

УДК 621.924.9

## ІНТЕНСИВНІСТЬ РУЙНІВНОЇ ДІЇ ДРОБОСТРУМИННОГО ФАКЕЛУ ПРИ ОЧИЩЕННІ МЕТАЛЕВИХ ПОВЕРХОНЬ.

### Повідомлення 2. Експериментально-аналітична оцінка

*О.В. Горик, д.т.н., професор, завідуючий кафедрою  
О.М. Брикун, асистент (Полтавська державна аграрна академія)  
Черняк Р.Є, генеральний директор (Компанія «АвтоКрАЗ»)*

Короткі відомості стосовно руйнівної дії дробоструминного факелу при очищенні металевих поверхонь наведені у повідомленні 1. «Експериментальна оцінка», де подано експериментальний метод встановлення в умовах виробництва коефіцієнту інтенсивності руйнування поверхневого шару оброблюваних виробів.

Однак при оптимізації технологічних процесів дробоструминного очищення в умовах виробництва, не завжди доцільно і можливо проводити експериментальні дослідження, особливо які пов'язані з визначенням об'єму деформованого металу. У зв'язку з цим, пропонуємо методику експериментально-аналітичної оцінки інтенсивності руйнування, коли об'єм  $W_{вид}$  видаленого металу визначається експериментальним шляхом, а об'єм  $W_{деф}$  металу, що деформується, аналітичним шляхом. У запропонованій методиці об'єм деформованого металу пов'язується з аналітично визначеним об'ємом лунки сліду, який залишає атакуюча дробинка на металевій поверхні. Для цього необхідно встановити його параметри: глибину  $h_{сл}$ , ширину  $b$  та довжину  $l$ .

Поставивши силу дії дробинки в залежність від динамічної твердості, на підставі теорії динамічного удару, отримана формула максимального значення глибини  $h_{сл}$  проникнення абразивної частинки діаметром  $d_{оп}$  в оброблювану поверхню у вигляді

$$h_{сл} = v_n \sqrt{m_{оп} (1 - k_e^2) (1 - \eta) / H_\delta \pi d_{оп}}, \quad (1)$$

де  $v_n = v \sin \alpha$  – нормальна складова швидкості атаки  $v$  під кутом  $\alpha$ ;  $k_e$  – коефіцієнт відновлення швидкості;  $\eta$  – коефіцієнт, що враховує втрати кінетичної енергії атакуючої дробинки на внутрішнє тертя в металі;  $H_\delta$  – динамічна твердість оброблюваного металу.

При незмінному гранулометричному складі технічного дробу, глибина заглиблення дробинки буде пропорційна нормальній складовій швидкості атаки. У зоні контактування проходить зміна фізико-механічного стану металу, що відображається на значеннях  $k_e$  і  $\eta$ , а також на динамічній твердості  $H_\delta$  оброблюваного металу.

Установлено [1], що для металів за деяких умов коефіцієнт відновлення швидкості змінюється за такою залежністю:  $k_e = 1 - \alpha v$

( $\alpha = 0,08 \dots 0,32 \text{ c/m}$  – коефіцієнт пропорційності) при вихідній швидкості атаки  $v_0 \leq 3,5 \text{ м/с}$ . Однак така формула не може бути застосована для швидкостей атаки  $v \geq 80 \text{ м/с}$ , які є звичайними для дробоструминного очищення сталевих виробів. Для таких швидкостей атаки коефіцієнт відновлення можна визначити за такою залежністю:

$$k_e = k_{e0} (v_{zp} - v) / (v_{zp} - v_0), \quad (2)$$

де  $k_{e0}$  – коефіцієнт відновлення при швидкості удару  $v_0$ , який наводять у технічних довідниках;  $v_{zp}$  – деяка гранична швидкість атакуючого тіла, при якій коефіцієнт відновлення приймає нульове значення;  $k_e$  – коефіцієнт відновлення при поточній швидкості удару  $v$ .

Беручи функціональну залежність  $\eta = f(v)$  пропорційною, поточні значення коефіцієнта втрат  $\eta$  на внутрішнє тертя при дробоструминному очищенні, що входить до (1), можна визначити за такою формулою:

$$\eta = \eta_0 + (v - v_{вих}) (1 - \eta_0) / (v_{zp} - v_{вих}), \quad (3)$$

де  $\eta_0 \approx 0,8$  – коефіцієнт втрат при початковій швидкості атаки  $v_{вих} = (80 \dots 100) \text{ м/с}$ ;  $v_{zp}$  – деяка гранична швидкість атаки, при якій вся кінетична енергія атакуючої дробинки йде на нагрівання місця контакту з оброблюваною поверхнею.

Безумовно, динамічна твердість  $H_o$  є основним технічним показником, який характеризує поведінку поверхневого шару металевого виробу в процесі ударного навантаження атакуючими дробинками оброблюваної поверхні. Під динамічною твердістю металу слід розуміти здатність чинити опір проникненню в нього стороннього тіла (дробинки). Обґрунтування динамічної твердості металу поверхневого шару залежно від режимів дробоструминної дії задача не проста і потребує окремого розгляду. Тут зупинимося на спрощеному підході до визначення динамічної твердості  $H_o$  в умовах заводських досліджень. Так, формула (1) передбачає рівність

$$H_o \approx 0,5 c_n \sigma_s / \sqrt{1 + \mu^2}, \quad (4)$$

де  $c_n \leq 8$  – коефіцієнт, що враховує підвищення несучої здатності оброблюваної поверхні за рахунок наявності наклепу залежно від енергії атакуючих дробин, який за певних умов може досягати й більшого значення;  $\sigma_s$  – межа текучості оброблюваного металу при динамічній дії;  $\mu$  – коефіцієнт тертя ковзання контактуючих поверхонь.

Зважаючи на малість величини  $\sqrt{1 + \mu^2}$  порівняно з одиницею прогнозувати динамічну твердість поверхневого шару при визначенні глибини лунки сліду (1) можна за виразом  $H_o \approx 0,5 c_n \sigma_s$ , звернувши увагу на обґрунтування можливих меж зміни значень коефіцієнта  $c_n$  та межі текучості  $\sigma_s$ .

Ширина сліду дорівнює діаметру сферичної лунки глибиною  $h_{сл}$ . А ось для визначення довжини сліду необхідно дослідити процес утворення лунки. Тут слід відмітити, що тангенціальне переміщення центру дробинки при оптимальних кутах атаки  $\alpha > 40^\circ$  і швидкостях атаки  $v > 100 м/с$  [2] незначне в порівнянні з умовним діаметром (повною довжиною відбитку сліду). Окрім цього, відповідно до пружно-пластичної моделі [3], для даних технологічних режимів дробоструминної очистки, утворення сліду у вигляді лунки переміщенням дробу в тангенціальному напрямку поглинається утворенням сферичної форми лунки нормальним переміщенням. Це дає можливість при визначенні об'єму сферичної лунки сліду оперувати тільки глибиною проникнення дробинки по нормалі

$$w_{сл} = \pi h_{сл}^2 (1,5d_{др} - h_{сл}) / 3, \quad (5)$$

сконцентрувавши увагу на параметрі шорсткості поверхні  $R_z \approx h_{сл}$ , що легко зробити в заводських умовах.

Від усередненого об'єму сліду (5), переходимо до об'єму деформованого металу  $W_{деф}$  [формула 2, повідомлення 1] й далі до шуканого коефіцієнту інтенсивності руйнування  $k_{руйн} = W_{вид} / W_{деф}$  при експериментально встановленому об'єму видаленого металу  $W_{вид}$ .

Геометрія сліду, залишеного дробинкою на оброблюваній металевій поверхні, визначені аналітично гарно погоджуються з експериментальними значеннями [повідомлення 1].

Викладена методика дає можливість технологічним службам машинобудівних заводів з достатньою для практики точністю розраховувати експериментально-аналітичним методом коефіцієнт інтенсивності руйнування поверхневого шару металевих виробів при їх дробоструминному очищенні, скоротивши експериментальні дослідження по визначенню об'єму деформованого металу.

### Список використаних джерел

1. Гольдсмит В. Теоретические и физические свойства соударяемых тел. – М.: Стройиздат, 1965. – 448 с.
2. Горик А.В. Оптимизация угла атаки дробеструйного факела при очистке металлических поверхностей / А.В. Горик, С.Б. Ковальчук, С.В. Яхин // Динаміка та міцність енергетичних і сільськогосподарських машин та біотехнічних систем. – Полтава: Сімон. – 2015. – С. 77-84.
3. Gorik A. V. Elastoplastic deformation of the surface layer of machinery constructions on shot blasting / A. V. Gorik, A. P. Zinkovskii, R. E. Chernyak, A. N. Brikun // Strength of Materials. – 2016. – Vol. 48, №. 5. – PP. 650–657.