиционный блок (многомерное композиционное соединение);

1а - образец в виде грибка с круглым основанием;

1б - образец в виде грибка с прямоугольным основанием;

1в - образец в виде стержня;

2 - соединяющий слой (испытываемое связующее соединение); адгезив;

3 - набор изучаемых композиционных элементов;

4 - приспособление из высокопрочных материалов;

5 - гайка для крепления образца к оснастке.

Технический результат осуществляется следующим образом.

Для испытания на сдвиг собирается заранее склеенное и т.д. многомерное композиционное (сэндвич) соединение (фиг. 1), закрепляемое в приспособление (поз. 4, фиг. 2), которое устанавливается в разрывную машину для измерения сдвиговых деформаций;

для реализации данной задачи на первом этапе идет подготовка образцов необходимого типа размера. Образцы изготавливают в виде испытываемого композиционного блока, состоящего из пары равноосных грибков и/или стержней (фиг. 3, поз. 1 а, б, в) и находящихся между ними испытываемых скрепленных сэндвич-соединений (фиг. 1, поз. 2 и 3). Образцы могут иметь как прямоугольное основание, так и округлое для уменьшения влияния напряжений в углах и/или иных концентраторах напряжений (фиг. 3, поз 1 а, б). При сопоставимой прочности адгезива и подложки, возможно, использовать диаметр резьбы, соответствующий диаметру грибка (фиг. 3, поз.1в). Исходя из особых технологических принципов допускается изготовление образцов и иных форм;

поверхность образцов выполнена с заданной шероховатостью, обеспечивающей равномерную толщину адгезивного слоя (в случае склеивания). На ножку грибка и/или стержня наносится резьба. На первоначальном этапе исследуемые виды материалов пошагово соединяются (склеиваются) с основанием грибка и/или стержня в виде набора сэндвича (фиг. 1). А уже соединенную (склеенную) модель крепят в специально подготовленное из высокопрочного материала приспособление (фиг. 2, поз.4);

метод показывает, что в многослойной конструкции наружные слои, как правило, являются основными несущими элементами, которые воспринимают и равномерно распределяют нагрузку. Для этого рекомендуется опорные (несущие) составляющие образцов (фиг. 1, поз.1) изготавливать из компактного материала. Внутри размещаются аналогичные по сечению испытываемые образцы, скрепленные заранее выбранным соединительным слоем (адгезив). Количество испытываемых образцов может варьироваться в зависимости от поставленной задачи. Но при этом толщина A (фиг. 4) наборных образцов не должна превышать эпюры напряжения на излом балки, а также должны соблюдаться геометрические параметры образцов для соблюдения соосности;

для крепления образца к приспособлению (фиг. 2, поз.5) допустимо использовать резьбовое соединение M12 и выше с целью исключения влияния резьбового соединения на результаты испытаний в случае, если прочность адгезионной испытываемой связи и/или соединения заметно ниже прочности компактной подложки;

изготавливается приспособление (фиг. 4) для обеспечения передачи сдвиговых напряжений на тело испытываемого образца и соблюдения равноосности прикладываемых нагрузок. Приспособление представляет собой металлические пластины для зажима в разрывную машину из высокопрочного материала, намного превышающего испытываемый образец по коэффициенту жесткости (в соответствии со справочными данными). Держатель образцов имеет предполагаемые размеры: толщину и длину в зависимости от испытываемого композиционного блока, а также отверстия под образец (под ножку грибка) (фиг. 4). При этом угол отклонения α должен обеспечивать соосность при креплении образцов общей толщиной A , и величина l может варьироваться от величины захвата разрывной машины. Далее образец испытывается как композиционное соединение. Проводится серия экспериментов по стандартным методикам проведения испытаний и обработки экспериментальных данных;

предложенный метод является оптимальным для испытания равно- и разнотолщинных многослойных систем из любых видов материалов, в том числе пористых, а также их комбинаций с компактным телом и друг с другом;

по результатам проведения эксперимента рассматривается как поведение образцов при приложении нагрузок на сдвиг, так, возможно, и оценка комбинации в целом.

Точно так же можно испытывать и дальше подбор различных комбинаций насколько будет позволять выбранная твердость и загиб подложки и/или оснастки.

Источники информации.

1. ГОСТ 32659-2014 "Композиты полимерные". Методы испытаний. Определение кажущегося предела прочности при межслойном сдвиге методом испытания короткой балки.

2. ГОСТ Р 57067-2016 "Система внешнего армирования из полимерных композитов". Метод определения межслойной прочности на сдвиг.

3. Э. Краус "Инновационные методы тестирования для клеевых соединений пластмасс". Э. Краус, Б. Баудрит, П. Хайдемайер, М. Бастиан, И.А. Старостина, О.В. Стоянов/Приложение к журналу "Все материалы. Энциклопедический справочник". № 9 2015 г., с. 19-24.

4. Патент РФ RU 2511624 "Способ проведения испытаний на сдвиг и устройство для его реализации". Опубликовано Бюл. № 10 от 10.04.2014 г.

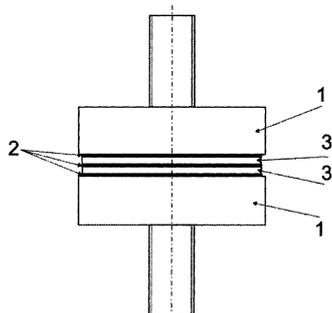
5. ГОСТ 14759 "Клеи. Метод определения прочности при сдвиге".

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

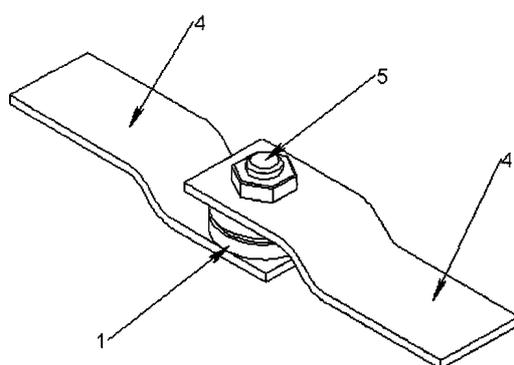
1. Приспособление для испытаний на сдвиг многомерных соединений из композиций любых материалов, обладающих определяемым коэффициентом жесткости, представляет собой две металлические пластины, фиксируемые в разрывную машину, при этом металлические пластины снабжены отверстием для крепления образца под ножку грибка и выполнены из высокопрочного материала, намного превышающего испытываемый образец по коэффициенту жесткости, в соответствии со справочными данными, при этом длина пластин подбирается в зависимости от размерных характеристик испытываемого образца; при этом угол отклонения α обеспечивает соосность при креплении образца общей толщиной A , и величина l может варьироваться от величины захвата разрывной машины.

2. Метод для испытаний на сдвиг многомерных соединений из композиций любых материалов, обладающих определяемым коэффициентом жесткости, заключающийся в том, что для его реализации на первоначальном этапе пошагово соединяются испытываемые материалы заданного количества с основанием грибка и/или стержня в виде многомерного композиционного сэндвича, скрепляются с помощью соединяющего слоя адгезива или твердого припоя, где основание грибка и/или стержня могут являться одним из испытываемых материалов, при этом грибок или стержень должны обладать максимальными проч-

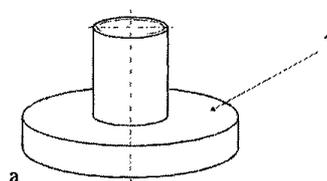
ностными характеристиками из набора всех исследуемых образцов; полученный композиционный блок крепят в приспособление по п.1 с помощью резьбового соединения М12 и выше и фиксируют в разрывной машине, далее прилагается нагрузка по оси сдвига до полного разрушения образца.



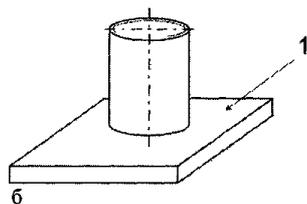
Фиг. 1



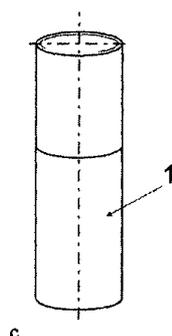
Фиг. 2



а



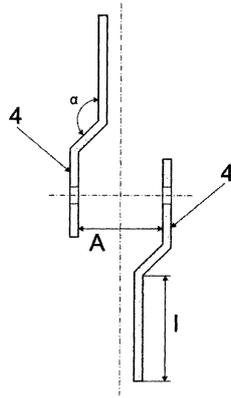
б



в

Фиг. 3

036595



Фиг. 4



Евразийская патентная организация, ЕАПВ
Россия, 109012, Москва, Малый Черкасский пер., 2
