

УДК 621.923.7

М.В.Пікула

Національний університет водного господарства та природокористування, Україна

ДО ПИТАННЯ ПРО ВІБРАЦІЙНЕ ВИДАЛЕННЯ ОКАЛИНИ

M.V.Pikula

THE QUESTION VIBRATING DESCALING AN OXIDE LAYER

Ключові слова: високотемпературне окислення, окалина, вібраційна установка

Теплова обробка деталей, пов'язана з нагріванням і охолодженням сталей на повітрі чи у продуктах згоряння, супроводжується утворенням окалини. Її наявність на поверхнях деталей знижує їх властивості, зокрема естетичні (товарний вигляд), технологічні (збільшується витрата інструментів при подальшій обробці та погіршується складання вузлів через зміну розмірів), експлуатаційні (зменшується термін служби машин).

Окалина складається з трьох шарів - вюститу FeO , гематиту Fe_2O_3 і магнетиту Fe_3O_4 . Їх послідовність в окаліні відповідає послідовності фаз на діаграмі стану "залізо-кисень": до металу прилягає вюстит, далі в напрямку газового середовища – магнетит, а гематит розташовується на межі фаз "окалина-повітря". У мікросхліфі окалини добре помітні ці шари окислів із чіткими межами розділу: тонкий шар гематиту, далі - шар магнетиту і найтовстіший шар вюститу, який примикає до металу. В ньому можна розрізнити два приблизно рівних підшари - внутрішній, більш пористий, і зовнішній. По межі поділу цих фаз підшарів окалина відносно легко відокремлюється від металу.

Зовнішня поверхня окалини, внаслідок селективного відбиття світла, гладка. При детальному розгляді помітні порушення суцільності - тріщини, пухирі, пористість, відшаровування. Це викликано наявністю в окаліні напруженого стану, причинами якого є різниця в об'ємах металу й окалини, яка утворилася, а також у їх коефіцієнтах лінійного розширення; різній спроможності складових фаз до пластичних деформацій, надлишковий тиск окису вуглецю в процесі його вигорання; умови охолодження і механічні впливи. Оскільки чинники, пов'язані з виникненням напруг, важко охарактеризувати кількісно, то неможливо передбачити розміри напруги стиску і їх дію. Проте переважні порушення суцільності - тріщини.

Важливу роль в технології очищення деталей відіграють міцність окалини та її зчеплення з металом. Міцність зчеплення окалини з металом обумовлена хімічним складом і структурою металу й окалини, їх механічними характеристиками, умовами окалиноутворення. Великий вплив на значення сил зчеплення окалини і металу має вид окалини. При нагріванні заготовок у нагрівальних пристроях утворюється первинна (пічна) окалина, період утворення якої - десятки хвилин, іноді - години, а товщина шару досягає кілька міліметрів. У процесі обробки заготовки по ходу технологічного процесу й охолодження на повітрі, після опадання пічної, утворюється вторинна (повітряна) окалина. Час окислення - від кількох секунд до хвилини, а товщина плівки - не більше 0,1...0,3 мм. Повітряна окалина має міцніше зчеплення, ніж пічна.

Закон руйнування окалини в загальному вигляді повинен виражати залежність швидкості її руйнування від силових і кінематичних параметрів (динамічний тиск на поверхнях контакту, швидкість відносного ковзання робочих інгредієнтів), параметрів, які характеризують склад, структуру і механічні властивості абразивного середовища, стану поверхневого шару окалини, наявності в робочій зоні хімічно активних рідин.

Руйнування окалини в середовищі абразивних гранул, які вільно коливаються, представляє собою результат дії різних механізмів: мікрорізання; крихкого руйнування;

пластичного деформування; гідромолекулярного руйнування. При видаленні окалини, яка є практично крихким тілом, переважним є її крихке руйнування, що виникає в результаті багатократних ударів абразивних гранул. Його розглядають з позицій механізму накопичення порушень суцільності і їх розповсюдження в результаті багатоциклового навантаження, величина якого за цикл менша границі міцності окалини. Руйнування починається зі змін на мікро- та субмікроскопічному рівні. В окаліні, де мікроскопічні порушення суцільності є вже в початковому стані, навіть при невеликому зростанні зовнішніх дій розміри і щільність мікропорушень швидко зростають і може відбутись руйнування. Енергія, яка підводиться до окалини, перетворюється в енергію деформації, яка накопичується в матеріалі, і в поверхневу енергію тріщини. При досягненні певної критичної довжини тріщина буде розповсюджуватись самовільно, адже при цьому сумарна енергія буде зменшуватись. Тріщини, з'єднуючись між собою, утворюють макротріщину, яка розрихлює окаліну. Заключна стадія руйнування характеризується ростом однієї з макротріщин, яка поглинає сусідні, утворюючи магістральну тріщину та поверхню руйнування.

Оскільки процеси деформування відбуваються в мікрооб'ємах нерівномірно напруженого полікристалічного конгломерату, яким є окаліна, а саме руйнування зароджується в зонах з найбільшою ймовірністю поєднання найбільшого підвищення напруги і зменшення міцності, то очевидна статистична природа зародження, розвитку і заключних стадій втомленісного руйнування [2]. Це приводить до ймовірної інтерпретації процесу крихкого руйнування і великого розсіювання чисел циклів навантажень, необхідних для утворення тріщин і руйнування, яке збільшується з наближенням амплітуди напруг до границі втоми.

Для проведення досліджень з вибору технологічних параметрів вібраційного видалення окалини був проведений експеримент з очищення зразків на експериментальній установці з об'ємом робочої камери 3 дм³. Кутова амплітуда коливань робочої камери 2...7 градусів, частота 17...22 Гц. Робоча камера описує складні кутові коливання, під дією яких інгредієнти робочого середовища здійснюють інтенсивну циркуляцію, що створює умови для високопродуктивної обробки. Одночасно з коливанням, маса завантаження здійснює і повільний обертовий рух. Як робочі середовища використовувалися абразив формований ПТС-8 (гранули 10...15 мм) та абразив природний „Байкаліт” (15...20 мм), а як технологічна рідина - 2-відсотковий розчин кальцинованої соди, який залишався у робочій камері на весь цикл обробки. Для досліджень були виготовлені зразки зі сталі 45 циліндричної, призматичної та кубічної форми, які пройшли подвійну термічну обробку - гартування та високе відпускання.

Технологічними параметрами, які варіювалися при проведенні експериментів, були кутова амплітуда коливань, їхня частота, час обробки, ступінь заповнення робочої камери технологічною рідиною. Критерієм оцінки продуктивності процесу було вибрано питоме вагове видалення окалини з поверхні зразка. Кількість видаленої окалини фіксувалося за допомогою аналітичних ваг через кожні 10 хвилин обробки при відбиранні з камери трьох зразків (на їх місце завантажувалися аналогічні зразки-баласти).

В результаті досліджень встановлено експериментальні закономірності процесу вібраційного видалення окалини. Це багатофакторний процес, інтенсивність якого залежить від амплітуди і частоти коливань та траєкторії руху робочої камери, часу обробки, характеристики і розмірів робочого середовища, об'єму робочої камери і ступеня її заповнення, а також властивостей окалини. В основі механізму лежить спільна дія на окаліну механічної енергії у вигляді множинних мікроударів часток робочого середовища і фізико-хімічних властивостей технологічної рідини.