

Модификация конструкции клапанной крышки двигателя на основе применения клеевых соединений

к.т.н., доц. Типалин С.А., к.т.н., проф. Гладков В.И., Власов А.И., Никитин М.Ю.
МГТУ «МАМИ», ОАО «НИИТавтопром»

Долгое время в промышленности широко используются различные методы соединения, такие как сварка, пайка, клепка и другие.

В настоящее время все большую популярность получает метод соединения склеиванием. Во многих областях технология склеивания стала ключевой технологией, особенно в высокотехнологичных областях, поскольку позволяет создавать новые изделия с минимальными затратами.

Автомобилестроение является достаточно специфической отраслью использования клеевых и герметизирующих материалов (в основном клеевые и герметизирующие материалы широко применяются в авиастроении и авиакосмической технике) несмотря на то, что клеи и герметики зачастую могут использоваться без применения специального инструмента и оснастки.

В настоящее время МГТУ «МАМИ» совместно с АМО «ЗиЛ» проводят научно-исследовательскую работу с целью снижения уровня шума для выполнения возрастающих норм правил ЕЭК ООН № 51-02 (Евро-2). Достижение данной цели планируется путем изменения конструкции клапанной крышки двигателя, представленной на рис. 1, за счет изготовления ее из двух стальных листов, соединенных между собой шумопоглощающим составом, при этом технологический процесс штамповки клапанной крышки остается неизменным. В качестве шумопоглощающего состава выбран клей, использование которого дает ряд преимуществ:

- возможность соединять металлические тонкостенные детали;
- более равномерное распределение напряжений по всей площади склеивания;
- достаточно высокую прочность клеевой конструкции;
- хорошие герметизирующие свойства;
- устойчивость к коррозии;
- универсальность и простоту в применении.

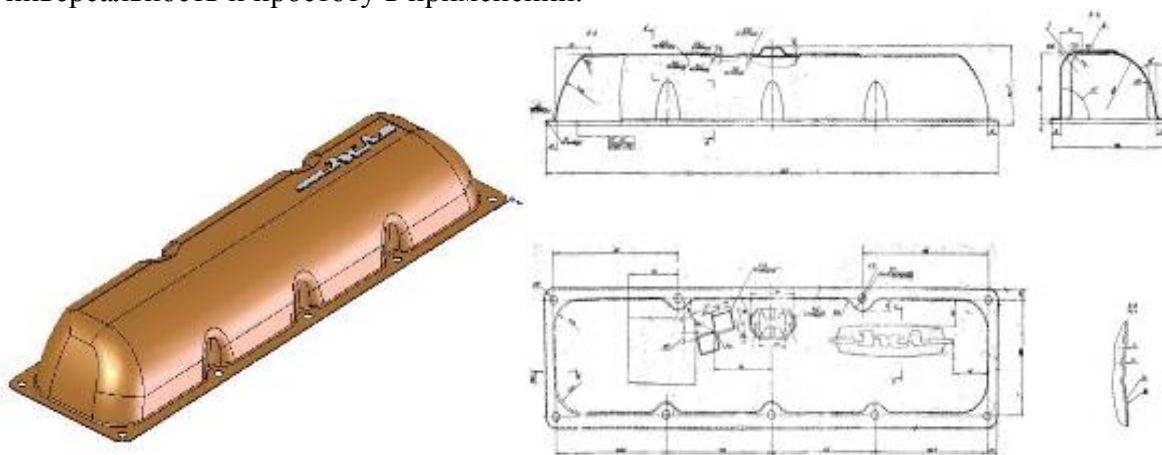


Рис. 1. Общий вид и чертеж клапанной крышки.

Специфика производства и эксплуатации двигателей предъявляет ряд требований, которые необходимо учитывать при разработке новой конструкции клапанной крышки, а именно:

- штампуемость;
- общую неплоскостность поверхности прилегания клапанной крышки к головке блока цилиндров 0,5 мм не более (на длине 100 мм должно быть не более 0,15 мм);
- вибростойкость;
- интервал рабочих температур: от - 45°C до +110°C;
- масло- и бензостойкость.

Для подбора клея, удовлетворяющего установленным требованиям техзадания, проведен анализ свойств клеев, используемых в промышленности: акриловых клеев; клеев на основе канифоли; клеев на основе каучуков; клеев на основе карбамидоальдегидных олигомеров; клеев на основе латексов; клеев на основе поливинилацетата и его сополимеров; клеев на основе поливинилового спирта и его производных; клеев на основе фенолоформальдегидных олигомеров; клеев на основе элементарорганических соединений; клеев-расплавов; неорганических клеев; полиуретановых клеев; полиэфирных клеев; эпоксидных клеев.

С учетом факторов температуры и типа материала из перечисленных выше клеев подходят следующие: анаэробные и цианакрилатные, относящиеся к акриловым клеям; фенолокаучуковые, относящиеся к клеям на основе фенолоформальдегидных олигомеров; клеи на основе элементарорганических соединений; эпоксидные клеи. Одним из требований, предъявляемым к клею, является стойкость к агрессивным средам, а именно масло- и бензостойкость. Данному требованию отвечают анаэробные клеи; фенолокаучуковые клеи, кремнийорганические клеи и эпоксидные клеи. В соответствии с данными типами клеев выбираем виды клеев, удовлетворяющих заданным требованиям: Анатерм – 105; Анатерм – 106; Анатерм – 201; Анатерм – 202; Анатерм – 203; Анатерм – 204; Анатерм – 501М; БФР – 2К; БФР – 4К; ВАК – 1Ф; ВК – 1; ВК – 1М; ВК – 2; ВК – 13М; ВК – 25; ВК – 25А; ВК – 36; ВК – 50; К – 300; К – ЭНФ; КДС – 23; ПКС – 171; ПЭК – 74; Т – 81; ТПК – 250; Унигерм – 3; ЭМПК; Эпоксил Т; Terostat 9220.

Исходя из того, что для штамповки необходима постоянная толщина клеевой прослойки по всей поверхности склеивания, выбираем пленочные клеи: ВК-13М; ВК – 13М; ВК – 25; ВК – 25А; ВК – 36; ВК – 50; ПКС – 171.

Из выбранных клеев повышенной стойкостью к виброакустическим нагрузкам обладают клеи ВК-25, ВК-25А, ВК-50, широко применяемые в авиационной промышленности. Окончательный выбор клея проведем после пробных склеек.

Одной из основных операций процесса склеивания является подготовка поверхности к нанесению клея, оказывающая определяющее влияние на адгезионную прочность клеевого соединения. Подготовка поверхностей склеиваемых между собой при помощи клеев ВК-25 и ВК-50 осуществляется следующим образом [1,2]:

- промывка листов в бензине;
- промывка листов в ацетоне;
- зачистка склеиваемых поверхностей наждачной бумагой на бумажной или тканевой основе №16-25;
- удаление остатков обработки;
- промывка листов в бензине;
- промывка в ацетоне.

Склеивание с помощью клеев ВК-25 и ВК-50 осуществляется следующим образом [1, 2]:

- удаление с пленочного клея с одной из сторон защитного слоя (полиэтиленовой пленки);
- нанесение клея на склеиваемую поверхность и прижатие его к поверхности металлическим роликом (для лучшей адгезии операцию можно проводить при температуре 40°C);
- удаление с другой стороны пленочного клея защитного слоя (полиэтиленовой пленки) и прижатие второй склеиваемой поверхности;
- помещение заготовки в автоклав с созданием следующих условий:
- клей ВК-25;
- температура отверждения – 165±5°C;
- время отверждения – 1 час;
- давление – 8-10 кгс/см²;
- клей ВК-50;
- температура отверждения – 150°C;
- время отверждения – 1 час;

- давление – 3-5 кгс/см².

С учетом данной технологии осуществлен процесс склеивания экспериментальных образцов с использованием клея ВК-50, поскольку он отличается менее трудоемкими режимами склеивания, а именно температура отверждения и усилия прижатия меньше, чем при использовании клея ВК-25.

Для экспериментального определения прочностных характеристик соединений были проведены лабораторные испытания клеевого соединения на сдвиг в соответствии с ГОСТ 14759-69 «Клеи. Метод определения прочности при сдвиге».

Образцы представляют собой две пластины листового металла, склеенные внахлестку. В ходе испытания произведено растяжение склеенных образцов из нержавеющей стали 12Х18Н10Т толщиной 0,4 мм (образцы вида 1) и из стали 08 кп толщиной 1 и 2 мм (образцы вида 2 и 3 соответственно).

Образцы зажимались в клиновых захватах, после чего производилось их нагружение с постоянной скоростью перемещения траверсы на отрыв (рис. 2).

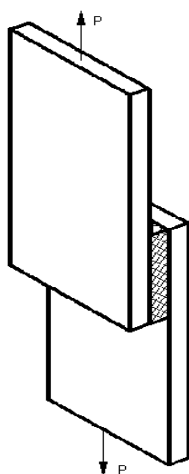


Рис. 2. Схема нагружения при испытании на сдвиг клеевого соединения при использовании клея ВК-50.

В процессе нагружения производились измерения перемещения траверсы и возникающая при этом нагрузка. Первоначальное расстояние между траверсами принималось постоянным для всех образцов и составляло 100 мм.

Зависимость изменения прочности от величины деформаций стыка представлена на рис. 3.

Усредненные результаты проведенных испытаний для трех образцов представлены в таблице 1.

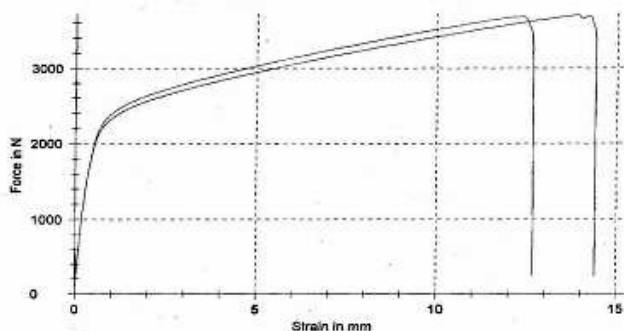
Таблица 1

№ образцы вида	Величина разрушающей нагрузки (P), Н	Длина деформации (L), мм	Величина разрушающего напряжения при сдвиге (τ), МПа
1	3687,78	13,12	9,219
2	5359,54	0,96	13,399
3	5147,17	0,79	12,868

Из графиков (см. рис. 3) видно, что клей может вытягиваться на длину более 350%, выдерживая при этом высокую нагрузку.

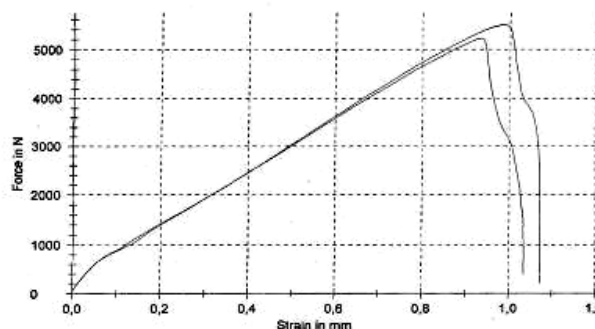
В процессе сдвига клеевого слоя происходит упругая деформация, которая постепенно переходит в пластическую. Суммарная абсолютная деформация составляла около 4,5 – 5,5мм при толщине клеевой прослойки 0,15 -0,2 мм. Разрушение целостности образца происходило по границе соединения клея с металлом.

Series graph:



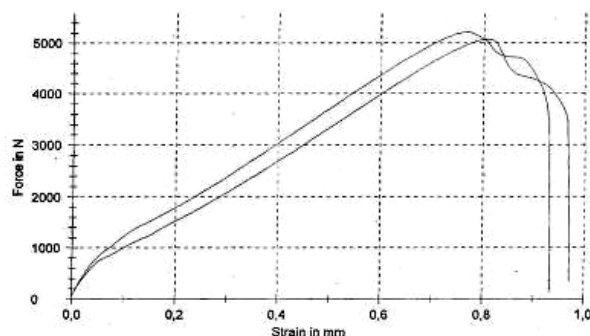
а)

Series graph:



б)

Series graph:



в)

Рис. 3. Зависимость изменения прочности от величины деформации стыка: образцы вида а - № 1; б - № 2; в - № 3.

Как видно из приведенных графиков толщина материала до определенного предела не оказывает существенного влияния на диаграмму зависимости нагрузки от перемещения (рис. 3), т.к. металлические полосы испытывают лишь упругую деформацию. Однако в случае, когда растягивающая сила превышает предел текучести полосы, происходят одновременно пластическая деформация металла и упругая деформация клея. При достижении определенной величины происходит одновременная пластическая деформация всего образца с последующим разрушением. Так как при этом схема деформирования изменяется, разрушение целостности образца происходит при меньшей нагрузке.

Произведены испытания на сдвиг металлических образцов с последующим построением экспериментальных зависимостей: величины напряжения при различных скоростях деформирования от перемещения (см. рис. 4). Испытания на сдвиг производились при скоростях перемещения траверсы 0,1; 1; 10; 100 мм/мин.

Обобщая результаты испытаний, можно сделать вывод, что максимальное напряжение сдвига в зависимости от десятичного логарифма скорости будет иметь практически линей-

ный характер (рис. 5).

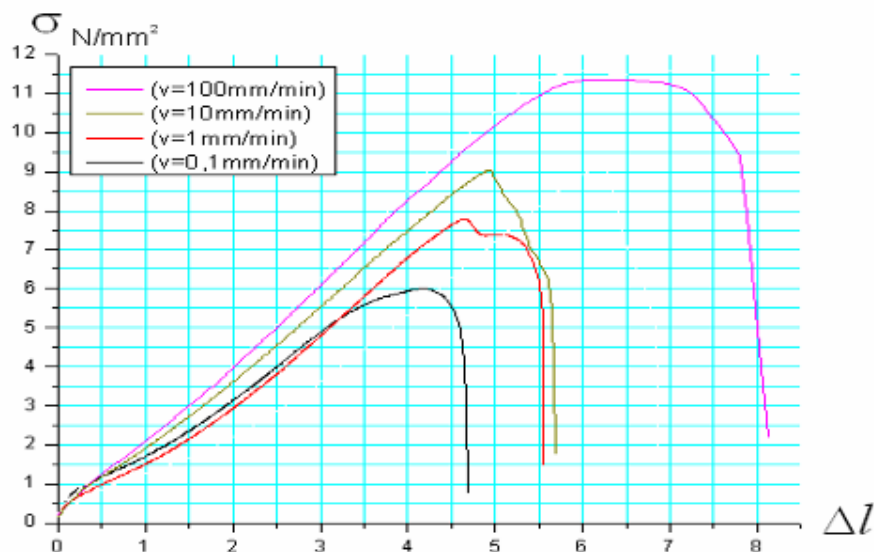


Рис. 4. Результаты испытаний на сдвиг металлических образцов толщиной 2 мм с использованием клея ВК-50.

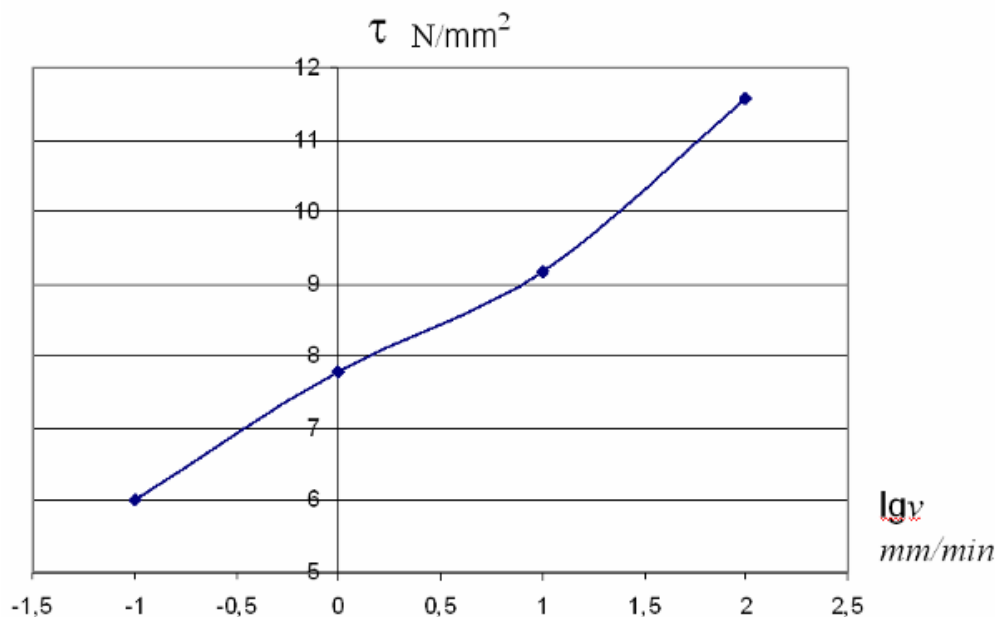


Рис. 5. Изменение напряжения сдвига клея ВК-50 от скорости траверсы (толщина склеенного материала 2 мм).

Аналогичные испытания были произведены для образцов из нержавеющей стали толщиной 0,4 мм. Результаты испытания представлены на рис. 6.

Так как на результаты испытаний большое влияние оказывает течение материала, то результаты значительно отличаются от вышеприведенных, а график напряжения растяжения от деформации будет иметь нелинейный характер.

По результатам испытаний на сдвиг можно сделать вывод о том, что клей ВК-50 обладает достаточной прочностью для его дальнейшего использования при штамповке сэндвич-панелей.

В дальнейшем в соответствии с программой исследований планируется:

- оценить образцы на уровень шумопоглощения;
- оценить прочностные свойства образцов;
- оценить стойкость образцов к различным агрессивным средам;
- оценить коррозионную стойкость образцов.

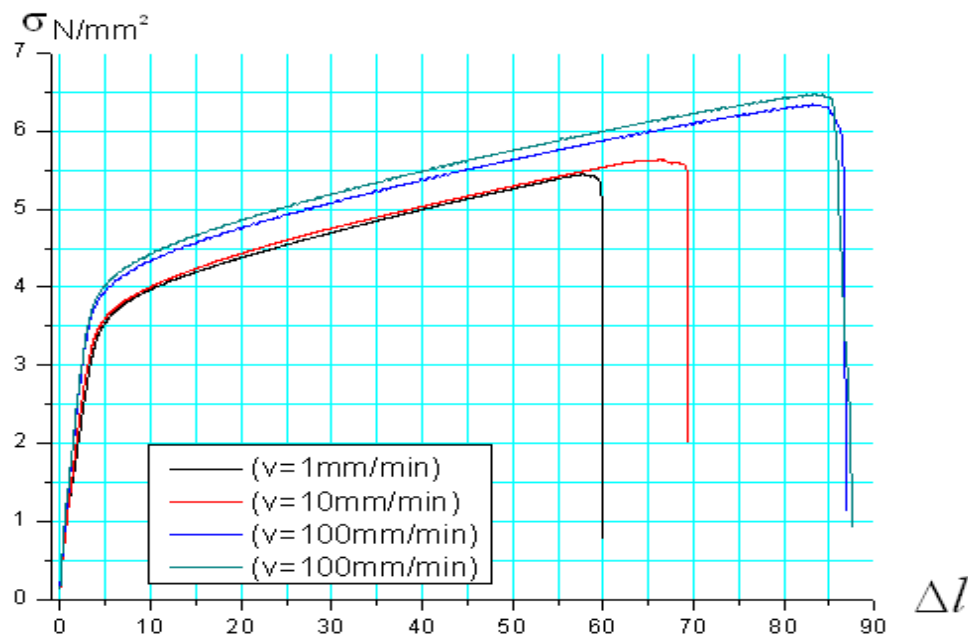


Рис. 6. Результаты испытаний на сдвиг металлических образцов толщиной 0,4мм с использованием клея ВК-50.

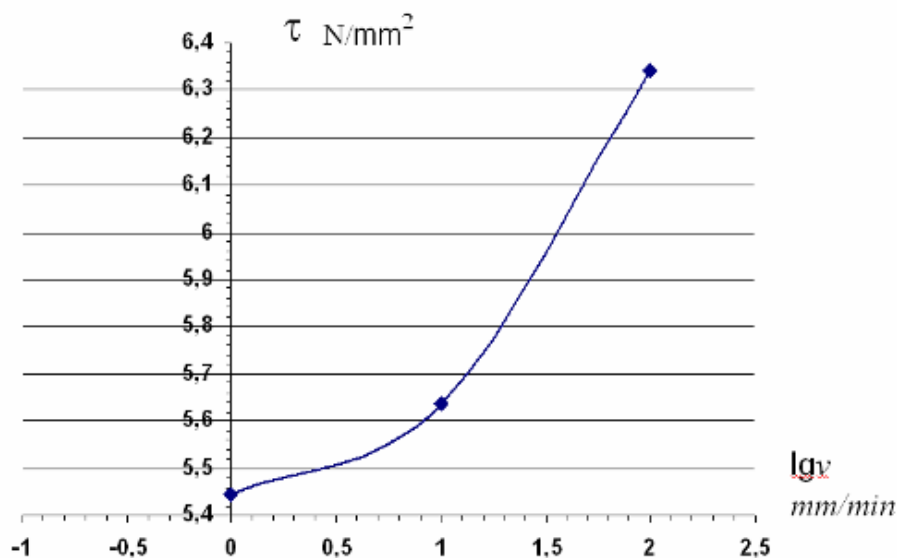


Рис. 7. Изменение напряжения сдвига клея ВК-50 от скорости траверсы (толщина склеенного материала 0.4мм).

Затем предполагается провести натурные испытания в соответствии с нормами ЕЭК ООН №51-02 (Евро 2), которые позволят непосредственно оценить уровень шума автомобиля с измененной клапанной крышкой бензинового двигателя автомобиля ЗИЛ.

Литература

1. ТУ 6-17-880-77 Пленка клеящая ВК-25 и ВК-25А.
2. ТУ 1-92-186-91 Пленка клеящая ВК-50.

Исследование обтяжки с растяжением листового материала

к.т.н., проф. Шпунькин Н.Ф., к.т.н., доц. Типалин С.А., к.т.н., проф. Гладков В.И.,
Никитин М.Ю.

МГТУ «МАМИ», ОАО «НИИТавтопром»

Для проведения серий экспериментов и изучения особых составляющих процесса обтяжки с растяжением была сконструирована и изготовлена оснастка, (см. рис. 1) матрица,