

ОПТИМИЗАЦИЯ ХАРАКТЕРИСТИК КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ДЕТАЛЕЙ ПРИ УПРОЧНЕНИИ МЕТОДАМИ ППД

Кокорева О.Г.

Ключевые слова: упрочнение поверхности тяжело нагруженных деталей, поверхностно-пластическая деформация (ППД), параметры качества поверхностного слоя, интенсивность деформации, долговечность, технологический процесс, глубина упрочненного слоя, шероховатость обработанной поверхности.

Аннотация. Проведен сравнительный анализ комплекса моделей технологического процесса для прогнозирования определенных параметров упрочнения поверхности тяжело нагруженных деталей. Разработана методика аналитического прогнозирования параметров качества поверхностного слоя деталей, упрочненных методами поверхностно-пластической деформации. Представлена модель оптимизации технологических процессов, в которой целевой функцией является интенсивность деформации.

OPTIMIZATION OF THE QUALITY CHARACTERISTICS OF THE SURFACE LAYER OF PARTS WHEN HARDENING BY PPD METHODS

Kokoreva O.G.

Keywords: surface hardening of heavy-loaded parts, surface-plastic deformation (SPD), surface layer quality parameters, deformation intensity, durability, technological process, depth of the hardened layer, roughness of the treated surface.

Abstract. A comparative analysis of a complex of technological process models for predicting certain parameters of surface hardening of heavy-loaded parts is carried out. A method of analytical prediction of the quality parameters of the surface layer of parts hardened by surface-plastic deformation methods is developed. A model of optimization of technological processes is presented, in which the target function is the strain intensity.

Достаточно широко распространены динамические методы ППД, характеризующиеся ударным дискретным приложением деформационного усилия (ударная обработка элементами с направленной траекторией, ударная обработка свободными элементами, ударная обработка полужесткими элементами, чеканка) – упрочнение поверхностного слоя. Основные преимущества обработки методами поверхностного пластического деформирования [1]:

- необходимое с точки зрения эксплуатации распределение остаточных напряжений в поверхностном слое;
- минимальное значение высотных параметров шероховатости поверхности;
- равномерная мелкозернистая структура;
- целостность волокон металла;
- упрочнение поверхностного слоя.

Решением одной из основных задач технологического проектирования является создание комплекса моделей технологического процесса, позволяющих прогнозировать ожидаемые параметры упрочнения: степень

деформации, глубину упрочненного слоя, шероховатость обработанной поверхности. В процессе внедрения индикатора в поверхностный слой детали в зоне контакта возникает остаточная вмятина, вокруг которой остается отличающееся от сердцевины детали пластически деформированное пространство глубиной h_n . Прогнозирование параметров упрочнения (глубины упрочненного слоя и степени деформации), учитывающее технологические режимы обработки и физико-химические свойства материала детали, представляет собой сложную научную задачу.

При моделировании взаимодействия сферического индентора с плоской поверхностью получена обобщающая зависимость. Данная модель описывает влияние размеров площади контакта сферы с плоскостью на глубину упрочненного слоя h_n [2]:

$$h_n = \sqrt{\frac{P}{2\sigma_T} - 0,5\left(\frac{d}{2}\right)^2}, \quad (1)$$

где P – контактная нагрузка, σ_T – предел текучести материала детали, d – диаметр контактной площадки индентора с деталью.

Представлена зависимость для определения коэффициента, учитывающего влияние формы пятна контакта:

$$K = 1 - \frac{1}{2} \cdot \left(1 - \frac{b}{a}\right)^4. \quad (2)$$

Тогда с учетом (1) и (2) зависимость для определения глубины упрочненного слоя h_n принимает вид:

$$h_n = 3,8 \cdot R_{и} \cdot \left[1 - \frac{1}{2} \cdot \left(1 - \frac{b}{a}\right)^4\right] \cdot \sqrt{V_{эф} \cdot \sin \alpha} \cdot \sqrt{\frac{\rho_{и}}{k_c \cdot c \cdot \sigma_T}}, \quad (3)$$

где $V_{эф}$ – эффективная скорость обработки; $\rho_{и}$ – плотность материала индентора; k_c – коэффициент несущей способности контактной поверхности.

Согласно, степень деформации ε – условно принимаемое отношение диаметра остающейся от вдавливания лунки d к диаметру вдавливаемой сферы D

$$\varepsilon = \frac{d}{D}.$$

Учитывая, что $HB = 0,2 \cdot HD^{0,89}$, после преобразований [3] получим следующую зависимость для динамических методов ППД:

$$\varepsilon = 0,8 \cdot \sqrt{V_{эф}} \cdot \sqrt{\frac{\rho_{и}}{HB^{1,12}}}, \quad (4)$$

где HB – твердость материала детали по Бринеллю.

На основании представленных зависимостей разработана методика аналитического прогнозирования параметров качества поверхностного слоя деталей, обработанных динамическими методами ППД. Данные зависимости получили экспериментальную проверку и могут применяться для

проектирования высокоэффективных, экономичных технологических процессов (ТП) обработки динамическими методами ППД.

Оптимизация ТП обработки зависит от выбора технических ограничений, определяющих область существования оптимальных решений.

Список литературы

1. Дрозд М.С. Инженерные расчеты упругопластической контактной деформации / М.С. Дрозд, М.М. Матлин, Ю.И. Сидякин. – М: Машиностроение, 1986. – 224 с.
2. Комков В.А., Рабинский Л.Н., Кокорева О.Г., Куприков Н.М. Управление параметрами качества поверхности деталей машин при статико-импульсной обработке // Технология металлов. 2016. №6. С. 16-20.
3. Кокорева О.Г. Исследование параметров качества поверхностного слоя тяжело нагруженных деталей машин, упрочненных методами поверхностно-пластического деформирования // Упрочняющие технологии и покрытия. 2017. №11. С. 487-490.

References

1. Drozd M.S. Engineering calculations of elastic-plastic contact deformation / M.S. Drozd, M.M. Matlin, Yu.I. Sidiyakin. – Moscow: Mechanical Engineering, 1986. – 224 p.
2. Komkov V.A., Rabinsky L.N., Kokoreva O.G., Kuprikov N.M. Control of the parameters of the surface quality of machine parts during static-pulse processing // Technology of Metals. 2016. No. 6. P. 16-20.
3. Kokoreva O.G. Investigation of the quality parameters of the surface layer of heavy-loaded machine parts reinforced by surface-plastic deformation methods // Strengthening technologies and coatings. 2017. No. 11. P. 487-490.

Кокорева Ольга Григорьевна – кандидат технических наук, доцент, Московский авиационный институт (национально-исследовательский университет), г. Москва, Россия, kokoreva_olga_2.11@mail.ru	Kokoreva Olga Grigorievna – candidate of technical sciences, associate professor, Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow, Russia, kokoreva_olga_2.11@mail.ru
---	---

Received 16.06.2021