



**Белорусский национальный технический
университет**

НИИЛ «Линейные технологии»

**КОМПЛЕКСНАЯ МЕТОДИКА
ИСПЫТАНИЙ
СКЛЕЕННЫХ СОЕДИНЕНИЙ,
В ТОМ ЧИСЛЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ
НА СОПРОТИВЛЕНИЕ
РАЗРУШАЮЩИМ НАГРУЗКАМ**

Научный сотрудник

м.т.н. Калиниченко М.Л.



Белорусский национальный технический университет

НИИЛ Литейные технологии

Производство клеящих материалов, применяемых в аддитивных технологиях, последнее время набирает все большие темпы во всем мире. Как результат в Европе каждые 10 лет их выпуск увеличивается в 2 раза, в Китае за последние 15 лет производство клеевых материалов увеличилось более чем в 5 раз. Сегодня в мире насчитывается более 1500 крупных производителей клеевых материалов, которые выпускают более 250 000 различных наименований клеев.

Анализ глобального рынка клеев, сделанный в 2019 г. компанией MarketsandMarkets, показал, что его глобальная рыночная стоимость к 2020 г. составляет 60 млрд долларов США, увеличившись в среднем на 4,7 % с 2015 г.

Треть объема производства всех клеев приходится на Азиатско-Тихоокеанский рынок (темпы роста с 2015 к 2020 г. составили около 6,2 %), далее следуют Северная Америка и Западная Европа, с заметным отрывом далее идут Восточная Европа, Средний Восток, Африка и Южная Америка.



Белорусский национальный технический университет

НИИЛ Литейные технологии

Образованы ассоциации производителей клеящих и уплотнительных материалов:

американская (AST), европейская (FEICA), японские (JAIA и JSIA).

Потребление клеящих и уплотнительных материалов (без учета бытовых клеев) распределяется следующим образом, в процентах:

переработка бумажной продукции и упаковка – 35; строительство – 24; деревообрабатывающая и мебельная промышленность – 21; машиностроение – и приборостроение – 10; остальное – 10.

Стоимостная доля ведущих производителей клеев на мировом рынке, в процентах: Henkel – 12; 3M – 9; Avery Dennison – 7; HB Fuller – 6; National Starch – 6; Atafina – 5; Rohm & Haas – 5; остальные – 51.



Белорусский национальный технический университет

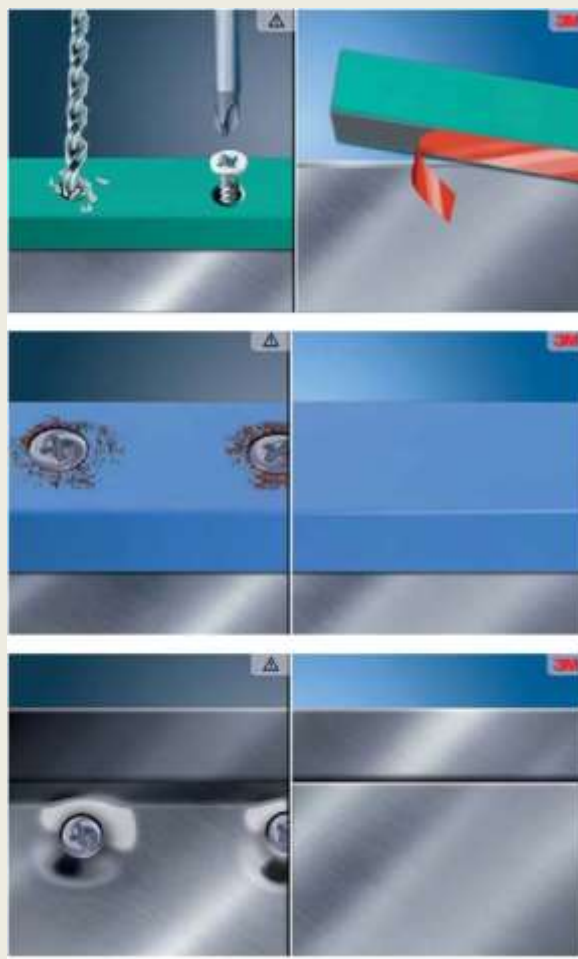
НИИЛ «Линейные технологии»

Сварка

- Температурное воздействие на поверхность (тепловое разрушение поверхности)
- Можно соединять только одинаковые материалы
- Деформирует материал
- Требуется доводочных операций

Точечная сварка

- Разрушает поверхность (деформация, следы побежалости, неэстетично)
- Можно соединять только одинаковые материалы (в основном сталь)
- Ограниченная прочность
- Требуется достаточного доступа для сварочного инструмента
- Не изолирует, не герметизирует



Клеевое соединение - преимущества

- Привлекательный дизайн, эстетичный вид, невидимая линия склейки
- Гибкость дизайна (соединение различных материалов, соединение микродеталей)
- Герметизация, заполнение пор
- Не требует доводочных операций, оптимизирует технологический процесс
- Поглощение вибрации и шума



Белорусский национальный технический университет

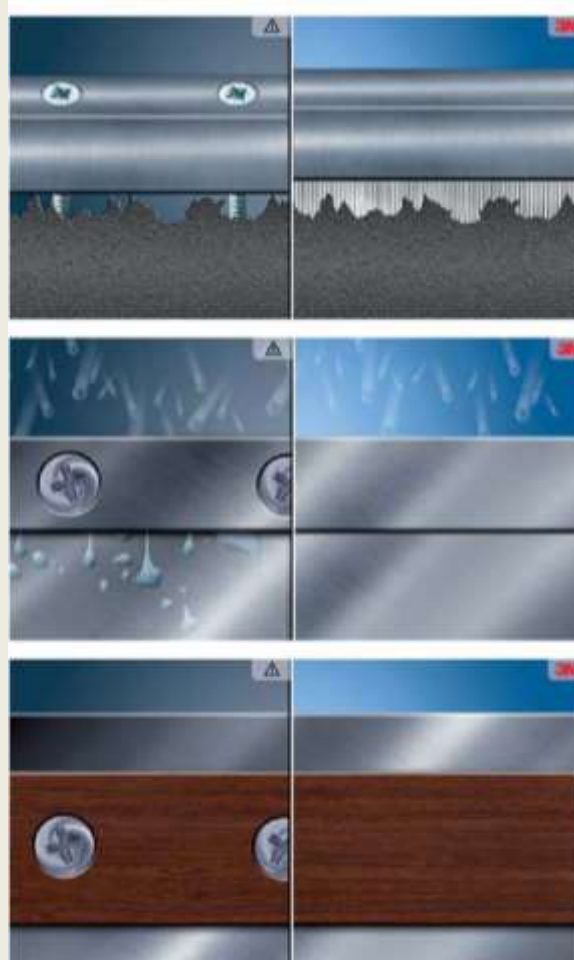
НИИЛ «Литейные технологии»

Заклепки

- Разрушают поверхность (надо делать отверстия)
- Ограниченная прочность на сдвиг, ограниченная долговечность (усталостная коррозия)
- Относительно легко разъединить детали
- Не герметизирует, не изолирует
- Неэстетично

Резьбовые соединения

- Разрушают поверхность (надо делать отверстия)
- Не герметизирует, не изолирует
- Неэстетично



Клеевое соединение - преимущества

- Теплоизоляция и электроизоляция
- Вибрационная выносливость соединения (равномерное распределение нагрузки по всей поверхности)
- Защищает поверхность от электрохимической коррозии
- Компенсирует тепловые расширения материалов
- Снижение веса детали



Белорусский национальный технический университет

НИИЛ «Литейные технологии»

Существуют различные методы оценки показателей качества клеев и клеевых соединений. При этом методы испытаний в различных странах регламентируются следующими документами: стандарты Международной организации по стандартизации – ISO; ГОСТ – государственные стандарты, отраслевые стандарты – ОСТ (или ТУ (на территории СНГ)), стандарты Европейского союза – EN; немецкие промышленные стандарты – DIN, стандарты Американского общества по испытаниям материалов – ASTM. Также имеется ряд производственных технических документаций и патентов.

Количество схем испытаний клеевых соединений ограничено, это - испытания на сдвиг, растяжение, сжатие, изгиб, кручение и их комбинации. Большая работа по систематизации данных методов проведена коллективом авторов под руководством А. П. Петровой и Г. В. Малышевой, представляющих ФГУП «ВИАМ» ГНЦ РФ и ФГБОУ ВПО МГТУ им. Н. Э. Баумана



Белорусский национальный технический университет

НИИЛ «Литейные технологии»

В случае закупки нового оборудования для проведения испытаний необходимо обращать внимание (в условиях Республики Беларусь) на наличие у производителя сертификации методов Европейскими и СНГ нормами. Однако часто предприятия не имеют возможности приобрести оборудование, подходящее под те или иные испытания, как следствие, можно расширить возможности имеющегося на предприятии оборудования, усовершенствовав известные гостимуемые методы. При этом нужно учитывать, что перепрофилирование испытательного оборудования требует, как патентной поддержки, так и сертификации в БелИСА.

В последнее время отмечено значительное увеличение ассортимента клеящих материалов, расширяются и возможности их применения и, как следствие, необходимость модернизирования и пересмотра подходов к классическим способам испытания. При этом необходимо учитывать новые технические возможности оборудования и тенденции развития промышленности.

Однако не всегда уже имеющиеся методы могут подойти под специфику склеиваемого соединения. Иногда они позволяют рассмотреть лишь узел соединения, а не работу всего комплексного соединения в целом.



Белорусский национальный технический университет

НИИЛ «Литейные технологии»

Авторами была предложена модель устройства для исследования разрушения образцов на условный сдвиг для соединений любых видов материалов, в том числе хрупких (пористых, порошкообразных) с компактным телом, (а так же) для проведения испытаний многомерных композиций с использованием стандартного оборудования для разрывных испытаний.

Данная методика позволит расширить известные прочностные испытания неразъемных, в том числе клеевых соединений для улучшения оценки воздействия приложенной силы на передачу сдвиговых деформаций и деформаций на растяжение в комплексных исследованиях моделей.

Рассмотрим поэтапно подготовку к проведению испытаний на условный сдвиг соединений, обладающих определяемым коэффициентом жесткости.



Белорусский национальный технический университет

НИИЛ «Литейные технологии»

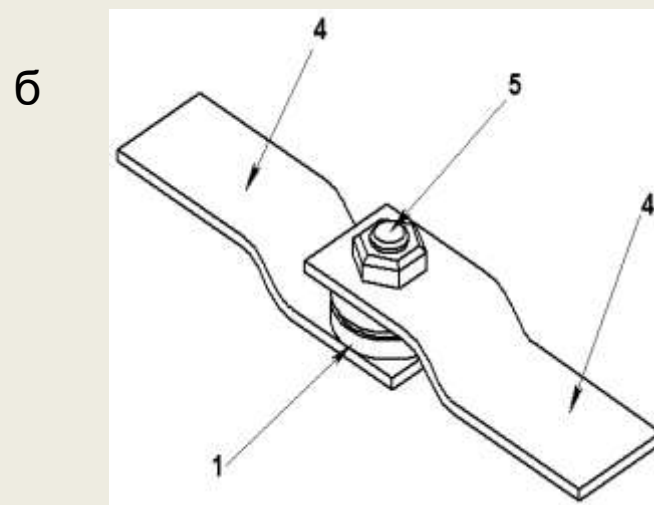
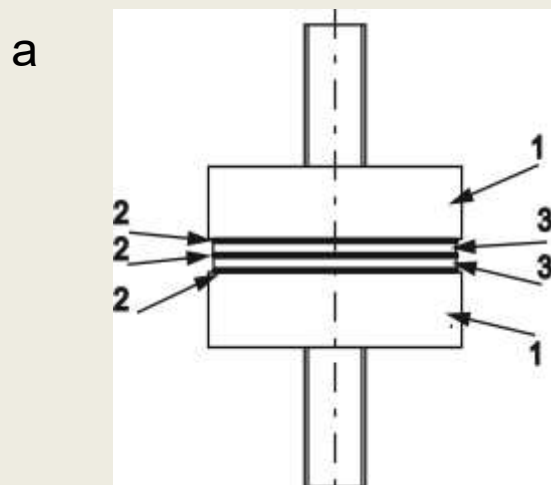


Рис. 1. Образец и приспособление для проведения механических испытаний многомерного композиционного соединения:

а – образец в собранном состоянии; б – образец, закрепленный в приспособление;

1 – подложки, которые также являются опорными (несущими) составляющими образца; 2 – соединяющий слой (испытуемое связующее); 3 – набор изучаемых композиционных элементов; 4 – приспособление из высокопрочных материалов; 5 – гайка для крепления образца к оснастке



Белорусский национальный технический университет

НИИЛ Литейные технологии

При сопоставимой прочности адгезива и основы, возможно, использовать диаметр резьбовой части, соответствующий диаметру грибка (образец в виде цилиндра). Кроме того, для оценки качества адгезионного соединения задается определенная величина шероховатости поверхности и толщина адгезионного слоя.

Параметры испытываемых образцов в «сэндвиче» могут варьироваться, в зависимости от поставленной задачи. Но толщина A (рисунок 4.2) наборных образцов не должна превышать эюры образцов по высоте для обеспечения прочности крепления их в держателях.

В результате применения предложенной методики, рассматривается поведение соединений при приложении нагрузок на сдвиг, а также и возможна оценка многомерного композиционного соединения в целом.



Белорусский национальный технический университет

НИИЛ Литейные технологии

Новизна работы состоит в исследовании и разработке принципиально нового подхода для проведения разрушающего контроля склеенных соединений с использованием стандартного оборудования усовершенствованного дополнительно предложенными приспособлениями.

Метод может быть использован в различных отраслях машиностроения при подборе типов совмещенных разнородных материалов, которые могут скрепляться при помощи адгезива, и (или) иных способов соединения разнородных материалов, дефектоскопии и анализе прочностных соединений, анализе связующих элементов многомерных клееных соединений. Метод характеризуется доступностью подготавливаемых образцов для испытания, отсутствием необходимости каждый раз подготавливать подложку с изгибом, соблюдая соосность; созданием однородного поля напряжения в склеенной многомерной модели; возможностью использовать для измерения стандартное оборудование. Данный метод позволяет провести качественную оценку плоскостных соединений, работающих в условиях нагружения по одной плоскости, не привлекая дополнительного оборудования и снижая себестоимость испытаний.

В качестве примера применения данной методики проведены испытания на условный сдвиг композиционных соединений двух групп. В группе № 1 подложка образцов для склеивания была дополнена повышенной шероховатостью в виде нанесенных токарным станком бороздок. В группе № 2 подложка образцов представлена в виде гладкой поверхностью. В качестве адгезива был использован клей компании 3М марки DP 8805NS. Подготовка поверхности проводилась в соответствии со стандартными методиками, разработанными компанией 3М для склейки металла



Рис. 2. Испытания на условный сдвиг композиционных соединений

ДИПЛОМ

награждается

Филиал Белорусского национального технического университета «Научно-исследовательский политехнический институт»

за разработку

«Комплексная методика испытаний клеенных соединений, в том числе композиционных на сопротивление разрушающим нагрузкам»

в номинации

Лучший инновационный проект (разработка) в области: аддитивные технологии, 3D-принтеры, металлопорошковые и композиционные материалы для 3D-принтеров

Директор Северо-Западного
центра экспертизы ФГБУ НИИ РИНКЦЗ,
академик-секретарь
СПб отд. МАНИПТ

С.П. Фалеев

Сопредседатель Конкурсной комиссии,
генеральный директор ООО «ВО «РЕСТЭК»

Д.А. Никитин

Патент ЕАПО 03695

Метод и приспособление
для испытаний на сдвиг
многомерных соединений
из композиций любых
материалов, обладающих
определяемым
коэффициентом жесткости

Авторы: М.Л. Калиниченко
В.А. Калиниченко
В.А. Кукареко
А.Е. Зелезей

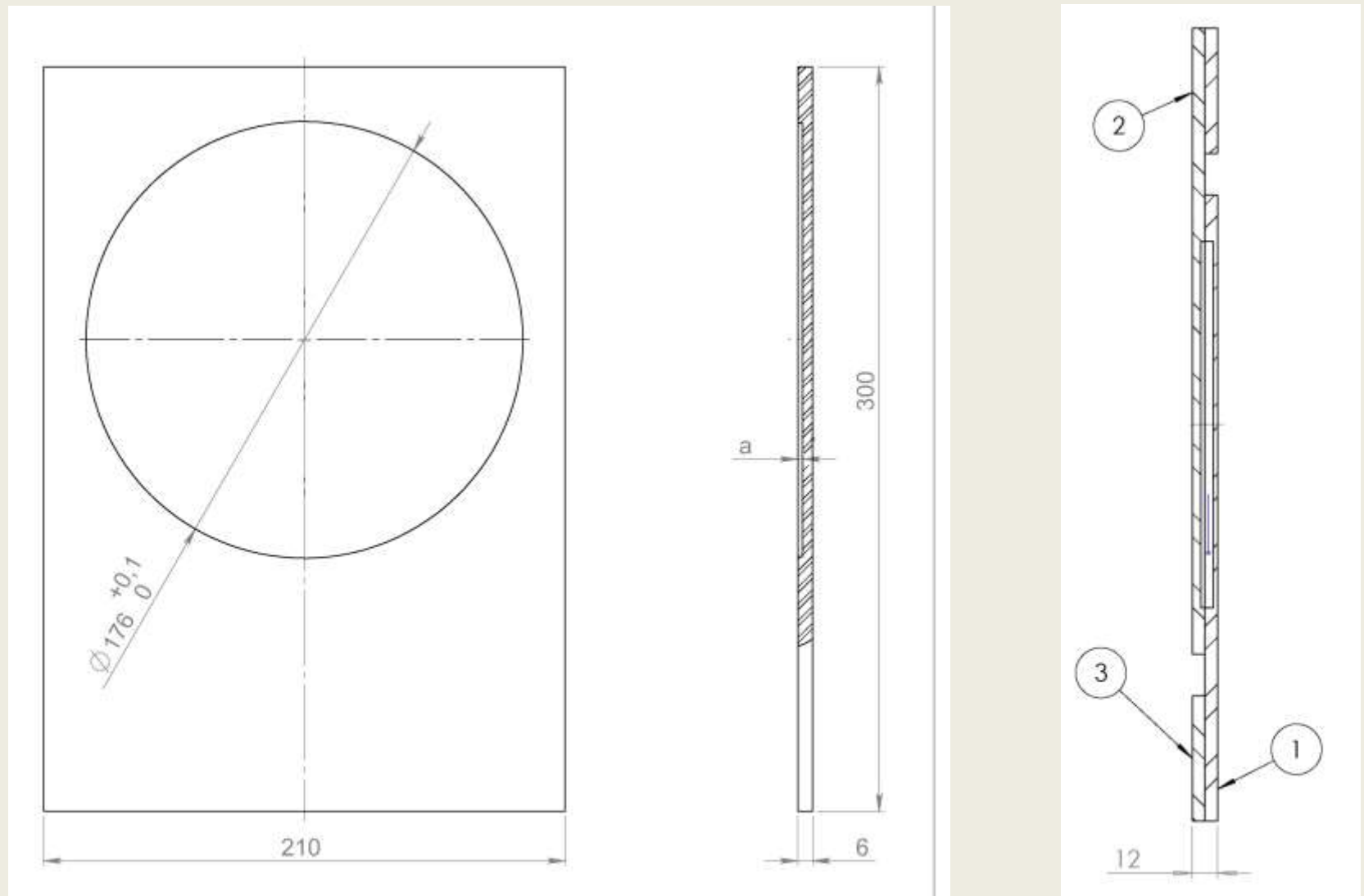


Рис. 3. Практическое применение: приспособление для испытания склеенных Дисков на условный сдвиг по разработанной методике



Белорусский национальный технический университет

Перечень основных заказчиков НИИЛ Литейные технологии

ЗАО «АТЛАНТ», г. Барановичи

ОАО «Белцветмет», г. Минск

ООО «Топливные системы и автоматика», г. Москва

СООО «АлюминТехно», г. Минск

ООО «Кохановский трубный завод «Белтрубпласт», г.п. Коханово, Витебской обл.

СООО «Арвас», г. Дзержинск

ОАО «Лидский ЛМЗ», г. Лида

ГТПО «Белресурсы», г. Минск

ГУ «432-й главный военный клинический центр ВС РБ», г. Минск

ОАО «Белорусский металлургический завод», Жлобин

ОАО «Завод Минскагропромаш», г. Минск

ОАО «Новогрудский завод газовой аппаратуры», г. Новогрудок, Гродненской обл.

ОАО «МЗКТ», г. Минск

ЭРУП «Центр механизации путевых работ Бел. жел. дор.», г. Пинск

КУП «Спецпредприятие мингорисполкома», г. Минска

ООО «Рухсервомотор», г. Минск

ОАО «Бабушкина крынка», СП «Белокрио», ОАО «ЛМЗ Универсал», Солигорск,

ОАО «МТЗ», Барановичский станкостроительный завод,

ОАО «БЕЛНИИЛИТ», ОАО «Гомельский завод «Центролит» и другие предприятия.



**Белорусский национальный технический
университет**

НИИЛ Литейные технологии

**СПАСИБО
ЗА
ВНИМАНИЕ!**