

УДК 004.942:621.785:621.9.025.7

А. Л. Майстренко, член-кор. НАН України; **В. А. Лукаш**, **В. А. Дутка**, кандидати технічних наук, **Л. М. Вировець**, **О. В. Мельничук**, **Я. О. Подоба**.

Інститут надтвердих матеріалів ім. В. М. Бакуля НАН України, м. Київ

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОВОГО ПОЛЯ ДЕРЖАВКИ РІЗЦЯ ДЛЯ ДОРОЖНІХ МАШИН

The results of the experimental investigations of temperature field in steel holder of the cutter during induction heating for hardening are presented. It is established, that after attainment Curie temperature the heating velocity of holder surface decrease more than twice as much. It was shown that optimal construction of inductor is equidistant inductor to holder surface.

Вступ

Результати аналізу стану відпрацьованих різців для дорожніх машин (РДВ) засвідчують, що у процесі експлуатації різні частини сталеві державки різця працюють за різних навантажень. Відповідно до цього й фізико-механічні властивості кожної з частин державки різця повинні відрізнятися. Так, головка державки, особливо в місці твердосплавної вставки, зношується найбільше й для досягнення тривалого функціонування повинна бути максимально твердою, у той час як хвостовик державки в місці виходу з різцетримача повинен мати більшу в'язкість за відповідно меншої твердості. Недотримання цих умов призводить до зниження ресурсу різця й навіть передчасного виходу інструмента з ладу (рис. 1).



Рис. 1. Загальний вигляд відпрацьованих різців залежно від умов їх гартування під час виготовлення: а – нормальне зношення; б – поломка державки різця в зоні його кріплення; в – згин державки

Необхідний градієнт фізико-механічних властивостей різця забезпечується за умови термічної обробки державки. При цьому різні частини державки слід нагрівати до різної температури. Це досягається індукційним нагріванням, за якого в поверхневих шарах державки виникає вихороподібний струм, внаслідок чого виділяється джоулева теплота. Густина індукованого струму по перерізу виробу різна. Струм протікає здебільшого у верхніх шарах виробу. Це явище називається поверхневим ефектом. Близько 90 % теплоти виділяється в приповерхневому шарі. Товщина t цього шару розраховується за формулою

$$t = 4,46 \cdot 10^{-5} \sqrt{\frac{c}{\mu f}},$$

де ρ – електричний опір металу, що нагрівається; μ – магнітна проникність; f – частота електричного струму.

Глибина проникнення струму збільшується з підвищенням температури, особливо вище точки Кюрі (для заліза – 768 °С) внаслідок переходу сталі з феромагнітного стану в парамагнітний. Так, для отримання загартованого шару товщиною 1 мм оптимальна частота струму повинна становити 50000–60000 Гц залежно від тривалості нагрівання. Для прогрівання під гартування шарів державки більшої товщини, ніж забезпечує індукційне нагрівання, потрібно робити

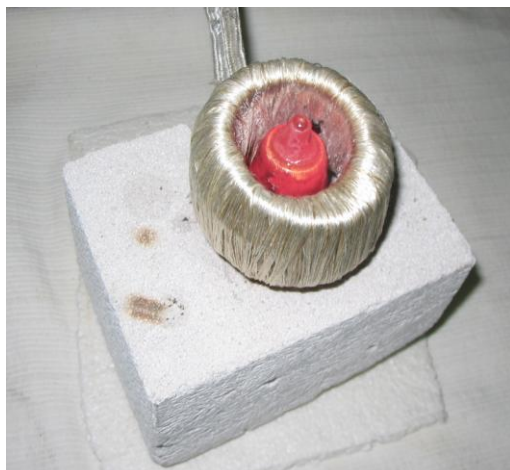


Рис. 2. Загальний вигляд індуктора з твердосплавним різцем при нагріванні різця в лабораторній установці ТВЧ

витримку в часі з метою передання теплової енергії від поверхневих шарів. При цьому температура місць державки, які не потрібно зміцнювати, не повинна досягати температури критичних точок для гартування. Для того щоб контролювати процес термічної обробки, необхідно добре знати перебіг процесу нагрівання та поширення теплової енергії в державці різця під час його паяння й підготовки до гартування. З цією метою експериментально дослідили температурне поле в державці різця під час індукційного нагрівання для загартування.

Опис експериментів

Дослідження здійснювали на малогабаритній лабораторній установці ТВЧ, загальний вигляд спеціального індуктора якої з твердосплавним різцем показаний на рис. 2, схема індуктора – на рис. 3.

Чотириривитковий індуктор виготовлений з мідної трубки зовнішнього діаметру 6 мм і товщиною

стілки 1 мм. Витки тепло- та електроізолювані спеціальною склотканиною і жаростійкою (до 1200 °С) пастою. Розміри індуктора відповідають розмірам головки різця. Внутрішній діаметр індуктора в найширшій частині – 48 мм.

Для дослідження температури використовували державки звичайних різців РДВ, в які вмонтували хромель-алюмелеві термопари з проводом діаметром 0,2 мм. Розміщення термопар в поперечному (рис. 4 а) і поздовжньому (рис. 4 б) перерізах показано на рис. 4. У першому випадку термопари розміщувалися в радіальних отворах на глибині 2, 4, 6, 8 і 10 мм від поверхні головки різця і на відстані 29 мм від верхньої точки державки (поверхні припаювання твердосплавної вставки). У поздовжньому перерізі термопари розміщували на різній відстані – 9, 19, 31, 43 та 63 мм – від верхньої точки державки (рис. 4 б), але всі на відстані 4 мм від її осі.

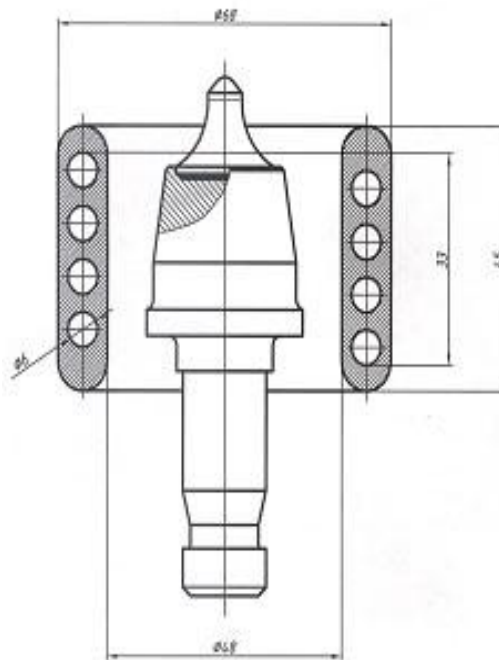


Рис. 3. Схема індуктора установки ТВЧ

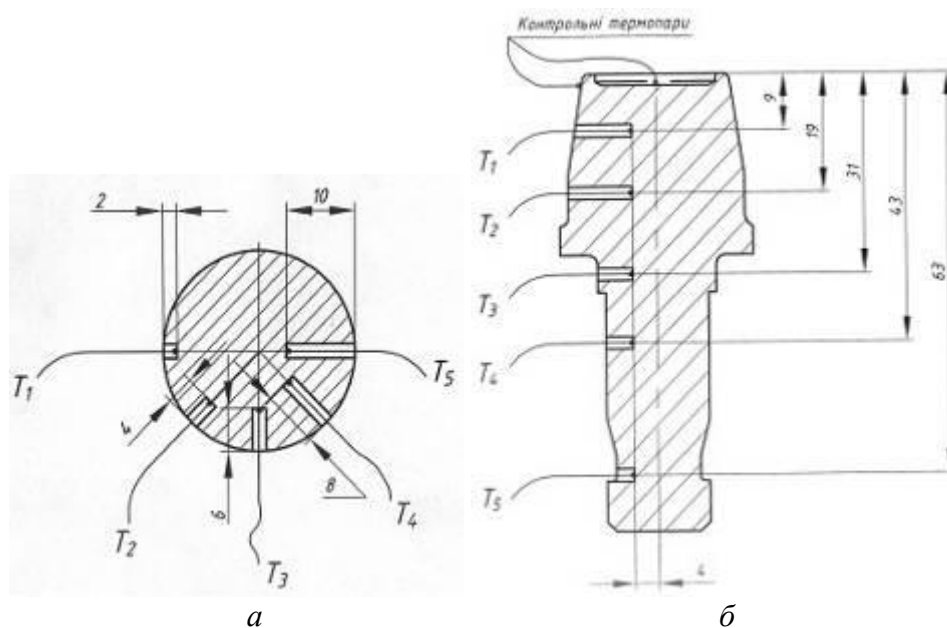


Рис. 4. Схеми розміщення термодпар у перерізах державки різця: а – поперечному; б – поздовжньому

Для вимірювання температури використовували спеціально розроблену і змонтовану систему моніторинга, що дає змогу оцифрувати і візуалізувати покази температури в часі окремо для кожної термодпар. Система складається з таких елементів: системи перетворень аналогових сигналів, до складу якої входить модуль аналогово-цифрового перетворювача ICP DAS₁-7018, та з конвертера інтерфейса RS-487 RS-232 (ICP DAS₁-7061). За допомогою цих модулів реєструвалася температура одночасно всіма термодпарами. Крім того, було розроблено програмне забезпечення для візуалізації та збереження отриманих даних у цифровому вигляді.

Результати дослідження та їх обговорення.

Державки нагрівали за температури від 20 (кімнатна температура) до 1050 °С. Результати вимірювання температури при нагріванні державки в режимі реального часу паяння дорожнього різця ілюструють рис. 5, 6.

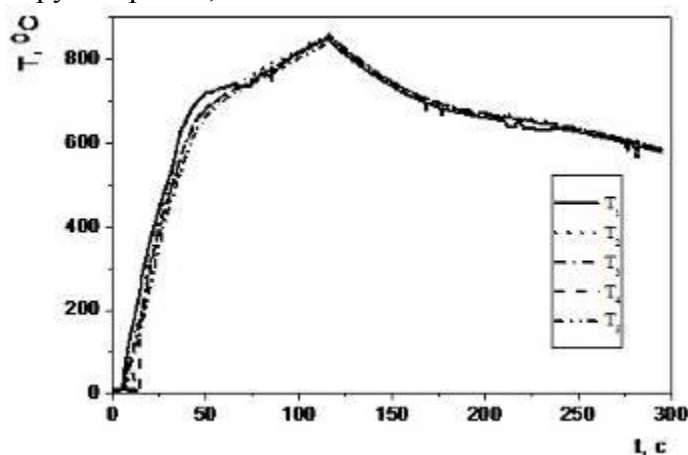


Рис. 5. Характер зміни температури різних точок поперечного перерізу головки державки різця при нагріванні та остиганні на повітрі: 1 – T_1 ; 2 – T_2 ; 3 – T_3 ; 4 – T_4 ; 5 – T_5

Результати аналізу отриманих даних свідчать про те, що у цьому діапазоні вимірювання головка різця прогрівається рівномірно по всьому об'єму. При цьому графік залежності швидкості нагрівання (підвищення температури в часі) складається з двох частин, кожна з яких характеризує процес нагрівання в діапазоні до точки Кюрі (для сталі 35ХГСА вона до-

рівнює 723 °С) та після. У першому випадку швидкість нагрівання дорівнює близько 11,8 °С/с, а у другому – 5,1 °С/с. Отже, після проходження точки Кюрі швидкість нагрівання знижується більш як удвічі. Загалом у діапазоні вимірювання середня швидкість становить 8,7 град/с, максимальна температура 1050 °С досягається за 125–130 с, що свідчить про недостатню потужність лабораторної установки.

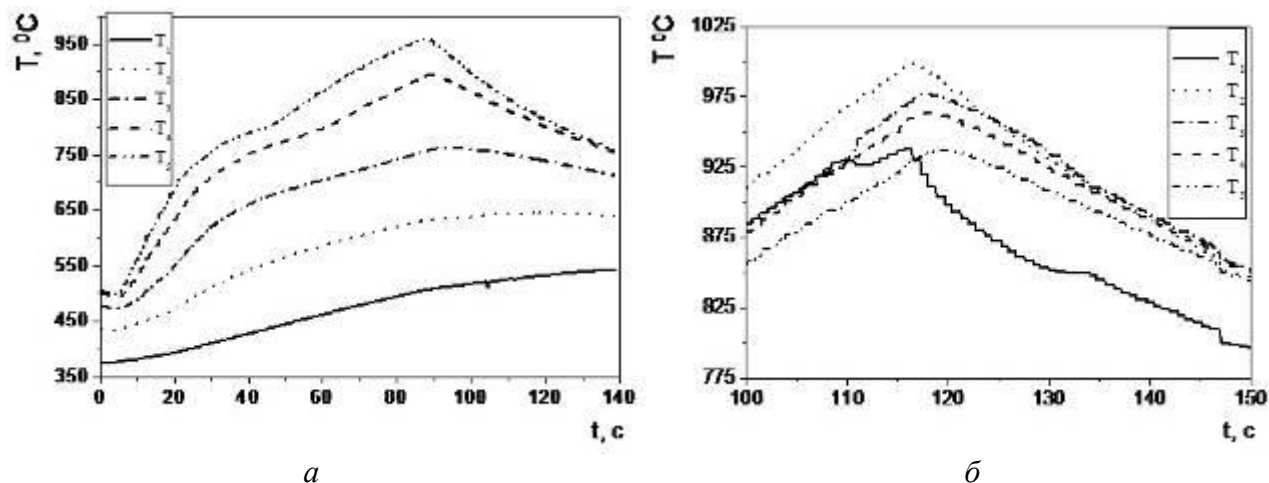


Рис. 6. Характер зміни температури в часі різних частин державки різця: а – при нагріванні; б – при остиганні на повітрі (1 – T_1 ; 2 – T_2 ; 3 – T_3 ; 4 – T_4 ; 5 – T_5)

Після вимкнення струму температура державки протягом 7–8 с ще підвищується за рахунок закумуляованої теплоти і високої теплопровідності сталі, а вже за 10–12 с починає знижуватися. При цьому поверхневий шар і середня частина державки спочатку охолоджуються з різними швидкостями, а за 40–45 с швидкості практично вирівнюються. При вимірюванні температури вздовж осі державки різця його нагрівали двічі: спочатку до максимальної температури 965 °С, потім після остигання до температури 500 °С (T_5) знову нагрівали до температури 1050 °С. У першому випадку температура в різних точках державки змінювалася від 375 (T_1) до 965 °С (T_5), у другому – від 500 до 1050 °С. Відповідно змінювалась швидкість нагрівання. Швидкість, що фіксувалась термопарою T_5 , становила 5,6 °С/с, а термопарою T_1 – лише 1,3 °С/с. Водночас температури точок T_5 і T_4 , а також швидкості їх нагрівання різняться неістотно. Це ще раз засвідчує, що головка державки в індукторі застосованої конструкції і за такого розміщення в ньому різця прогрівається майже рівномірно. Точка T_3 у перехідній зоні різця нагрілася за такий самий час до температури 737 °С, хоча й знаходиться дещо нижче зони ефективної дії індуктора. Природно, що теплота притікає до цієї зони переважно шляхом теплопровідності від більш нагрітих зон державки. Із дією теплопровідності пов'язаний і той факт, що температура точки T_3 після вимкнення струму продовжує підвищуватись ще 10–12 с, а точки T_4 –42 с. Слід зауважити, що в точках T_5 і T_4 температура на стадії охолодження знижується майже з такою самою швидкістю, як і зростає на стадії нагрівання, а в точках T_3 , T_2 і T_1 – значно повільніше.

Висновки

1. Час досягнення температури, необхідної для паяння твердосплавної вставки, залежить від розташування різця в індукторі.
2. Головка державки різця прогрівається рівномірно, температура її різних точок (у поперечному перерезі) за деякий час (10–15 с) вирівнюється і стає практично однаковою.
3. Нагрівання головки різця до температури паяння цілком забезпечує нагрівання його перехідної зони (в районі термопари T_3) до температури, достатньої для отримання після загартування необхідної міцності державки в цій зоні.

4. Оптимальною є така конструкція індуктора, що забезпечує рівновіддаленість усіх частин державки від індуктора, тобто індуктор необхідно робити еквідистантним за формою головки державки різця. У цьому разі перехідна зона різця за рахунок теплопровідності швидше нагріватиметься до температури, необхідної для фазових аустенітних та мартенситних перетворень.

5. За результатами розподілу температури можна визначати температуру в державці дорожнього різця для отримання необхідної твердості сталі в заданому перерізі.

Надійшла 03.06.10

УДК 621.9

Ю. А. Мельничук, канд. техн. наук; **С. А. Клименко**, д-р. техн. наук;
А. С. Манохин, канд. техн. наук

Институт сверхтвердых материалов им. В. Н. Бакуля НАН Украины

ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ЗАКАЛЕННОЙ СТАЛИ ПРИ ТОЧЕНИИ ИНСТРУМЕНТОМ С ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ПЕРЕДНЕЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ

The results are given of experimental studies of the effect the turning parameters on the roughness of the surface machined of workpieces from the ShKh15 hardened steel using a tool with a cylindrical rake face and cutting plate from the cBN + Si₃N₄ polycrystalline superhard material.

Состояние поверхностного слоя во многом определяет эксплуатационные свойства деталей машин и механизмов [1]. Повышение производительности механической обработки при обеспечении необходимого качества обработанной поверхности является важной задачей машиностроительного производства, направленной на снижение себестоимости изготавливаемой продукции, и соответственно повышение ее конкурентоспособности. Эта задача решается путем создания инструментов из новых функциональных материалов и новых технологий их использования. В настоящее время для обработки железоуглеродистых сплавов твердостью более 45 HRC ("твердое точение" – hard turning) наиболее эффективен лезвийный инструмент, оснащенный поликристаллическими сверхтвердыми материалами (ПСТМ) на основе кубического нитрида бора (КНБ) [2] и инструментальной керамикой, благодаря чему реализуется высокоскоростное резание – одно из перспективных направлений интенсификации процессов механической обработки. При этом отметим, что потенциал повышения эффективности процессов механической обработки за счет повышения скорости резания также имеет предел – новые материалы для режущих инструментов и защитные покрытия позволяют повысить скорость резания, однако когда она на 20 % превышает оптимальную скорость, это приводит к снижению стойкости инструмента на 50 %.

К важнейшим критериям качества поверхности наряду с физико-механическими свойствами поверхностного слоя относятся геометрические характеристики поверхности, в частности шероховатость.

Повышение производительности особенно важно при чистовой (финишной) обработке материалов, когда для обеспечения низкой шероховатости обработанной поверхности необходимо существенно снизить режимные параметры обработки, прежде всего подачу инструмента.

Производительность при лезвийной обработке материалов можно повысить за счет изменения конструкции инструмента. В последнее время созданы инструменты, которые благодаря изменению геометрии режущей части позволяют проводить обработку с высокими значениями рабочих подач (high-feed machining).