

коэффициента трения на торце головки болта $\mu = 0,14$ выбираем осевую силу затяжки $Q_3 = 23,2$ (кН) и момент затяжки $M_3 = 35$ (Нм).

Найдём возрастание момента затяжки от момента сил инерции для $n = 90$ об/мин:

$$\Delta M_3 = M^{\text{ин}} = 78,36 \text{ (Нм)}.$$

Момент затяжки меньше момента сил инерции в два раза, т.е. при такой частоте вращения либо головка болта будет оторвана, либо будет срезана резьба.

Если же допускается изменение момента затяжки на 5%, то частота вращения шпинделя не должна превышать значения, равного $n \leq 19,25$ об/мин.

Следовательно, предложен метод расчёта предельно допустимой частоты вращения резьбовой детали для момента начала затяжки резьбового соединения.

Литература

1. Житников, Ю.З. Автоматизация сборки изделий с резьбовыми соединениями: Учебное пособие. Ч.1. Теоретические основы автоматизированной сборки изделий с резьбовыми соединениями / Ю.З. Житников. – Ковров: КГТА, 1996. – 132 с.
2. Иосилевич, Г.Б. Затяжка и стопорение резьбовых соединений / Г.Б. Иосилевич, Г.Б. Строганов, Ю.В. Шарловский. – Изд. 2-е. – М.: Машиностроение, 1985, - 244 с.

Применение ультразвука для обеспечения качества сборки

к.т.н., доц. Шуваев В.Г.

Самарский государственный технический университет

Сборка запрессовкой происходит путем совмещения координатных осей соединяемых поверхностей вала и отверстия втулки и относительного перемещения деталей под действием приложенной вдоль оси силы. Относительная неподвижность деталей в собранном изделии обеспечивается натягом и силами трения (сцепления) поверхностей сопряжения, зависящими от материала деталей, микрогеометрии сопрягаемых поверхностей и контактного давления. К характеристикам качества соединений с натягом относят точность относительного положения деталей и прочностные характеристики, отражающие способность сопротивляться взаимному смещению деталей под воздействием прикладываемых осевых сил и крутящих моментов.

В число перспективных направлений повышения эффективности и обеспечения качества сборки входят технологии, основанные на комбинированном воздействии нескольких видов энергии, в том числе энергии ультразвуковых (УЗ) колебаний. Использование УЗ колебаний малой амплитуды позволяет интенсифицировать сборочный процесс, что обусловлено рядом специфических особенностей воздействия УЗ, к числу которых относятся высокая концентрация колебательной энергии, вводимой в зону контактирования деталей, обеспечивающая локальность воздействия при существенно меньших энергозатратах, значительное снижение сил сопротивления при сборке, самоцентрирование деталей, направленная модификация свойств поверхностных слоев контактирующих деталей, дающая возможность на качественно новом уровне решать задачи повышения эксплуатационного ресурса изделий, а также возможность механизации и автоматизации технологического процесса сборки [1, 2].

На рис. 1 показано взаимодействие силового прессового оборудования и системы возбуждения УЗ колебаний с формируемым соединением вал-втулка и приведены управляющие параметры процесса (для силового прессового оборудования это усилие запрессовки, для УЗ системы возбуждения колебаний это амплитуда, частота, фаза и схема введения колебаний), а также показаны выходные динамические характеристики формируемого соединения.

При направленном введении в зону контактирования деталей при сборке дополнительной УЗ энергии происходит интенсивное разрушение окисных пленок и образование вследствие этого в зоне трения ювенильных поверхностей и физического контакта, одновременно в зависимости от направления колебаний в узлах схватывания возникают пропорцио-

нальные амплитуде колебаний циклические или сдвиговые напряжения и деформации, способствующие усталостному разрушению интерметаллических связей и уменьшению сил трения. При одном и том же усилии УЗ колебания позволяют получать большую абсолютную деформацию, чем при обычном нагружении, а эквивалентные деформации достигаются при значительно меньших усилиях деформирования. Введение УЗ колебаний сопровождается уменьшением нагрузок на технологическое прессовое оборудование и снижением энергозатрат при улучшении несущей способности соединений.

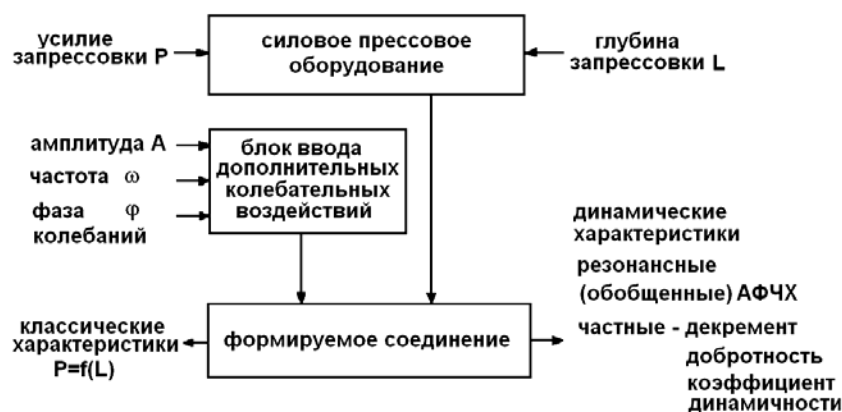


Рис. 1. Схема ввода колебательных воздействий при ультразвуковой сборке.

В зависимости от назначения и условий эксплуатации к неподвижным соединениям с натягом предъявляются различные требования: герметичности, жесткости стыка, демпфирующей способности, коррозионной стойкости и др. Важнейшей характеристикой, позволяющей обеспечить эксплуатационные требования, является фактическая площадь контакта, максимальное значение которой зависит от диаметра и длины соединения, а также от параметров неровностей (микрогеометрии) сопрягаемых поверхностей.

Топографические характеристики случайно шероховатых поверхностей важны при их изучении в процессе контактного взаимодействия деталей при сборке. Когда шероховатые поверхности деталей в процессе сборки приводятся в контакт, они касаются по высоко расположенным пятнам этих поверхностей, которые деформируются, приводя к вступлению в контакт большего числа пятен. Чтобы количественно характеризовать поведение поверхностей, требуется знать стандартное отклонение высот неровностей, среднюю кривизну их вершин и плотность неровностей, т.е. их количество на единицу площади поверхности. Эти величины должны быть получены из информации, содержащейся в следе профилометра.

Профиль поверхности образуется в результате суммирования действия как периодических факторов, так и многочисленных случайных возмущений, в связи с чем его можно рассматривать как реализацию некоторой случайной функции. Поверхностная текстура наиболее часто измеряется с помощью профилометра, игла которого перемещается по выбранной линии на поверхности, при этом след профиля поверхности (профилограмма) воспроизводится в увеличенном масштабе (рис. 2).

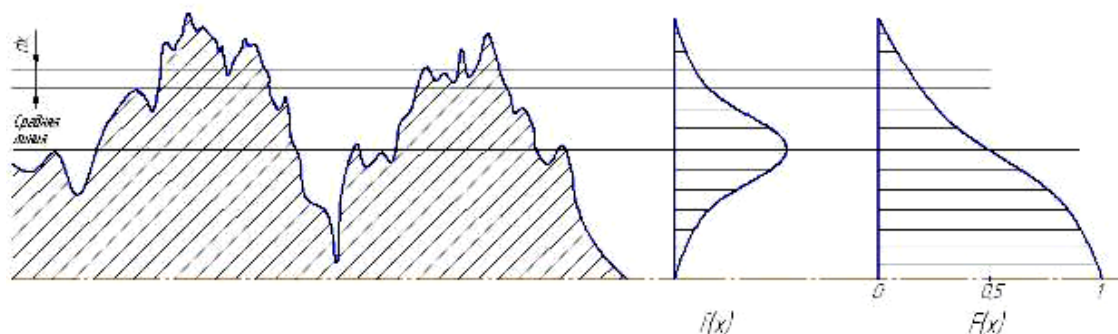


Рис. 2. Микрогеометрические характеристики поверхности детали.

По результатам измерений и обработки получают статистические данные распределения микронеровностей поверхностей деталей по высоте. Прежде всего необходимо определить центральную линию как прямую, для которой минимальным является среднеквадратическое отклонение профиля, что означает равенство площадей над линией и под ней.

Получение информации о форме профиля поверхности, т.е. о распределении отклонений от средней линии основано на построении кривой опорной поверхности. Опорная поверхность характеризует расположение материала шероховатого слоя по высоте, причем для каждого распределения вероятностей шероховатости имеется свое выражение кривой опорной поверхности. Кривая опорной поверхности является исходной зависимостью при расчете жесткости стыков, площадей контакта, величины износа и других связанных с ними величин, характеризующих качество сборки.

Для построения кривой опорной поверхности профилограмма разбивается на ряд горизонтальных уровней, параллельных основанию (рис. 2). Затем производится суммирование участков, ограничивающих ширину выступов на рассматриваемом уровне, которому соответствует некоторое сближение, равное расстоянию от вершины наиболее высокого выступа до данного уровня. Откладывая по оси абсцисс суммарную ширину выступов, а по оси ординат – сближение, получают кривую опорной поверхности $F(x)$, графически выражающую зависимость площади выступов от величины сближения.

Альтернативный подход к определению опорной кривой может быть осуществлен через элементарную статистику с использованием понятий функции распределения $F(x)$ и плотности распределения $f(x)$. Функция распределения (интегральная, кумулятивная функция) $F(x)$ является количественной характеристикой распределения вероятностей микронеровностей поверхностей. Если обозначить через $f(x)$ вероятность того, что высота поверхности в некоторой точке лежит между x и $x + dx$, то вероятность того, что высота в точке на

$$F(x) = \int_{-\infty}^x f(\dot{x})dx.$$

поверхности более чем x , дается функцией распределения $F(x)$. Что в итоге дает S-образную кривую, идентичную кривой опорной поверхности [3].

Было найдено, что многие реальные поверхности, особенно только что отшлифованные, дают распределение высот профиля, близкое к гауссовскому «нормальному», которое определяется функцией $f(x) = \sigma(2\pi)^{-1/2} \exp(-x^2 / 2\sigma^2)$, где σ - стандартное (среднеквадратическое) отклонение от средней высоты.

В процессе сборки осуществляется силовое замыкание деталей, которое сопровождается деформированием контактирующих поверхностей и изменением их микрогеометрии. При соединении двух реальных поверхностей в общем случае можно считать, что соприкосновение происходит теми выступами шероховатости, для которых сумма высот противоположных сопряженных поверхностей наибольшая, причем эти выступы дают наибольшее отклонение в сторону увеличения суммарного размера сопряженных деталей. Вследствие дискретности касания происходит внедрение контактирующих выступов, которое при тангенциальном перемещении в процессе сборки приводит к силовому воздействию на исходный микропрофиль, сопровождаемому процессами микрорезания и смятия выступов, что вызывает упруго-пластическое передеформирование поверхностей, характер которого определяется величиной натяга и сборочным усилием. В результате процессов микрорезания и деформации (обмятия) осуществляется перераспределение материала микронеровностей: часть выступов сминается, часть срезается, в то же время происходит подъём впадин как за счет пластического деформирования и вытеснения материала с вершин микронеровностей к основанию, так и за счет заполнения впадин продуктами износа [4].

Определяющими параметрами при УЗ сборке являются статическое усилие, скорость и время сборки, а также амплитуда, частота, фаза и схема введения дополнительной колебательной энергии в зону контактирования деталей. Изменяя характер введения УЗ колебаний можно в некоторых пределах управлять процессами силового воздействия на исходный микрорельеф в процессе сборки. Формируемые при ультразвуковой сборке микрорельефы поверхностей зависят от схемы введения колебаний и характеризуются рядом особенностей по сравнению с традиционной сборкой, что дает возможность регулировать параметры шероховатости поверхностей путем изменения направления приложения и амплитуды УЗ колебаний. Причем наложение УЗ колебаний осуществляется на основное движение деталей при сборке – тангенциальное перемещение.

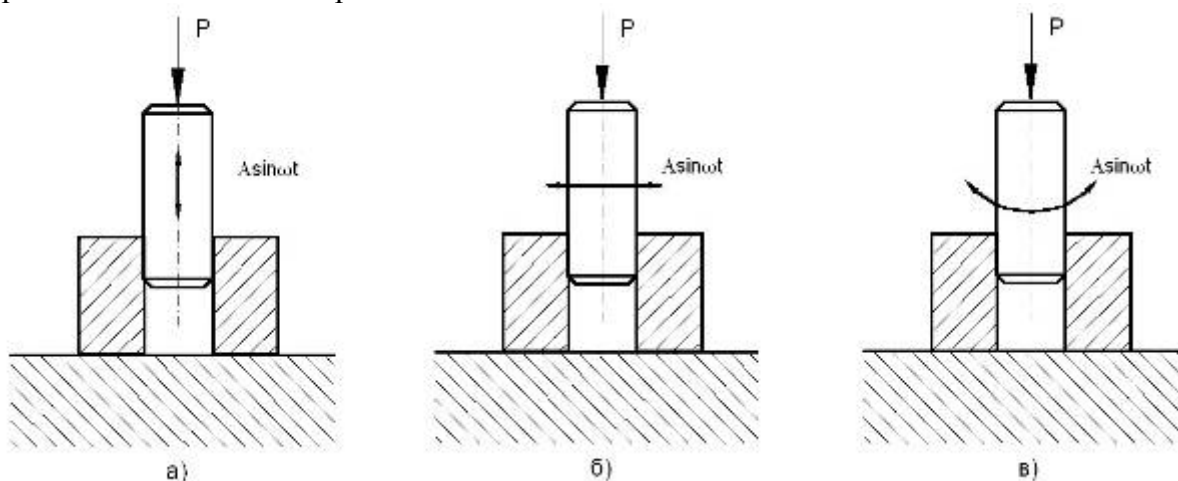


Рис. 3. Основные варианты схем воздействия УЗ колебаний на вал.

На рис. 3 представлены некоторые варианты схем дополнительного введения УЗ колебаний в формируемое соединение, причем схема а) соответствует тангенциальному (продольному) УЗ воздействию на вал, схемы б) и в) соответственно нормальному (поперечному) и крутильному УЗ воздействию на вал [1, 2]. На рис. 4 показаны аналогичные варианты схем воздействия УЗ колебаний на втулку, причем схема а) соответствует тангенциальному (продольному) УЗ воздействию на втулку, схемы б) и в) соответственно нормальному (поперечному) и крутильному УЗ воздействию на втулку.

Особенностью рассматриваемого метода сборки является то, что амплитуды УЗ колебаний примерно одного порядка с величинами микронеровностей поверхностей соединяемых деталей.

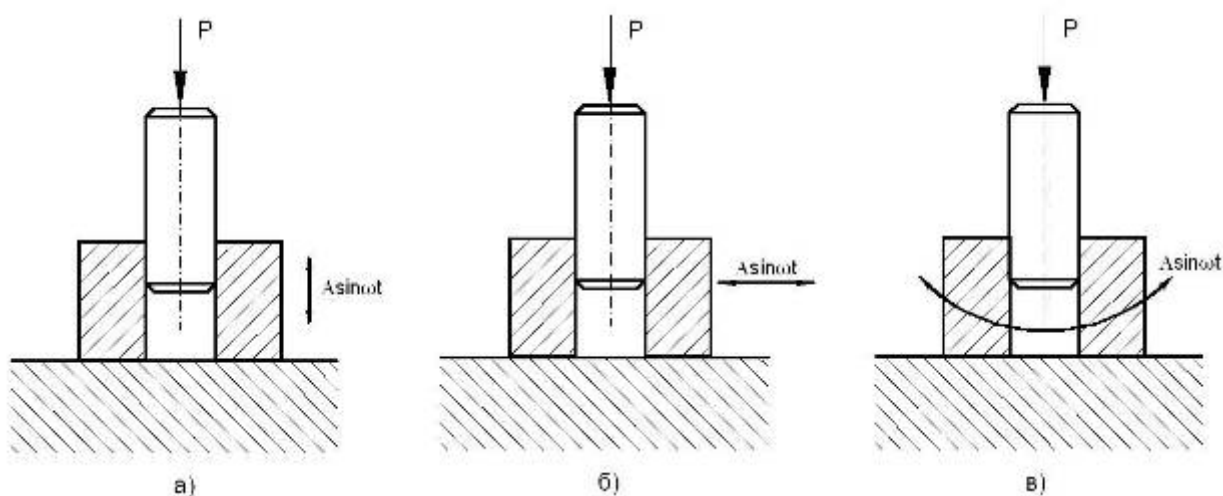


Рис. 4. Основные варианты схем воздействия УЗ колебаний на втулку.

Основной механизм дополнительного тангенциального (продольного) УЗ воздей-

вия, совпадающего с основным сборочным перемещением, заключается в микрорезании вершин выступов контактирующих поверхностей, тогда как при нормальных (поперечных) колебаниях происходит упруго-пластическое деформирование (смятие) выступов. Разнонаправленное силовое воздействие при УЗ сборке приводит к ускоренной приработке (тренировке) поверхностей, причем наибольший эффект достигается, когда характер нагружения в процессе сборки идентичен характеру нагружения изделия в эксплуатации. Изменяя схему введения УЗ колебаний в зону сборки, можно направленно изменять параметры контактного взаимодействия деталей и формировать соединения с заданными характеристиками [5].

Вопросы возбуждения продольных, крутильных, поперечных и комбинированных УЗ колебаний решаются на основе использования магнитострикционных и пьезокерамических преобразователей и соответствующих концентраторов, служащих для формирования требуемых типов колебаний и акустического согласования колебательной системы с нагрузкой.

Таким образом, комбинированное воздействие ультразвуковых и статических нагрузок на соединяемые детали является эффективным средством направленного регулирования основных показателей качества поверхностного слоя, в том числе тонкой кристаллической структуры, деформационного упрочнения и снятия остаточных напряжений, причем отмеченные эффекты характерны как при тангенциальной, так и при нормальной ориентации колебательных смещений относительно поверхностей контактирования. Это поможет создавать условно-неподвижные соединения достаточно надежными и прочными в эксплуатации.

Литература

1. Нерубай М.С., Калашников В.В., Штриков Б.Л., Ярьсько С.И. Физико-технологические методы обработки и сборки. – М: Машиностроение-1, 2005.-396 с.
2. Штриков Б.Л., Шуваев В.Г. Информационно-технологическое обеспечение ультразвуковой сборки прессовых соединений // Сборка в машиностроении, приборостроении, 2004, № 9, С. 10-14.
3. Джонсон К. Механика контактного взаимодействия: Пер. с англ. – М.: Мир, 1989. – 510 с.
4. Суслов А.Г. Качество поверхностного слоя деталей машин. – М.: Машиностроение, 2000. – 320 с.
5. Шуваев В.Г. Формирование прессовых соединений гарантированного качества при ультразвуковой сборке // Сборка в машиностроении, приборостроении. «Машиностроение», 2004 г. № 10. С. 28-31.

Высокоэффективное решение проблемы серийной автоматической сборки изделий на основе целенаправленного построения комплекта связей, обеспечивающего многократное увеличение допусков сборочной системы

д.т.н., проф. Гусев А.А., к.т.н., доц. Гусева И.А., к.т.н. Хайбуллов К.А.
МГТУ «Станкин»

В современном мире отечественное машиностроение сможет оставаться на передовых позициях и быть конкурентоспособным, если будут высокоэффективными предприятия, обеспечивающие выпуск новейших изделий стабильного качества в кратчайший срок.

Стабильное качество изделий обеспечивает автоматическое их производство. Окончательное формирование качества изделий осуществляется при сборке.

Опыт передовых промышленно развитых стран свидетельствует, что часто обеспечить автоматическую сборку изделий не удается даже в условиях массового производства, несмотря на то что трудоемкость сборочных работ в машиностроении составляет 30...40%, а себестоимость достигает 50% от общих затрат на изготовление изделий.

Собрать качественное изделие вручную трудно, тем более при использовании автоматических средств. Поэтому даже в массовом производстве таких стран, как США, Япония, автоматизировано только 12...15% от общего объема сборочных работ. Но и действующее автоматическое сборочное оборудование имеет низкий коэффициент использования. Напри-