НАПРЯЖЁННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРИ ШАРИКОВОМ НАКАТЫВАНИИ И ФОРМИРОВАНИЕ ВИНТОВОГО МИКРОРЕЛЬЕФА

Тураев Тиркаш XXX, доцент
Мадаминов Бахром Миродилович, (PhD) доцент
Ферганский государственный технический университет, г. Фергана

В работе рассмотрено напряжённое состояние поверхностного слоя при энергосбригательное метод обработки шариковым накатным инструментом, цилиндрических деталей и формирование регулярного винтового микрорельефа. Процесс основан на контактном взаимодействии вращающегося шарикового инструмента с поверхностью заготовки при осевой подаче, что приводит к пластической деформации поверхностного слоя и образованию упрочнённой структуры. Для оценки напряжений в зоне контакта использована теория упругого контактного взаимодействия Герца для пары «шарик- цилиндр». Получены выражения для приведённого радиуса кривизны, радиуса контактного пятна и максимальных контактных напряжений. Выполнен расчёт для стали 20 при использовании стального шарика, который показал, что возникающие контактные напряжения превышают предел текучести материала, что обеспечивает пластическую деформацию микронеровностей и формирование упрочнённого поверхностного слоя. Шариковое накатывание позволяет формировать регулярный винтовой микрорельеф с повышенной износостойкостью и сниженной шероховатостью поверхности.

Процесс реализуется за счёт контактного взаимодействия вращающегося шарикового инструмента с поверхностью детали, выполненной в виде тела вращения. Заготовка получает осевую или винтовую подачу, что приводит к формированию регулярного винтового микрорельефа. Оценки напряжённого состояния в зоне контакта используется теория упругого Герца, рассматривающая контакт «шарик – цилиндр». Согласно теория приведённый радиус кривизны определяется выражением

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_ш} + \frac{1}{R_Д} = \frac{2}{D_ш} + \frac{2}{D_Д}$$

где: $R_ш = \left(\frac{2}{D_ш}\right)^{-2}$ – радиус шарика, $R_Д = \left(\frac{2}{D_ш}\right)^{-2}$ – радиус детали,

$D_ш$ – диаметр шарика; $D_д$ – диаметр детали.

Контактное взаимодействие и условия пластической деформации напряжённое состояние в зоне контакта шарика с поверхностью детали описывается положениями теории Герца [3].

При действии нормальной силы прижатия в зоне контакта возникают высокие контактные напряжения, которые при превышении предела текучести материала вызывают пластическую деформацию поверхностного слоя.

Расчётные значения максимальных контактных напряжений при шариковом накатывании для углеродистых сталей превышают предел текучести, что

гарантирует пластическую осадку микронеровностей поверхности [1].
Это создаёт условия для сглаживания исходного микро профиля и формирования упрочнённого слоя создавая **контактного винтового пятна и определяется:**

$$a = \sqrt{\frac{3FR'}{4E'}}$$

Приведённый модуль упругости вычисляется по выражению:

$$\frac{1}{E'} = \frac{1-v_1^2}{E_1} + \frac{1-v_2^2}{E_2}$$

Числовой пример (материал детали сталь 20; стальной шарик ШХ 15Х)
Пусть: $D_ш$ = 10 мм; $D_д$ = 40 мм; F = 300 Н; E = 2,1·10⁵ МПа; v = 0,3
тогда:

$$R' \approx 3{,}3 \text{ мм}$$
$$E' \approx 1{,}15 \cdot 105 \text{ МПа}$$
$$a \approx 0{,}085 \text{ мм}$$

Максимальное контактное напряжение определяется по формуле:

$$\sigma_{max} = (3 \cdot F)/(2\pi)a^2, \quad \sigma_{max} \approx 3{,}5 \text{ ГПа}$$

Полученное значение **превышает предел текучести для материала стали 20** ($\sigma_т \approx 245$ МПа), что гарантирует **пластическую деформацию поверхностного слоя.**

Заключение можно сказать, что напряжение по Коши – Грин поверхностной слой деталей изготовленные из стали 20 можно подвергат к обработке пластическими деформирование.

Список литературы

1. Соколов Л.А., Иванов В.И. Поверхностное пластическое деформирование деталей машин. – М.: Машиностроение, 2008. 320 с.

2. Кудрявцев И.В. Контактные напряжения и теория Герца. – М.: Наука, 2005. – 256 с.

3. Turaevich, T. T., & Mirodilovich, M. B. (2020). Physical Foundations Structural-Formation, Surface Layer Of Parts. *The American Journal of Engineering and Technology*, *2*(09), 71-76.

4. Turaevich, T. T., Anvarxodjaevich, B. Y., & Mirodilovich, M. B. (2021). Choosing the optimal processing method to improve the productivity of machine tools and machine systems. *International Journal of Multicultural and Multireligious Understanding*, *8*(5), 490-494.

5. Тураев, Т. Т., Акрамов, М. М., & Мадаминов, Б. М. (2023). ИЗУЧЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО БАЛАНСА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДА ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТНЫМ ПЛАСТИЧЕСКИМ ДЕФОРМИРОВАНИЕМ. *European Journal of Interdisciplinary Research and Development*, *14*, 290-295.