

В.І. Осипенко, д.т.н., проф.

Л.Д. Мисник, к.т.н., доц.

Н.В. Філімонова, к.т.н., доц.

М.В. Хандюк, ст. викладач

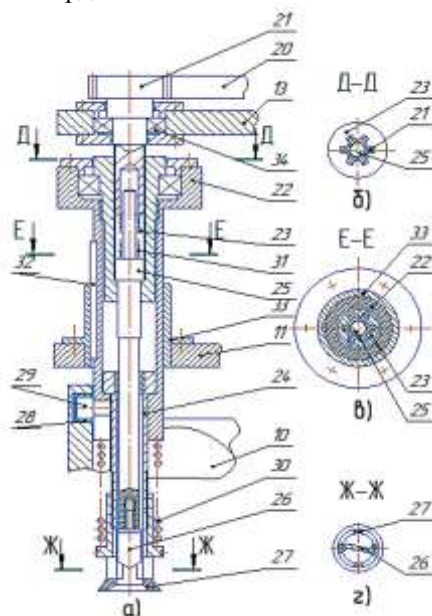
Черкаський державний технологічний університет

ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ РОБОТИ ПЕРОВОГО СВЕРДЛА ПРИ ВИСВЕРДЛЮВАННІ КОРЕНЕВИЩА РІПЧАСТОЇ ЦИБУЛІ

Консервна промисловість – одна з основних галузей харчової промисловості, яка дає змогу скоротити витрати часу на приготування їжі в домашніх умовах, урізноманітнити раціон громадського харчування, забезпечити протягом року населення продуктами з сировини, що росте тільки у визначений період року [1]. В сучасних виробництвах проблеми підвищення надійності і довговічності машин і обладнання є особливо актуальними. Витрати на підтримку працездатності різноманітних технічних об'єктів і систем постійно збільшуються [2]. Аналіз даних по ремонту обладнання у харчовій і переробній промисловості показує, що основні причини відмов технічних об'єктів це зношування, втомне руйнування, корозія тощо, повинні бути ретельно вивчені і по можливості усунуті. Втрати працездатності виробів внаслідок відмов призводять до простоїв, значних витрат на ремонт та запасні частини [2]. Тому підвищення зносостійкості вузлів тертя машин і захист від корозії і передчасного зношування найбільш вразливих елементів конструкції апаратів є основним з головних напрямків підвищення надійності та довговічності устаткування галузі. Навіть на сьогоднішній день зношування інструментів при обробці різноманітних харчових продуктів є складною специфічною проблемою [2].

Мета роботи полягає в підвищенні ефективності експлуатації різального інструменту шляхом формування на ріжучих поверхнях плазмовим напиленням зносостійких покриттів на основі нітриду титану з подальшим дослідження їх мікрогеометрії за використанням методів растрової електронної мікроскопії (РЕМ) та атомно-силової мікроскопії (АСМ). Для висвердлювання кореневища та обрізання стебла ріпчастої цибулі була розроблена машина [3].

На рис. 1 зображено базовий вузол машини: свердлильну головку для висвердлювання кореневища та обрізання стебла ріпчастої цибулі. Із креслень (рис. 1) видно, що обертання здійснює тільки свердло 26, а інші частини голівки для висвердлювання кореневища цибулин здійснюють лише зворотно-поступальні рухи. Таким чином при роботі даної свердлильної головки, завдяки добре продуманій кінематиці, найбільш зношуваним органом є різальний інструмент – перове свердло.



а) розріз свердлильної головки; б), в) і г) поперечні розрізи свердлильної головки

10 – копія; 11 – нижній диск; 13 – верхній диск; 20 – центральна шестерня; 21 – колесо зубчасте; 22 – стакан; 23 – муфта шліцьова; 24 – шток; 25 – шпиндель; 26 – свердло перове; 27 – тримач; 28 – ролик; 29 – палець; 30 – пружина; 31 – пружина; 32 – шпонка; 33 – маточина; 34 – підшипник

Рис. 1. Свердлильна головка машини для висвердлювання кореневища ріпчастої цибулі

Надійність та довговічність роботи перового свердла у великій мірі пов'язана з якісним станом поверхневого шару різальних поверхонь. Від параметрів цього шару залежать експлуатаційні властивості – опір втомі, зносостійкість, корозійна стійкість, опір контактній втомі тощо [4]. В сучасних умовах для свердління ріпчастої цибулі зазвичай найбільш часто використовується наступна конструкція перового свердла – корпус/основа з AISI 304, а ріжуча кромка – загартована AISI 420. З врахуванням наведеного об'єктами дослідження були зразки вирізані на електроерозійному вирізному верстаті з різальних кромek перового свердла у формі секторів диска із

загартованої нержавіючої сталі AISI 420, діаметром 3,5 мм і товщиною 2 мм, які були розділені на дві групи:

- зразки без покриття TiN;
- зразки, які мали шар покриття TiN (до 13 мкм).

В результаті проведеного комплексу досліджень встановлені особливості формування наноструктурних покриттів нітриду титану на різальних поверхнях комбінованим PVD-методом з подальшою низькоенергетичною електронно-променевою обробкою (ЕПО).

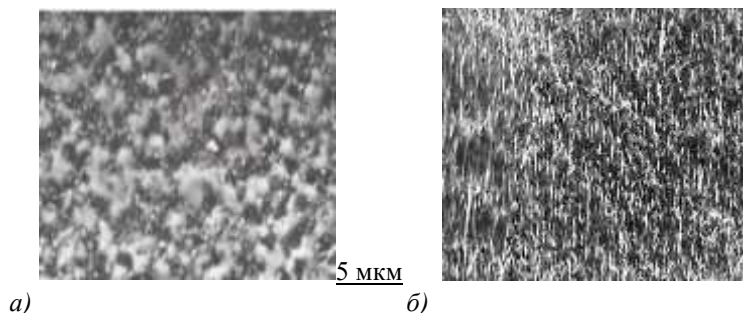


Рис. 2. Електронно-мікроскопічні знімки поверхні газофазного покриття TiN на сталі AISI 420 (час осадження 15 хв (а) та подальшої ЕПО протягом 7 с (б))

Електронно-променева модифікація осаджених покриттів TiN (рис. 2.б), призводить до зменшення їх поруватості, а кристаліти утворених формувань мають голкоподібну форму з чітко вираженим напрямком їх утворення вздовж напрямку дії електронного потоку стрічкової форми. Така електронна дія дозволила суттєво покращити структуру поверхні сформованого газофазним осадженням покриття TiN.

Аналіз поверхонь зразків показав, що в процесі тривалої експлуатації відбувається їх руйнування (збільшення мікронерівностей з $60 \div 90$ нм до $280 \div 350$ нм, поява мікротріщин, відколів та інших мікродефектів), яке призводить до різкого зниження функціональних властивостей цих покриттів і працездатності інструменту в цілому. При цьому, на зразках з покриттям TiN, яке було отримане PVD-методом з подальшою електронно-променевою обробкою мікродефекти не спостерігаються, а мікронерівності за цей же час експлуатації (800 годин) збільшувалися з $50 \div 60$ нм до $85 \div 130$ нм, що не є критичним для стану поверхні.

Проведеними склерометричними дослідженнями встановлено, що критичне навантаження, при якому з'являлися перші відколи і відшаровування покриття з нітриду титану, складало $135 \div 165$ Н, що значно перевищує критичне ударне навантаження в 10 Н/мм² при експлуатації перового свердла машини для обрізання стебла та кореневища ріпчастої цибулі. Результати дослідження перового свердла машини для обрізання кінців цибулі та висвердлювання серцевини без покриття та з покриттям TiN з подальшою низькоенергетичною електронно-променевою обробкою дозволили підвищити термін експлуатації інструменту з покриттям до 2200 годин (55 робочих днів експлуатації) порівняно з свердлом без покриття до 800 годин (20 робочих днів експлуатації) при зусиллі на свердло 186 Н.

Список літератури:

1. Консервна промисловість: традиції та інновації. Вітчизняний та світовий досвід [Електронний ресурс]: наук.-допом. бібліогр. показч. / [упоряд. О. В. Олабоді] ; Нац. ун-т харч. технол., Наук.-техн. б-ка. – Київ, 2020. – 265 с.
2. Надійність обладнання харчової галузі. Навчальний посібник /Ю.Г. Сухенко, І.П. Паламарчук, М.М. Жеплінська, М.М. Муштрук, Д.П. Журавель/. Київ: ЦП “КОМПРИНТ” 2019. 375 с.
3. Хандюк М.В. Нова конструкція машини для обрізання кінців ріпчастої цибулі. Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія : Технічні науки. Випуск 1 (89). Т. 1. Вінниця : 2015. С. 62-67.
4. Kucharska, B., Czarniak, P., Kulikowski, K., Krawczyńska, A., Roźniatowski, K., Kubacki, J., Szymanowski, K., Panjan, P., & Sobiecki, J. R. (2022). Comparison Study of PVD Coatings: TiN/AlTiN, TiN and TiAlSiN Used in Wood Machining. Materials, 15(20), 7159. <https://doi.org/10.3390/ma15207159>.