УДК 621.7.073

Г.И. ИЩЕНКО, А.Я. МОВШОВИЧ д-р техн. наук,
Н.К. РЕЗНИЧЕНКО, Ю.А. КОЧЕРГИН, г. Харьков

ПРОЧНОСТЬ КЛЕЕВОГО СОЕДИНЕНИЯ НАПРАВЛЯЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ.

В статье рассмотрены вопросы влияния конструктивно-технологических факторов системы направляющих элементов технологической оснастки на прочность их соединения с базовыми элементами при помощи клеевых материалов на основе эпоксидных смол.

У статті розглянуті питання впливу конструктивно-технологічних факторів системи напрямних елементів технологічного оснащення на міцність їхнього з'єднання з базовими елементами за допомогою клейових матеріалів на основі епоксідних смол.

In a paper questions of agency of mechanically - technology factors of system of guide members of the machining attachments on strength of their joint with base elements surveyed by means of glutinous materials on the basis of calibration epoxies.

Состояние вопроса. Важнейшими элементами конструкции приспособлений, штампов, прессформ является направляющая система, обеспечивающая высокоточное совмещение рабочих элементов конструкции.

При изготовлении технологической оснастки наибольшее распространение получил метод установки направляющих элементов в базовые плиты путем запрессовки, однако такой вид соединения не обеспечивает заданной перпендикулярности этих элементов к плоскости базовых плит, в результате чего возникает необходимость в дополнительных пригоночных операциях, которые трудно механизировать.

В последнее время все шире применяется метод закрепления и точного центрирования направляющих элементов при помощи клеевых материалов на основе эпоксидных смол, однако широкое внедрение клеевого соединения направляющих элементов в конструкциях технологической оснастки сдерживается из-за отсутствия экспериментальных данных и обоснованных рекомендаций по выбору состава клея, а также конструктивных и технологических параметров посадочных частей направляющих колонок и втулок.

Для определения влияния различных факторов на работоспособность клеевого соединения в Харьковском научно-исследовательском институте технологии машиностроения было проведено комплексное исследования закрепления направляющих элементов эпоксидным компаундом марки ЭК-340.

Для экспериментальной проверки прочности клеевого соединения направляющей колонки и базовой плиты были изготовлены образцы, имитирующие реальное соединение (рис.1). Исследование проводила на универсальной испытательной машине УИМ-50, предназначенной для статистических испытаний материалов при нагрузках до 50 тс, погрешность изменения усилий выпрессовки составляла ± 1%.

Эксперименты выполнялись на образцах, изготовленных в виде пластин размерами 180×40×30 мм с тремя отверстиями, в которых устанавливались пробки, имитирующие направляющие колонки. Пробки имели хвостовую часть диаметром 16 и длиной 35 мм, предусмотренную для того, чтобы при испытаниях на сдвиг можно было производить выпрессовку по всей длине рабочей поверхности пробки.

Методика и результаты исследования. Для определения влияния числа канавок и их геометрических размеров на прочность клеевого соединения пластины и пробки были выполнены четырех типов: с одной, двумя, тремя канавками с радиусами R = 1÷2 мм и без канавок.

Зазор между пластиной и пробкой изменялся в пределах 0,2–,6 мм с интервалом 0,2 мм за счет уменьшения размеров пробки.

Одной из важнейших операций технологического процесса склеивания является подготовка поверхностей металла к нанесению клея, при этом необходимо устранить возможные причины, препятствующие хорошей адгезии клея.

Процесс склеивания пластины и пробки проводили в следующем порядке. Поверхности промывали бензином, через 15–20 мин обезжиривали ацетоном и высушивали в течение 10–15 мин при комнатной температуре. Чистоту поверхности деталей перед склеиванием проверяли пробой на растекание воды.

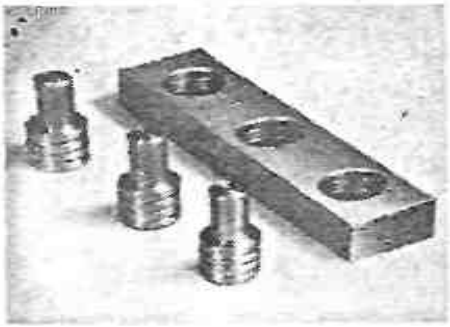

Рис.1 Опытный образец направляющего элемента.

Нагретые до 50°С образцы размещали на металлической плите, затем щупом устанавливали равномерный зазор между пластиной и пробкой и заливали эпоксидным компаундом, нагретым до 40–50°С. Соединения выдерживали в течение 6 ч при 20°С с последующим термическим упрочнением в электрической печи при 100°С в течение 3 ч.

Состав эпоксидного компаунда (в весовых частях): эпоксидная смола ЭД-5 – 44; отвердитель (полиэтилен-полиамин) – 7; пластификатор (дибутилфтолат) – 5; наполнитель (глиноземный цемент марки 400– 500) - 44; плотность компаунда 1,15— 1,2 г/см3.

Зависимости усилия выпрессовки P от величины зазора Z, числа канавок п и радиуса канавки R представлены на рис. 2.

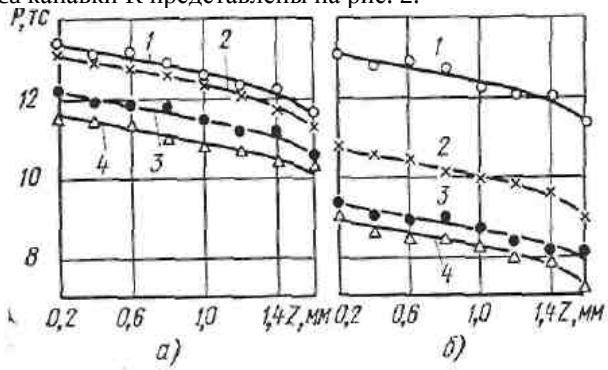

Рис. 2. Зависимость усилия выпрес-совки от величины зазора, числа канавок и радиуса канавки: а – при R= 1 мм, б – при R = 2 мм (1 - образцы без канавок; 2 - с одной; 3 - с двумя; 4 - с тремя канавками).

Анализ полученных результатов показывает, что увеличение зазора между пластиной и пробкой от 0,8 до 1,6 мм приводит к снижению усилия выпрессовки на 10-14 %. Это объясняется тем, что с увеличением зазора, а следовательно, и толщины клеевой прослойки молекулярные силы, действующие между металлом и внутренней частью клеевой прослойки, ослабевают. Кроме того, вероятность возникновения дефектов (раковин, трещин, воздушных пузырей) при увеличении толщины клеевой прослойки возрастает. Следует иметь в виду, что внутренние напряжения, вызванные усадкой эпоксидного компаунда, возрастают с увеличением толщины клеевой прослойки.

Максимальные усилия выпрессовки были получены при величине зазора 0,2 мм. При увеличении зазора до 0,6 мм усилие выпрессовки образцов изменялось незначительно и не оказывало существенного влияния на работоспособность клеевого соединения.

Данные, полученные в результате исследований, позволили при обработке базовых плит отказаться от координатной расточки отверстий под направляющие элементы и тем самым снизить трудоемкость их изготовления.

Существенное влияние на прочность клеевого соединения оказывает наличие канавок на склеиваемых поверхностях. С увеличением числа канавок и их геометрических размеров при прочих равных условиях усилие выпрессовки уменьшалось.

Максимальное усилие выпрессовки наблюдалось при бесканавочном соединении. С увеличением числа канавок от одной до трех прочность клеевого соединения уменьшалась на 6— 20%. Увеличение радиуса канавки в 2 раза приводило к уменьшению прочности клеевого соединения на 6—10%.

На рис. 3 показана диаграмма выпрессовки пробки при бесканавочном соединении и зазоре Z=0,4 мм. Диаграмма характеризуется наличием трех

ярко выраженных участков: на участке до точки Р1 наблюдается повышение нагрузки при незначительном перемещении пробки, Р1≈9,5 тс – усилие, необходимое для преодоления адгезии между клеем и металлами, а также прочности самой клеевой прослойки; участок Р1 – Р2 характеризуется перемещением пробки при изменяющейся нагрузке, Р2≈12 тс – усилие, необходимое для преодоления упругих деформаций клеевого соединения; на участке Р2–Р3 сохраняется пропорциональность между прилагаемой нагрузкой и перемещением пробки, Р3 ≈12,5 тс — нагрузка, соответствующая пределу прочности клеевого соединения; при нагрузке Р4≈12,2 тс происходит разрушение клеевого соединения.

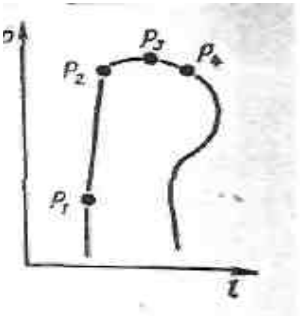

Рис. 3. Диаграмма выпрессовки пробки при бескана-вочном соединении (Z= 0,4 мм).

Надежное закрепление направляющих элементов обеспечивается при соблюдении условия Рдоп ≤ 0,875 Р3.

Прочность клеевого соединения зависит также от шероховатости поверхностей соединяемых деталей. Увеличение шероховатости обеспечивает хорошую смачиваемость поверхностей клеем, что является предпосылкой хорошей адгезии и проявления физических и химических сил взаимодействия молекул клея и склеиваемых материалов.

Результаты исследования влияния шероховатости соединяемых поверхностей на прочность клеевого соединения показывают, что с уменьшением шероховатости склеиваемых прочность клеевого соединения резко снижается:

Параметр шероховатости поверхности, мкм ……..	Rz = 215	Rz = 20	Ra = 2,5	Ra = 0,63
Разрушающая нагрузка, кгс …….	13 200	9200	4400	1620
Допускаемая нагрузка, кгс ……..	10 950	7360	3520	1260

При исследовании влияния диаметра D и длины H посадочных частей направляющих элементов на прочность клеевого соединения было установлено, что прочность соединения повышается прямопропорционально увеличению длины посадочных частей направляющих элементов. Так, при из-

менении длины посадочной части направляющей колонки с 30 до 45 и 60 мм усилие выпрессовки увеличивалось соответственно в 1,5 и 2 раза и составляло 20,2 и 27 тс (рис. 4, а). В ходе экспериментов было определено, что минимально допустимая длина посадочной части направляющих колонок, при которой обеспечивается их надежное закрепление, составляет (0,7 ÷ 1,2) D.

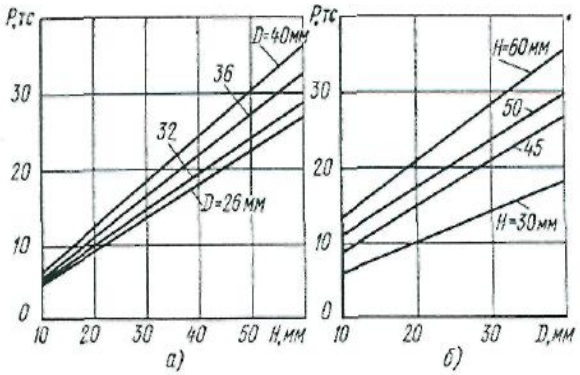

Рис. 4. Зависимость усилия выпрессовки от длины (а) и диаметра (б) посадочной части направляющих элементов

Увеличение диаметра направляющих элементов также повышает прочность клеевого соединения, однако в этом случае усилие выпрессовки изменяется непропорционально увеличению диаметра. При изменении диаметра с 10 до 40 мм, т.е. в 4 раза, усилие выпрессовки увеличивалось в 2,9 раза (рис. 4, б).

В результате исследования влияния конструкционно-технологических факторов на прочность клеевого соединения установлено, что максимальное усилие выпрессовки достигается при бесканавочном исполнении направляющих элементов, шероховатости посадочных поверхностей в пределах Rz=320÷40 мкм и величине зазора между склеиваемыми поверхностями Z = 0,2÷0,6 мм.

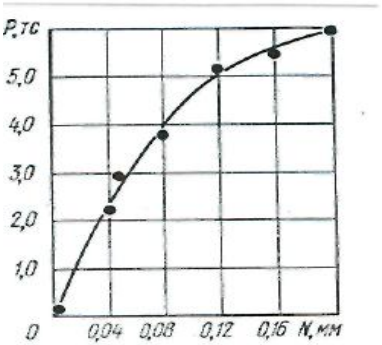

Рис. 5. Зависимость усилия выпрессовки P от величины натяга N.

Функциональная зависимость прочности клеевого соединения, выведенная путем математической обработки результатов экспериментов, полученных при указанных выше условиях, может быть записана в виде

$P = aDmHn$.

Определив неизвестные параметры а, т и п по методу наименьших квадратов, запишем формулу в виде

$P = 58{,}2D0{,}62H$.

Для определения необходимого усилия выпрессовки при соединении направляющих элементов по прессовой посадке была выполнена серия экспериментов с направляющими колонками диаметром 26 мм, изготовленными по 2-му классу точности. Длина посадочной части составляла 30 мм, величина натяга N изменялась в пределах 0,002 – 0,2 мм путем увеличения диаметра посадочной части колонок. Результаты экспериментов показаны на рис. 5.

Сравнение полученных данных с результатами экспериментов по закреплению направляющих колонок диаметром 26 мм заливкой эпоксидным компаундом показало, что усилие распрессовки при клеевом соединении повышалось в 2,2—2,4 раза.

Представляет практический интерес точность расположения направляющих колонок. Отклонение от перпендикулярности колонок к рабочей поверхности плиты при запрессовке составляло 0,1 – 0,15 мм на длине 100 мм, а при клеевом соединении 0,05 – 0,08 мм на длине 200 мм.

Выводы:

Экспериментально установлено, что прочность клеевого соединения направляющих элементов зависит от следующих факторов:

– количества и размера канавок;

– шероховатости поверхности сопрягаемых элементов;

– двухстороннего зазора;

– площади сопряжения.

Оптимальным, с точки зрения прочности клеевого соединения, является бесканавочное соединение направляющих элементов с шероховатостью сопрягаемых поверхностей Rz 160-320, при двухстороннем зазоре 0,2÷0,6 мм.

Установлена количественная оценка прочности клеевого соединения от диаметра и высоты посадочной части сопрягаемых элементов.

Список литературы: 1. Мовшович А.Я, Денисов В.И., Жолткевич Г.Г. Исследование работоспособности системы направления УСШ для листовой штамповки. / Кузнечно-штамповочное производство, 1978. – №9 – с.14-16.; **2.** *Мовшович А.Я.* Система универсально-сборочных штампов для листовой штамповки. – М.: Машиностроение, 1977. – 176 с.; **3.** *Корсаков В.С.* Основы конструирования приспособлений в машиностроении. – М.: Машиностроение, 1971. – 286 с.

Поступила в редколлегию 16.04.2010