

ТЕХНОЛОГИИ, СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

DOI 10.12737/18678
УДК 621.81

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ СБОРКИ СОЕДИНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ С НАТЯГОМ

Симанин Николай Алексеевич, канд. техн. наук, проф. кафедры «Технология машиностроения», ФГБОУ ВО Пензенский ГТУ.

440039, Пенза, проезд Байдукова, ул. Гагарина, 1а/11.

E-mail: nsimanin@mail.ru

Коновалов Владимир Викторович, д-р техн. наук, проф. кафедры «Технология машиностроения», ФГБОУ ВО Пензенский ГТУ.

440039, Пенза, проезд Байдукова, ул. Гагарина, 1а/11.

E-mail: konovalov-penza@rambler.ru

Петрова Светлана Станиславовна, канд. техн. наук, доцент кафедры «Механика и инженерная графика», ФГБОУ ВО Самарская ГСХА.

446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2.

E-mail: ssaariz@mail.ru

Ключевые слова: технология, сборка, соединение, натяг, упругая, связь.

Цель исследования – повысить прочность собираемого соединения и расширить технологические возможности способа сборки с натягом. Неподвижные прессовые соединения с натягом широко применяются в машиностроении, когда требуется передача значительных осевых усилий, вращающих моментов или комбинированных нагрузок от их совместного действия. Сопротивление взаимному смещению деталей в этих соединениях создается и поддерживается силами упругой деформации сжатия на сопрягаемой поверхности охватываемой детали (вала) и растяжения на сопрягаемой поверхности охватывающей детали (отверстия), пропорциональными величинам натяга в соединении. В таких соединениях диаметр вала до сборки всегда больше диаметра отверстия. В статье проведен анализ известных способов соединения деталей с натягом, в том числе и на гидравлических прессах. Вторая поставленная задача решена за счет того, что соединение деталей с натягом осуществляют путем запрессовки ползуном пресса одной из деталей в другую и срыва полученного соединения продольным относительным перемещением деталей, при котором срывы осуществляют периодически в процессе запрессовки путем передачи усилия от ползуна пресса к запрессовываемой детали через упругую связь. Усилие на ползуне пресса создается гидравлическим цилиндром с большим рабочим объемом, упругую связь между ползуном и запрессовываемой деталью осуществляет находящаяся в цилиндре сжимаемая жидкость, давление и объем которой можно регулировать, изменяя тем самым жесткость и мощность привода ползуна, а также величину его продольных перемещений в период срывов. Предлагается схема сборки соединения деталей с натягом. Оригинальное техническое решение прессовой посадки соединения деталей расширяет технологические возможности оборудования, повышает прочность собираемого соединения и может быть использовано в машиностроении, в частности в механосборочном производстве и, в том числе, в ремонтном производстве сельскохозяйственного машиностроения.

Неподвижные прессовые соединения с натягом широко применяются в машиностроении, когда требуется передача значительных осевых усилий, вращающих моментов или комбинированных нагрузок от их совместного действия. Сопротивление взаимному смещению деталей в этих соединениях создается и поддерживается силами упругой деформации сжатия на сопрягаемой поверхности охватываемой детали (вала) и растяжения на сопрягаемой поверхности охватывающей детали (отверстия), пропорциональными величинам натяга в соединении. В таких соединениях диаметр вала до сборки всегда больше диаметра отверстия [1].

Цель исследований – повысить прочность собираемого соединения и расширить технологические возможности способа сборки с натягом.

Задачи исследований: провести обзорный анализ основных способов сборки с натягом и обосновать перспективный вариант; определить перспективный способ сборки с натягом, расширяющий его технологические возможности и повышающий прочность собираемого соединения.

Применение при сборке машин соединений деталей с гарантированным натягом имеет большую историю и распространено в большей или меньшей мере во всех отраслях современного машиностроения. Это объясняется простотой конструкции и технологичностью собираемых деталей, простой технологией их изготовления и сборки, а также сравнительно низкой стоимостью и доступностью используемого металлообрабатывающего и сборочного оборудования.

Наиболее распространенными являются соединения двух деталей, охватывающих одна другую с контактом по цилиндрической (реже конической) поверхности с диаметром от 1 до 5000 мм и более. В технической литературе эти соединения носят наименование «прессовых посадок».

Широко используются термические способы данных посадок, однако они не всегда применимы и имеют ограничения их использования.

Наибольшее применение в машиностроении получил способ соединения деталей с натягом путем запрессовки ползуном пресса одной из деталей в другую продольным перемещением [1].

Способ характеризуется высокой вероятностью повреждения (риски, задиры) сопрягаемых поверхностей деталей и значительным рассеянием усилий запрессовки, что зачастую не обеспечивает требуемой прочности соединения.

Лучшие характеристики обеспечивает способ соединения деталей с натягом, при котором после запрессовки одну из деталей сдвигают относительно другой до наступления срыва соединения в направлении, противоположном ее движению при запрессовке [2].

Однако этот способ сложен в реализации, так как требует выполнения операции сборки за два перехода с переустановкой собираемого соединения, что снижает производительность и не обеспечивает значительного повышения прочности соединения, так как срыв неуправляемый и производится однократно.

Наиболее совершенным по технической сущности и достигаемому техническому результату является известный способ соединения деталей с натягом путем запрессовки ползуном пресса одной из деталей в другую и срыва полученного соединения продольным относительным перемещением деталей, при котором срывы осуществляют периодически в процессе запрессовки путем передачи усилия от ползуна пресса к запрессовываемой детали через упругую связь [3].

Недостатками такого способа являются: ограничение технологических возможностей, связанное с тем, что для каждого вида собираемого соединения требуется своя упругая связь (пружина) и своя технологическая оснастка сборочного оборудования; отсутствие регулирования параметров упругой связи ползуна пресса с запрессовываемой деталью, а также недостаточная прочность соединения деталей с натягом, обусловленная значительными (до 500 мкм) неконтролируемыми перемещениями запрессовываемой детали в период срывов.

Материалы и методы исследований. Вторая поставленная задача решена за счет того, что соединение деталей с натягом осуществляют путем запрессовки ползуном пресса одной из деталей в другую и срыва полученного соединения продольным относительным перемещением деталей, при котором срывы осуществляют периодически в процессе запрессовки путем передачи усилия от ползуна пресса к запрессовываемой детали через упругую связь. Усилие на ползуне пресса создается гидравлическим цилиндром с большим рабочим объемом, упругую связь между ползуном и запрессовываемой деталью осуществляет находящаяся в цилиндре сжимаемая жидкость, давление и объем которой можно регулировать, изменяя тем самым жесткость и мощность привода ползуна, а также величину его продольных перемещений в период срывов [4].

На рисунке 1 изображена предлагаемая авторами схема сборки соединения деталей с натягом; на рисунке 2 – элемент А, выделенный на рисунке 1.

Сборку соединения осуществляют следующим образом.

Перед сборкой соединения с натягом детали 1 и 2 (рис. 1) соответствующим образом ориентируют в приспособлении относительно друг друга и ползуна 3 пресса. При запрессовке жидкость от насоса заполняет рабочий объем 4 гидравлического цилиндра 5 привода ползуна. Силы сопротивления препятствуют перемещению поршня цилиндра и связанного с ним ползуна пресса. По мере роста давления в цилиндре происходит сжатие жидкости и накопление ею механической энергии.

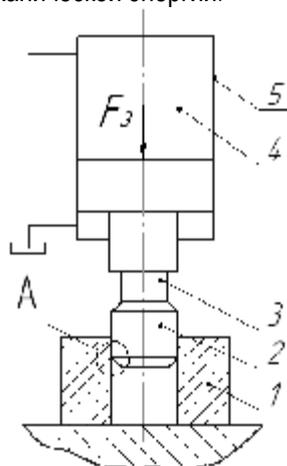


Рис. 1. Схема сборки соединения деталей с натягом:
1 – втулка; 2 – вал; 3 – ползун пресса; 4 – рабочая полость гидравлического цилиндра; 5 – гидравлический цилиндр

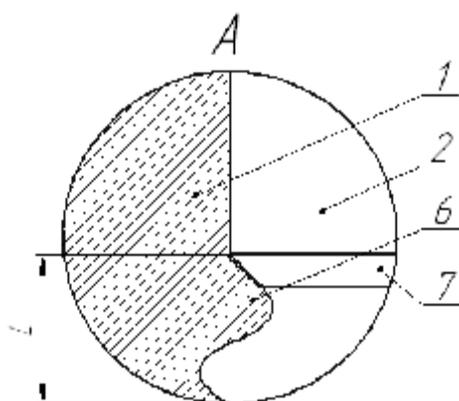


Рис. 2. Схема деформации поверхностных слоев материала втулки в зоне контакта:
1 – материал детали «втулка»; 2 – деталь «вал»; 6 – волна; 7 – фаска детали «вал»

Собираемые детали остаются неподвижными, однако в зоне контакта поверхностные слои материала детали (втулки) 1 деформируются и образуют волну 6 (рис. 2). Когда энергия сжатия жидкости создает силу запрессовки F_3 больше суммарной силы сопротивления, деталь 2 с большой скоростью перемещается относительно детали 1 на расстояние L , пропорциональное величине сжатия жидкости в объеме 4. Затем процесс повторяется.

Практически мгновенное перемещение детали 2 относительно детали 1 приводит к тому, что неровности, находящиеся на поверхности волны 6, не входят в контакт с сопрягаемой поверхностью и увеличивают механическую составляющую силы трения между собираемыми деталями и, следовательно, определяют прочность соединения. Возможность управления величиной продольных перемещений детали 2 в период срывов позволяет управлять амплитудой волны 6 деформируемого материала детали 1 и прочностью соединения.

Переналадка пресса на сборку соединения с натягом деталей других размеров или с другой заданной прочностью соединения достигается изменением рабочего объема 4 цилиндра, путем установки поршня в новое исходное положение, и настройкой предохранительного клапана на другое предельно допустимое давление жидкости [5-7].

Результаты исследований. Сущность способа сводится к тому, что в процессе запрессовки жидкость периодически сжимается в рабочем объеме гидравлического цилиндра и, накопив достаточную механическую энергию, обеспечивает управляемый срыв соединения с натягом продольным перемещением

запрессовываемой детали. Срывы осуществляются периодически, на заданную величину, до полного завершения процесса сборки соединения.

При этом изменение объема жидкости в цилиндре за счет ее сжимаемости определяется зависимостью (обобщенный закон Гука) [8]:

$$\Delta V = V_0 \cdot \frac{\Delta p}{E}, \quad (1)$$

где ΔV – изменение объема жидкости в цилиндре за счет ее сжимаемости, м³;

V_0 – предварительно настраиваемый начальный рабочий объем гидравлического цилиндра привода ползуна пресса, м³;

Δp – изменение давления жидкости до момента срыва соединения, ограничиваемое настройкой предохранительного клапана привода, Па;

E – модуль объемного сжатия (модуль упругости) жидкости, Па.

Расстояние, на которое перемещается запрессовываемая деталь в результате срыва соединения:

$$L = \frac{\Delta V}{S}, \quad (2)$$

где L – перемещение детали в результате срыва соединения, м;

S – площадь поршня со стороны рабочего объема гидравлического цилиндра, м²:

$$S = \frac{\pi D^2}{4}.$$

Регулирование параметров упругой связи, которую между ползуном и запрессовываемой деталью осуществляет находящаяся в цилиндре сжимаемая жидкость, приводит к оптимальному изменению жесткости и мощности привода ползуна, а также величины его продольных перемещений в период управляемых срывов [9].

Пример реализации предлагаемого способа соединения деталей с натягом. На гидравлическом прессе собрано десять соединений типа «вал-втулка» с геометрическими параметрами: диаметр соединения 20 мм, наружный диаметр втулки 30 мм, внутренний диаметр вала 10 мм, длина соединения 15 мм. Материал вала и втулки – сталь 45. Сопрягаемые поверхности обрабатывались точением с шероховатостью Ra 2 мкм. Натяг выдерживался в пределах 25-30 мкм.

При сборке пяти соединений деталей с натягом путем предварительной настройки начального рабочего объема гидравлического цилиндра и максимального давления жидкости получено продольное перемещение запрессовываемой детали в момент срыва на расстояние 400-500 мкм, а при сборке других пяти соединений эти перемещения составляли 100-200 мкм.

Разборка полученных соединений на прессе с регистрацией усилия показала, что соединения, собранные с меньшими продольными перемещениями в моменты срывов имеют прочность на 20-30% выше.

Заключение. Проведенные испытания показали, что расширение технологических возможностей способа и повышение прочности собираемого соединения достигается за счет регулирования параметров упругой связи. Это приводит к оптимальному изменению жесткости и мощности привода ползуна, а также величины его продольных перемещений в период срывов.

Библиографический список

1. Гречищев, Е. С. Соединения с натягом: расчеты, проектирование, изготовление / Е. С. Гречищев, А. А. Ильяшенко. – М.: Машиностроение, 1981. – 247 с.
2. А. с. № 1034866 СССР, МПКВ23Р 11/02, F16В 4/00 (2006.1). Способ соединения деталей с натягом / Э. В. Рыжов, Н. Е. Курносов, И. И. Воячек. – заявл. 22.02.82; опубл. 15.08.1983, Бюл. № 30.

3. А. с. № 1171265 СССР, МПКВ23Р 11/02, F16В 4/00 (2006.1). Способ соединения деталей с натягом / Э. В. Рыжов, Н. Е. Курносков, И. И. Воячек. – заявл. 12.04.1983 ; опубл. 07.08.1985, Бюл. № 29.
4. Пат. 2522070 РФ, МПКВ23Р 11/02, В23Р 19/027 (2006.1). Способ соединения деталей с натягом / Н. А. Симанин, С. Н. Симанин, А. М. Прохоров. – заявл. 03.12.2012 ; опубл. 10.07.2014, Бюл. № 19.
5. Симанин, Н. А. Совершенствование систем автоматического регулирования гидравлических приводов промышленного оборудования / Н. А. Симанин, И. А. Поляков // Итоги диссертационных исследований. – М. : РАН, 2013. – Т. 4. – С. 122-132.
6. Симанин, Н. А. Гидравлические системы автоматического управления технологическими операциями в машиностроении / Н. А. Симанин, В. В. Голубовский. – Пенза : Изд-во Пенз. ГТУ, 2009. – 155 с.
7. Симанин, Н. А. Проектирование элементов и систем автоматического регулирования гидравлических приводов технологического оборудования / Н. А. Симанин, В. В. Голубовский. – Пенза : Изд-во Пенз. ГТУ, 2014. – 205 с.
8. Свешников, В. К. Станочные гидроприводы: справочник. – 4-е изд. перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 2004. – 512 с.
9. Эрленеков, С. В. Определение основных технологических параметров гидравлического пресса при сборке соединений с натягом / С. В. Эрленеков, Н. А. Симанин // Известия вузов. Машиностроение. – 1987. – №9. – С. 153-157.