

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ МЕХАНІКИ ТА АВТОМАТИКИ АПВ НААН
ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**



***ЗБІРНИК
ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ***

***X Міжнародної науково-технічної конференції з нагоди
116-ї річниці від дня народження
доктора технічних наук, професора,
члена-кореспондента ВАСГНІЛ,
віцепрезидента УАСГН
КРАМАРОВА
Володимира Савовича
(1906-1987)***

«КРАМАРОВСЬКІ ЧИТАННЯ»

***23-24 лютого 2023 року
м. Київ***

УДК 338.24

ДОСЛІДЖЕННЯ ФОРМУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ЯКОСТІ ПОВЕРХНЕВОГО ШАРУ ДЕТАЛЕЙ

О. В. БАРАНОВА асистент

П. М. ПОЛЯНСЬКИЙ канд. екон. наук, доцент

Миколаївський національний аграрний університет, м. Миколаїв

Проведено детальний аналіз одиначної взаємодії індентора з поверхнею деталі. Для побудови моделі одиначної взаємодії при динамічних методах поверхневого пластичного деформування (ППД), використана методика Е.Ф. Непомнящего. Розглянуто випадок косоного зіткнення гладкою жорсткою сфери з деформованою поверхнею деталі при діапазоні кутів взаємодії від $75^{\circ} \leq \alpha < 90^{\circ}$. При впровадженні враховувалося тільки ковзання кульки по поверхні деталі, виключаючи його можливе перекочування. Отримано залежність для визначення обсягу металу, деформованого за один удар кульки об поверхню оброблюваної деталі:

$$V = 8,9 \cdot R^3 \cdot \left(k_{uu}^{0,5} \cdot k_v \cdot A \cdot \gamma \cdot \sin \alpha \cdot \sqrt{\frac{\rho_{uu}}{3 \cdot k_s \cdot c \cdot \sigma_T}} \right)^{\frac{5}{2}} \cdot (0,87 \cdot \operatorname{ctg} \alpha - 0,47 \cdot f)$$

де R – радіус кульки; ρ_{uu} – щільність матеріалу кульки;

k_{uu} – коефіцієнт, що враховує вплив шорсткості поверхні деталі на площу фактичного контакту;

k_v – коефіцієнт втрати швидкості при видаленні гранули від стінки робочої камери;

c – коефіцієнт несучої здатності контактної поверхні;

σ_T – межа плинності матеріалу деталі;

a – кут зустрічі кульки з поверхнею деталі;

f – коефіцієнт тертя ковзання кульки по матеріалу оброблюваної деталі.

При проектуванні технологічних процесів обробно-зміцнюючої обробки, основними завданнями є аналітичний розрахунок очікуваного ступеня деформації, глибини зміцненого шару і шорсткості поверхні. При впровадженні індентора в поверхню деталі в зоні контакту виникає залишкова вм'ятина (пластичний відбиток) навколо якої завжди є пластично деформована область, яка поширюється на деяку глибину h_n . Аналітичне визначення товщини зміцненого шару і ступеня деформації в залежності від фізико-механічних властивостей матеріалу деталі і параметрів процесу є дуже складним завданням. В результаті теоретичних досліджень отримані уточнені залежності для визначення глибини зміцненого шару, що відрізняються урахуванням впливу форми плями контакту, яку описує коефіцієнт K :

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

де a і b – піввісі еліпса контакту.

Відомо, що при динамічних методах ППД визначення величини контактної навантаження P і зусилля зіткнення представляє значні труднощі, тому визначення глибини зміцнення проводилося через параметри, які легко обчислити або визначити з дослідів. При виведенні теоретичних залежностей для визначення глибини зміцненого шару і ступеня деформації враховувалося умова пластичності Генки-Мізеса, при якому $\sigma_i = \sigma_T$, де σ_i – інтенсивність напружень.

Глибина зміцненого шару h_n для вібраційної обробно-зміцнюючої обробки ВОЗО:

$$h_n = 3,8 \cdot R \cdot \left[1 - \frac{1}{2} \left(1 - \frac{b}{a} \right)^4 \right] \cdot k_{ef} \cdot A \cdot \gamma \cdot \sin \alpha \cdot 4 \frac{\rho_{ш}}{k_c \cdot c \cdot \sigma_T}$$

де k_{ef} – узагальнюючий коефіцієнт ефективної швидкості;

A – амплітуда коливань робочої камери;

γ – частота коливань робочої камери.

Для ВРОЗО:

$$h_n = 3,8 \cdot R \cdot \left[1 - \frac{1}{2} \left(1 - \frac{b}{a} \right)^4 \right] \cdot k_{ef} \cdot \omega \cdot R_{ef} \cdot \sin \alpha \cdot 4 \frac{\rho_{ш}}{k_c \cdot c \cdot \sigma_T}$$

де R_{ef} – ефективний радіус ротора;

ω – частота обертання дна робочої камери (ротора).

Залежність для визначення глибини зміцненого шару h_n при обробці кулькового стержневого зміцнювача (КСЗ) отримана з урахуванням того, що на формування якісних характеристик поверхневого шару при даному виді обробки впливають такі фактори: енергія удару ударника E_y , число стрижнів в насадці N , діаметр заточування індентора (стержня) $D_{ін}$, втрати енергії при ударі, що враховуються ККД η ; фізико-механічні властивості матеріалу деталі:

$$h_n = 1,68 \cdot \sqrt[4]{\frac{E_y \cdot \eta \cdot D_{ш}}{N \cdot HB^{1,12} \cdot 10^6}}$$

де $D_{ін}$ – радіус заточування індентора;

HB – твердість матеріалу деталі по Брінеллю в кгс/мм².

Під ступенем деформації ε , відповідно до робіт Кудрявцева І.В., умовно приймається відношення діаметра від вдавнення лунки d до діаметра сфери D , що вдавлюють.

$$d = \left(\frac{D \cdot E_y}{0,1 \cdot HD} \right)^{\frac{1}{4}}$$

де HD – динамічна твердість матеріалу деталі в Па.

На практиці досить часто вдаються до перерахунку одних чисел твердості в інші. Дані перерахунки проводяться виключно на основі емпіричних

залежностей, які в повному обсязі описують внутрішні зв'язки між різними числами твердості. Представлені залежності для визначення ступеня деформації отримані з урахуванням переведення твердості по Брінеллю ($\text{кгс}/\text{мм}^2$) в динамічну твердість (МПа):

$$HB = 0,2 \cdot HD^{0,89}$$

Для визначення ступеня деформації при обробці деталей динамічними методами ППД отримані наступні залежності:

для ВОЗО:

$$\varepsilon = 0,8 \cdot \sqrt{V_{\text{эф}}} \cdot \sqrt[4]{\frac{\rho_{\text{ш}}}{HB^{1,12} \cdot 10^6}}$$

для КСЗ:

$$\varepsilon = 0,67 \cdot \sqrt[4]{\frac{E_y \cdot \eta}{N \cdot HB^{1,12} \cdot R_3^3 \cdot 10^6}}$$

де R_3 – радіус заточки стержня.

При проектуванні технологічних процесів обробно-зміцнюючої обробки є важливим визначення необхідного часу обробки деталі. Важливо уникати таких явищ при обробці як перенаклеп, який призводить до зниження міцності, відшаровування, луцення поверхневого шару металу і появи тріщин в ньому.

Для найбільш точного прогнозування і планування технологічного процесу отримана залежність для розрахунку часу обробки при заданому кількості F деформування всього обсягу поверхневого шару товщиною необхідною для формування заданих параметрів зміцнення:

$$t_F = \frac{4 \cdot h_{\text{max}} \cdot F \cdot R^2}{V_s \cdot f_e}$$

де F – необхідна кількість повторюваних ударів в одну і ту ж точку оброблюваної поверхні;

V_s – деформується обсяг металу, укладений в кульовий сегмент радіуса R і висотою h_{max} ;

f_e – частота циклів впливу маси кульок на поверхню деталі.

Список використаних джерел

1. Олейник Н. В. Поверхностное динамическое упрочнение деталей машин / Н. В. Олейник, В. П. Кычин и др. – Киев : Техника, 1984. – 150 с.
2. Киричок П. О. Зміцнення поверхонь металевих деталей / П. О. Киричок, В. Г. Олійник, Т. Ю. Киричок – Київ : Преса України, 2004. – 240 с.
3. Heywood R.B. Designing against fatigue. – London: Chapman and Hall Ltd., 2002. – 504 p.