

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТОЧНОСТИ И КАЧЕСТВА ДЕТАЛЕЙ УЗЛОВ ТРЕНИЯ НА ЭТАПАХ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА

Сорокин С.В.

Брянский государственный технический университет, Брянск, Россия

Работа машин и агрегатов современной техники происходит с возрастающими скоростями и нагрузками, при высоких и низких температурах, в агрессивных средах и вакууме. Повышаются требования к надежности и долговечности наряду со стремлением к упрощению и удешевлению разрабатываемых конструкций, к технологичности вырабатываемых продуктов.

Вследствие недостаточно обоснованного выбора материалов для деталей пар трения скольжения сроки службы машин и агрегатов уменьшаются, возрастает количество ремонтных работ, и, как следствие, снижается производительность из-за дополнительных простоев оборудования. От выбранного материала зависит конструктивное оформление узла трения. Конструкции деталей разрабатываются исходя из свойств материалов таким образом, чтобы наиболее полно использовать низкий коэффициент трения и высокую износостойкость материала, при этом сведя до минимума или полностью устранив вредное влияние отрицательных характеристик материала (физико-механических свойств: недостаточная прочность, хрупкость, низкая теплопроводность, нестабильность размеров во времени и геометрических параметров качества трущихся поверхностей).

Таким образом, выбор конкретного материала деталей пары трения осуществляется в условиях наличия многих критериев, при этом для ряда критериев характерна неполнота и неточность информации, необходимой для оценивания, вследствие чего подобного типа задачи обычно решаются проектировщиком на интуитивном уровне, с использованием эвристических подходов, а зачастую методом проб и ошибок.

При сборке и эксплуатации размерные связи не остаются постоянными [1, 2]. На машину бу-

дут воздействовать внешние и внутренние факторы, которые приводят к снижению надежности. Такие воздействия необходимо учитывать для комплексного обеспечения точности пар трения-скольжения, поэтому для размерных цепей необходимо выделить еще одну группу размеров – эксплуатационные размеры. Они описывают дополнительные размерные связи, возникающие при эксплуатации изделия. Включение эксплуатационных размеров в конструкторские размерные цепи позволяет обеспечивать требуемую точность функциональных параметров в течение заданной долговечности изделия.

Разработка и применение средств программной поддержки решения таких задач, ключевую роль в которой играет определение критериев выбора и построение соответствующих математических моделей, учитывающих структуру и специфику исходной информации, позволит проектировщику более детально и последовательно отразить и формализовать свои предпочтения, заранее оценить и проанализировать последствия выбора каждого решения, исключить недопустимые варианты и выделить наиболее удачные решения, вследствие чего сократить сроки проектирования, повысить научную и инженерную обоснованность и снизить субъективный фактор принимаемых решений.

В качестве основных критериев выбора должны использоваться контактная прочность (несущая способность) и износостойкость. Задачи определения требуемых параметров теплоустойкости, сопротивляемости агрессивным средам, оптимальной стоимости не представляют научных и технических проблем.

В результате создаются предпосылки реализации нового принципа проектирования – тех-

нологического обеспечения требуемых эксплуатационных показателей высокотехнологичных сборочных узлов и их надежности при одновременном проектировании технологии механической обработки с уточнением параметров сборки. Такой подход к этапам проектирования для обеспечения точности конструкций предполагает управление точностью непосредственно элементами разрабатываемых технологических процессов изготовления и сборки. Такое проектирование актуально при любом типе производства и любой сложности технического проекта. Наибольший эффект, как показывает опыт внедрения автоматизированных подсистем, обеспечивается при непрерывной компьютерной поддержке основных этапов жизненного цикла (CALS-технологии) [1, 2].

Для расчета величины износа и температурного режима известны зависимости [1]. При выборе материала по условию теплостойкости нередко пользуются упрощенным критерием – характеристикой $[pv]$, где v – окружная скорость вала, но этот критерий весьма серьезно критикуется [3]. При увеличении нагрузки на поверхность контакта давление на единичном пятне существенно не изменяется, а увеличивается число пятен контакта, так как условие «нагруженности» на одном пятне контакта сохраняются. В условиях же работы подшипников скольжения со смазкой конечным мериллом тепловой напряженности является температура масляного слоя, а тепловыделение зависит от ряда конструктивных параметров (длина контакта, диаметр) и коэффициента трения, что не учитывается приведенным критерием.

Предлагается для выбора материала вкладывшей по характеристикам износостойкости и теплостойкости использовать единый критерий – это минимальное значение работы трения (W_{\min}).

Работа трения определяется следующим выражением

$$W = fPL, \quad (1)$$

где f – коэффициент трения; P – нагрузка; L – путь трения.

Если выразить нагрузку P через максимальное

давление P_{\max} , а путь трения через скорость (v) и время (t), и учесть площадь контакта ($S_{\text{пл}}$), то

$$W = fP_{\max} S_{\text{пл}} vt, \quad (2)$$

где площадь контакта

$$S_{\text{пл}} = \frac{2\varphi_0^\circ}{360^\circ} 2\pi R_1 l = \frac{\pi\varphi_0^\circ}{90^\circ} R_1 l, \quad (3)$$

и тогда

$$W = \frac{\varphi_0^\circ}{45^\circ \sin \varphi_0} P v t f. \quad (4)$$

Полученные критерии учитывают практически все конструктивные, нагрузочные и временные параметры. Кроме того, время t работы узла может быть задано необходимое, поскольку отражает ресурс работы подшипника.

Процесс моделирования выбора материала деталей пар трения формируется начальное множество альтернатив, содержащее сочетание «материал – предельно допустимые значения», параметры которых удовлетворяют входным данным. Например, для параметров $\{P_i, T_i, V_i\}$ (P_i – допустимые значения нагрузки, T_i – температуры и V_i – скорости скольжения) входная информация представляется в следующем виде:

$$A = \{ \langle M_k, P_i, T_i, V_i \rangle | M_k \in M; P_i < P_B; T_i < T_B; V_i < V_B \}, \quad (5)$$

где P_B, T_B, V_B – условия функционирования узла трения.

Дальнейшие шаги моделирования связаны с ранжированием допустимых альтернатив в соответствии с уровнем их предпочтительности в условиях конкретной задачи выбора. На предпочтительность того или иного материала, помимо условий обеспечения требуемых параметров работы узла (нагрузка, температура, скорость скольжения), может влиять целый ряд дополнительных условий (критериев), к которым обычно относят коррозионную стойкость, износостойкость, теплостойкость, предпочтительность по стоимости изготовления и обработки, прирабатываемость и др. При этом различные альтернативы удовлетворяют каждому из этих условий в разной степени, и увеличение предпочтительности по одному критерию часто ведет к ее уменьшению по другим.

Литература

1. Инженерия поверхности деталей / Колл. авт.; под ред. А.Г. Сулова. М.: Машиностроение. 2008. – 320 с.: ил.
2. Польский, Е.А. Технологическое обеспечение качества сборочных единиц на основе анализа размерных связей с учетом эксплуатации / Е.А. Польский, Д.М. Филькин // Научные технологии в машиностроении. – 2014. – № 11 (41). – С. 36–44.
3. Сулов А.Г. От технологического обеспечения эксплуатационных свойств к качеству машин / А.Г. Сулов // Трение и износ. – 1997. – т.18, № 3. – С. 311–320.