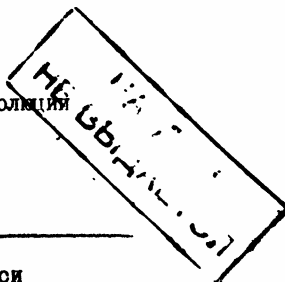


М 85503

Московский ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени
Государственный Технический Университет
имени Н.Э.Баумана



На правах рукописи

ГОЛЕЦКИЙ Мартин Норайрович

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА СПОСОБА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СБОРКИ
КЛЕЕВЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

Специальность 05.02.08 – Технология машиностроения

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва – 1992г.

Работа выполнена в Московском ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красного Знамени Государственном Техническом Университете имени Н.Э.Баумана

Научный руководитель - кандидат технических наук,
доцент Холодкова А.Г.

Официальные оппоненты - доктор технических наук,
профессор А.С. Зенкин

- кандидат технических наук,
В.Н. Оболенский

Ведущее предприятие - НИИМС, г. Москва

Защита состоится "26" марта 1992 г.
на заседании специализированного совета К 053.15.15
в Московском Государственном Техническом Университете
имени Н.Э.Баумана
по адресу: 107005, Москва Б-5, 2-я Бауманская ул., дом 5.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке МГТУ
им. Н.Э.Баумана.

Ваш отзыв на
ний печатью, проси

Автореферат]

Ученый секрет
кандидат тех
доцент

Подписано к печати
Тираж 100 экз. Обь

МР55503



1085503

Голецян М. Н. Исследование ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

проблемы. Современный уровень высокоточной и производительной техники в машиностроении и перспективные задачи ее развития требуют повышения качества и надежности машин и механизмов, путем внедрения в производство прогрессивной техники и технологии.

Сборке является заключительным этапом производства машин и механизмов, и от нее в значительной мере зависит качество изделий и их выпуск в заданные сроки. Механизация и автоматизация оборочных процессов повышают качество изделий и производительность, снижают себестоимость и улучшают условия труда.

Одним из прогрессивных высокоэффективных технологических методов сборки неразъемных неподвижных соединений является склеивание.

Высокая прочность на сдвиг обусловила применение клеев для сборки цилиндрических соединений. Клеевые цилиндрические соединения успешно заменяют шлицевые, шпоночные, соединения с натягом. Клеевой слой исключает прямой контакт сопрягаемых поверхностей, уменьшает коррозию, способствует более равномерному распределению напряжений по поверхностям сопряжения.

Основными показателями качества клеевых цилиндрических соединений являются прочность, точность и долговечность. В настоящее время в литературе имеется большое количество данных влияния различных конструктивно-технологических факторов, условий эксплуатации на прочность и долговечность клеевых цилиндрических соединений.

Как при ручной, так и при механизированной и автоматизированной сборке клеевых цилиндрических соединений имеют место отклонения от соосности (эксцентриситета e и угла перекоса α) собранных деталей в пределах зазора Δ соединения. Отклонения от соосности собранных деталей приводит к неравномерному распределению по толщине клеевого слоя. Разнотолщинность клеевого слоя вызывает различные концентрации напряжений, что приводит к образованию слабых участков и снижению прочности соединения. Однако влияние погрешностей положения сопрягаемых деталей на прочность клеевого цилиндрического соединения в настоящее время не изучено.

В ряде случаев к склеиваемым цилиндрическим деталям предъявляются высокие требования к точности их взаимного положения. Обеспечение высокой точности клеевого цилиндрического соединения будет эффективно путем автоматизации сборки склеиванием.

Степень автоматизации сборки клеевых цилиндрических соединений не высока. Одним из основных причин низкого уровня автоматизации процесса склеивания является недостаточность научно-обоснованных рекомендаций по проектированию автоматического сборочного процесса и сборочных исполнительных устройств, выбора параметров процесса.

Автоматизация процесса сборки цилиндрических соединений изучена достаточно широко. Однако применение традиционных способов автоматизированной сборки цилиндрических соединений для сборки цилиндрических деталей склеиванием ограничено из-за наличия клеевого слоя на сопрягаемых поверхностях. Имеющиеся способы автоматизированной сборки клеевых цилиндрических соединений, обеспечивающие высокую точность соединения, применимы только для отдельных соединений и малопроизводительны. Вследствие этого производство обладает малым набором способов автоматизированной сборки клеевых цилиндрических соединений, обеспечивающих высокую точность собираемых деталей.

Вышесказанное свидетельствует об актуальности разрабатываемой проблемы.

Цель работы. Повышение качества клеевых цилиндрических соединений путем разработки способа автоматизированной сборки деталей.

Методы исследований. При проведенных исследованиях использовались методы теории гидродинамики (динамики вязкой несжимаемой жидкости) и положения теоретической механики, теории вероятностей и математической статистики.

Экспериментальные исследования проводились на специальных установках. Контроль прочности соединения осуществлялся на гидравлическом прессе. Погрешности взаимного положения сопрягаемых деталей контролировались на кругломере "Толеград 50". При исследованиях характера роста вязкости в процессе полимеризации использовался вискозиметр "Полимер РИЭ-1.М.3".

Научная новизна. Установлена количественная взаимосвязь погрешностей положения сопрягаемых поверхностей и прочности их соединения. Выявлен механизм образования погрешностей положения сопрягаемых поверхностей при их автоматизированной сборке с компенсирующим устройством при вращении охватываемой детали и получена математическая модель процесса. Разработан способ автоматизированной сборки цилиндрических деталей, обеспечивающих их высокую степень точности в пределах 6-7 степеней точности. Полу -

ченны зависимости, позволяющие определять параметры процесса для обеспечения заданной соосности (положительное решение № 483666/05 04270 от 29.01.91, кл. С 09 J 5/00).

Практическая ценность. Проведенные исследования позволили разработать способ автоматизированной сборки цилиндрических соединений и создать сборочное устройство, обеспечивающее требуемую соосность сопрягаемых поверхностей, высокую прочность их соединения, высокую производительность и сокращение сборочного цикла за счет совмещения двух технологических операций: нанесение клея и выполнение соединения. Разработан алгоритм процесса сборки, позволяющий рассчитать с использованием ЭВМ параметры процесса, обеспечивающие заданную точность соединения.

Апробация работы. Основные разделы работы докладывались на научных семинарах кафедры МТ-2 МГТУ им. Н.Э.Баумана, на Всесоюзной научно-технической конференции "Технологическое обеспечение качества машиностроительных изделий", Москва, 1990 г.

Публикации. Основные положения диссертации опубликованы в 2-х печатных работах.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, 5 глав, списка литературы из 83 наименований, приложения: содержит 99 страниц машинописного текста, 72 рисунка, 8 таблиц.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы, сформулированы цель и задачи исследования, дана общая характеристика работы.

В первой главе дана общая характеристика клеевых цилиндрических соединений, области их применения и требования к качеству. Отмечается, что клеевые цилиндрические соединения с успехом заменяют шлицевые, шпоночные, соединения с натягом. Использование клеев в нагруженных соединениях предъявляет к ним высокие требования по прочности.

Анализ литературных источников показал, что влияние различных факторов на прочность клеевых соединений изучен достаточно подробно. Проведенный анализ позволяет выбирать оптимальные величины конструктивно-технологических параметров для достижения высокой прочности клеевого цилиндрического соединения.

При сборке цилиндрических деталей склеиванием имеют место отклонения от соосности (эксцентриситет e и угол перекоса α) сопрягаемых поверхностей в пределах зазора Δ в соединении, которые создают неравномерный по толщине слой клея как в попе-

речном, так и в продольном сечениях соединения. Неравномерный по толщине клеевой слой снижает прочность клеевого соединения вследствие неравномерного распределения концентраций напряжений в нем. Отмечая качественную взаимосвязь, в литературе отсутствуют данные о количественной взаимосвязи погрешностей взаимного положения сопрягаемых поверхностей и прочности их соединения.

Достижение высокой степени точности взаимного положения сопрягаемых поверхностей необходимо, в ряде случаев, и при склеивании цилиндрических деталей с высокими требованиями к их соосности, что возможно эффективно путем автоматизации процесса склеивания.

Проведен анализ состояния автоматизации сборки клеевых цилиндрических соединений. Отмечается низкий уровень автоматизации сборки склеиванием у нас в стране. Основными недостатками, препятствующими широкому внедрению процесса склеивания деталей в автоматизированное производство, являются:

- большое время отверждения клеев, превышающее обычные циклы изготовления;
- недостаточность научно-обоснованных рекомендаций по проектированию автоматического сборочного процесса и сборочных исполнительных устройств, выбора параметров процесса;
- отсутствие отработанных методов для контроля качества соединений.

Непосредственно сборка деталей склеиванием подразделяется на этапы: нанесения клея на сопрягаемые поверхности; их сопряжение; отверждение клея и контроль качества соединения. Наиболее механизирован и автоматизирован этап нанесения клея на сопрягаемые поверхности. Анализ существующих способов нанесения клея позволил их свести к двум случаям: клей наносится на склеиваемые поверхности до сопряжения и после него. Оба случая имеют свои положительные и отрицательные стороны, а к их общим недостаткам можно отнести усложнение сборочного оборудования (наличие нескольких дополнительных исполнительных движений; усложнение наносящих устройств) и низкую производительность (в обоих случаях этап нанесения является отдельной операцией и требует увеличение операционного времени на распределение клея по склеиваемым поверхностям).

Вопросы автоматического выполнения цилиндрических соединений изучены достаточно широко. Одним из основных вопросов авто-

матического выполнения цилиндрических соединений является обеспечение условий собираемости деталей. Для клеевых цилиндрических соединений важным является также взаимное положение деталей после их сборки. Применение традиционных способов сборки и обеспечения соосного положения сопрягаемых деталей ограничено из-за наличия слоя клея между ними. Существующие способы сборки клеевых цилиндрических, обеспечивающие высокую соосность собранных деталей не универсальны (применимы только для конкретных соединений) и мало производительны.

Проведенный анализ основных видов клеев позволил выбрать для проведения исследований анаэробные составы, как наиболее пригодные к условиям автоматизированного производства (отверждаемые без доступа воздуха при комнатной температуре в течение 1-20 мин) и обладающие высокими прочностными характеристиками.

На основании проведенного анализа поставлены следующие задачи исследования:

1. Исследование влияния погрешностей положения (эксцентриситета e и угла перекоса α) сопрягаемых деталей на прочность их соединения склеиванием.

2. Исследование процесса формирования точности взаимного положения собираемых деталей при их автоматизированной сборке склеиванием.

3. Разработка способа автоматизированной сборки клеевых цилиндрических соединений, повышающих их качество.

Вторая глава посвящена исследованиям влияния погрешностей взаимного положения сопрягаемых поверхностей на прочность соединения.

Отмечается, что существующие модели расчета прочности клеевого цилиндрического соединения не учитывают реальную неравномерность толщины слоя клея в соединении. Распределение напряжений в неравномерном по толщине клеевом слое, является объемной несимметричной задачей, решение которой методами теории упругости достаточно сложно, т.к. критерии оценки прочности клеевого шва, его деформационные свойства, реальная разнотолщинность и т.д., не всегда известны, а напряжения в клеевом шве во времени не остаются постоянными, и могут существенно перераспределяться, вследствие релаксационных процессов.

Проведенный плановый эксперимент показал, что фактор разнотолщинности слоя клея значим и его необходимо учитывать при определении прочности соединения.

Влияние погрешностей положения сопрягаемых поверхностей на прочность соединения определялось экспериментально. Объектами исследований были выбраны гладкие цилиндрические соединения с номинальным диаметром $d_n = 34$ мм, длиной сопряжения $l_c = 25$ мм. Шероховатость поверхностей отверстий составляла $R_a = 2,5...3$ мкм, валов — $R_a = 1,5...2$ мкм. На максимальную величину отклонений от соосности собранных деталей влияет величина диаметрального зазора Δ . Исследования проводились при значениях диаметрального зазора Δ , равных 0,1 мм; 0,15 мм; 0,2 мм; 0,3 мм; сопрягаемые детали склеивались анаэробными адгезивами УТ-9 и АН-107.

На специальной экспериментальной установке задавали различные значения эксцентриситета e и угла перекоса α и после отверждения клея определяли усилие выпрессовки на гидравлическом прессе. Критерием оценки прочности соединения был принят показатель "средней прочности", определяемый отношением силы выпрессовки $P_{\text{выс}}$ на площадь сопряжения S .

В результате экспериментальных исследований установлена зависимость прочности соединения от погрешностей положения собранных деталей. Увеличение эксцентриситета e до e_{max} при $\alpha = 0^\circ$ снижает прочность соединения для различных зазоров до (16...30)% (клей УТ-9) и до (11...18)% (клей АН-107). Увеличение угла перекоса α до α_{max} при $e = 0$ снижает прочность соединения до (32%) (клей УТ-9) и до (20%) (клей АН-107) при оптимальном диаметральном зазоре $\Delta = 0,2$ мм. Наличие эксцентриситета e и возможного при этом угла перекоса α_{max} снижает прочность соединения еще на (10%) для обеих марок клеев. Основные результаты экспериментальных исследований влияния погрешностей положения сопрягаемых поверхностей на прочность их соединения приведены на рис. 1.

Третья глава посвящена теоретическим исследованиям точности клеевого цилиндрического соединения при автоматизированной сборке.

Существующие способы автоматизированной сборки клеевых цилиндрических соединений, обеспечивающих высокую степень точности сборки, предполагают вращение деталей (одной или одновременно двух) после их сопряжения в процессе полимеризации клея. Использование компенсирующих устройств для автоматического выполнения клеевого цилиндрического соединения позволит компенсировать погрешности взаимного положения деталей после их сборки в процессе

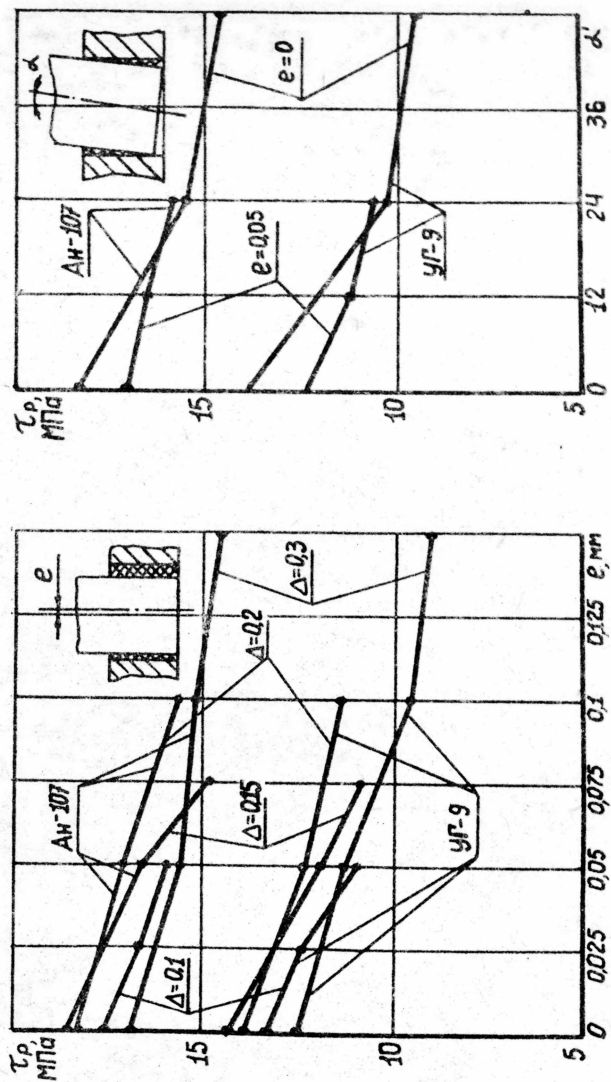


Рис. 1. Зависимость прочности клеевого цилиндрического соединения от эксцентриситета осей собранных деталей при $\alpha = 0^\circ$ (а) и угла перекося для $\Delta = 0,2$ мм. (б).

полимеризации клея. При этом предпочтительней является вертикальная схема сборки, где деталь с базовым отверстием жестко закреплена, а степенями свободы наделена вращающаяся охватываемая деталь (вал).

Погрешности взаимного положения собираемых деталей при рассматриваемой схеме сборки определяются инерционными силами вращающейся системы. Исследованиями установлено, что в зависимости от соотношения длины сопряжения ℓ_c и высоты центра масс вращающейся системы h_s возможно два варианта взаимной ориентации деталей: при $h_s > \ell_c$ сопрягаемые поверхности располагаются под углом Δ_{max} друг к другу (рис. 2а) и равным:

$$\Delta_{max} = \arctg \frac{2\varepsilon + d[1 - \cos(\arctg 2\varepsilon/\ell_c)]}{\ell_c}$$

где ε - радиальный зазор в соединении;
 d - диаметр вала.

при $h_s < \ell_c$ угол перекося Δ равен нулю, а по всей длине сопряжения имеем максимальный эксцентриситет e_{max} (рис. 2б).

Взаимное положение деталей после их сопряжения и наличия вращения определяется инерционными силами вращающейся системы и напряжениями, возникающими во вращающемся жидком клее.

Силы давления во вращающемся жидком клее определялись путем решения в приближенном виде основного уравнения динамики вязкой несжимаемой жидкости для сечения единичной длины. После суммирования сил давления по всей длине сопряжения, получили:

для случая $h_s > \ell_c$ пару сил (рис. 2а), равную:

$$R_1 = R_2 = \frac{3\mu r^3 \omega B_{(e/2)} \ell_c}{\varepsilon^2} ,$$

где μ - динамическая вязкость жидкого клея;

r - радиус вала;

ω - угловая скорость вращения вала;

$B_{(e/2)}$ - безразмерная величина, определяющая положение вала в отверстии в сечении I и равная:

$$B_{(e/2)} = \frac{6\pi \lambda_{(e/2)}}{(2 + \lambda_{(e/2)}^2) \sqrt{1 - \lambda_{(e/2)}^2}} ,$$

где λ - относительный эксцентриситет, равный $\lambda_{(e, l)} = e_s / 2l$
 e_s - эксцентриситет в сечении I-I.
 с плечом h равным: $h = 2/3 l_c$,

для случая $h_s < l_c$ результирующую (рис. 26):

$$R = \frac{6\pi r^3 \omega B(e) l_c}{\varepsilon^2}, \quad \text{где } B(e) = \frac{6\pi \lambda(e)}{(2 + \lambda^2(e)) \sqrt{1 - \lambda^2(e)}}$$

Инерционные силы определяли основываясь на положения теоретической механики с применением метода кинестатики.

Для случая $h_s > l_c$ имеем центробежную силу инерции приложенную в центре вращающейся системы, равную:

$$S = M\omega^2(\Delta\Sigma + e_c)$$

где M - масса вращающейся системы;

$\Delta\Sigma$ - суммарные погрешности настройки и базирования осей базового отверстия и вращения;

e_c - эксцентриситет положения центра масс вращающейся системы относительно оси отверстия.

И пару сил K :

$$K = \frac{1}{8} \frac{M}{h} \left(\frac{l^2}{3} - r^2 \right) \omega^2 \sin 2\alpha$$

где l - длина вала.

Для случая $h_s < l_c$ имеем центробежную силу инерции S , равную:

$$S = M\omega^2(\Delta\Sigma + e_c)$$

Достижение заданной точности взаимного положения собранных деталей определяли из условия равновесия всей системы, т.е. равенства нулю суммы всех сил, действующих на вращающуюся систему и их моментов относительно точки пересечения осей деталей O .

Для случая $h_s > l_c$ имеем:

$$\frac{4\pi r^3 B(e_s/2) l_c^2}{3\varepsilon^2} - M\omega \left[\frac{1}{4} \left(\frac{l^2}{3} - r^2 \right) \sin 2\alpha_s + (\Delta\Sigma + \right. \\ \left. + \left(\frac{l_c \cos \alpha_s}{2} - h_0 \right) \tan \alpha_s \right) \left(\frac{l_c \cos \alpha_s}{2} - h_0 \right) \right] = 0$$

где e_s и Δ_s – требуемые значения погрешностей положения собранных деталей.

Для случая $h_s < l_c$ имеем:

$$\frac{6\mu r^3 \beta(e_s) l_c}{\varepsilon^2} - M\omega(\Delta_s + e_s) = 0 \quad (2)$$

Из анализа полученных результатов видно, что рост угловой скорости вращения ω приводит к увеличению погрешностей по – ложения собираемых деталей. В процессе полимеризации вязкость μ жидкого клея повышается. Результаты показывают, что при увеличении вязкости μ клея погрешности взаимного положения собранных деталей уменьшаются.

Полученные расчетные модели сборочного процесса позволяют при заданных конструктивных параметрах собираемых деталей определять параметры процесса, при которых достигается требуемое взаимное положение деталей.

При составлении расчетных моделей (1) и (2) силы трения в компенсирующем устройстве не учитывались.

Четвертая глава посвящена разработке способа автоматизированной сборки цилиндрических соединений, обеспечивающего требуемое качество.

В процессе полимеризации вязкость μ клея возрастает, что приводит к увеличению сил трения в жидком клее, которые создают момент сопротивления вращению L . С увеличением силы трения соответственно растет и создаваемый ею момент L сопротивления вращению. Технологически удобно определять величину требуемого значения вязкости μ клея по соответствующей ей величине момента сопротивления вращению L , которая для случая $h_s > l_c$ равна:

$$L = \frac{\mu r^3 \omega \beta'(e_s/2) l_c}{\varepsilon},$$

$$\beta'(e_s/2) = \frac{4\pi(1 + 2\lambda(e_s/2))}{(2 + \lambda^2(e_s/2))\sqrt{1 - \lambda^2(e_s/2)}}, \quad \lambda(e_s/2) = \frac{e_s}{2\varepsilon}$$

а для случая $h_s < l_c$:

$$L = \frac{\mu r^3 \omega \beta'(e_s) l_c}{\varepsilon},$$

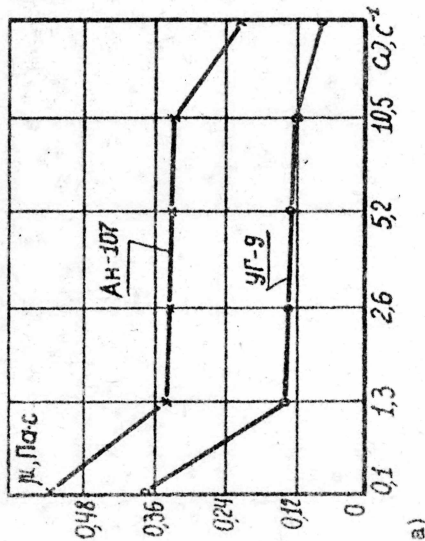
$$\beta'_{(e_2)} = \frac{4\pi(1+2\lambda_{(e_2)}^2)}{(2+\lambda_{(e_2)}^2)\sqrt{1-\lambda_{(e_2)}^2}} \cdot \lambda_{(e_2)} = \frac{e_2}{\epsilon}$$

Одним из основных условий при составлении расчетной модели процесса сборки являлось равномерное вращение охватываемой детали ($\omega = \text{const}$). Изменение момента сопротивления вращению L приведет к изменению величины угловой скорости вращения ω . Для поддержания постоянного значения угловой скорости необходимо соответственно изменение крутящего момента $M_{кр}$. Тем самым достижение требуемого значения вязкости μ можно отслеживать по крутящему моменту $M_{кр}$ охватываемой детали.

Величина вязкости μ для заданной точности соединения будет меняться при различных скоростях вращения ω . Влияние угловой скорости вращения на характер роста вязкости μ в процессе полимеризации определялось экспериментально. Экспериментальные исследования проводились с помощью ротационного вискозиметра "Полимер РПЭ-1.П.3" погруженного типа, предназначенный для экспресс-анализов вязкости в производственных и лабораторных условиях. Исследования проводились для оптимального диаметрального зазора $\Delta = 0,2$ мм при угловых скоростях вращения $\omega = 1,3; 2,6; 5,2; 10,5; 20,3$ с⁻¹. Исследования проводились для обеих марок адгезивов УТ-9 и АН-107. В исследованиях контролировалось время достижения требуемой вязкости при различных угловых скоростях вращения ω . Результаты исследований показали, что в индукционном периоде (процесс полимеризации отсутствует) вязкость μ клеев падает с ростом угловой скорости ω , однако в интервале скоростей ω от 5,2с⁻¹ до 10,5с⁻¹ вязкость μ практически не изменяется (рис. 3а). В процессе полимеризации с увеличением скорости вращения время достижения требуемой вязкости μ уменьшается и при скоростях 5,2-10,5с⁻¹ достигает своего минимума после чего при дальнейшем увеличении угловой скорости время достижения требуемой вязкости увеличивалось (рис. 3б).

Из расчетных моделей (1) и (2) процесса сборки видно, что угловая скорость вращения должна быть минимальной. Однако, с учетом времени достижения требуемой вязкости, оптимальными являются скорости вращения, находящиеся в интервале 5,2-10,5с⁻¹.

Способ сборки клеевых соединений предполагает также и нанесение клея на сопрягаемые поверхности.



В рассматриваемом способе сборки существуют два исполнительных движения: вращение и поступательное движение сопряжения охватываемой детали. При нанесении в процессе сопряжения клея будет затягиваться в зазор соединения, равномерно распределяясь по всей поверхности сопряжения. Исследованиями уста - новлена взаимосвязь скорости поступательного движения v , требуемого объема заполнения V клея и расхода клея:

$$Q = \frac{V v}{l_c}$$

Нанесение клея в процессе сопряжения обеспечит более высокую производительность, являясь более простым (не требуется сложных наносящих устройств).

Пятая глава посвящена экспериментальным исследованиям разработанного способа сборки, повышающего качество клеевого цилиндрического соединения.

Способ сборки клеевых цилиндрических соединений был разработан на основе математических моделей процесса (1) и (2), поэтому экспериментальные исследования свелись только к определению параметров сборочного процесса, при которых достигается требуемая точность соединения.

Исследования проводились на специальной установке, включающей в себя систему подачи клея, привода сопряжения и следящего привода управления. На экспериментальной установке было возможно варьировать величинами расхода Q клея, поступательной скоростью сопряжения v , угловой скоростью вращения вала ω и момента сопротивления вращению L . При достижении задаваемых величин момента сопротивления вращению L вращение вала автоматически останавливалось. Взаимное положение собранных деталей контролировалось как в процессе вращения, так и после остановки и отверждения клея. В процессе вращения взаимное положение деталей контролировалось двумя, расположенными взаимноперпендикулярно емкостными датчиками, показания которых записывались на самописце, с целью определения характера его изменения. После отверждения клея погрешности взаимного положения деталей контролировалось на кругломере "Talcyron - 50".

Экспериментальные исследования подтвердили основные результаты теоретических исследований. Разность расчетных и экспериментально определенных величин момента сопротивления вращению больше для соединений в случае ($h_s > l_c$), чем для соединений, где ($h_s < l_c$), причем чем выше требования к соосности собираемых

деталей тем больше расхождение расчетных и экспериментальных данных. При достижении соосности в пределах 4-5 степеней точности ($\approx 0,01\text{мм}$) собранных деталей эти расхождения не превышали (15-20)%. Расхождения расчетных и экспериментальных данных объясняются принятыми допущениями в расчетных моделях, основным из которых является: движение жидкого клея происходит только в сечении перпендикулярном оси вращения.

Экспериментальными исследованиями было установлено, что при значениях крутящего момента выше 3,5 мм вращение не прекращалось автоматически. Это объясняется тем, что величины сдвиговых напряжений оказываются больше, чем сила химических связей молекул мономеров в клее, т.е. или не происходят новые связи между молекулами мономера, или образованные связи разрушаются.

Анализ показал, что разработанный способ сборки обеспечивает повышение производительности в 3-3,5 раза, уменьшение трудоемкости в среднем в 1,5 раза.

Основные результаты экспериментальных исследований разработанного способа сборки, обеспечивающего высокую степень точности взаимного положения собранных деталей, в сравнении с результатами теоретических исследований, приведены на рис.4.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. При автоматической сборке клеевых цилиндрических соединений имеют место отклонения от соосности (эксцентриситет e и перекося α) собранных деталей, что вызывает неравномерный по толщине клеевой слой в соединении.

2. В результате экспериментальных исследований установлено, что погрешности взаимного положения собранных деталей приводят к снижению прочности клеевого цилиндрического соединения. Наличие эксцентриситета e и угла перекося α осей деталей снижает прочность их соединения при различных значениях диаметрального зазора $\Delta = 0,1 \dots 0,3 \text{ мм}$ на (16-32)% (марка клея - УТ-9) и на (11-20)% (марка клея - АН-107).

3. Установлена возможность достижения требуемой точности клеевого цилиндрического соединения при вращении охватываемой детали в процессе полимеризации клея с компенсирующим устройством.

4. Разработана расчетная модель, позволяющая на ЭВМ моделировать процесс сборки клеевых цилиндрических соединений, для достижения требуемой точности сборки при различных параметрах соби-

раемых деталей и свойств клея, с получением на выходе параметров сборочного процесса.

5. В результате теоретических и экспериментальных исследований разработан способ автоматизированной сборки клеевых цилиндрических соединений, обеспечивающий требуемое качество соединения.

6. Теоретически и экспериментально установлены технические характеристики разработанного способа сборки: достижение соосности деталей в соединении в пределах 5-7 степеней точности; повышение прочности соединения на (20-30)%.

7. Предложен способ нанесения клея на склеиваемые поверхности, обеспечивающий его равномерное распределение по всей поверхности сопряжения и высокую производительность.

8. Получены номограммы зависимостей прочности и точности клеевых цилиндрических соединений от конструктивных параметров соприкасаемых деталей и параметров сборочного процесса, на основе которых определены области рационального использования разработанного способа.

9. Разработано сборочное устройство, позволяющее осуществить автоматизированную сборку с достижением требуемого качества соединения. Применение сборочного устройства позволяет повысить производительность процесса сборки в 3-3,5 раза и снизить его трудоемкость в 1,5 раза.

10. Результаты настоящей работы внедрены на Киевском ПО "Радиоприбор" с ожидаемым годовым эффектом в 8714 рублей.

Основное содержание диссертации изложено в следующих работах:

1. Холодкова А.Г., Голещан М.Н. Автоматизация сборки клеевых цилиндрических соединений // Технологическое обеспечение качества машиностроительных изделий: Тезисы докладов Всесоюзной конференции. - М., 1990. - С. 111 - 113.
2. Голещан М.Н., Максимович Б.Д. Влияние параметров зоны сборки на прочность цилиндрических соединений с применением анаэробных адгезивов // Технология механосборочного производства: Сб. статей. - М.: Изд-во МГТУ, 1992. - С. 114 - 119.

