

ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ

УДК 621.365.

Б. М. АРПЕНТЬЕВ, д-р техн. наук,
Н. К. РЕЗНИЧЕНКО, д-р техн. наук,
Н. Л. ШЕЛКУНОВА, Харьков, Україна

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНОЙ ВЕЛИЧИНЫ СБОРОЧНОГО ЗАЗОРА И ТЕМПЕРАТУРЫ НАГРЕВА В ПРОЦЕССЕ ТЕПЛОВОЙ СБОРКИ ДЕТАЛЕЙ

У статті приведені результати визначення величини складальних зазорів і температури деталей в процесі виконання технологічних операцій. Експериментально встановлені додаткові коефіцієнти зміни умов складання залежно від зміни частоти поверхні вживання мастила, що враховують, а так само штучного охолодження деталі в процесі збірки. Відмічена роль Г.Я. Андрєєва і Б.М. Арпентьєва в створенні наукових основ теплового складання.

В статье приведены результаты определения величины сборочных зазоров и температуры деталей в процессе выполнения технологических операций. Экспериментально установлены дополнительные коэффициенты учитывающие изменения условий сборки в зависимости от изменения частоты поверхности применения смазки, а так же искусственного охлаждения детали в процессе сборки. Отмечена роль Г.Я. Андреева и Б.М. Арпентьева в создании научных основ тепловой сборки.

In the article the results of determination of size of frame-clamping gaps and temperature of details are resulted in the process of implementation of technological operations. Additional coefficients are experimentally set taking into account changes of terms of assembling depending on the change of frequency of surface of application of greasing, and similarly artificial cooling of detail in the process of assembling. The role of G.Ya is marked. Andreeva and B.M. Arpent'eva in creation of scientific bases of the thermal assembling.

Введение. Наиболее распространенным методом сборки соединений с натягом по цилиндрическим поверхностям, которые занимают большое место среди всех остальных видов сопряжений, является метод запрессовки.

Он имеет целый ряд недостатков, главным из которых – отсутствие взаимозаменяемости собираемых деталей и нестабильность технологического процесса из-за высокого процента исправимого и неисправимого брака, который является основной причиной, препятствующей созданию производительного сборочного оборудования.

При сборке деталей тепловым методом (с нагревом охватывающей детали) сопрягаемые поверхности не нарушаются и обеспечивается прочность соединения в два-три раза превышая прочность, получаемую при запрессовке.

Кроме того, тепловой метод позволяет перевести сборку соединений с гарантированным натягом в область сборки с гарантированным зазором, что дает возможность осуществлять соединение деталей простым методом на основе взаимозаменяемости, без применения дорогостоящего прессового оборудования [1,2].

Среди работ, посвященных сборке соединений с натягом при использовании метода теплового воздействия, следует отметить основополагающие исследования профессора Андреева Г.Я., как в области прочности тепловых сопряжений, так и в создании индукционно – нагревательных устройств и сборочного оборудования. [4]

Постановка задачи. В зависимости от условий сборки и параметров собираемых деталей определить минимально допустимую величину теплового зазора и температуру нагрева охватывающей детали.

Изложение основного материала. Характерной особенностью технологического процесса сборки с использованием теплового воздействия является его сложная структура, связанная с необходимостью манипулирования с горячей деталью. При этом выполнение соответствующих операций сопровождается специфическими требованиями: максимальными сокращениями потерь тепловой энергии от теплоотдачи в окружающую среду и механизмами сборочного устройства.

Остывание детали в течение цикла сборки может привести к уменьшению сборочного зазора ниже допустимой величины, в результате чего сборка или совсем не осуществится, или будет идти с повреждением посадочных поверхностей, а также произойдет преждевременное скрепление деталей. Перегрев деталей перед началом сборочного цикла, обеспечивающий наличие большого сборочного зазора, в большинстве случаев недопустим из-за возможных изменений физико-механических свойств материала и, кроме того, он не выгоден экономически.

Длительность цикла и, следовательно, производительность сборочного станка, как правило, определяются длительностью операции нагрева охватывающей детали (если нагреватель встроен в кинематическую схему станка) и операции скрепления.

При технологическом процессе с частичным совмещением цикловых операций, когда группа операций с охватываемой деталью совмещается с

группой операций выполняемой с охватывающей деталью, необходимым условием является соблюдение зависимости:

$$\sum \tau_n > \sum \tau_x, \quad (1)$$

где $\sum \tau_n$ - сумма времени, идущего на выполнение операций с нагретой охватывающей деталью; $\sum \tau_x$ - сумма времени, идущего на выполнение операций с охватываемой деталью.

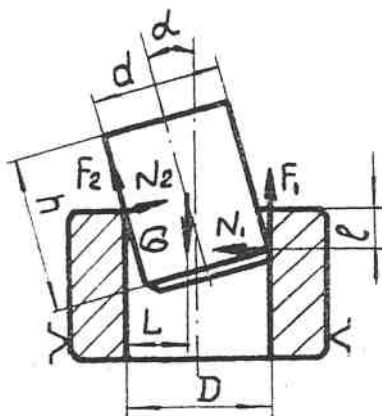


Рисунок 1 – Схема вертикальной сборки вала с втулкой

В этом случае мы избегаем потерь тепла, которые могли бы произойти в результате ожидания нагретой детали сборочной операции.

Свободное соединение деталей при тепловом методе обеспечивается наличием теплового сборочного зазора. Его величине определяется условиями обеспечения собираемости узла на данной сборочной машине. Однако сборочный зазор (i) не может быть больше некоторого i_{\max} и меньше i_{\min} .

$$\left. \begin{aligned} i_{\min, c} \leq i \leq i_{\max, c} \\ i_{\min, T} \leq i \leq i_{\max, T} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Максимально возможный сборочный зазор равен

$$i_{\min} = \Delta D_{\max} - \delta_{\max} - \Delta D_o \quad (3)$$

где ΔD_{\max} - начальное тепловое расширение посадочного отверстия, получаемое при нагреве детали до максимально допустимой температуры; δ_{\max} - максимальный натяг в соединении; ΔD_o - величина уменьшения начального теплового расширения в результате остывания втулки.

Величина $i_{\min,c}$ определяется из силового расчета при заклинивании цилиндрических деталей.

Заклинивание может произойти как при вертикальной сборке вала с втулкой (рис.1), так и при горизонтальной, если вал вставляется во втулку, или втулка насаживается на вал. Рассмотрим сборку по схеме (рис. 1), осуществляемую под действием веса вала(G).

Условия незаклинивания:

$$GL \geq F_1 D - N_1 l.$$

Решая задачу равновесия вала, находим зависимость для определения $i_{\min,c}$.

$$i_{\min,c} \geq \sin^2 \alpha \cos \alpha \left[\frac{d}{2} (1 - f^2) + hf \right] + \frac{h}{2} \sin^3 \alpha (1 - f^2) - d (1 - \cos \alpha), \quad (4)$$

где f - коэффициент трения.

Зазор $i_{\min,T}$ зависит от скорости охлаждения охватывающей детали в процессе ее сборки с охватываемой деталью. Он может быть найден путем исследования физической стороны процесса теплового скрепления деталей в узел[3].

Для расчета $i_{\min,T}$ при условии "несхватывания" деталей в течение процесса их соединения (3-5 сек), используя подстановку

$$\Delta T = \frac{1}{\alpha_{em} D} (\delta_{\max} + i),$$

получаем формулу из зависимости:

$$\tau_{cx} = \frac{1}{aSA} \ln \frac{\Delta T}{\Delta T - \frac{A}{B} i} \quad (5)$$

где, S - площадь посадочной поверхности, через которую втулка передает тепло валу; C_{em} и C_e - удельная теплоемкость втулки и вала соответственно; α_{em} и α_e - коэффициенты линейного расширения материалов втулки и вала соответственно; T_{em} и T_e - температура втулки и вала соответственно; m_{em} - масса втулки; m_e - масса вала, находящаяся под посадочной поверхностью; a - коэффициент теплообмена между втулкой и валом.

Тогда,

$$i_{\min,T} = \delta_{\max} \frac{B(e^{aSA\tau} - 1)}{\alpha_{em} D A e^{aSA\tau}}, \quad (6)$$

Здесь $a=180-200 \frac{\text{ккал}}{\text{мм}^2 \text{сек}^0 \text{С}}$.

По значению $i_{\text{min, T}}$ определяется допустимая температура, которую должна иметь втулка перед соединением с валом.

Для проверки принятых схем расчета и уточнения полученных зависимостей экспериментально исследовались температурные поля и деформации вала и втулки в процессе их нагрева и охлаждения.

Основная часть экспериментов была выполнена на гладких цилиндрических втулках с посадочным диаметром 100 мм, длиной 100 мм, толщиной стенки 10, 20, 30 и 40 мм и валами длиной 300мм. Материал валов ст.5, втулок – ст.20, чугун СЧ 18-36, бронза Бр0ЦС 5-5-5 и алюминиевый сплав АМг6Т. Кроме того, эксперименты проводились на соединениях с посадочным диаметром 50, 75 и 200 мм и с фасонными охватывающими деталями. Температуры измеряли с помощью хромель – копелевых термопар 0,5 мм, установленных в сверлениях валов и втулок и приваренных конденсаторной сваркой. В качестве регистрирующих приборов использовались самопишущие электронные потенциометры ЭПП-09. Размеры деталей измеряли механическими приборами с точностью 2 микрон.

Результаты экспериментов свидетельствуют о правильности принятых схем расчета $\tau_{\text{сх}}$, a .

Экспериментально подтверждены теоретические зависимости (5,6) и получены коэффициенты, учитывающие изменение условий сборки.

Так, наличие неравномерного температурного поля в охватывающих деталях, имеющих диск, учитывается коэффициентом R_n . Деталь, имеющая ступицу, более прогретую, чем диск, скрепляется с валом быстрее, чем деталь с равномерным температурным полем, так как тепло из ступицы отводится не только в вал, но и в диск. В зависимости от неравномерности прогрева детали значение R_n . меняется от 0,95 до 0,85.

Увеличение чистоты посадочных поверхностей и отсутствие смазки на валу приводит к удлинению процесса скрепления. Поправочный коэффициент $R_y=1,1$ вводится при повышенной шероховатость поверхности деталей ($R_a=0,63$, $R_a=0,32$).

Отсутствие смазки вала учитывается коэффициентом $R_{\text{нс}}$. Для сборочных зазоров до 0,0015D $R_{\text{нс}}=1,2$, для зазоров свыше 0,0015 D $R_{\text{нс}}=1,05$.

Таким образом, формула (5) приобретает вид

$$\tau_{cx} = \frac{R_n R_q R_{nc}}{aSA} \ln \frac{\Delta T}{\Delta T - \frac{A}{B} i} \quad (7)$$

Для определения эффективности искусственного охлаждения деталей при скреплении их в узел были проведены экспериментальные исследования, во время которых производилось охлаждение воздухом, а также водным раствором нитрита натрия, по данным некоторых авторов, является хорошим замедлителем коррозии, поэтому он и был выбран для исследований.

В серии опытов с охлаждением воздухом обдув горячей детали производился через трубку сечением 1,5 см² при давлении 2,5 атм. Охлаждение водным раствором нитрита натрия осуществлялось с помощью дождевальной установки.

Как показали исследования, охлаждение воздухом приводит к ускорению процесса скрепления на 20-25%, а омывание водным раствором ускоряет его в несколько раз.

Однако повышение расхода охлаждающей жидкости оправдывает себя до определенного предела, после которого τ_{cx} существенно не уменьшается.

Выводы.

Предложен метод расчета теплового сборочного зазора, позволивший определить его минимально допустимую величину в зависимости от условий сборки и параметров собираемых деталей.

По величине зазора рассчитывается температура нагрева охлаждаемой детали.

Определено влияние естественного и искусственного охлаждения на время протекания процесса скрепления деталей в узлы.

Список литературы: 1. Арпентьев Б.М. Исследование тепловой сборки деталей с гарантированным зазором. – Воронежский политехнический институт. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. 1969, 185 с. 2. Резниченко Н.К. «Якість та енергозбереження в процесах складання та розбирання з'єднань індукційним нагрівом: Монографія. Горлівка: «Видавництво Ліхтар». 2009.-180с. 3. Арпентьев Б.М. Определение теплового зазора при автоматической сборке соединений с натягом. Киев: Технология и организация производства, №3/1968.-с.15-21. 4. Андреев А.Г., Резниченко Н.К. Напряженно-деформированное состояние составных осесимметричных конструкций, собираемых с натягом при использовании нагрева. // Вісник Національного технічного університету "ХПІ". – Харків: НТУ «ХПІ». -2005.-№47. -С. 3-8.