

инструментов. / Ю. В. Максимов, Ю. И. Бубликов, А. А. Верещака, А. С. Верещака, О. Ю. Хаустова, А. А. Козлов, О. Х. Хожаев // Известия МГТУ «МАМИ». – М., МГТУ «МАМИ», № 2(14), 2012, т. 2, с. 222-229.

8. Верещака А.С. Исследование характеристик качества поверхностного слоя при использовании экологически дружелюбной технологии сухой обработки // А.С. Верещака, О.Ю. Хаустова, Л.Г. Дюбнер. / «Современные технологии в машиностроении» Том 2. Харьков, НТУ «ХПИ», 2006. – с. 306-319.
9. Vereschaka A.S., Vereschaka A.A., Kirillov A.K. Ecologically friendly dry machining by cutting tool from layered composition ceramic with nano-scale multilayered coating. Key Engineering Materials 2012. Vol.496 pp.67 – 74.

Определение свойств листового демпфирующего материала с упруговязким соединительным слоем при сдвиговой деформации

к.т.н. доц. Типалин С.А., к.т.н. проф. Шпунькин Н.Ф., Сапрыкин Б.Ю.
Университет машиностроения
495 223-05-23, доб. 1393

Аннотация. Для измерения свойств многослойного материала с упруго-вязким соединительным слоем при проведении опытов на сдвиг, предложена схема испытаний с равномерной деформацией. Приведены экспериментальные результаты, показывающие особенности больших сдвиговых деформаций упруго-вязкого слоя и упругого слоя в образцах.

Ключевые слова: многослойный материал, сдвиг слоев, деформация, сила сдвига, кручение, оснастка

Современный уровень развития технологии производства автомобилей во многом сдерживается свойствами материала, применяемого для изготовления и сборки изделий. В связи с этим все большее распространение получают композиционные материалы, сочетающие в себе преимущества каждого компонента, образующего составную заготовку [1-5].

Перспективными композиционными материалами являются так называемые «сэндвич-панели», состоящие из металлических листов с полимерной связующей прослойкой. Такой материал способен нести такую же нагрузку, как и обычный листовой металл, и в то же время гасить вибрации в полимерной составляющей панели и уменьшать звуковые колебания от работающих агрегатов. Использование данного материала не утяжеляет общий вес конструкции, не ухудшает ее прочностные и жесткостные характеристики. Трудозатраты и время на сборку снижаются, поскольку не возникает необходимости в дополнительном покрытии листового металла шумопоглощающим слоем для снижения уровня шума и в установке защиты от вибрации.

Использование такого материала в первую очередь будет направлено на изготовление деталей, защищающих от шума и вибрации, таких как картеры, кожухи, перегородки, капот автомобиля и др.

Деформирование таких материалов имеет существенное отличие от однослойных, так как граничные условия, возникающие при штамповке деталей, могут приводить к сдвигу одного металлического слоя относительно другого [4-6]. Для выявления особенностей деформирования проведены испытания на сдвиг полимерной связующей прослойки. Использовались образцы с поперечными пропилами по ширине металлических листов с разных сторон. Схема деформирования представлена на рисунке 1. В результате экспериментов получены данные изменения силы сдвига от перемещения траверсы испытательной машины. Пересчет относительной силы сдвига τ и угловой деформации γ производился по формулам:

$$\gamma = \frac{\Delta \ell}{z},$$

где: $\Delta \ell$ – текущее перемещение, мм,
 z – толщина связывающего слоя, мм;

$$\tau = \frac{P}{F},$$

где: P – сила сдвига, Н,
 F – площадь, связывающая два металлических слоя, мм².

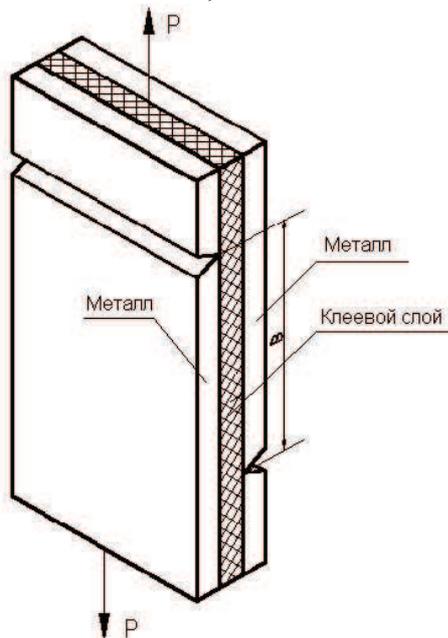


Рисунок 1. Схема нагружения образца в процессе испытания

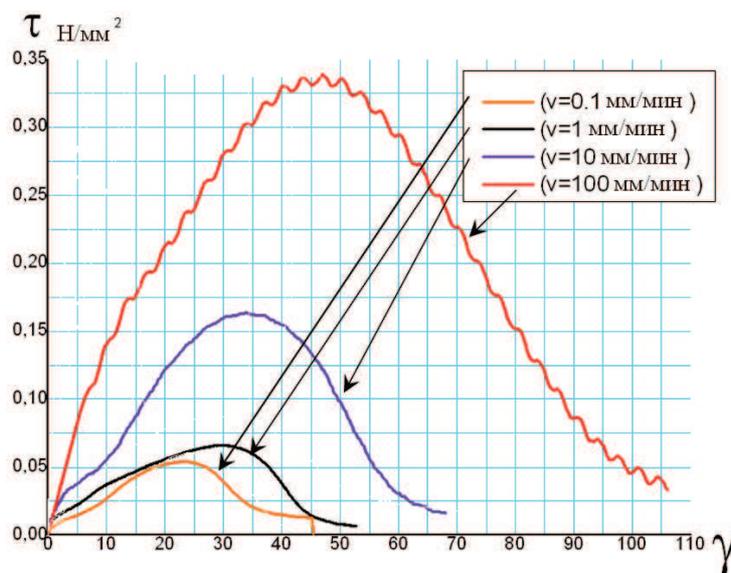


Рисунок 2. Зависимости изменения относительной силы сдвига от угловой деформации при различных скоростях испытания

Образцы были испытаны с различными скоростями при деформации. Обобщенные результаты влияния скорости на относительную силу сдвига от угловой деформации представлены на рисунке 2.

Из графиков, представленных на рисунке, видно, что падение относительной силы сдвига (τ) происходит при различной величине сдвиговой деформации (γ).

Величина сопротивления сдвигу возрастает с увеличением скорости смещения металлических слоев. Из графиков видно, что возрастание напряжений сопротивления сдвигу происходит до определенного значения, после которого величина сдвиговых напряжений начинает падать. Это снижение обусловлено потерей адгезионного взаимодействия, одной из причин которой является изменение схемы деформирования из-за искривления образца в процессе испытания и расположения поверхности сдвига не параллельно направлению приложения силы P . Другим недостатком приведенной на рисунке 1 схемы является уменьшение площади сдвига в процессе испытания.

Чтобы предотвратить расслаивание многослойного материала при сдвиге, необходимо обеспечить стабильность деформационной схемы и сохранения площади в процессе сдвига. Для этого была предложена схема деформирования кольцевого образца посредством кручения одного металлического слоя относительно другого в плоскости листа. Чтобы уменьшить влияние неоднородности сдвиговой деформации из-за различия скоростей сдвига по радиусу, ширину кольца необходимо выбрать по возможности минимальной [7-8].

Были произведены опыты на кручение кольцевых образцов в плоскости листа по схеме, приведенной на рисунке 3. Применяемая экспериментальная оснастка показана на рисунке 4.

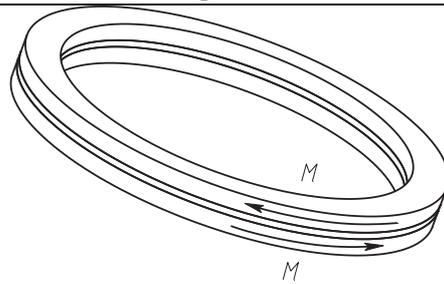


Рисунок 3. Схема сдвига слоев кольцевого образца кручением в плоскости листа

Для проведения экспериментов образец вырезается из готового многослойного материала на токарном станке в виде кольца. Внутренний диаметр кольца составлял 50 мм, наружный – 70 мм. Общая площадь кольцевого образца – 1884,9 мм². Экспериментальная оснастка состоит из двух половин, с помощью которых происходит смещения одной части образца относительно другой, при кручении в плоскости листа. Обеспечение соосности данных частей оснастки между собой происходит за счет центрального пальца, по которому осуществляется вращение одной части оснастки относительно другой. На данный палец устанавливается образец, на котором изготавливается уступ, за который фиксируется нижний и верхний слой при вращении оснастки. Испытания проводились на крутильной машине КМ – 50-1.

В ходе испытаний фиксировались значения крутящего момента от угла закручивания образца.

Соотношение крутящего момента и относительной силы сдвига можно найти из соотношения

$$M_{\text{кр}} = 2\pi\tau \int_{r_1}^{r_2} r^2 dr = 2\pi\tau \frac{r^3}{3} \Big|_{r_1}^{r_2} = \frac{2}{3}\pi\tau(r_2^3 - r_1^3) = \frac{2}{3}\pi\tau \left[\left(\frac{D_2}{2}\right)^3 - \left(\frac{D_1}{2}\right)^3 \right] = \frac{\pi\tau}{12}(D_2^3 - D_1^3),$$

где: r_1 и D_1 – внутренний радиус и диаметр образца,

r_2 и D_2 – наружный радиус и диаметр образца.

Имея эти данные, перестроим график зависимости момента от угла закручивания на график напряжения сдвига от угла поворота и напряжения сдвига от угловой деформации.

Средняя скорость сдвига слоев при кручении для среднего радиуса кольцевого образца в процессе испытания составляет 93,6 мм/мин

Пиковая относительная сила сдвига в этом случае составляет около 0,46 Н/мм², а последующее выравнивание относительной силы сдвига в процессе деформации находится близко к значению 0,3 Н/мм².



Рисунок 4. Оснастка и установленный образец

Площадь при испытании остается постоянной, поэтому при использовании кольцевого образца обеспечивается получение более точных данных. Если в случае со сдвигом по традиционной схеме при уменьшении площади требовалась меньшая нагрузка, то при кольцевом образце нагрузка возрастает до «первичного проскальзывания». Идет смещение клеевой прослойки до разрыва первоначальных связей, а поскольку клей довольно вязкий, происходит образование новых связей. Пиковое значение напряжений при кручении соответствует разрыву первоначальных связей, а выравнивание силы сдвига свидетельствует о стабилизации

ции процесса сдвига слоев при образовании новых связей, что необходимо учитывать при больших деформациях.

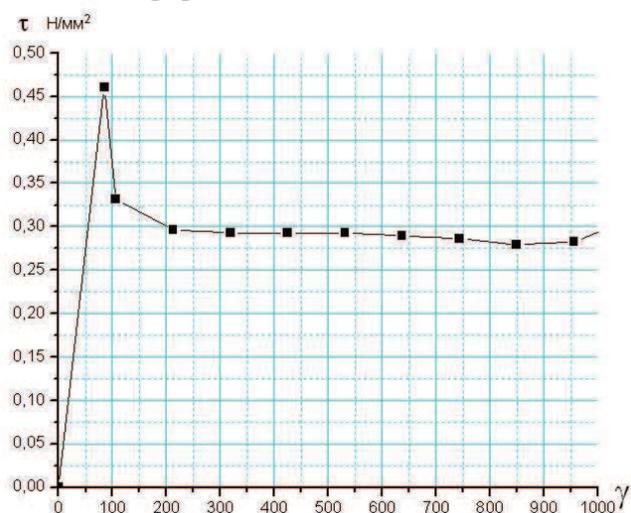


Рисунок 5. График зависимости относительной силы сдвига от угловой деформации при кручении кольцевого образца с упруго-вязким соединительным слоем

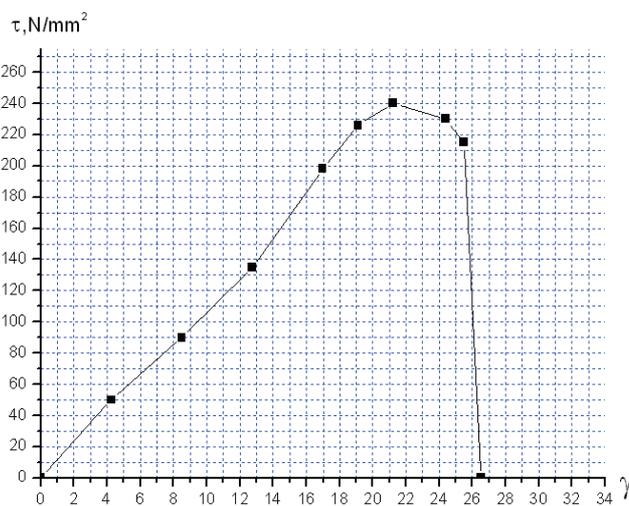


Рисунок 6. График зависимости относительной силы сдвига от угловой деформации при кручении кольцевого образца с упругим соединительным слоем

Данный вид испытаний был апробирован и для исследования свойств упругого слоя для образцов склеенных клеем ВК 50 [4-5]. Как видно из представленного на рисунке 6 графика испытаний, после достижения пикового значения возникает небольшое падение силы сдвига, что свидетельствует о начале разрушения клеевого слоя, а затем происходит быстрое разрушение связующего слоя звена.

Данный характер разрушения свидетельствует о том, что упругий соединительный слой, в отличие от упруго-вязкого, можно испытывать как традиционным способом, так и на предложенной оснастке.

Выводы

Более точное определение свойств упруго-вязкого соединительного слоя в предложенном испытании позволяет прогнозировать поведение демпфирующего материала в процессах сложной кузовной штамповки, когда на отдельных участках заготовки возможен значительный сдвиг металлических листов относительно друг друга.

Литература

1. Типалин С.А., Сапрыкин Б.Ю., Шпунькин Н.Ф. Краткий обзор многослойных листовых деформируемых материалов, используемых для защиты от шума / Известия МГТУ «МАМИ» 2012. № 2., т. 2. С. 194-199.
2. Научно-технические технологии машиностроительного производства: Физико-химические методы и технологии: учебное пособие / Ю.А. Моргунов, Д.В. Панов, Б.П. Саушкин, С.Б. Саушкин. Под ред. Б.П. Саушкина. – М.: Издательство «Форум», 2013. – 928 с.
3. Митрюшин Е.А., Моргунов Ю.А. Саушкин Б.П. Унифицированные технологии изготовления штампов с применением электрофизических методов обработки / Металлообработка, № 2, 2010. С. 42-46.
4. Типалин С.А., Гладков В.И., Власов А.И., Никитин М.Ю. Моделирование конструкции клапанной крышки двигателя на основе применения клеевых соединений / Известия МГТУ "МАМИ". № 1 (5), 2008. С. 201-206.
5. Шпунькин Н.Ф., Типалин С.А., Гладков В.И., Никитин М.Ю. Исследование обтяжки с растяжением листового материала / Известия МГТУ "МАМИ". № 1(5), 2008. С. 206-212.

6. Sergej Tiplin, Michael Nikitin, Nikolay Schpunkin. Experimental study of V-bending process of steel-polymer-steel sheets at room temperature / Computer Methods in Materials Science// Informatyka w Technologii Materialow. // Akademia Gorniczo-Hutnicza, Krakow. Vol. 8, 2008, № 3. – С.138-144.
7. Шпунькин Н.Ф., Типалин С.А., Никитин М.Ю. Образец и способ испытания плоского клеевого слоя кольцевой формы на кручение в его плоскости / Патент РФ №2431128 от 20.06.2011.
8. Шпунькин Н.Ф., Типалин С.А. Исследование свойств многослойных листовых материалов / Заготовительные производства в машиностроении, № 1, 2013. С. 28-31.

Физико-химический метод упрочнения деталей из титановых сплавов

к.т.н. проф. Шандров Б.В., доц. Филиппов В.В., Хомякова Н.В.
Университет машиностроения
9(919)1016284, filkas@yandex.ru

Аннотация. В статье рассматривается вопрос конкурентоспособного применения метода микродугового оксидирования поверхностей деталей из титановых сплавов.

Ключевые слова: микродуговое оксидирование, твердость, адгезионная прочность, коэффициент трения, магнитные свойства, электролит, коррозионная стойкость

Физико-химические методы обработки деталей в настоящее время применяются не менее широко, чем методы механической обработки [1-2]. Особую актуальность эти методы приобретают в связи с тем, что наиболее ответственными и в то же время наиболее подверженными износу и разрушению элементами детали, как правило, являются ее поверхности.

Микродуговое оксидирование (МДО), являясь относительно новым видом электрохимической обработки поверхностей, сочетает в себе следующие две феноменологические особенности формирования покрытия [3-4]:

- 1) нанесение покрытий с увеличением размера исходной заготовки,
- 2) модификация поверхностного слоя заготовки вглубь упрочняемой поверхности, за счет чего дополнительно обеспечиваются высокие показатели адгезионной прочности покрытия и его суммарная толщина.

Нанесение покрытий методом МДО обеспечивает повышение целого ряда свойств упрочняемых поверхностей: износостойкость, диэлектрическая прочность, теплостойкость, прочность и многие другие.

Выполненные в 2014 году на установке МДО, спроектированной и изготовленной в Университете машиностроения, исследования различных свойств упрочненных поверхностей и отработки режимов упрочнения базируются на основах теории процесса МДО [5] и проведенных в 2013 г. экспериментальных исследованиях [4]. Кроме того, работы на кафедре «Технология машиностроения» выполняются с привлечением сотрудников кафедры и студентов старших курсов, что обеспечивает повышение качества профессиональной подготовки специалистов производственной области [6]. Экспериментально-исследовательская работа выполнялась в сотрудничестве с ФГУП «НПЦАП» им. академика Н.А. Пилюгина (испытания на эксплуатационные показатели) и ФГУП «НПО «Техномаш», с которым Университет машиностроения имеет заключенный договор о сотрудничестве.

Целью выполненного этапа исследований являлось:

- 1) отработать режимы упрочнения поверхностей деталей из титанового сплава с точки зрения обеспечения требуемого срока службы электролита,
- 2) доказать конкурентоспособность метода с точки зрения характеристик альтернативных металлоалмазных покрытий, осаждаемых в вакууме и в атмосферных условиях.