

**Любін М. В.**

к.т.н., доцент

**Токарчук О.А.**

к.т.н., доцент

*Вінницький національний  
аграрний університет***Lyubin M.****Tokarchuk O.***Vinnitsia National  
Agrarian  
University***УДК 621.993.1.02****DOI: 10.37128/2306-8744-2019-1-6**

## **ВПЛИВ ХІМІКО-ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ ІНСТРУМЕНТУ НА ПРОЦЕС ВИГОТОВЛЕННЯ МЕТРИЧНИХ РІЗЕЙ У ВАЖКООБРОБЛЮВАНИХ СТАЛЯХ**

На сьогоднішній день для забезпечення ефективності виготовлення внутрішніх різей у важкооброблюваних матеріалах передові німецькі фірми використовують швидкорізальні сталі марок HSS, HSS-E, PM HSS-E з новим хімічним складом. Іноді для зниження сил тертя та покращення ріжучих властивостей інструменту використовують зносостійкі покриття

В статті проводиться аналіз впливу хіміко-термічної обробки для вітчизняних інструментальних сталей: P18; P12; P9; P6M5; P6M3.

Різноманітні згадані способи хіміко-термічної обробки інструменту забезпечують, хоч і різною мірою, підвищення стійкості ріжучого інструменту, а стосовно безстружкових мітчиків інформація суперечлива [1].

Тому для досягнення позитивного результату необхідно додатково провести наукові дослідження згідно впливу технологічних показників на процес виготовлення внутрішніх різьб безстружковими мітчиками після хіміко-термічної обробки інструменту.

**Ключові слова:** різьба, мітчики, зносостійкі покриття, температура, твердість, стійкість, сили тертя.

**Постановка проблеми.** Більше 60% деталей сучасних машин і механізмів мають різьбові отвори. Нарізання різей мітчиками, особливо у високопластичних сталях, зі складною технічною операцією. Одним з прогресивних напрямів у сучасній технології машинобудування є розробка та впровадження процесів обробки деталей без знімання стружки. Велику ефективність, зокрема, забезпечує метод пластичного деформування при виготовленні зовнішніх різьбових поверхонь.

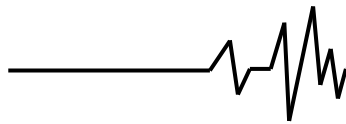
В останні роки в нашій країні і за кордоном розроблено метод пластичного формоутворення внутрішньої різьби безстружковими мітчиками, які мають високу продуктивність. Маючи специфічні особливості, цей метод, не може загалом замінити обробку отворів ріжучими мітчиками, але може допомогти виступити у якості важливого доповнення при виготовленні різьбових отворів.

Для зменшення сил тертя і покращення технологічного процесу отримання різьбових отворів у важкооброблюваних матеріалах можна застосувати зносостійке покриття [15, 16].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Основним інструментом для нарізання різьб невеликих діаметрів був і залишається мітчик. Однак робота мітчика в таких матеріалах, як нержавіючі, жароміцні, кислотостійкі сталі вельми ускладнюється. Дуже часто традиційним інструментом її взагалі неможливо виконати [2].

Нарізання різьби одна з найбільш повільних операцій в металообробці, яка принципово відрізняється від інших тим, що подача визначається кроком різьби, а не режимами обробки [3].

Перераховані вище проблеми частково дозволяє вирішити німецька фірма GUHRING, яка займається виготовленням металоріжучих інструментів. Для виготовлення мітчиків фірма



GUHRING (Німеччина) використовує [2].  
нижчезазначені марки швидкорізальних сталей

Таблиця 1.

## Мітчики фірми GUHRING

Позначення	Область застосування	Хімічний склад у %
HSS	Стандартна швидкоріжуча сталь для універсального застосування	0,9C 4,2Cr 5,0 Mo 2,0V 6,5W
HSS-E	Покращена швидкоріжуча сталь, що володіє високою стабільністю ріжучої кромки, важливою при чистовій обробці або при точному різанні	1,2C 4,2Cr 5,0 Mo 3,0V 6,5W
PM HSS-E	Порошкова швидкоріжуча сталь, дуже щільна структура, висока міцність, стабільність ріжучої кромки.	1,3C 4,2Cr 5,0 Mo 3,1V 6,4W 8,5Co

**Мета досліджень.** пошук можливостей зменшення сил тертя в технологічних процесах виготовлення різьбових отворів у нержавіючих сталях методом хімічної та термічної обробки.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Нарізання внутрішніх метричних різьб (M2...M24) в пластичних матеріалах традиційними мітчиками часто супроводжується такими проблемами як налипання стружки на мітчик, низька якість одержуваної різьби, а також низька продуктивність.

Для зниження сил тертя і поліпшення різальних властивостей мітчиків можна застосувати хіміко-термічну обробку інструмента.

Хіміко-термічна обробка застосована з метою підвищення твердості поверхневих шарів ріжучого інструменту, полягає в дифузійному насиченні поверхневих шарів азотом і вуглецем в газових або рідких середовищах.

1. Хіміко-термічна обробка інструменту.

Хіміко-термічна обробка в газових середовищах (азотизація, нітроцементация і ін.) не отримала широкого розповсюдження.

Види хіміко-термічної обробки в рідких середовищах (ціанування, карбонітрація і інші) відрізняються, в основному, хімічним складом солей.

Раніше широко використовувався метод ціанування в ваннах, що містять ціаніди калію і натрію. В даний час метод ціанування практично не використовується, оскільки ціаніди є сильнодіючими отруйними речовинами і не відповідають сучасним

вимогам техніки безпеки і охорони навколишнього середовища.

Найбільш ефективним методом хіміко-термічної обробки є карбонітрація. Суть методу, запропонованого проф. Прокошкіним Д.А. [4] полягає в тому, що інструмент після звичайної термічної обробки (загартування, відпустки, остаточної шліфовки і заточування) піддають нагріванню в активній соляній ванні для дифузійного насичення азотом і вуглецем.

Найбільш ефективними для карбонітрації є неотруйні солі ціановокислий калій і ціановокислий натрій. При нагріванні в атмосферних умовах відбувається окислення цих солей з утворенням активних газів: азоту і окис вуглецю, які в момент виділення мають високу хімічну активність, взаємодіють з поверхнею інструменту, адсорбуються і дифундують у глибину останньої.

Поверхневий шар робочої частини інструменту збагачується азотом і вуглецем, в результаті чого утворюються фази Fe<sub>3</sub>(N, C) і Fe<sub>4</sub>(N, C), що призводять до різкої зміни його властивості.

Залежно від марки сталі карбонітрації здійснюють при температурі ванни 540...560°C. Тривалість витримки у ванні при вказаній температурі в залежності від виду та розміру інструменту, становить 10...90 хвилин. У кожному випадку оптимальний час встановлюють експериментально. Твердість карбонітрированого шару виходить рівною 1000...1100 одиниць Віккерса (HRC 70...72).

Проведені порівняльні випробування прорізних фрез, мітчиків, свердел і інших інструментів зі сталі марок P18, P6M5, P14F4 підданих карбонітрації, показали підвищення їх



стійкості у 2...4 рази в порівнянні зі стійкістю стандартно оброблених інструментів.

На підставі проведених досліджень [9] Д.А. Прокошкін вважає, що метод карбонітрації широко доступний і може бути включений без великих витрат в технологічний процес на будь-якому машинобудівному заводі, оскільки має незрівнянні переваги перед ціануванням, азотуванням, нітроцементацією і іншими подібними процесами.

Однак, в даний час є відомості про те, що при проведенні стійкісних випробувань ріжучих мітчиків М14х1,5 і М24х2 зі сталі Р6М5, підданих карбонітрації, зафіксовано не підвищення, а навпаки, зниження їх стійкості порівняно зі звичайними мітчиками. Мітчики, які піддавалися карбонітрації виходили з ладу в основному через викришування різьби, сильно нагрівалися, а розмір середнього діаметра різьби гайок зменшувався і виходив за межі допуску. На підставі цього припущення, що карбонітрації слід піддавати тільки такі інструменти, як: розгортки, зенкери, свердла, фрези і протяжки.

Даних про порівняльні випробування безстружкових мітчиків, які пройшли карбонітрацію немає. Тому представляє безперечний інтерес вирішення питання про можливість підвищення стійкості безстружкових мітчиків за рахунок карбонітрації їх робочої частини.

## 2. Обробка інструменту холодом.

За наявними даними [4, 5, 6] у 1972 році з метою підвищення стійкості сталевого ріжучого інструменту було запропоновано кілька методів його ударного глибокого охолодження. Ці методи є подальшим розвитком відомого методу обробки сталі холодом А.П. Гуляєва [7].

В даний час випробувані чотири методи обробки інструменту шляхом ударного глибокого охолодження.

1-й метод обробки холодом готового інструменту.

Обробку готового інструменту за цим методом здійснюють наступним чином: остаточно виготовлений за звичайною технологією інструмент занурюють в рідкий азот і витримують в ньому протягом 10 хвилин після придбання всією масою інструменту температури рідкого азоту ( $-196^{\circ}\text{C}$ ).

Існуючі методи вимірювання твердості, металографічний і рентгенівський, аналізи не дозволяють виявити при цьому будь-яких змін в готовому інструменті, викликаним ударним охолодженням. Однак, встановлено, що мартенситне перетворення в матеріалі інструменту відсутнє. Явище підвищення стійкості інструменту (без збільшення його твердості) пояснюють в даному випадку підвищенням теплопровідності сталі, а також

зменшенням адгезії – налипання оброблюваного матеріалу на інструмент.

Відзначається, що при випробуваннях різних інструментів, оброблених за першим методом, спостерігається великий розкид даних, що характеризують підвищення стійкості інструменту (від 2 до 100, 130 раз). Припускають, що викликано це різною передісторією інструменту: застосуванням методу виготовлення заготовки інструменту і особливо його термообробкою (температурою і методом гартування, кількістю і умовою проведення відпуску і ін.). Так, випробуваннями інструменту, виготовленого із сталі Р18, Р12 і Р9 встановлено, що в разі проведення менше трьох відпусків (при температурі  $560^{\circ}\text{C}$ ) зазвичай спостерігається багаторазове підвищення стійкості; при проведенні відпуску більше трьох (або трьох відпусків та додаткової хіміко-термічної обробки з температурою близькою до 500%) підвищення стійкості відсутнє; якщо проведено три відпуски, то результати можуть бути різними і залежать від конкретних умов проведення закалювання і відпусків. Вказується, що стійкість інструменту, виготовленого зі сталі Р18 і Р9 підвищувалася у...20 разів; в 100, 130 раз; спостерігалось підвищення стійкості мітчиків М8 зі сталі Р18 при обробці нержавіючої сталі через відсутність налипання оброблюваного матеріалу на інструмент. Причому підвищення стійкості інструменту виявляється, в основному, при обробці твердих і в'язких матеріалів. Стабільного підвищення стійкості інструменту, виготовленого зі сталі Р6М5 і Р6М3 не зафіксовано: в одних випадках підвищення стійкості спостерігалось, в інших – не спостерігалось. Підвищена стійкість інструменту зі сталі Р18 не знижується після тривалого зберігання (протягом 4..5 років) і багатьох переточувань. У той же час відмічено, що стійкість інструменту зі сталі Р6М5, підвищена в кілька разів шляхом обробки холодом, через 5-7 днів знижувалася до первісної (незалежно від того, зберігався цей інструмент на складі, або знаходився в експлуатації). Однак, питання про залежність ефективності даного методу від тривалості перерви між обробкою інструменту холодом і початком його експлуатації вимагає подальшого вивчення.

2-й метод обробки інструменту холодом після звичайного гартування.

Обробку інструменту з даним методом здійснюють наступним чином: проводять звичайне загартування інструменту, і як тільки він набуває певної температури, його миттєво занурюють в рідкий азот і витримують протягом 10 хвилин після закінчення місцевого бурхливого кипіння азоту. Після вилучення



інструменту з рідкого азоту і самовільного нагріву, на повітрі до кімнатної температури, інструмент піддають одноразовому відпуску (високотемпературного або низькотемпературного) або ж, в деяких випадках, відпуску не роблять.

У результаті спостерігаються мартенситне перетворення, твердість інструменту, обробленого за цим методом, підвищується. Недолік методу полягає в можливості появи випадків розтріскування ряду сталей в результаті перетворення залишкового аустеніту в мартенсит. З метою виключення цього, запропоновано декілька варіантів, які дозволяють усунути випадки розтріскування виробів. Наприклад, заготовки інструменту витягають до закінчення мартенситного перетворення, тобто витримки в рідкому азоті менше 1/3 часу бурхливого кипіння, або ж негайно після загартовування заготовку підвішують над рідким азотом поблизу його поверхні і витримують протягом 30...60 хвилин.

3-й метод обробки інструменту холодом з температурою загартовування.

Здійснюється цей метод наступним чином: за встановленою звичайною технологією інструмент нагрівають до температури загартовування і роблять необхідну витримку, після чого інструмент миттєво занурюють в рідкий азот і витримують в ньому протягом 10 хвилин після закінчення бурхливого кипіння. При даному методі рідкий азот використовується в якості середовища що гартується. Тому даний метод називають ще криогенним загартовуванням або криозагартовуванням.

Обробка інструменту даним методом скорочує до мінімуму число операцій термообробки, оскільки після проведення криозагартовування не потрібно проводити навіть одноразовий низькотемпературний відпуск. Встановлено, що при проведенні криозагартовування в сталі протікає багато різних процесів: подрібнення зерна і карбідів; мартенситне перетворення; поверхневе азотування; зниження концентрації вуглецю в аустеніт в результаті дифузії вуглецю та ін.

4-й метод обробки інструменту холодом з температурою відпуску.

Здійснюється цей метод наступним чином: виконують звичайне загартовування заготовки інструменту; потім заготовку нагрівають до температури відпуску, встановленої для даної сталі, після чого миттєво занурюють її в рідкий азот.

Спільними перевагами зазначених методів є те, що всі вони забезпечують, хоча і в різному ступені, підвищення стійкості ріжучого інструменту, зменшення шорсткості обробленої поверхні і підвищення точності обробки. Велике

зацікавлення представляє поєднання ударного, глибокого охолодження з іншими відомими способами підвищення якості інструменту, такими як лазерне зміцнення, магнітна обробка, іоноплазмове нанесення різних покриттів і т.д.

Однак, в технічній літературі даних по апробації перерахованих вище методів обробки інструменту холодом, стосовно безстружкових мітчиків, призначеним для виготовлення різьбових отворів в нержавіючих сталях, не виявлено.

Ефективним методом підвищення стійкості ріжучого інструменту є нанесення на робочі поверхні інструменту зносостійких плівок високої твердості покриттів (товщиною 4...5 мкм.) Найбільш поширеним є вакуумний іоноплазмовий метод нанесення покриттів. Він заснований на плазмовому розпиленні металу у вакуумі. Плазмовий потік металу, що рухається у напрямку до інструменту, проходить через струмінь реактивного газу (азоту), що супроводжується хімічною реакцією, в результаті якої утворюються нітриди молібдену або титану. Потік прискорюється шляхом подачі до інструменту негативного потенціалу, в результаті осадження на інструмент покриття супроводжується прискореним бомбардуванням в електричному полі іонами, що сприяє отриманню досить щільного покриття. Для нанесення іоновакуумних покриттів на металорізальний інструмент з успіхом застосовуються установки типу "Пуск", Булат "і ін. Існує достатньо відомостей, що підтверджують високу ефективність нанесення покриттів на різні інструменти. Однак, даних про ефективність нанесення плівок високої твердості на робочу частину безстружкових мітчиків немає.

Підвищення стійкості інструменту шляхом використання електричних явищ, що виникають в зоні контакту інструменту з оброблюваною деталлю. Процес зносу різальних кромки інструменту представляє собою складну сукупність механічних, фізичних, хімічних, електричних явищ, які можуть знижувати або, навпаки, інтенсифікувати знос.

Зокрема відомо, [8, 9, 10, 11, 12] що при різанні металів в зоні контакту інструменту зі стружкою і оброблюваною деталлю через нагрівання, і внаслідок різнорідності інструментального та оброблюваного матеріалів виникають термоелектрорухоючі сили (термо-е.р.с). При певних умовах термо-е.р.с. можуть виникати також в зонах контакту інструменту і оброблюваної деталі з верстатом і в зонах контакту деталей що труться об верстат.

Крім того, при різанні спостерігаються і різні термомагнітні і гальваноманітні ефекти. Значне нагрівання поверхонь контакту може



супроводжуватися термоелектронною емісією. В результаті дії цих факторів при обробці металів різанням металевими ріжучими інструментами по контуру верстат-інструмент-виріб-верстат проходить результуючий термострум. Термострум, що проходить по контуру, інтенсифікує знос інструменту. Механізм цього явища полягає в тому, що термострум викликає електричну дифузію, під якою мається на увазі перерозподіл компонентів інструментального та оброблюваного матеріалів при проходженні струму через мікроплощі фактичного взаємного контакту інструменту зі стружкою і оброблюваною деталлю.

Г. Опітц [8] та інші вважають, що термострум сприяє окисленню поверхні інструменту і, отже, прискорюють його знос.

Зменшення електродифузійного зносу домагаються трьома основними методами:

– метод розриву ланцюга результуючого термоструму, що виникає при різанні. Це найпростіший і доступний метод, при використанні якого ланцюг термоструму розривається шляхом електричної ізоляції інструменту або оброблюваної деталі від верстата. В цьому випадку результуючий термострум через зону різання не проходить, але, внаслідок різного ступеня нагріву окремих ділянок поверхонь контакту інструменту зі стружкою і оброблюваної деталлю, на них виникають термоелектрорухомі сили різної величини і між окремими ділянками контактних поверхонь циркулюють локальні термоструми, які також мають деякий вплив на знос інструменту;

– компенсаційним методом. При цьому методі від стороннього джерела в зону різання вводиться е.р.с., полярність якої протилежна полярності результуючої термо-е.р.с., а величина дорівнює останній. В цьому випадку результуюча величина струму, що проходить через зону різання, стає рівною нулю і локальні термоструми в певній мірі компенсуються. Зазначений метод складніше і дорожче попереднього, оскільки для введення е.р.с. в зону різання, необхідно інструмент і оброблювану деталь ізолювати від верстата і знати справжню величину результуючого термоструму, для чого потрібні додаткові виміри;

– методом протитоку. При цьому методі від стороннього джерела в зону різання вводиться е.р.с., полярність якої протилежна полярності результуючої термо-е.р.с., а величина її перевищує величину результуючої термо-е.р.с. В результаті через зону різання проходить струм в напрямку, протилежному напрямку термотока. За складністю і вартістю

цей метод практично рівноцінний компенсаційному методу.

Є відомості, що підтверджують ефективність використання розглянутих методів на різних операціях обробки металів різанням. Даних по використанню електричних явищ, що виникають в зоні контакту інструменту з оброблюваною деталлю з метою підвищення стійкості безстружкових мітчиків, в літературі немає.

**Висновок.** Хіміко-термічна обробка, яка застосовується з метою підвищення твердості поверхневих шарів ріжучого інструменту, полягає у дифузійному насиченні поверхневих шарів азотом і вуглецем в газових або рідких середовищах

Ріжучі мітчики, свердла та інші інструменти зі сталі марок Р18; Р14Ф4 підданих карбонації, показали підвищення стійкості у 2...4 рази.

Дані про порівняльні випробування безстружкових мітчиків, підданих карбонації в літературі суперечливі.

Обробка інструменту холодом забезпечує, хоча і в різному ступені, підвищення стійкості ріжучого інструменту.

Значне підвищення працездатності безстружкових мітчиків може бути забезпечено шляхом комплексного використання оптимальної конструкції інструменту з іншими відомими, але маловивченими, стосовно безстружкових мітчиків, методами, спрямованими на підвищення стійкості ріжучих інструментів. До таких методів належать: хіміко-термічна обробка інструменту, нанесення на його робочу частину іоновакуумних зносостійких покриттів, розрив ланцюга термоелектричного струму, що виникає в зоні контакту інструменту з матеріалом гайки, обробка інструменту холодом, магнітним полем і т.д.

#### Список використаних джерел

1. Любін М. В. Дослідження процесу пластичного формоутворення внутрішньої метричної різі інструментом з радіальним переміщенням деформуючих пластин [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.03.05 / Любін Микола Володимирович ; Вінницький держ. технічний ун-т. – Вінниця, 1997. – 17 с.

2. Важенков С.Н. Нарезка резьб малых диаметров в труднообрабатываемых материалах [Текст] / С.Н. Важенков, М.Н. Бурхович // Мир техники и технологий. – 2003. – №8. – С.36-37

3. Молодан Ю.В. Инструмент для получения внутренней резьбы [Текст] / Ю.В. Молодан М.Н. Бурхович // Мир техники и технологий. – 2003. – №7. – С.28-29.



4. Жмудь Е.С. Повышение качества готового стального инструмента охлаждением в жидком азоте [Текст]. / Е.С. Жмудь // «Электронная техника», серия I, «Электроника СВЧ». – 1975. – вып.1. – С. 110-111.

5. Жмудь Е.С. Три способа повышения стойкости стального инструмента путем ударного, глубокого охлаждения [Текст]. / Е.С. Жмудь // «Электронная техника», серия I, «Электроника СВЧ». – 1976. – вып. 12. – С. 110.

6. Жмудь Е.С. К вопросу о механизме повышения стойкости стального инструмента, обработанного жидким азотом [Текст]. / Е.С. Жмудь // «Электронная техника», серия I, «Электроника СВЧ». – 1976. – вып. 8. – С.96.

7. Гуляев А.П. Улучшенные методы термообработки быстрорежущих сталей с целью повышения их режущих свойств [Текст]. / А.П. Гуляев // *Металлург.* – 1986. – №12. – С. 98-112.

8. Опитц Г. Об износе режущего инструмента. [Текст] / Г. Опитц // *Международная конференция по смазке и износу машин.* – М.: Машгиз, 1963. – С. 83-88.

9. Рыжкин А. А. Влияние электрического тока на износ при резании [Текст] / А.А. Рыжкин // *Электрические явления при трении и резании металлов.* – 1969. – С. 70-82.

10. Бобровский В.А. Электродиффузионный износ инструмента. [Текст] / В.А. Бобровский. – М.: «Машиностроение», 1970. – 202 с.

11. Электрические явления при трении, резании и смазке твердых тел [Текст] / отв. ред.: М. М. Хрущов, В. А. Бобровский. – М.: «Наука», 1973. – 147 с.

12. Коробков Ю.М., Прейс Г.А. Электромеханический износ при трении и резании металлов [Текст]. / Ю.М. Коробков, Г.А. Прейс. – М.: «Техника», 1976. – 200 с.

13. Turych V. Investigation of the process of thread extrusion using the ultra sound [Text] / V. Turych, N. Veselovska, V. Rutkevych, S. Shargorodsky // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies.* – 2017. – №6/1(90).– P. 60-68.

14. Веселовська Н. Р. Контактна взаємодія інструмента з деталлю у процесах поверхневого пластичного деформування з ультразвуком [Текст] / Н. Р. Веселовська, В. В. Туріч, В. С. Руткевич // *Вібрації в техніці та технологіях.* – 2017. – № 2. – С. 51-58.

15. Любін М.В. Аналіз конструктивних і технологічних рішень, спрямованих на ефективність виробництва при виготовленні різьбових отворів в нержавіючих сталях [Текст] / М.В. Любін, О. А. Токарчук // *Техніка, енергетика, транспорт АПК.* – 2018. – № 4.

16. Огородников В.А. Використаний ресурс пластичності металу в процесі видавлювання внутрішньої ризи [Текст] / В.А. Огородников, О.В. Нахайчук, М.В. Любін // *Вестник ВПИ.* – 1998. – №1. – С.68-72.

### References

1. Lyubin M.V. (1997) *Doslidzhennya protsesu plastychnoho formoutvorenniya vnutrishn'oyi metrychnoyi rizi instrumentom z radial'nyy peremishchennyam deformuyuchykh plastyn* [Investigation of the process of plastic molding of the inner metric section with a tool with radial displacement of deformation plates] (*Extended abstract of Candidate's thesis*). Vinnytsia. [in Ukrainian].

2. Vazhenkov S.N., Burkhovych M.N. (2003) *Narezka rez'b malikh diametrov v trudoobrabatyvayemykh materialakh* [Cutting threads of small diameters in high-performed materials]. *Myr tekhniky y tekhnolohiy.* 8. 36-37 [in Russian].

3. Molodan Yu.V., Burkhovych M.N. (2003) *Instrument dlya polucheniya vnutrenney rez'by* [Tool for getting internal carving]. *Myr tekhniky y tekhnolohiy.* 7. 36-37 [in Russian].

4. Zhmud E.S. (1975). *Povysheniye kachestva gotovogo stal'nogo instrumenta okhlazhdeniyem v zhidkom azote* [Improving the quality of the finished steel tool by cooling in liquid nitrogen]. *"Elektronnaya tekhnika", seriya I, "Elektronika SVCH".* 1. 110-111. [in Russian].

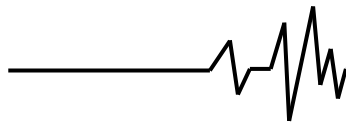
5. Zhmud E.S. (1975). *Tri sposoba povysheniya stoykosti stal'nogo instrumenta putem udarnogo, glubokogo okhlazhdeniya* [Three ways to increase the durability of a steel tool by shock, deep cooling]. *"Elektronnaya tekhnika", seriya I, "Elektronika SVCH".* 12.110. [in Russian].

6. Zhmud E.S. (1975). *K voprosu o mekhanizme povysheniya stoykosti stal'nogo instrumenta, obrabotannogo zhidkim azotom* [To the question about the mechanism of increasing the durability of a steel tool treated with liquid nitrogen]. *"Elektronnaya tekhnika", seriya I, "Elektronika SVCH".* 8. 96. [in Russian].

7. Gulyayev A.P. (1986) *Uluchshennyye metody termoobrabotki bystrorezhushchikh staley s tsel'yu povysheniya ikh rezhushchikh svoystv* [Improved methods of heat treatment of high-speed steels in order to increase their cutting properties]. *Metallurg.* 12. 98-112. [in Russian].

8. Opitz G. (1963) *Ob iznose rezhushchego instrumenta.* Abstracts of Papers '63: *Smazka i iznos mashin* (pp.83-88). Moscow. [in Russian].

9. Ryzhkin A. A. (1969). *Vliyaniye elektricheskogo toka na iznos pri rezanii* [The effect of electric current on wear during cutting]. *Elektricheskiye yavleniya pri trenii i rezanii metallov.* 70-82. [in Russian].



10. Bobrovskiy V. A. (1970). *Elektrodiffuzionny iznos instrumenta*. Moscow: "Mashinostroyeniye". [in Russian].

11. Khrushchov M. M., Bobrovskiy V. A. (Ed.)(1973). *Electrical phenomena in friction, cutting and lubrication of solids*. Moscow: "Nauka". [in Russian].

12. Korobkov Yu.M., Preuss G.A. (1976). *Electromechanical wear during friction and cutting of metals*. Moscow: "Tekhnika". [in Russian].

13. Turych V., Veselovska N., Rutkevych V., Shargorodsky S. (2017). Investigation of the process of thread extrusion using the ultra sound. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 6/1(90). 60-68. [in English].

14. Veselovska N., Turych V., Rutkevych V. (2017). Kontaktna vzayemodiya instrumenta z detallyu u protsesakh poverkhnevoho plastychnoho deformuvannya z ultrazvukom. [Contact interaction of the tool with the component in the processes of surface plastic deformation with ultrasound]. *Vibration in machinery and technology*. 2. 51-58. [in Ukrainian].

15. Lyubin M.V., Tokarchuk O.A. (2018). Analiz konstruktivnykh i tekhnolohichnykh rishen', spryamovanykh na efektyvnist' vyrobnytstva pry vyhotovlenni riz'bovykh otvoriv v nerzhaviyuchykh stalyakh [Analysis of constructive and technological solutions aimed at the efficiency of production in the manufacture of threaded holes in stainless steels]. *Tekhnika, enerhetyka, transport APK.4*. [in Ukrainian].

16. Ogorodnikov V.A., Nahaychuk O.V., Lyubin M.V. (1998). Vykorystanny resurs plastychnosti metalu v protsesi vydavlyuvannya vnutrishn'oyi ryzy [Used metal ductility resource in the process of extruding internal risk]. *Vestnik VPI*, 1, 68-72 [in Ukrainian].

#### **ВЛИЯНИЕ ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ИНСТРУМЕНТА НА ПРОЦЕСС ИЗГОТОВЛЕНИЯ МЕТРИЧЕСКИХ РЕЗЕЙ В ТРУДНООБРАБАТЫВАЕМЫХ СТАЛЯХ**

На сегодняшний день для обеспечения эффективности изготовления внутренних резей в труднообрабатываемых материалах передовые немецкие фирмы используют быстрорежущие стали марок HSS, HSS-E, PM HSS-E с новым химическим составом. Иногда для снижения сил трения и улучшения режущих свойств инструмента используют износостойкие покрытия.

В статье проводится анализ влияния химико-термической обработки для отечественных инструментальных сталей: P18; P12; P9; P6M5; P6M3.

Различные упомянутые способы химико-термической обработки инструмента обеспечивают, хотя в разной степени, повышение стойкости режущего инструмента, а относительно безстружечных метчиков информация противоречива.

Поэтому для достижения положительного результата необходимо дополнительно провести научные исследования по влиянию технологических показателей на процесс изготовления внутренних резей безстружечными метчиками после химико-термической обработки инструмента.

**Ключевые слова:** резьба, метчики, износостойкие покрытия, температура, твердость, устойчивость, силы трения.

#### **INFLUENCE OF CHEMICAL-THERMAL PROCESSING OF THE TOOL ON THE METRIC CARVING MANUFACTURING PROCESS IN HIGH-PERFORMED STEELS**

Nowadays, in order to ensure the efficiency of manufacturing of internal carving in hard-working materials, advanced German companies use high-speed steel HSS, HSS-E, PM HSS-E with a new chemical composition. Sometimes wear-resistant coatings are used to reduce the frictional forces and improve the cutting properties of the tool.

The article analyzes the influence of chemical-thermal treatment for domestic instrumental steels: P18; P12; P9; P6M5; R6M3.

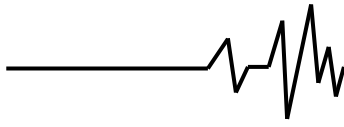
The various methods of chemical-thermal treatment of the tool provide, although in varying degrees, the increase of stability of the cutting tool, and the information with regard to non-sticking taps is contradictory.

Therefore, in order to achieve a positive result, it is necessary to conduct further scientific research on the influence of technological indicators on the process of making internal carving by brushless taps after the chemical-thermal processing of the tool.

**Keywords:** carving, taps, wear-resistant coatings, temperature, hardness, stability, frictional forces.

#### **Відомості про авторів**

**Любін Микола Володимирович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри «Технологічних процесів та обладнання переробних і харчових виробництв» Вінницького національного аграрного університету: м. Вінниця, вул. Сонячна 3, ВНАУ 21008, e-mail: lubin@vsau.vin.ua).



**Токарчук Олексій Анатолійович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри «Технологічних процесів та обладнання переробних і харчових виробництв» Вінницького національного аграрного університету: м. Вінниця, вул. Сонячна 3, ВНАУ 21008, e-mail: tokarchuk@vsau.vin.ua).

**Любин Николай Владимирович** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Технологических процессов та оборудования перерабатывающих и пищевых производств» Винницкого национального аграрного университета: г. Винница, ул. Солнечная 3, ВНАУ 21008, e-mail: lubin@vsau.vin.ua).

**Токарчук Алексей Анатольевич** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Технологических процессов та оборудования перерабатывающих и пищевых производств» Винницкого национального аграрного университета: г. Винница, ул. Солнечная 3, ВНАУ 21008, e-mail: tokarchuk@vsau.vin.ua).

**Lyubin Mykola** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department "Technological processes and Equipment for Processing and Food Productions" of Vinnitsa national agrarian university: Vinnitsa, st. Sonyachna 3, VNAU 21008, e-mail: lubin@vsau.vin.ua).

**Tokarchuk Oleksii** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department "Technological processes and Equipment for Processing and Food Productions" of Vinnitsa national agrarian university: Vinnitsa, st. Sonyachna 3, VNAU 21008, e-mail: tokarchuk@vsau.vin.ua).