

РАЗДЕЛ IV ОБОРУДОВАНИЕ И ОСНАСТКА ОБРАБОТКИ ДАВЛЕНИЕМ

УДК:621.835

Фролов Е. А.
Черная Ю. А.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ ФАКТОРОВ НА ПРОЧНОСТЬ КЛЕЕВОГО СОЕДИНЕНИЯ НАПРАВЛЯЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ УСПШ

В условиях мелкосерийного и серийного производства при дискретно-нестабильных программах выпуска продукции для технического оснащения разделительных операций листовой штамповки целесообразно применять универсально-сборные переналаживаемые штампы (УСПШ). Работоспособность их во многом зависит от жесткости и прочности направляющих элементов.

В практике изготовления штамповой оснастки наибольшее распространение получил метод установки направляющих элементов в базовые плиты путём их запрессовки с определённым натягом. Величина натяга зависит от принятого класса посадки. В преобладающем большинстве случаев применяют прессовую посадку по 2-му классу точности. Глубина запрессовки находится в пределах $(1,3-1,8) d$ [1]. Однако такой вид соединения не обеспечивает необходимой перпендикулярности к плоскости базовых плит. В результате возникает необходимость в дополнительных трудоёмких слесарно-лекальных операциях.

В последнее время при сборке УСПШ всё шире применяется метод закрепления и точного центрирования направляющих элементов при помощи клеевых материалов на основе эпоксидных смол [2, 3].

Но широкому внедрению клеевого соединения направляющих элементов в конструкциях штампов препятствует отсутствие научно обоснованных рекомендаций по конструктивному оформлению посадочных частей направляющих колонок и втулок.

Цель работы – экспериментально исследовать степень влияния основных конструктивных факторов на прочность соединения посадочных частей направляющих элементов УСПШ.

При склеивании в определённых условиях, в результате протекающих в зоне контакта физико-химических процессов, происходит сцепление клея с различными материалами. Основной физико-химического процесса склеивания является адгезия.

Прочность клеевого соединения материала зависит от степени адгезии, т. е. от степени схватывания между клеем и конструкционным материалом и прочности самой клеевой прослойки (адгезии клея).

Существуют различные теории, объясняющие адгезию [4, 5]. На основании этих теорий можно полагать, что в основе механизма склеивания лежат сложные физико-химические явления: химические реакции, силы поверхностного натяжения, адсорбция, диффузия и электрические силы.

Для экспериментальной проверки прочности соединения направляющей колонки и базовой плиты, выполненных при помощи клеевого соединения, были изготовлены образцы, имитирующие реальное соединение и проведено комплексное исследование; закрепления направляющих элементов штампов при выполнении разделительных операций холодной

листовой штамповки эпоксидным компаундом марки ЭК-340, который имеет следующий состав: эпоксидная смола – 44 весовые части; отвердитель полиэтилен-полиамин – 7 весовых частей, пластификатор дибутилфталата – 5 весовых частей, наполнитель цемент глинозёмный марки 400 – 500 – 44 весовые части.

Исследование проводилось на универсальной испытательной машине УИМ-50. Эксперименты выполнены на образцах в виде пластин размерами 180×40×30 мм с тремя отверстиями, в которые помещались пробки, имитирующие направляющие колонки. Последние имели хвостовую часть; размерами $\text{Ø}16 \times 35$ мм (рис. 1).

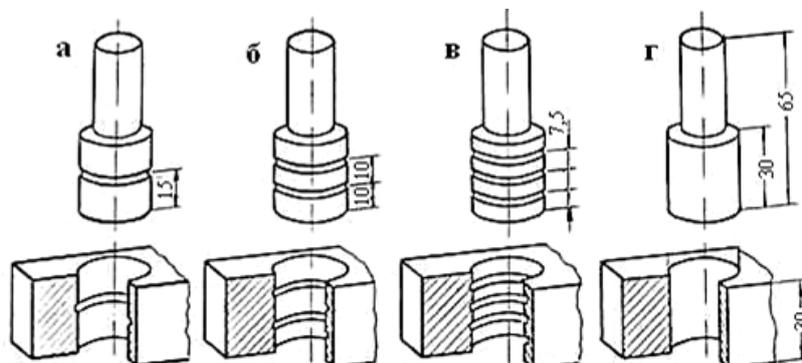


Рис. 1. Геометрические размеры опытных образцов направляющих элементов: а – с одной канавкой; б – с двумя канавками; в – с тремя канавками; г – без канавок

Для определения влияния количества канавок, их геометрических размеров на прочность клеевого соединения, пластины и пробки были выполнены четырёх типов: с одной, двумя, тремя канавками и без канавок. Размеры канавок изменялись в диапазоне от радиуса $R = 1$ мм до $R = 2$ мм.

Зазор между пластиной и пробкой изменялся в пределах 0,2...1,6 мм с интервалом 0,2 мм за счёт изменения размеров пробки.

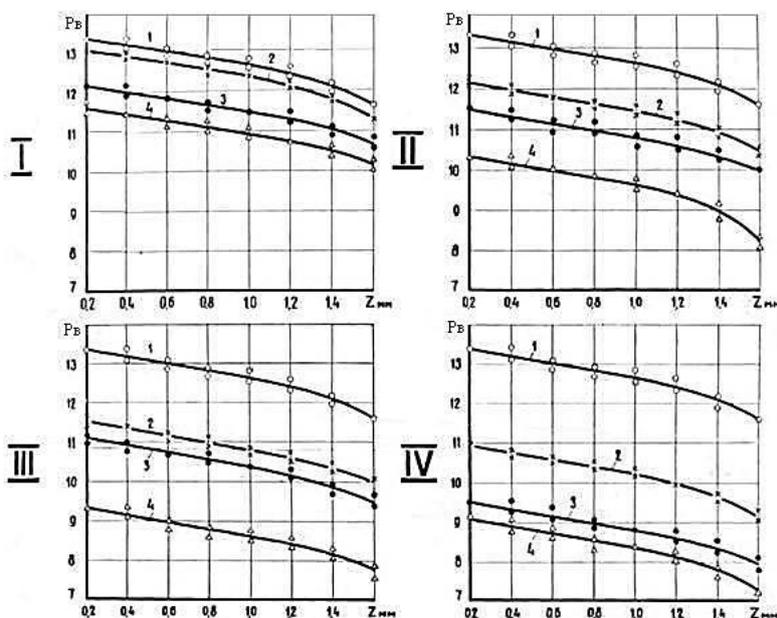


Рис. 2. Зависимость усилия выпрессовки ($P_{в}$) от величины двухстороннего зазора (Z), количества канавок (n) и радиуса (R):

I – $R = 1,0$ мм, 1 – без канавки; II – $R = 1,25$ мм, 2 – с одной канавкой; III – $R = 1,5$ мм, 3 – с двумя канавками; IV – $R = 2,0$ мм, 4 – с тремя канавками

После склеивания проводилось испытание полученных образцов на сдвиг путём выпрессовки колонок из втулок с записью диаграмм, по которым определялась допустимая нагрузка для каждого вида клеевого соединения.

На рис. 2 представлены графики, характеризующие зависимость усилия выпрессовки P от величины двухстороннего зазора Z , количества канавок n и радиуса канавки R .

Анализ полученных результатов показывает, что увеличение двухстороннего зазора между пластиной и пробкой в пределах 0,8–1,6 мм, приводит к уменьшению усилия выпрессовки на 12–20 % (рис. 3).

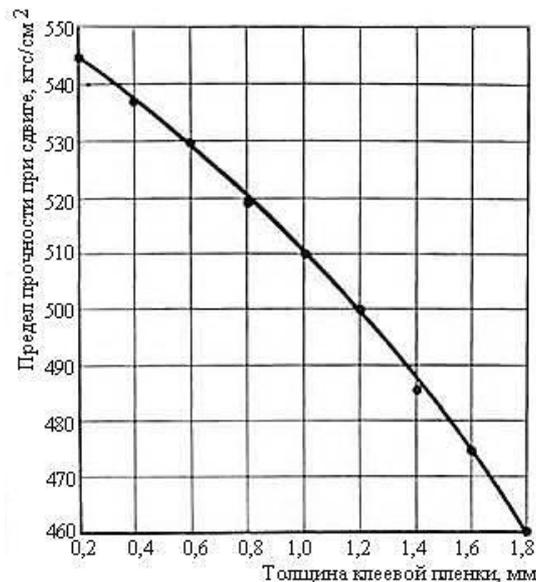


Рис. 3. График зависимости усилия выпрессовки от зазора

Это объясняется тем, что с увеличением зазора, а, следовательно, и толщины клеевой прослойки, молекулярные силы, действующие между металлами и внутренней частью клеевой прослойки, ослабевают. Максимальные усилия выпрессовки были получены при величине двухстороннего зазора 0,2 мм.

При увеличении двухстороннего зазора до 0,4–0,6 мм усилие выпрессовки образцов уменьшалось незначительно (от 1,5 до 2,5 %) и не оказывало существенного влияния на работоспособность клеевого соединения.

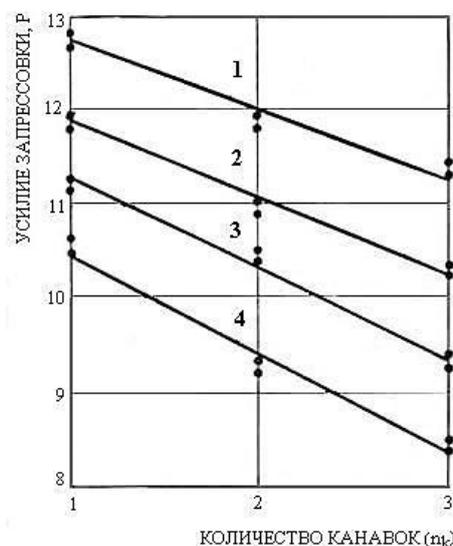


Рис. 4. Зависимость усилия выпрессовки от количества канавок и их размеров ($n k$):
1 – $R = 1,0$ мм; 2 – $R = 1,5$ мм; 3 – $R = 1,25$ мм; 4 – $R = 2,0$ мм

На прочность клеевого соединения существенное влияние оказывает наличие на склеиваемых поверхностях канавок. С увеличением количества канавок и их геометрических размеров при прочих равных условиях усилие выпрессовки уменьшалось. С увеличением количества канавок от одной до трёх прочность клеевого соединения уменьшалась на 6–24 %. Максимальное усилие выпрессовки было получено при бесканавочном соединении.

Увеличение радиуса канавки в два раза, приводило к уменьшению прочности клеевого соединения на 6–10 %. На рис. 4 показана зависимость усилия выпрессовки образцов и зависимость прочности клеевого соединения от количества канавок и их размеров (толщина клеевой пленки – 0,3 мм).

На рис. 5 показана диаграмма выпрессовки пробки при бесканавочном соединении и толщине клеевой плёнки 0,1 мм.

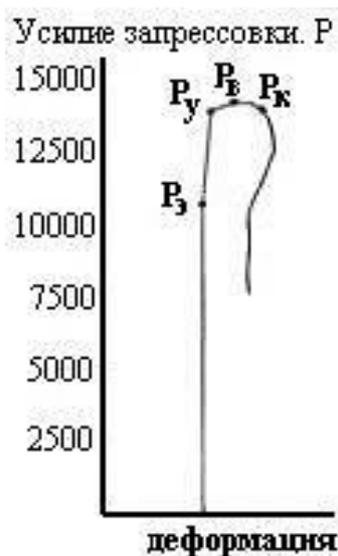


Рис. 5. Диаграмма выпрессовки образца: бесканавочное соединение; толщина клеевой плёнки 0,1 мм

Диаграмма характеризуется наличием трёх ярко выраженных зон деформации.

На участке $0 - P_3$ наблюдается рост (увеличение) нагрузки при незначительном перемещении пробки.

P_3 – усилие, необходимое для преодоления адгезии между клеем и металлом.

Участок $P_3 - P_y$ характеризуется перемещением пробки при дальнейшем увеличении нагрузки.

P_y – усилие, необходимое для преодоления упругих деформаций клеевого соединения.

Участок $P_y - P_в$, на котором сохраняется пропорциональность между прилагаемой нагрузкой и перемещением пробки, причем $P_в$ – нагрузка соответствует пределу прочности клеевого соединения, а $P_к$ – нагрузка в момент разрушения клеевого соединения.

Надёжное закрепление направляющих элементов обеспечивается при соблюдении условия: $P_a \leq 0,875P_k$, где P_a – допустимая нагрузка на клеевое соединение.

Прочность клеевого соединения зависит также от шероховатости поверхностей соединяемых деталей.

На рис. 6 приведена графическая зависимость прочности клеевого соединения от шероховатости соединяемых поверхностей.

Анализ показывает, что с уменьшением шероховатости склеиваемых поверхностей, прочность клеевого соединения уменьшается в 1,5–6,8 раза. Установлено, чем больше шероховатость, тем выше прочность клеевого соединения. Так, разрушающая нагрузка при шероховатости образцов $Rz\ 215$ в среднем составляла 13,3 тс, при $Rz\ 20$ – 9,2 тс или снижалась на 31 %, при $Rz\ 2,5$ – 4,4 тс и уменьшалась на 67 %, а при $Rz\ 0,63$ – 1,64 тс и составляла всего 13,5 %.

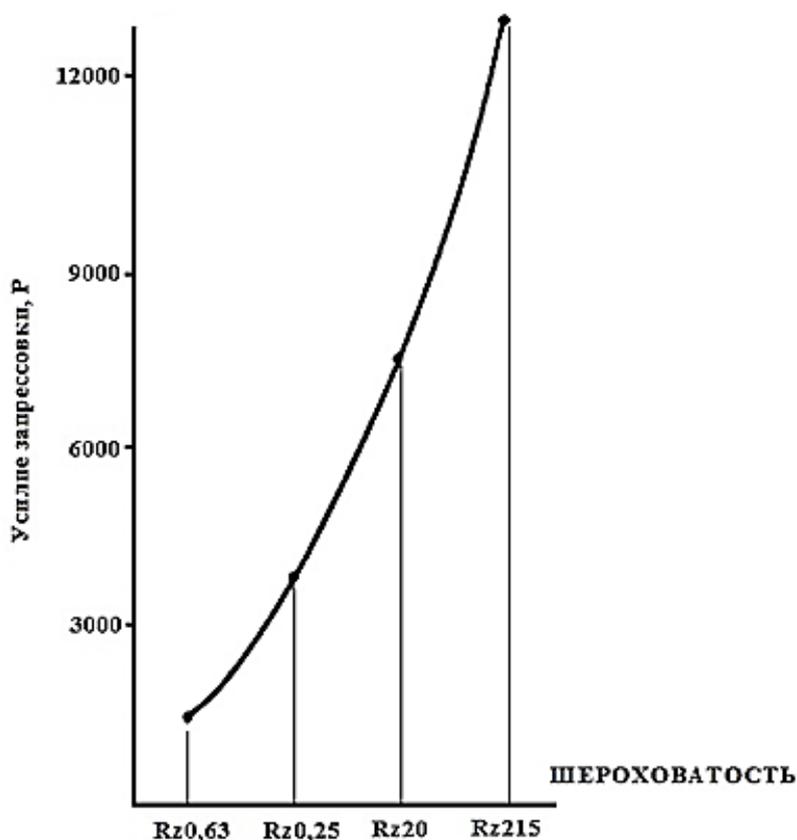


Рис. 6. Зависимость прочности клеевого соединения от шероховатости соединяемых поверхностей

По результатам исследования влияния диаметра и длины посадочных частей направляющих элементов на прочность клеевого соединения установлено, что изменение прочности клеевого соединения происходит прямопропорционально увеличению длины посадочных частей направляющих элементов. Так, при изменении посадочной части направляющей колонки с 30 мм на 45 и 60 мм, усилие выпрессовки увеличивалось до 20,2 и 27,0 тс соответственно в 1,5 и 2 раза.

Установлено, что минимально допустимая длина посадочной части направляющих колонок, при которой обеспечивается их надёжное закрепление, составляет $(0,7-1,2)d$, где d – диаметр посадочной части колонки.

Увеличение диаметра направляющих элементов также приводит к увеличению прочности клеевого соединения. Однако, в этом случае усилие выпрессовки изменялось непропорционально увеличению диаметра. При изменении диаметра с 10 до 40 мм, т. е. в 4 раза, усилие выпрессовки возросло лишь в 2,9 раза.

В результате исследования некоторых конструктивно-технологических факторов на прочность клеевого соединения установлено, что максимальное усилие выпрессовки достигается при безканавочном исполнении направляющих элементов, шероховатости поверхности $Rz215$ и толщине клеевой плёнки 0,1 мм. В пределах 0,1–0,3 мм прочность клеевого соединения изменяется незначительно (уменьшение составляет 4–5 % и не оказывает существенного влияния на работоспособность конструкции).

ВЫВОДЫ

На основании экспериментальных исследований определена степень влияния на прочность клеевого соединения направляющей колонки с базовой плитой УСПШ следующих факторов: конструкция направляющего элемента колонки, клеевого зазора, шероховатости соединяемых поверхностей, а также диаметра и длины посадочных частей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Романовский В. П. Надежность и долговечность системы универсально-сборных штампов / В. П. Романовский, А. Я. Мовшович // Вестник машиностроения. – 1972. – № 6. – С. 61–64.
2. Буденный М. М. Перспективы развития исследований и разработка новых конструкций штамповой оснастки на основе композитов / М. М. Буденный // Резание и инструмент в технологических системах : сб. науч. трудов Харьковского государственного политехнического университета «ХПИ» – Х., 2005. – Вып. 58. – С. 25–28.
3. Оценка надежности универсально-сборных штампов в условиях дискретно-нестабильных программ выпуска изделий / А. Я. Мовшович, Н. К. Резниченко, Г. И. Ищенко, В. Агарков // Машинобудування : зб. наук. праць Української інженерно-педагогічної академії «УІПА». – Х., 2010. – Вып. 6. – С. 133–142.
4. Дебройн Н. А. Адгезия, клеи, цементы, припой : пер. с англ. / Н. А. Дебройн. – М. : Изд. иностр. Литературы, 1954. – 584 с.
5. Дерягин Б. В. Исследования в области прилипания и клеящего действия / Б. В. Дерягин. – М. – Л. : Изд. Ан СССР, 1979. – 244 с.

REFERENCES

1. Romanovskij V. P. Nadezhnost' i dolgovechnost' sistemy universal'no-sbornyh shtampov / V. P. Romanovskij, A. Ja. Movshovich // Vestnik mashinostroenija. – 1972. – № 6. – S. 61–64.
2. Budennyj M. M. Perspektivy razvitija issledovanij i razrabotka novyh konstrukcij shtampovoj osnastki na osnove kompozitov / M. M. Budennyj // Rezanie i instrument v tehnologicheskikh sistemah : sb. nauch. trudov Har'kovskogo gosudarstvennogo politehnicheskogo universiteta «HPI» – H., 2005. – Вып. 58. – S. 25–28.
3. Ocenka nadezhnosti universal'no-sbornyh shtampov v uslovijah diskretno-nestabil'nyh programm vypuska izdelij / A. Ja. Movshovich, N. K. Reznichenko, G. I. Ishhenko, V. Agarkov // Mashinobuduvannja : zb. nauk. prac' Ukraïns'koï inzhenerno-pedagogichnoï akademii «UIPA». – H., 2010. – Vip. 6. – S. 133–142.
4. Debrojn N. A. Adgezija, klei, cementy, pripoi : per. s angl. / N. A. Debrojn. – M. : Izd. inostr. Literatury, 1954. – 584 s.
5. Derjagin B. V. Issledovanija v oblasti prilipanija i klejashhego dejstvija / B. V. Derjagin. – M. – L. : Izd. An SSSR, 1979. – 244 s.

Фролов Е. А. – д-р техн. наук, проф. ПНТУ;

Черная Ю. А. – инженер УИПА.

ПНТУ – Полтавский национальный технический университет им. Ю. Кондратюка, г. Полтава.

УИПА – Украинская инженерно-педагогическая академия, г. Харьков.

E-mail: yuliachorna2202gmail.com

Статья поступила в редакцию 25.03.2018 г.