

УДК 621.792.8

ВЛИЯНИЕ ТЕПЛООВОГО МЕТОДА СБОРКИ ДЕТАЛЕЙ НА ПРОЧНОСТЬ СОЕДИНЕНИЯ ИЗ РАЗНОРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ

©Николенко Л. В.

Українська інженерно-педагогічна академія

Інформація про автора:

Николенко Лілія Василівна: ORCID: 0000-0002-5186-7515; lileknikolenko@mail.ru; аспірант кафедри інтегрованих технологій в машинобудуванні та зварювального виробництва; Українська інженерно-педагогічна академія; вул. Університетська, 16, м. Харків, 61003, Україна.

Сборка с нагревом – тепловая сборка – применима практически во всех случаях, при которых необходимая температура нагрева обеспечивает сохранение физико-механических свойств металла детали. В зависимости от вида производства (индивидуальное, серийное и т. д.) детали нагревают в масляных ваннах, электропечах сопротивления, индукционных установках и др. Несовершенным способом является нагрев пламенем, а наиболее эффективным – индукционный, токами промышленной частоты.

Характерной особенностью технологического процесса сборки соединений из разнородных материалов с использованием теплового воздействия является обеспечение их прочности в процессе эксплуатации и исключения пластической деформации в результате различных коэффициентов линейного расширения.

Упрочнение материала при его деформировании за пределом пропорциональности, происходящем вследствие увеличения натяга положительно влияет на износостойкость детали.

Особый интерес представляет сборка соединений типа подшипников скольжения, где, как известно, детали узла собираются из разнородных материалов, имеющих разный коэффициент линейного расширения.

Ключевые слова: соединение деталей; зазор; натяг; разнородные материалы.

Николенко Л. В. «Вплив теплового методу складання деталей на міцність з'єднання з різнорідних матеріалів».

Складання з нагрівом – тепла збірка – застосовується практично у всіх випадках, при яких необхідна температура нагріву забезпечує збереження фізико-механічних властивостей металу деталі. В залежності від виду виробництва (індивідуальне, серійне і т. д.) деталі нагрівають в масляних ваннах, електропечах опору, індукційних установках та ін. Недосконалим способом є нагрів полум'ям, а найбільш ефективним – індукційний, струмами промислової частоти.

Характерною особливістю технологічного процесу складання з'єднань з різнорідних матеріалів з використанням теплового впливу є забезпечення їх міцності в процесі експлуатації та виключення пластичної деформації внаслідок різних коефіцієнтів лінійного розширення.

Зміцнення матеріалу при його деформуванні за межею пропорційності, що відбувається внаслідок збільшення натягу позитивно впливає на зносостійкість деталі.

Особливий інтерес представляє складання з'єднань типу підшипників ковзання, де, як відомо, деталі вузла збираються з різнорідних матеріалів, має різний коефіцієнт лінійного розширення.

Ключові слова: з'єднання деталей; зазор; натяг; різнорідні матеріали.

Nikolenko L. “Effect of thermal method of assembling parts on the bond strength of dissimilar materials”.

Assembly with heat – heat build – applicable in virtually all cases in which the required heating temperature ensures the preservation of physico-mechanical properties of metal parts. Depending on the production type (individual, serial, etc.) products are heated in an oil bath, the electric resistance furnace, induction units, etc. Imperfect way is the heating flames, and the most effective – induction, currents of industrial frequency.

A characteristic feature of technological process of Assembly joints of dissimilar materials using the heat exposure is to ensure their strength during operation and the exclusion of plastic deformation as a result of different coefficients of linear expansion.

Hardening of a material during its deformation beyond the limit of proportionality that occurs due to an increase in preload has a positive effect on the wear resistance of the part.

Of particular interest is the assemblage of connections, type of bearings, where, as you know, the parts of the unit are assembled from dissimilar materials having different coefficient of linear expansion.

Key words: connection details; gap; tension; heterogeneous materials.

1. Введение

Прессовые соединения широко применяются в различных узлах и конструкциях для неподвижного соединения деталей.

Особенностью соединений, детали которых изготовлены из разнородных материалов, имеющие разные коэффициенты линейного теплового расширения при α_1 охватываемой детали больше α_2 охватывающей детали, и собранных с термовоздействием, является температурная составляющая натяга. Она появляется вследствие процесса теплообмена между деталями, происходящего после сборки, что ведет к увеличению или устранению контактного давления, и как результат потери прочности соединения при его естественном охлаждении.

2. Обзор последних источников исследований и публикаций

Определенный интерес представляют исследования прочности соединений деталей корпус-штулка, изготовленных из разнородных материалов при $\alpha_1 > \alpha_2$ и собранных различными методами. Сборка осуществляется следующими методами: запрессовкой, с предварительным нагревом охватываемой детали, а также охлаждение штулки. Результаты экспериментов по сборке с нагревом охватываемой детали показали, что с увеличением начального натяга прочность возрастает, но следует избегать больших натягов, которые могут привести к пластическим деформациям охватываемой детали, и как следствие потери прочности соединения.

3. Постановка задачи

Указывая на недопустимость применения больших натягов из-за возможного снижения прочности соединений, особое внимание следует обратить на термические методы сборки деталей корпус-штулка, изготовленных из разнородных материалов при $\alpha_1 > \alpha_2$, когда штулочный материал деформируется преимущественно за пределом пропорциональности. При этом для предотвращения возникновения в материале штулки пластических деформаций и якобы по этой причине резкого снижения прочности соединения, рекомендуется ограничиваться упругой областью.

4. Основной материал и результаты

Различают два случая тепловой сборки с натягом деталей, выполненных из материалов с различными физическими свойствами:

- Коэффициент линейного расширения материала охватываемой детали больше, чем охватывающей;
- Коэффициент линейного расширения (сужения) материала охватывающей детали больше, чем охватываемой.

В первом случае при сборке тепловым методом с нагревом охватывающей детали до температуры, обеспечивающей тепловой сборочный зазор вследствие теплопередачи в охватываемую деталь возникает температурный натяг N_T , обусловленный различием коэффициентов линейного расширения:

$$N_T = d(\alpha_1 - \alpha_2)(T - T_c), \quad (1)$$

где α_1 и α_2 коэффициенты линейного расширения материалов охватываемой и охватывающей деталей;

T – температура нагрева узла;

T_c – температура окружающей среды;

d – номинальный диаметр соединения.

При эксплуатации такого узла в условиях повышенных температур также возникает температурный натяг аналогичного происхождения.

Во втором случае дополнительный температурный натяг, возникающий в процессе сборки с применением холода, либо при эксплуатации подобного узла в условиях пониженных температур, выразится аналогичной зависимостью:

$$N'_T = d(\alpha'_1 - \alpha'_2)(T' - T_c), \quad (2)$$

где α'_1 и α'_2 – коэффициенты линейного сужения материалов охватываемой и охватывающей деталей;

T' – температура охлаждения узла.

В указанных случаях наибольший фактический натяг соединения N_ϕ определяется, как сумма натягов начального расчетного и температурного N'_T :

$$N_\phi = N_H + N'_T. \quad (3)$$

Величина фактического натяга может достигать значений, при которых произойдет пластическая деформация материала, имеющего меньший предел текучести.

Определим наибольшее контактное давление, при котором материал находится в упругом состоянии:

$$P_1 = 0,58\sigma_{T_1} \left[1 - (d_1/d)^2 \right]; \quad (4)$$

$$P_2 = 0,58\sigma_{T_2} \left[1 - (d/d_2)^2 \right]; \quad (5)$$

где P – предельное для упругого состояния контактное давление на сопрягаемых поверхностях;

σ_T – предел текучести, индексы 1 и 2 относятся, соответственно, к охватываемой и охватывающей деталям;

d_1 и d_2 – внутренний диаметр охватываемой и наружный диаметр охватывающей деталей.

Сборка в крупногабаритных соединениях деталей осуществляется с предварительным термовоздействием на обе сопрягаемые детали – нагрев корпуса и охлаждение втулки. После сопряжения деталей между ними и окружающей средой происходит естественный теплообмен до достижения выравнивания температур после сборки [1]. Предварительное термовоздействие на детали и их последующее естественное охлаждение должны обеспечить необходимый сборочный зазор и заданную прочность соединения при температуре окружающей среды. Поэтому следует обратить внимание на недопустимость достижения температуры охватываемой детали до начальной температуры нагрева охватывающей детали, что может привести к пластической деформации ее, и как следствие потере прочности соединения, чего можно избежать обеспечив охлаждение при помощи воздуха или жидкости.

Чем больше сборочный зазор, тем лучше условия соединения деталей, Но поскольку мы имеем дело с зазором, полученным в результате нагрева, его верхний предел ограничен величиной, определяемой максимально допустимой для данной детали температурой. Однако собирать детали с зазором, определяемым допустимой температурой, не всегда целесообразно. Кроме излишнего расхода энергии при нагреве, удлиняется технологический цикл сборки вследствие увеличения времени скрепления, и может появиться необходимость в применении устройств, для охлаждения [2]. Нижний предел теплового сборочного зазора ограничен величиной, определяемой условиями собираемости узла на данном сборочном устройстве. Эта величина должна быть такой, чтобы:

- гарантировалось свободное перемещение нагретой охватывающей детали относительно охватываемой в течение времени, необходимого для принятия ими нужного положения относительно друг друга;
- обеспечивалось совмещение контуров посадочных поверхностей;
- осуществлялось скольжение деталей друг относительно друга без заклинивания.

Анализ геометрических соотношений сопрягаемых деталей позволяет заключить, что при вертикальной сборке более рациональна схема, при которой охватывающую деталь (втулку) насаживают на охватываемую (вал).

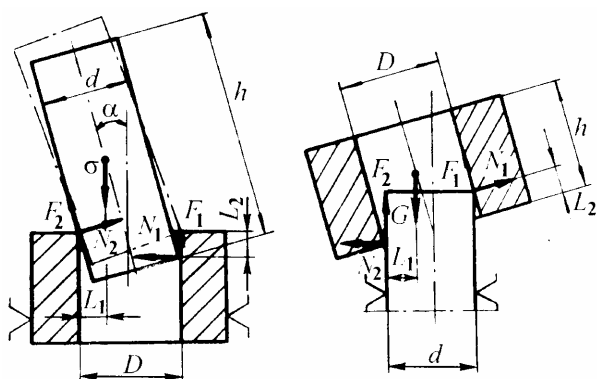


Рис. 1 – Схема вертикальной сборки соединения

Анализ геометрических соотношений сопрягаемых деталей позволяет заключить, что при вертикальной сборке более рациональна схема, при которой охватывающую деталь (втулку) насаживают на охватываемую (вал).

При этом следует рекомендовать сборку только под действием веса присоединяемой детали, поскольку сопряжение деталей даже при сравнительно больших углах перекоса ($\alpha \approx$

Технологія машинобудування

2°) происходит с относительно малыми зазорами. Если же конструкция соединения не позволяет создать сборочное устройство, обеспечивающее необходимую точность взаимного положения деталей в начальный момент сборки, и зазор Δ_c оказывается больше допустимого Δ_{max} , следует применять устройство с механизмом досылания присоединяемой детали; усилие досылания рассчитывают, исходя из условия незаклинивания.

При горизонтальной сборке так же, как и при вертикальной, в качестве присоединяемой детали целесообразнее назначить втулку. Сборка по схеме рис. 2, б требует при прочих равных условиях применения сборочного зазора в 2,5 раза меньшего, чем при сборке по схеме рис. 2, а.

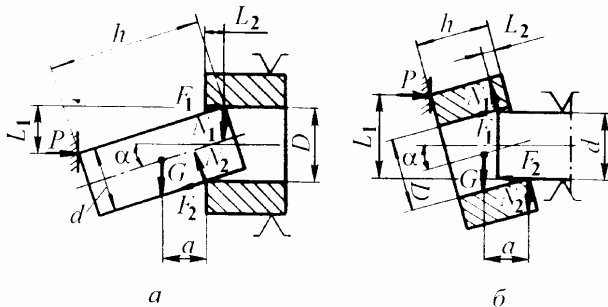


Рис. 2 – Схема горизонтальной сборки соединения: а) – установка вала во втулку, б) – насадка втулки на вал

При горизонтальной сборке (рис. 2), чаще всего применяемой для крупногабаритных деталей, обязательным является наличие сборочного усилия [3].

Условием незаклинивания при горизонтальной сборке является соотношение:

$$PL_1 \geq F_1 D - N_1 L_2 + Gd. \quad (5)$$

Выводы

Для обеспечения качественной тепловой сборки требуются специальные мероприятия, например, охлаждение охватываемой детали, с тем, чтобы выдержать в определенных пределах температуру ее нагрева.

При конструировании машин, в которых материалы сопрягаемых деталей обладают различными механическими и физическими свойствами, необходимо учитывать критические температуры узлов, при которых частично или полностью снимается натяг, либо значительно увеличивается зазор в соединении.

Список использованных источников:

1. Андреев, Г. Я. Тепловая сборка в машиностроении : [монография] / Г. Я. Андреев ; науч. ред. Н. К. Резниченко ; Укр. инж.-пед. акад. – Х. : [б. и.], 2011. – 350 с. : рис., табл.
2. Исследование технологических параметров сборки соединений с натягом, осуществляемых с термовоздействием / И. Л. Оборский, А. Г. Андреев, А. В. Щепкин, Б. М. Арпентьев // Вестник Национального технического университета "ХПИ" : сборник науч. тр. / Нац. техн. ун-т "ХПИ". – Х., 2008. – № 36, темат. вып. : «Динамика и прочность машин». – С. 147-153.
3. Дука А. К. Расчет теплового режима составных соединений, собираемых с нагревом / А. К. Дука, Б. М. Арпентьев // Известия ВУЗов. Машиностроение. – 1989. – № 2. – С. 115 – 120.
4. Tavakoli M. H. Computational modeling of induction heating process / M. H. Tavakoli, H. Karbaschi, F. Samavat // Progress In Electromagnetics Research Letters. – 2009. – Vol. 11. – P. 93-102.

References

1. Andreyev, G 2011, *Teplovaya sborka v mashinostroyenii*, Ukrainskaya inzhenerno-pedagogicheskaya akademiya, Kharkiv.
2. Andreyev, A, Oborskiy, I, Shchepkin, A & Arpentyev, B 2008, 'Issledovaniye tekhnologicheskikh parametrov sborki soyedineniy s natyagom, osushchestvlyayemykh s termovozdeystviem', *Vestnik Natsionalnogo tekhnicheskogo universiteta "KhPI"*: *sbornik nauchnykh trudov*, iss. 36, pp. 147-153.
3. Duka, A & Arpentyev, B 1989, 'Raschet teplovogo rezhima sostavnykh soyedineniy, sobiraemykh s nagrevom', *Izvestiya VUZov. Mashinostroyeniye*, no. 2, pp. 115 – 120.
4. Tavakoli, M, Karbaschi, H & Samavat, F 2009, 'Computational modeling of induction heating process', *Progress In Electromagnetics Research Letters*, vol. 11, pp. 93-102.

Стаття надійшла до редакції 15 червня 2016 р.