

технической конференции аспирантов и студентов с международным участием. Ч.1. – Иваново: Иванов. политехн. ун-т, 2015. - С. 48-49.

2. Воронин С.Ю. Использование информационных технологий в ткацком производстве. Современные наукоемкие технологии и перспективные материалы текстильной и легкой промышленности (Прогресс-2006)». Тез. докл. международн. научно-технич. конференции. - Иваново: ИГТА. – 2006. - С. 112.

УДК 621.7.015:539.43:519.237.7

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МАКСИМАЛЬНОЙ ЦИКЛИЧЕСКОЙ ДОЛГОВЕЧНОСТИ И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ

БАРАНДИЧ Е.С., ассистент, ВИСЛОУХ С.П., ТИМОШЕНКО А.В., КОВАЛЬ В.В.

Национальный технический университет Украины
Киевский политехнический институт, г. Киев, Украина

Ключевые слова: циклическая долговечность, качество поверхностного слоя, режимы резания, токарная обработка, многокритериальная оптимизация.

Реферат: работа посвящена вопросам технологического обеспечения циклической долговечности материала деталей, работающих в условиях циклических нагрузок путем многокритериальной оптимизации режимов токарной обработки.

Усталостное разрушение является причиной выхода из строя более 70% деталей машин, таких как валы, зубчатые колеса, шатуны, пальцы, шестерни, роторы и их крепежные элементы, работающие под действием переменных нагрузок. Исследованиями [1-5] доказано, что надежность работы технических средств в таких условиях в значительной степени зависит от состояния поверхностного слоя материала деталей. Формирование поверхностного слоя деталей в основном происходит путем обработки резанием, что сопровождается пластической деформацией, нагревом и структурными преобразованиями материала деталей. Таким образом, образуется поверхностный слой детали с определенными по знаку и величине остаточными напряжениями, глубиной и степенью наклепа, а также шероховатостью поверхности, значение которых существенно влияет на усталостные свойства материала детали.

Технологические режимы изготовления деталей назначаются в соответствии с регламентированными конструктором точностью размеров, шероховатостью и, при необходимости, твердостью поверхностного слоя. Это ограничивает возможности технологического обеспечения усталостных характеристик деталей и прогнозирования их циклической долговечности при эксплуатационных нагрузках. Кроме того, в связи с постоянным ростом скорости обновления и совершенствования машин и механизмов, необходимо обеспечить максимальную производительность обработки деталей, учитывая при этом требования к их качеству и эксплуатационное назначение.

Таким образом, актуальным является создание методики технологического обеспечения максимальных значений циклической долговечности материала детали и производительности ее обработки, путем определения оптимальных режимов токарной обработки.

Влияние технологических условий механической обработки на усталостные характеристики материала детали определяли на образцах из конструкционной стали 40Х ГОСТ 4543-71. Для проведения экспериментальных исследований на усталость, согласно ГОСТ 25.502-79, выбрана схема нагрузки – чистый изгиб при вращении образца, в соответствии с которой изготовлены необходимые образцы. При этом с целью удаления рисков и округления острых кромок на поверхности образцов выполнялось шлифование и механическое полирование. Для снятия наклепа от предварительной механической обработки, образцы подвергали термической обработке в среде защитного газа при таком режиме: нагрев до температуры 450°C, выдержка 2 часа, охлаждения в печи. Токарную обработку осуществляли на токарном обрабатывающем центре HAAS ST20 резцом PVDNN 2525M-16Q с режущей пластиной из кубического нитрида бора VBGW 160404T00815SE без охлаждения. Обработку образцов каждой из трех группы выполняли с глубиной резания $t = 0,3$

мм и скоростью резания $V=80$ м/мин и подачей $S=0,12$ мм/об для первой группы, $V=120$ м/мин; $S=0,08$ мм/об для второй и $V=180$ м/мин; $S=0,08$ мм/об для третьей группы. Испытания на усталость проводили на испытательной машине МУИ-6000 при частоте 2000 об/мин.

В результате обработки экспериментальных данных количества циклов до разрушения с учетом фактического напряжения цикла методами регрессионного анализа данных [6] получена математическая зависимость циклической долговечности от режимов токарной обработки и напряжения цикла с доверительной вероятностью 0,95 по F-критерию Фишера:

$$N(S, V, \sigma) = e^{(14.437 + 0.0048V + 13.006S - 13.19\sigma + 0.002VS - 0.002V\sigma - 5.941S\sigma + 0.0000004V^2 + 2.929S^2 + 3.013\sigma^2)}, \quad (1)$$

где S – подача инструмента за один оборот шпинделя, мм/об; V – скорость резания, м/мин; σ – напряжение цикла, МПа.

Данная зависимость (1) позволяет сформировать комплексную целевую функцию [7], которая состоит из двух частных критериев оптимизации – циклической долговечности и производительности процесса токарной обработки:

$$C(S, V, \sigma) = \left(\alpha_1 \cdot \left(\frac{N(S, V, \sigma) - N_{\min}}{N_{\max} - N_{\min}} \right) + \alpha_2 \cdot \left(\frac{\Pi(S, V) - \Pi_{\min}}{\Pi_{\max} - \Pi_{\min}} \right) \right), \quad (2)$$

где, α_i , $i=1,2$ – коэффициенты, определяющие важность каждого частного критерия, значение которых являются оценками экспертов; N_{\min} , N_{\max} – минимальное и максимальное значение циклической долговечности; $\Pi(S, V)$ – производительность чистовой токарной обработки, 1/мин.; Π_{\min} , Π_{\max} – минимальное и максимальное значение производительности.

Напряжение цикла для наиболее опасного конструктивного элемента детали с учетом условий эксплуатации определялось с помощью метода конечных элементов [8].

Производительность чистовой токарной обработки в (2) представлялась как

$$\Pi(S, V) = \frac{1000Vst}{\pi DLh}, \quad (3)$$

где t – глубина резания, мм; D – диаметр обрабатываемой поверхности, мм; L – расчетная длина обработки, то есть общая длина прохода инструмента в направлении подачи, мм; h – величина припуска, мм;

Таким образом, математическая модель процесса токарной обработки деталей, работающих в условиях циклически переменных нагрузок, представляется совокупностью целевой функции (2) и системы ограничений по подаче, скорости, силе и мощности резания, точности обработки, стойкости инструмента и шероховатости обработанной поверхности.

С целью расширения границ использования данной математической модели на другие материалы группы конструкционных легированных хромистых сталей предложено учитывать реальные свойства исследуемого материала путем определения относительного коэффициента обобщенных характеристик конструкционного материала K_e на основе методов факторного анализа данных по методике, представленной в работе [9]. При этом целевая функция приобретает вид:

$$C(S, V, \sigma) = K_e \left(\alpha_1 \cdot \left(\frac{N(S, V, \sigma) - N_{\min}}{N_{\max} - N_{\min}} \right) + \alpha_2 \cdot \left(\frac{\Pi(S, V) - \Pi_{\min}}{\Pi_{\max} - \Pi_{\min}} \right) \right). \quad (4)$$

Представленная задача многокритериальной оптимизации является многомерной задачей нелинейного математического программирования, для решения которой использован метод скользящего допуска [6].

Так, решение задачи оптимизации с использованием предложенной математической модели позволило определить условия и режимы токарной обработки детали из стали 40Х ГОСТ 4543-71, работающей в условиях циклических нагрузок. При этом методом конечных элементов определено напряжение цикла – 400 МПа. В результате оптимизации комплексной целевой

функции получено значение режима обработки (подачи $S=0,12$ мм/об; скорости резания $V=170$ м/мин и глубины резания $t=0,3$ мм), который обеспечивает максимальное значение циклической долговечности материала детали и наибольшую производительность обработки.

Решение задачи технологического обеспечения максимальных значений циклической долговечности материала детали и производительности ее токарной обработки путем определения оптимальных режимов резания позволяет учесть возможности используемого оборудования и инструмента, точность размеров обработанной поверхности, ее шероховатость, а также реальные свойства исследуемого материала при известной эксплуатационной нагрузке.

Литература:

1. Урядов С.А. Влияние технологий обработки на сопротивление усталости деталей машин/ С.А. Урядов // Справочник.Инженерный журнал. – 2009. – №9. – с.8-11.
2. Сулима А.М. Поверхностный слой и эксплуатационные свойства деталей машин/ А.М. Сулима, В.А. Шулов, Ю.Д. Ягодкин. – М.: Машиностроение, 1988. – 240 с.
3. Суслов А.Г. Инженерия поверхности деталей. / Колл. авт.; под ред. А.Г. Суслова. – М.: Машиностроение, 2008. – 320 с.: ил.
4. P.V. Jadhav, D.S. Mankar•Effect of surface roughness on fatigue life of machined component of Inconel 718 // Bharati Vidyapeeth Deemed University College of Engineering (Pune), International Conference vol. 11, 2010, p. 11.
5. R. M'Saoubi, J.C. Outeiro, H. Chandrasekaran, O.W. Dillon Jr., I.S. Jawahir A review of surface integrity in machining and its impact on functional performance and life of machined products Int. J. Sustainable Manufacturing, Vol. 1, 2008, p. 203–236.
6. Вислоух С.П. Інформаційні технології в задачах технологічної підготовки приладо- та машинобудівного виробництва: моногр. / С.П. Вислоух. – К.: НТУУ «КПІ», 2011. – 488 с.
7. Антонюк В.С. Багатокритеріальна оптимізація технологічних параметрів формування вакуум-плазмових покриттів. / В.С. Антонюк, С.П. Вислоух, В.І. Мірненко, А.В. Рутковський // Вісник Черкаського державного технологічного університету. – Черкаси.: ЧДТУ., 2004. – Вип. № 2. – С. 71–76.
8. Барандич К.С. Створення кінцево-елементної моделі валу та вирішення крайової задачі напружено-деформованого стану. / К.С. Барандич, Вислоух С.П. // Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво) / Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка. Редколегія: С.Ф. Пічугін (головний редактор) та ін. – Вип. 2 (41). – Полтава: ПолтНТУ, 2014. – с. 228-232.
9. Барандич К.С. Вибір раціональних режимів обробки конструкційних матеріалів. / К.С. Барандич, О.В. Волошко, С.П. Вислоух // Процеси механічної обробки в машинобудуванні: Зб. наук. пр. / Відпов. ред. Г.М.Вигльський, к.т.н., проф. – Житомир: ЖДТУ, 2011. – Вип. 10. – с.64-72.

УДК 621.671

ОПТИМИЗАЦИЯ ГЕОМЕТРИИ ЩЕЛЕВОГО УПЛОТНЕНИЯ ПРОТОЧНОЙ ЧАСТИ ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА

¹БЕДА А.И., младший научный сотрудник, ²БЕДА И.Н., доцент,

¹ЗАЙЦЕВ В.И., заведующий отделом

¹ПАО «ВНИИАЭН», г. Сумы, Украина, ²СумГУ, г. Сумы, Украина

Ключевые слова: ротор, щелевое уплотнение, гидростатическая сила.

Реферат: предложен метод оптимизации геометрии щелевого уплотнения проточной части центробежного насоса, позволяющий увеличить жесткостные характеристики гидростатической силы.