

ВСТАНОВЛЕННЯ ГРАНИЧНОЇ ШВИДКОСТІ АТАКИ ПРИ ДРОБОСТРУМИННОМУ ОЧИЩЕННІ

Горик О.В., доктор технічних наук, професор

Брикун О.М., асистент

Матяшевський В.Є, здобувач вищої освіти СВО «Магістр»

Полтавська державна аграрна академія

Визначення оптимальних режимів дробоструминного очищення поверхні металевих виробів від різного роду окисних відкладень і механічних забруднень достатньо складна інженерна задача, при вирішенні якої необхідно враховувати великий об'єм фізичних, економічних і організаційних чинників.

Продуктивність дробоструминного очищення значною мірою визначається стійкістю використовуваного технічного дробу, що залежить від швидкості атаки дробинками оброблюваної поверхні [1]. Є очевидним, що з підвищенням швидкості атаки стійкість дробу зменшується. Для різних способів механічної обробки конструкційних матеріалів, наприклад, точіння, фрезерування, стругання, функціональну залежність $T = f(v)$ прийнято виражати формулою запропонованою Ф. Тейлером:

$$T = \frac{C_T}{v^{\frac{1}{m}}}, \quad (1)$$

де C_T – постійна, що залежить від матеріалу оброблюваного виробу; T – технологічний час роботи інструменту до затуплення; m – показник відносної стійкості; v – швидкість різання.

Слід відмітити, що спроби дослідників механічних способів обробки теоретичного розрахунку зносу інструментів, тобто стійкості T , за допомогою єдиної формули не досягли бажаного. Цьому перешкоджає надзвичайна складність процесів механічної обробки, на перебіг яких впливає дуже багато різних параметрів [2].

Для кожного виду механічної обробки певних конструкційних матеріалів існують граничні (межові) швидкості різання, перевищення яких руйнівню діє на інструменти і катастрофічно зменшує собівартість виконуваної операції.

Враховуючи викладене, розглянемо фізичну суть поведінки

твердої частинки (дробинки) в процесі удару по оброблюваній поверхні зі швидкістю v за пружно-пластичною моделлю [3]. Представимо дробинку у вигляді рівновеликої за об'ємом щодо сфери діаметром d циліндра висотою d і діаметром d_1 (рис 1). Об'єм сферичної дробинки становить $V_{cf} = \pi d^3/6$, а об'єм циліндричної частинки – $V_u = \pi d_1^2 d/4$. Згідно прийнятій умові $V_{cf} = V_u$, тому діаметр циліндричної дробинки $d_1 = 0,82d$.

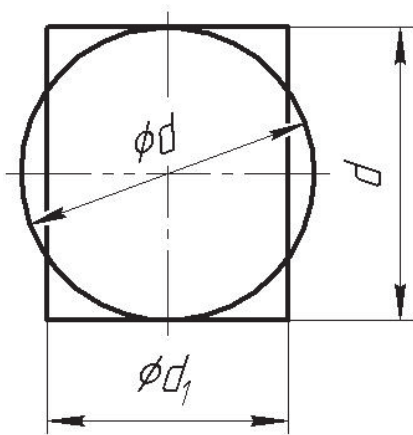


Рис. 1. – Рівновеликий циліндр

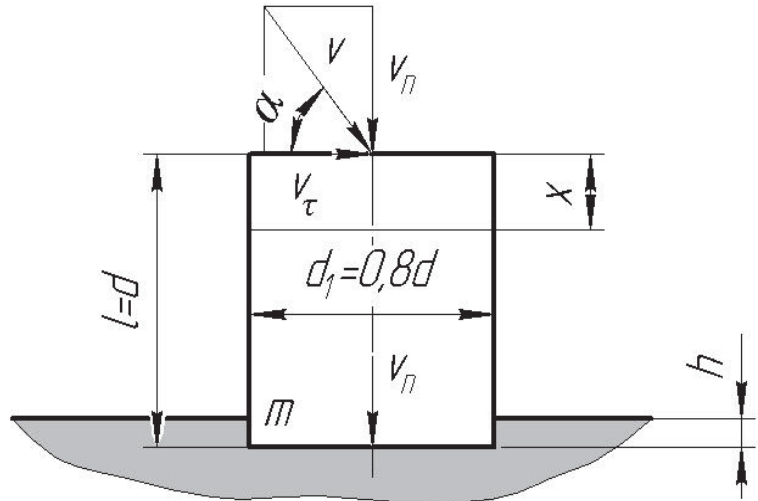


Рис. 2 – Взаємодія циліндричної дробинки з нерухомою перешкодою

Найбільш небезпечним для міцності циліндричної дробинки при ударі в плоску нерухому перешкоду (плиту) буде момент закінчення заглиблення на деяку глибину h , коли оброблювана поверхня майже не деформується і вся енергія від удару поглинається деформацією дробинки, що при високих швидкостях атаки v приводить до руйнування дробинки (рис. 2).

У момент удару між дробинкою і нерухомою плитою виникає тиск рівний силі інерції ударяючого тіла, що складається з сил інерції окремих його частинок. Приймаючи, що у момент удару всі елементи циліндра отримують одне і теж прискорення (направлене вгору), отримуємо, що напруження в нашій системі будуть такими ж, неначе як до всіх частин атакуючого циліндра були прикладені рівномірно розподілені за об'ємом сили інерції.

Таким чином, динамічне навантаження циліндра буде подібне до статичного навантаження його власною вагою. Тому залежність між його потенційною енергією деформації при ударі U_d і найбільшим

динамічним напруженням в нижньому перерізі $\sigma_{\partial \max}$ буде такий же, як зв'язок між U_c і $\sigma_{c \max}$ при статичному навантаженні власною вагою циліндра, опертого нижнім торцем. В цьому випадку напруження в будь-якому перерізі, віддаленому на відрізок x від верхнього торця, рівне:

$$\sigma_x = \gamma x = \sigma_{c \max} \frac{x}{l}, \quad (2)$$

де $\sigma_{c \max} = \gamma l$ – напруження в нижньому перерізі.

Потенційна енергія, накопичена в елементі довжиною dx , віддаленого від верхнього торця на відстань x , становить

$$dU_c = \frac{\sigma_x^2}{2E} dx f = \frac{\sigma_{c \max}^2}{2E} f \frac{x^2}{l^2} dx, \quad (3)$$

де $f = 0,785d_1^2 = 0,785(0,82d)^2 \approx 0,5d^2$ – площа поперечного перерізу атакуючого циліндра; $l = d$ – довжина атакуючого циліндра.

Вся енергія U_c дорівнює:

$$U_c = \int_0^l dU_c = \frac{f \sigma_{c \max}^2}{2El^2} \int_0^l x^2 dx = \frac{\sigma_{c \max}^2}{6E} fl. \quad (4)$$

При ударі

$$U_\partial = \frac{\sigma_{\partial \max}^2}{6E} fl. \quad (5)$$

Прирівнюючи потенційну енергією деформації кінетичній енергії удару $T = U_\partial$, отримуємо

$$\frac{mv_n^2}{2} = \frac{\sigma_{\partial \max}^2}{6E} fl, \quad (6)$$

де m – маса дробинки; v_n – нормальна складова швидкості атаки, що діє під кутом α .

Замінюючи f і l у формулі (6), отримуємо

$$mv_n^2 = \frac{\sigma_{\partial \max}^2}{3E} 0,5d^3. \quad (7)$$

Звідси знаходимо, що

$$v_n = \sqrt{\frac{\sigma_{\partial \max}^2 d^3}{6mE}}. \quad (8)$$

Враховуючи що $v_n = v \sin \alpha$, маємо

$$v = \frac{1}{\sin \alpha} \sqrt{\frac{\sigma_{\text{дmax}}^2 d^3}{6mE}}. \quad (9)$$

Підставляю у формулу (9) замість максимального динамічного напруження $\sigma_{\text{дmax}}$ значення руйнуючого напруження $\sigma_{\text{руйн}}$, яке згідно [4], можна визначити за співвідношенням

$$\sigma_{\text{руйн}} = 8 \sqrt{\frac{2jE}{\pi c}}, \quad (10)$$

де j – питома поверхнева енергія вуглецевої сталі; E – модуль пружності вуглецевої сталі; c – довжина мікротріщин в дробинці.

Знаходимо граничну швидкість атаки $v_{\text{зр}}$, яка приводить до руйнування дробинки

$$v_{\text{зр}} = \frac{1}{\sin \alpha} \sqrt{\frac{\sigma_{\text{руйн}}^2 d^3}{6mE}}. \quad (11)$$

Оскільки, маса дробинки $m = \pi d^3 \rho / 6$, то формулу (11) можна перетворити таким чином

$$v_{\text{зр}} = \frac{1}{\sin \alpha} \sqrt{\frac{\sigma_{\text{руйн}}^2}{\pi \rho E}}. \quad (12)$$

За нашими розрахунками гранична швидкість атаки для сталевого коленого дробу фракції 1, тобто з діаметром описаної сфери $d = 1 \text{ мм}$, складає $\approx 160 \text{ м/с}$, що відповідає експериментальним даним.

Таку граничну швидкість $v_{\text{зр}} = 160 \text{ м/с}$ можна досягти при швидкості вильоту дробинки із сопла $v_0 = 200 \text{ м/с}$ і відстані від зрізу сопла до оброблюваної поверхні $l \approx 0,1 \text{ м}$. При цьому швидкість витікання повітряного потоку з дробоструминного сопла повинна бути не менше $v_{\text{в}} = 420 \text{ м/с}$. А це можливо при використанні сопел Лавалю.

Слід відмітити, що оптимальною відстанню від сопла до оброблюваної поверхні вважають відрізок $l = 0,3 \text{ м}$. Тому досягнення граничної швидкості на відстані $l = 0,3 \text{ м}$ потребує швидкості витікання повітряного потоку $v_{\text{в}} \approx 500 \text{ м/с}$, що пов'язане з підвищенням енергетичних витрат на проведення дробоструминного очищення.

Враховуючи викладене, можна зробити наступні висновки:

- характеристики міцності використовуваного технічного дробу не дозволяють атакувати оброблювану поверхню зі швидкостями $v_{sp} \geq 160 \text{ м / с}$;
- граничні швидкості атаки призводять до істотного зниження довговічності технічного дробу, що не допустимо;
- економічно вигідними є швидкості атаки, які менші граничних швидкостей в 1,6 – 2,5 разу, що підтверджені експериментальними даними, і складають $v_{am} = 64 – 100 \text{ м / с}$.

Список використаних джерел

1. Горик О.В., Брикун О.М., Черняк Р.Є. Вибір економічно оптимальної швидкості атаки при дробеструменевому очищенні металевих поверхонь. Вісник Сумського національного аграрного університету. 2016. Вип. 10/3. С. 27-30.
2. Вульф А.М. Резание металлов. Москва: Машиностроение, 1973. 496 с.
3. Упругопластическое деформирование поверхностного слоя машиностроительных конструкций при дробеструйной обработке / А.В. Горик, А.П. Зиньковский, Р.Е. Черняк, А.Н. Брикун. Проблемы прочности. 2016. № 5. – С. 74-83.
4. Ван Флек Л. Теоретическое и прикладное материаловедение. Пер. с англ. Москва: Атомиздат, 1975. 472 с.

УДК 378.6:63:378

ШЛЯХИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ БОЛОНСЬКОГО ПРОЦЕСУ В АГРАРНИХ ВНЗ

*Антонець А.В., кандидат педагогічних наук, доцент
Полтавська державна аграрна академія*

Болонський процес – це процес структурного реформування національних систем вищої освіти країн Європи, зміни освітніх програм і потрібних інституційних перетворень у вищих навчальних закладах Європи. Його метою є створення європейського наукового та освітнього простору задля підвищення спроможності випускників вищих навчальних закладів до працевлаштування, поліпшення