

УДК 621.9.016

*Д. И. ПЕТРЕШИН*¹, *д-р техн. наук, проф.*

*Е. А. ПОЛЬСКИЙ*¹, *канд. техн. наук, доц.*

*А. А. ПРОКОФЬЕВ*², *канд. техн. наук*

*П. В. СКАЧКОВ*¹

¹Брянский государственный технический университет (Брянск, Россия)

²Лыткаринский машиностроительный завод – филиал ПАО «ОДК-УМПО»
(Москва, Россия)

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ УЗЛОВ МАШИН НА ЭТАПАХ ИЗГОТОВЛЕНИЯ, ИСПЫТАНИЯ И ПРИРАБОТКИ

Аннотация

Рассмотрены вопросы технологического обеспечения показателей надежности узлов деталей машин с учетом влияния отдельных технологических переделов.

Ключевые слова:

качество поверхности, износостойкость, эксплуатационные свойства, технологический передел, надежность изделия.

В ответственных изделиях машиностроения можно выделить сборочные единицы, которые на этапах изготовления проходят несколько производственных этапов – механическая обработка с формированием параметров точности и качества поверхности, промежуточная сборка для выполнения обкатки и приработки, разборка и промежуточный контроль функциональных поверхностей на отсутствие визуальных дефектов и пятна контакта. Кроме этого, для узлов с высокими требованиями по точности замыкающего звена на отдельных операциях контролируют плавность хода и шумность подузла.

Одним из инструментов анализа и повышения эффективности производства является концепция бережливого производства, под которым понимают логистическую концепцию менеджмента, сфокусированную на оптимизации бизнес-процессов.

Внедрение этапов и направлений бережливого производства направлено на постоянное совершенствование производства и сокращение элементарных затрат с обеспечением стабильного качества изделия, под которым в области технологии машиностроения понимают достижение показателей надежности узла и машины в целом.

Базовым показателем производительности является время, затрачиваемое на выполнение технологического процесса. Необходимо разделить его отдельные части на рабочие приемы или просто приемы. Прием – это полный набор действий, направленных на выполнение перехода или его части и объединенных одной целью.

Узел чашки дифференциала является одним из основных в общей структуре трансмиссии колесной тележки. При этом основной процент брака и причина выхода из строя узла – это формирование завышенного зазора в соединении

шестерни и корпуса. С конструкторской точки зрения задача обеспечения показателей надежности решалась введением в конструкцию промежуточного звена в виде шайбы.

Под технологическим переделом понимают законченную часть технологического процесса, характеризуемую формированием законченного этапа изготовления изделия или узла.

При изготовлении узла чашки дифференциала выделяют несколько взаимосвязанных технологических переделов: изготовление деталей сборочного подузла, сборка подузла с формированием точности замыкающего звена сборочной размерной цепи с учетом установленных технологических ограничений, обкатка узла и подбор сопрягаемых деталей по установленным критериям (вибронегруженность, шумность и др.), сборка узла чашки дифференциала с обеспечением установленных показателей надежности.

На каждом технологическом переделе (этапе) проводят контроль и отбраковку сопрягаемых деталей, что значительно увеличивает общее время изготовления узла и изделия в целом, при этом создается часто неостребованный запас деталей, не прошедших контроль.

В настоящее время разработаны модели и определены направления технологического обеспечения эксплуатационных свойств отдельных функциональных поверхностей сопрягаемых деталей, но при этом недостаточно проработаны вопросы комплексного конструкторско-технологического обеспечения общей совокупности эксплуатационных свойств деталей сборки с учетом этапов промежуточной сборки и предварительной обкатки.

Таким образом, задача обеспечения показателей надежности узла на этапах конструкторско-технологической подготовки производства с проектированием технологии изготовления и сборки на основе анализа выбора материала и параметров качества поверхностей сопрягаемых деталей с учетом этапов промежуточной сборки подузла и его обкатки с оптимизацией по критерию снижения технологического передела является достаточно актуальной.

Работы, необходимые для выполнения сборки изделия, определяются на основе анализа чертежей узлов деталей, а также конкретных условий, в которых выполняется сборка. К ним относятся:

- состояние, в котором детали и узлы подаются на сборку;
- принятые технологические методы выполнения соединений;
- необходимые методы проверки установленных соединений и т. д.

В зависимости от цели использования работы, выполняемые при сборке, можно разделить на следующие группы [1].

1. Механическая обработка, выполняемая в сборочном цехе по разным причинам: совместная обработка нескольких деталей; притирка и чистовая обработка плоских, цилиндрических и конических поверхностей и т. д.

2. Выполнение соединений деталей и узлов. В эту группу входят работы по внедрению разъемных и несъемных, подвижных и фиксированных соединений, которые выполняются всеми технологическими методами.

3. Работы, осуществляемые для пригонки и регулировки. К ним относятся: измерение размера замыкающего звена; частичная разборка узла, состоящая в

ослаблении и отсоединении деталей до снятия компенсирующего звена; установка фиксированного компенсатора путем шлифования, токарной обработки или другими технологическими методами.

4. Проверка правильности соединений деталей и узлов в процессе сборки. К ним относятся: свободное вращение, радиальный и осевой люфт, боковой зазор и пятно контакта зубьев установленных шестерен и т. д. Эти работы определяются на основе технических требований к изделиям.

Для обоснованного назначения допусков, верхних и нижних отклонений размеров размерных цепей, обеспечивающих точность замыкающего звена, рекомендуется применять метод оптимизации по показателям надежности узла (в данном случае долговечности) [2]:

$$\begin{cases} \sqrt{\sum_{i=1}^3 \left(\frac{t}{\beta} \sqrt{\sum_j^n (A_{ij} \lambda_{ij} T_j)^\mu + \sum_k^m (E_{ik} \lambda_{ik} T_{\varepsilon k})^\mu} \right)^2} \leq T_\Delta, \\ 1 - P(t) \leq [Q] \end{cases}$$

где $[Q]$ – величина допустимого брака.

$$P(t) = 0,5 + \Phi \left(\frac{T_\Delta - T_0 - \gamma_{cp} t}{\sqrt{\sigma_{T_0}^2 + \sigma_\gamma^2(t) t^2}} \right),$$

где t – срок службы машины, в течение которого необходимо обеспечить вероятность безотказной работы $P(t)$; $\Phi(x)$ – стандартное нормальное распределение функции; T_0 – допуск замыкающего звена после изготовления и сборки машины, равный допуску составляющих размеров на этот момент времени; γ – скорость изменения размера замыкающего звена во времени; σ – среднеквадратические отклонения соответствующих параметров.

В качестве основных положений и методик расчета поверхностей на трение и износ при скольжении приняты зависимости, изложенные в работах А. Г. Сулова. Преобразовав зависимости с учетом требований по возможности метрологического контроля, технологического управления и приоритетности параметров качества, влияющих на износостойкость, получаем [3]

$$C_R = \frac{(Wz \cdot H \max)^{1/6}}{Sm^{0,5} \cdot \lambda \cdot (k \cdot \sigma_T)^{2/3}} \cdot Ra^{2/3} \cdot (Rp - Ra)^{0,5};$$

$$C_M = \frac{n}{43,47 \cdot (p \cdot \pi)^{7/6}} \cdot \sqrt{\frac{E}{1 - \mu^2}}.$$

Определение значений коэффициентов внешних $k_{внеш_j}$ и внутренних $k_{внут_j}$

факторов эксплуатационных звеньев-износов для заданного прототипа и с учетом требований по долговечности позволит обосновать выбор материалов, смазки, параметров качества поверхности.

Вместе с коэффициентами передаточных отношений выделенные из эксплуатационного допуска $k_{внеш,}$ и $k_{внут,}$ используем для решения задачи моделирования влияния технологических факторов и воздействия различных эксплуатационных звеньев на точность замыкающего звена. Можно на этапе выбора конструкционного материала скорректировать возможность управления механическими свойствами, а при выполнении этапов технологической подготовки производства назначать переходы по обеспечению параметров качества поверхности.

Для решения задачи технологического обеспечения наработки узла на отказ, с учетом элементарных затрат на технологических переделах, предполагается формирование математической модели, включающей этап приработки, корректировку допусков и предельных отклонений функциональных сопрягаемых размеров деталей сборки и рекомендации по включению в технологический процесс финишных переходов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Справочник технолога / Под общ. ред. А. Г. Сулова. – Москва: Инновационное машиностроение, 2019. – 800 с.
2. **Польский, Е. А.** Повышение надежности изделий машиностроения за счет совершенствования точностного анализа размерных цепей / Е. А. Польский, С. В. Сорокин // Научные технологии в машиностроении. – 2022. – № 6 (132). – С. 38–48.
3. Фундаментальные основы технологического обеспечения и повышения надежности изделий машиностроения / А. Г. Сулов [и др.]. – Москва: Инновационное машиностроение, 2022. – 552 с.

Контакты:

dipetreshin@yandex.ru (Петрешин Дмитрий Иванович);

polski.eugene@hotmail.com (Польский Евгений Александрович);

pan87066@mail.ru (Прокофьев Алексей Александрович);

pavel9798@mail.ru (Скачков Павел Владиславович).

D. I. PETRESHIN, E. A. POLSKIY, A. A. PROKOFIEV, P. V. SKACHKOV

TECHNOLOGICAL SUPPORT OF RELIABILITY INDICATORS OF MACHINE COMPONENTS AT THE STAGES OF MANUFACTURING, TESTING AND BREAKING IN

Abstract

The issues of technological support for reliability indicators of machine parts assemblies are considered, taking into account the influence of individual technological stages.

Keywords:

surface quality, wear resistance, performance properties, technological processing, product reliability.