

ОПТИМАЛЬНИЙ КУТ АТАКИ МЕТАЛЕВИХ ПОВЕРХОНЬ ПРИ ДРОБЕСТРУМЕНЕВОМУ ОЧИЩЕННІ

Горик О.В., д.т.н., проф.

Ковальчук С.Б., к.т.н.

Ландар А.А., к.т.н., доц.

Полтавська державна аграрна академія, м. Полтава

Надійність роботи інженерних конструкцій, споруд та інших конструкційних систем тісно пов'язана із технічним станом їх робочих поверхонь. При експлуатації деталі машин контактують один з одним або з навколишнім середовищем. В результаті виникають процеси корозії металевих, бетонних та інших поверхонь, утворення на них окалини, пригару, а також мають місце різні механічні забруднення. Від якості поверхневого шару залежать експлуатаційні властивості елементів конструкцій – опір втомному руйнуванню, зносостійкість, корозійна стійкість та ін. Тому виникають питання розробки ефективних технологічних процесів підготовки поверхонь елементів конструкцій для подальшого нанесення ґрунтового шару захисного покриття. Ця проблема є важливим техніко-економічним завданням сучасного машинобудівного виробництва, будівельної індустрії, аграрного сектора, енергетики та інших галузей.

Найбільш поширеним і найменш вивченим технологічним процесом абразивної обробки знежирених металевих поверхонь з метою видалення оксидної плівки, пригару, зварювального флюсу, а також формування рівномірної шорсткості поверхні є дробеструменеве очищення.

Одним із основних параметрів процесу дробеструменевого очищення є кут атаки (α) – кут між віссю симетрії повітряно-абразивного факела і оброблюваною поверхнею. Кут атаки визначає вид руйнування поверхневого шару оброблюваного металевого виробу. У випадку атаки по нормалі ($\alpha = 90^\circ$) не відбувається відносного переміщення дробинки уздовж оброблюваної площини і переважає ударно-абразивний вид руйнування, який характеризується малоцикловим втомним руйнуванням мікроскопічних об'ємів металу поверхневого шару, викликаним повторним прикладанням динамічного навантаження при пружному і пружно-пластичному деформуванні. В основі ударно-абразивного руйнування лежить пряме динамічне проникнення в метал твердї частинки на певну глибину і пов'язана з ним деформація, яка завершується руйнуванням мікроскопічних об'ємів металу і утворенням продуктів руйнування [1]. Дробинка, проникаючи в оброблювану поверхню, прагне зсунути метал перемичок між слідами дробинки шляхом повторного деформування із подальшим

кришенням. В таких умовах взаємодії твердої частинки з оброблюваною поверхнею опір відриву стає основним критерієм руйнування [2].

Атака по нормалі призводить до хаотичного утворення мікроскопічних нерівностей на поверхні, швидкого розколювання дробинки і значного шаржування оброблюваної поверхні осколками дробу, що негативно впливає на якість поверхні [3].

У випадку атаки оброблюваної поверхні під кутом $\alpha < 90^\circ$ відбувається відносне переміщення дробинки уздовж оброблюваної поверхні, що призводить до фрикційно-абразивного виду руйнування поверхневого шару. Початковий етап фрикційно-абразивного руйнування характеризується проникненням у оброблювану поверхню абразивних частинок на невелику глибину із її пружним деформуванням. При цьому дробинки ковзають по поверхні із значним тертям. У ході подальшого збільшення глибини проникнення відбувається пластична деформація поверхневого шару, внаслідок спрямованого руху абразивних гранул метал накопичується попереду ріжучої кромки дробинки, що призводить до відділення дрібної стружки, тобто, до мікроскопічного різання. При дробеструменевому очищенні під гострим кутом атаки, крок слідів дробинки у поздовжньому напрямку більше від кроку слідів в поперечному напрямку. Гострий кут атаки уповільнює швидкість розколювання дробинки, таким чином, підвищуючи їх стійкість, і істотно зменшує шаржування обробленої поверхні осколками дробу, що позитивно відбивається на якості очищеної поверхні.

Викладене дає підставу зробити висновок про те, що дробеструменеве очищення необхідно виконувати під певним гострим кутом, який має забезпечити високу продуктивність очищення, рівномірну шорсткість оброблюваної поверхні, максимальну стійкість дробинки і найменше шаржування поверхневого шару осколками дробу.

Природно, що високу продуктивність дробеструменевого очищення можна досягти за максимально можливою стійкістю дробинки, що також є запорукою найменшого шаржування оброблюваної поверхні осколками дробу, який відрізняється за хімічним складом від виробу який очищується.

Зменшення кута атаки збільшує частину абразивної дії дробинки, тобто мікроскопічного різання, в загальній роботі руйнування поверхневого шару, в результаті якого спостерігається деяке збільшення (~20%) продуктивності дробеструменевого очищення при збереженні втомного механізму руйнування. У випадку атаки $\alpha \rightarrow 0^\circ$ пластична деформація поверхневого шару стає мізерною, і знімання металу здійснюється практично тільки шляхом мікроскопічного різання. Оскільки мікроскопічне різання вимагає відповідного зусилля притиснення дробинки до оброблюваної поверхні, як при шліфуванні, то при малих кутах атаки спостерігається мінімальна продуктивність знімання поверхневого шару виробу.

Для встановлення оптимального кута атаки в основу покладено пружно-пластичну модель [4] взаємодії окремо взятої твердої сферичної дробинки з

оброблюваною поверхнею із поширенням отриманого результату на роботу всього абразивного факела.

Абсолютна продуктивність відділення частинок металу у процесі дробеструменевого очищення виражається обсягом відділеного металу за одиницю часу і пропорційна продуктивності деформації поверхні, що пов'язана з параметрами сліду, який залишає атакуюча дробинка у поверхневому шарі виробу.

Нормальна і тангенціальна складові продуктивності деформації очищення визначаються так: $Q_n = Q_{n.1} k_{em} (B/m)$, $Q_\tau = Q_{\tau.1} k_{cmp} (B/m)$.

Абсолютну продуктивність Q_w відділення частинок металу можна визначити як суму цих складових

$$Q_w = (Q_{n.1} k_{em} + Q_{\tau.1} k_{cmp}) (B/m).$$

Тут $Q_{n.1}$ і $Q_{\tau.1}$ – нормальна і тангенціальна складові продуктивності деформації однієї дробинки; k_{em} – коефіцієнт втомного руйнування металу; k_{cmp} – коефіцієнт утворення стружки при мікроскопічному різанні; B/m – кількісна подача дробинки за одиницю часу; B – масова подача дробу через дробеструменеве сопло за одиницю часу; m – маса однієї дробинки.

Коефіцієнти k_{em} і k_{cmp} характеризують різну природу руйнування поверхневого шару металу при дробеструменевому очищенні. У реальних технологічних межах зміни кута атаки для низьковуглецевих сталей після нормалізованого відпалу при швидкостях атаки $v \geq 100$ м/с і діаметрах дробу $d_{op} = 0,6...2,0$ мм ці коефіцієнти в експериментах змінювалися в межах: $k_{em} \approx 0,05...0,20$, $k_{cmp} \approx 0,15...0,50$. Слід відмітити, що значення цих коефіцієнтів головним чином залежать від кута атаки. Найбільших значень при заданих вихідних даних вони досягали при $\alpha = 35^\circ...60^\circ$, спадаючи до найменших при кутах атаки близьких до 0° і 90° .

Оптимальний кут атаки з точки зору абсолютної продуктивності очищення можна визначити, побудувавши графічні залежності складових продуктивності і їх суми від кута атаки при заданих вихідних значеннях швидкості руху дробу і його діаметра.

На рис. 1 наведено відповідні експериментально-аналітичні графіки залежностей продуктивності та її складових від кута атаки при вихідних значеннях: $v = 120$ м/с, $d_{op} = 1,0$ мм і експериментальних значеннях коефіцієнтів руйнування k_{em} і k_{cmp} поверхні, що очищається.

Як бачимо з експериментально-теоретичних графіків, зміна кута атаки в межах $52^\circ...65^\circ$ дозволяє досягти найбільш високої сумарної продуктивності дробеструменевого очищення металевих виробів за умов, близьких до прийнятих вихідних даних.

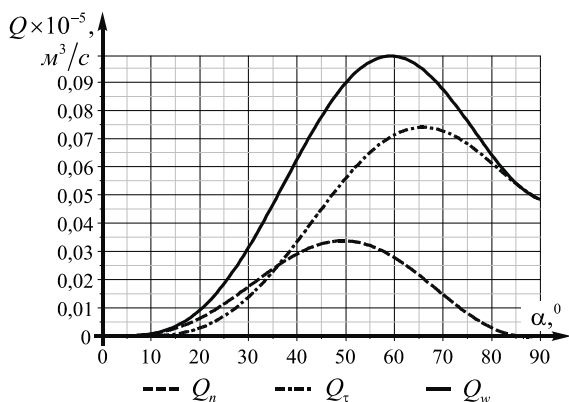


Рис. 1. Графіки залежності продуктивності окремої дробинки від шуканого кута атаки

Змінивши вихідні умови, аналогічно можна обчислити оптимальний кут атаки з точки зору максимальної продуктивності для інших режимів очищення. Слід зазначити, що зі збільшенням швидкості атаки максимальна продуктивність досягається при менших кутах атаки.

У зв'язку з цим необхідно відмітити, що отримані результати щодо кута атаки відповідають оптимальним технологічним режимам дробеструменевого очищення усіх марок вуглецевих сталей, які пройшли відповідну термічну обробку.

Література

1. Виноградов В.Н. Изнашивание при ударе / В.Н. Виноградов, Г.М. Сорокин, А.Ю. Албагачиев. – М.: Машиностроение, 1982. – 192с.
2. Макклінток Ф. Деформация и разрушение материалов / Ф. Макклінток, А. Аргон; пер. с англ. – М.: Мир, 1970. – 443с.
3. Пичко А.С. Шероховатость поверхности после дробеструйной обработки / А.С. Пичко // Лакокрасочные материалы и их применение. – 1967. – №4. – С.33-36.
4. Горик А.В. Упругопластическая модель ударного взаимодействия твердой частицы с плоской металлической поверхностью / А.В. Горик, С.Б. Ковальчук, Г.А. Шулянский // Бетон и железобетон в Украине. – Полтава, 2013. – 1 (71). – С.13-21.