

Алімов В.І., Георгіяду М.В., Ткач О.В.

ХІМІКО-ТЕРМІЧНЕ ВІДНОВЛЕННЯ РОЗМІРІВ ПРЕЦИЗІЙНИХ ВИРОБІВ

Alimov V.I., Georgiadou M.V., Tkach A.V.

CHEMICAL-THERMAL RENEWAL OF DIMENSIONS OF PRECISION WARES

Досліджені закономірності зміни радіальних розмірів металоріжучого віссесиметричного інструменту зі швидкорізальної сталі під низькотемпературною хіміко-термічною дією. Встановлена принципова можливість відновлення зношеного інструменту до допустимих робочих розмірів, а також зламаного інструменту, минаючи переплав; встановлені особливості поведінки поверхні інструменту з різними вихідними структурами при нагрівах під термообробку. Результати роботи мають наукове та практичне значення в галузі відновлення прецизійних металевих виробів, вивчення поведінки різних структур при проведенні низькотемпературного термічного впливу.

Ключові слова: відновлення, віссесиметричний інструмент, знос, робочі радіальні розміри, хіміко-термічна дія.

Вступ

При насиченні поверхні металевих виробів різними хімічними елементами з одночасним нагрівом змінюються робочі розміри [1, 2]. Частіш за все такі явища розглядаються з негативною оцінкою, однак існує низка робіт, що спрямовані на вивчення механізмів таких змін і керування подібними явищами [3 - 6].

Авторами [7 - 13] проведені роботи, які показують можливість відновлювати зношені при експлуатації робочі розміри термічним відновленням в межах 2–3 %.

Ефективність відновлення розмірів може бути посилена насиченням інструмента елементами, що утворюють фази з більшим питомим об'ємом, наприклад азотом; при цьому забезпечується і більша зносостійкість відновленого інструмента. Таке явище стає можливим завдяки збільшенню питомого об'єму фаз. Внаслідок утворення карбонітридних фаз, які насичують, відбувається збільшення лінійних розмірів виробів при обробці, особливо у радіальному напрямку, а також підвищується зносостійкість.

Мета

Метою роботи є дослідження закономірностей зміни радіальних розмірів металоріжучого віссиметричного інструменту зі швидкорізальної сталі під низькотемпературною хіміко-термічною дією.

Методика досліджень

В цій роботі свердла зі сталі Р6М5 (HSS) з вихідною структурою після експлуатації (мартенсит відпуску і карбіди) піддавали хіміко-термічному відновленню.

Зразки вимірювали по робочому діаметру за допомогою мікрометра. Попередня підготовка поверхні складалася зі шліфування і полірування, знежирення ацетоном. Вихідний ступінь шорсткості визначали профілометром типу 296, довжина траси складала - 3 мм, відсічення кроку - 0,8 мм. Сечовина (карбамід) була механічно подрібнена до розміру часток 0,1 мм; розмір часток визначали за допомогою стандартного набору сит. Зважування суміші для азотування проводили на лабораторних аналітичних вагах ВЛА - 200. Товщина шару обмазки, у середньому, становила 2 - 3 мм. Далі проводили нанесення покриття, що складалося з сумішей, % мас.: 1 - сечовини - 92; окису алюмінію - 3; рідкого скла - 5; 2 - сечовини - 80, деревного вугілля - 12,5, окису алюмінію - 2,5; рідкого скла - 5; 3 - сечовини - 5, деревного вугілля - 33, окису алюмінію - 5, рідкого скла - 3, вуглекислого барію - 5.

Після цього зразки розміщували в тиглі, закривали з максимальним ступенем герметизації, окислювали поверхню в сполученні із просушуванням при температурі $140 \pm 5^\circ\text{C}$ протягом 30–40 хв. Після цього проводилося азотування при температурі $500 - 650 \pm 5^\circ\text{C}$ з кроком 50°C впродовж 5 і 10 годин. Процес проводився в герметично закритому тиглі. Після необхідної витримки охолодження проводили на спокійному повітрі. Далі виконували виміри насиченого шару і робочих розмірів.

Для виявлення впливу вихідної структури на схильність сталі Р6М5 до окислення при відновлювальних обробках було проведено нагрів зразків від різних температур з витримкою 10 хвилин за стандартними методиками [14]. Використовуючи дані показника позитивної зміни маси (K_m^+) і температури (t), побудували графічні залежності $K_m^+ = f(t)$ та $LgK_m^+ = f(1/T * 10^3)$, за допомогою яких розраховували рівняння залежності на кожному інтервалі зміни кінетики процесу окислення та відповідну енергію активації процесу окислення.

Результати досліджень

Після хіміко-термічної обробки отримані азотовані шари знаходились в межах 17 - 120 мкм, причому на всіх зразках спостерігалось збільшення товщини шару в тій частині ріжучої крайки, де ступінь зношування вище, тобто по ріжучій крайці; розміри відновлених сверدل після

проведення відновлення збільшилися і перебувають у середині припустимих меж.

Зі збільшенням тривалості витримки товщина азотованого шару поступово збільшується. При збільшенні ступеня шорсткості вихідної поверхні, як і слід було сподіватися, товщина шару зменшується. Приріст розмірів ріжучої частини свердл зі сталі Р6М5 при температурі 550 °С становить у середньому 0,22 - 0,50 мм. При азотуванні за даною схемою ця зміна розмірів є найбільшою. Мікротвердість основного металу 3566 – 3974 Н/мм², азотованого шару – 11100 – 11700 Н/мм². При температурі 500°С (рис. 1) значного приросту розмірів (контролювали за зміною діаметру) не спостерігається, але при збільшенні витримки до 10 годин – приріст розмірів збільшується в три рази, тобто до 0,15 мм мм, в порівнянні з витримкою в плинні 5 годин. При підвищенні температури азотування зміна, тобто приріст розмірів суттєво зменшується, навіть при витримці у 10 годин. Хіміко-термічна обробка за запропонованою схемою дозволяє відновити робочі розміри швидкорізального інструменту й інших точних виробів, підвищити швидкість насичення поверхні за рахунок попереднього окислювання, знизити температуру обробки. Крім того, відбувається значне скорочення тривалості обробки, що приводить до підвищення економічного ефекту відновлення. Для вивчення впливу комбінованої хіміко-термічної обробки на відновлювальну здатність швидкорізального інструменту було використано нітроцементування в обмзці в сумішах 2, 3.

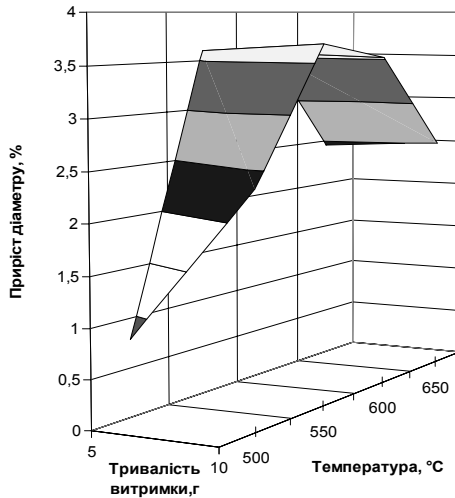


Рис. 1. Залежність радіального приросту розмірів від температури та тривалості витримки при хіміко-термічному відновленні свердл зі сталі Р6М5

На рис. 2 наведено порівняльний аналіз отриманих результатів. Зі збільшення температури хіміко-термічного відновлення здатність інструменту збільшувати свої розміри зменшується. Це може бути пов'язано зі зменшення дефектної структури інструменту, що попередньо був у експлуатації.

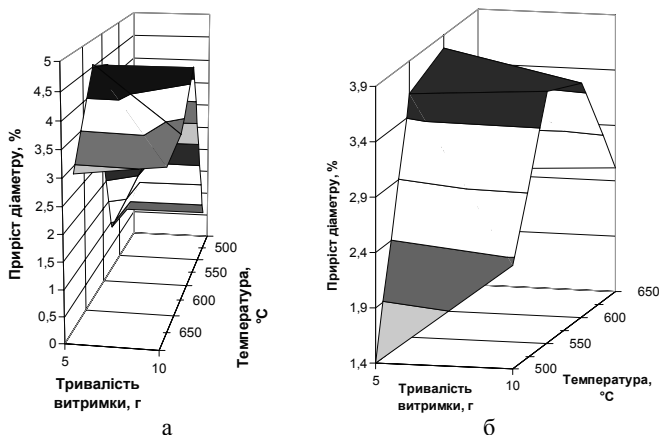


Рис. 2. Залежність радіального приросту розмірів від температури та тривалості витримки при хіміко-термічному відновленні свердл зі сталі Р6М5: а - суміш 2; б – суміш 3

З даних рис. 2 можна побачити, що збільшення розмірів проходить в незначній мірі, найбільші показники відновлення зношених розмірів спостерігаються при температурі насичення 550 °С.

Цікавим є той факт, що при даній температурі, безумовно, йде окислення поверхні металу, причому в стані після експлуатації, якщо порівняти з іншими вихідними структурами, енергія активації в інтервалі термічного чи хіміко-термічного відновлення є найменшою, а на початковому етапі нагріву - найбільшою (табл. 1). Тобто, структура з накопиченими пошкодженнями та дефектами є більш стійкою при температурах нагріву до 350 °С, доволі швидко окислюється при нагріві до температур відновних обробок (350 – 575 °С), при підвищенні температури стійкість знижується, значення енергії активації майже зрівняються для структурних станів після експлуатації, відпалу на зернистий перліт та після промислової механічної обробки. На рис. 3, в якості прикладу, наведено залежності структурного стану на схильність до окислення при термічному відновленні в спрямляючі координатах, побудованих за методами найменших квадратів.

Таблиця 1

Залежність енергії активації процесу окислення від вихідної структури для сталі Р6М5

Вихідний стан після	Мікроструктура	Температурний інтервал, °С	Енергія активації, Q, кДж/моль
лиття	Перліт + ледебурит + карбіди	200 - 520	57,3
		520 - 800	7,8
		800 - 1130	67,4
гарячої пластичної деформації	Перліт + карбіди	200 - 300	9,5
		300 - 600	36,1
		600 - 800	67,4
		800 - 1130	67,55
відпалу на зернистий перліт	Зернистий перліт	200 - 450	20,07
		450 - 600	68,8
		600 - 1130	39,6
механічної обробки	Зернистий перліт	200 - 350	14,9
		350 - 700	6,9
		700 - 1130	38,02
експлуатації	Мартенсит відпуску + карбіди + залишковий аустеніт	200 - 350	68,7
		350 - 575	5,9
		575 - 1130	38,5

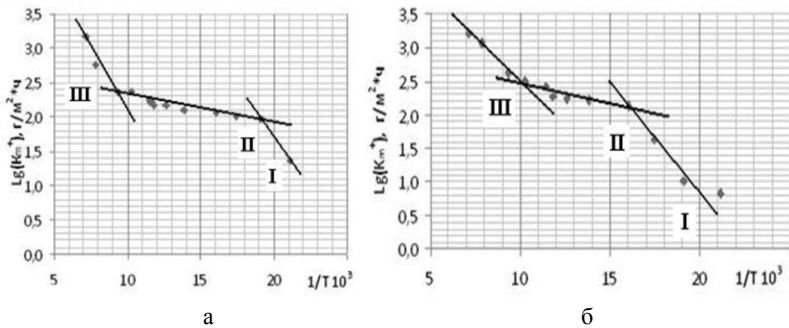


Рис. 3. Вплив структури на схильність до окислення при нагріві сталі Р6М5 в станах після: а – лиття; б – експлуатації

Таким чином, при проведенні термічного чи хіміко-термічного відновлення між циклами експлуатації чи після певного ступеня зносу поверхню виробів треба захищати від окислювальної атмосфери, при цьому можна використовувати печі з повітряним робочим середовищем, але склад повітря слід контролювати і регламентувати.

При температурі 800 °С зміну стійкості до окислювання можна пояснити більше високою швидкістю дифузії. У випадку литої структури фазовий склад перебуває в нерівноважному стані; при вихідній структурі після деформації карбіди мають ще досить великий розмір [15] і, як наслідок, перешкоджають дифузійним процесам. У структурі після експлуатації швидкість окислення зростає у порівнянні зі швидкістю при 400 °С - це може бути пов'язано з порушенням рівномірності розподілу карбідів поверхневого шару після циклічних теплових навантажень. При цьому напруги відіграють негативну роль при цих і більш високих температурах.

В цілому ж стан після проведення експлуатації доволі нестійкий до окислення при низьких температурах (до 450 °С), стабільно стійкий в досить великому температурному інтервалі при температурах відпалу, гартування чи впливу деформації, загалом же термічна стійкість знаходиться в межах середніх значень для розглянутих вихідних структурних станів.

Висновки

1. При проведенні хіміко-термічного відновлення відбувається збільшення радіальних розмірів вісисиметричного прецизійного інструменту внаслідок утворення в тонких поверхневих шарах зі зміненою будовою після циклу експлуатації нітридних та карбонітридних фаз, що мають великий питомий об'єм; приріст розмірів в радіальному напрямку перебуває в межах 5 – 6 % від вихідного.

2. Найбільш інтенсивно хіміко-термічне відновлення швидкорізального інструменту проходить в інтервалі 500 – 550 °С, при цьому вже, навіть, при 5 годинах витримки відбувається відновлення зношених розмірів на 1,5 – 2,0 %.

3. Встановлено взаємозв'язок між структурним фактором і тепловим окислюванням швидкорізальної сталі в повітряній атмосфері, який проявляється в енергетичному зниженні процесу окислення.

4. При вторинній переробці швидкорізального інструмента (минаючи цикл переплаву і виконуючи теплове відновлення при температурах близьких до фазової перекристалізації) окислювання відбувається з низькою швидкістю, тобто при проведенні додаткового відпуску з метою збільшення зношених до певної границі допуску розмірів інструмента втрати інструмента на окалину будуть мінімальними і для відновлюваної обробки можна не застосовувати спеціальну захисну атмосферу.

5. Термічне і хіміко-термічне відновлення сприяє зниженню собівартості швидкорізального інструменту, збереженню легувальних елементів при його виготовленні, не потребує спеціального обладнання і сприяє рішенню проблеми забруднення навколишнього середовища.

ЛІТЕРАТУРА

1. Feszczenko-Czopiwski, I. Cementacja borem (naborowywanie) zelaza, niklu i kobaltu / I. Feszczenko-Czopiwski. - Krakow, 1925. - 44 p.
2. Feszczenko-Czopiwski, I. Metaloznawstwo. Cz. 3. Cementacja zelaza / I. Feszczenko-Czopiwski. - Warszawa : WPWU, 1936. - 348 p.
3. Гудремон, Э. Специальные стали [Текст] / Э. Гудремон; Пер. с нем. - изд. 2-е, сокр. и перераб. - Москва: Металлургия. Т.1. - [Б. м.], 1966. - 736 с.
4. Баранов А.А. Фазовые превращения и термоциклирование металлов. 1974.-232с.
5. Способ обработки изделий. Куманин В.И.; Чеховой А.Н.; Кондарь А.И. Патент РФ. № 2122589. МПКС21D 11/00, С21D 7/00. Дата подачи заявки 22.08.1995, Дата публикации 27.11.1998. 5 С., 3 ил., 2 табл.
6. Уданович М. Р. Способы увеличения ресурса прецизионных инструментов // Оборудование и инструмент. 2003. - № 2. - С. 48 – 50.
7. Алімов В. І. Відновлення інструменту зі швидкорізальної сталі / В. І. Алімов, М. Т. Єгоров, М. В. Афанасьєва // Зб. Матеріалів XI Міжнародної науково-технічної конференції. Запоріжжя, 2008. – С. 143 – 145.
8. Алімов В. И. Термическое восстановление размеров сопрягаемых деталей подвижного состава [Текст] / В. И. Алімов, Р. Р. Харисова, М. В. Георгиаду // Ресурсозберігаючі технології виробництва та обробки тиском матеріалів у машинобудуванні. Зб. наук.праць – 2011. С. 87 – 97.
9. To a question of the restoration of crucial tool and details after the exploitation. Alimov V.I., Georgiady M.V., Zheltobruh L.O. // Сб. Материалов VI Международной конференции "Стратегия качества в промышленности и образовании". Варна, Болгария, 2010. – С. 63–66.
10. Алімов В. І. Властивості швидкорізальної сталі після відновлення зношеного інструменту / В. І. Алімов, М. В. Гергіаду, Н. В. Жертовська // Вісник Донбаської державної машинобудівної академії. – 2010 - № 3 (20). – С. 14 – 17.
11. Алімов В. І. Декларац. патент України № 12538. С21D9/22, В27В33/00. Оpubл. 15.02.2006. Бюл. № 2 / В. І. Алімов, А. В. Оліфіренко, О. І Шевелєв // Спосіб відновлення інструменту з швидкорізальної сталі.
12. Георгиаду М. В. Відновлення високоточних металовиробів додатковими нагріваними. / М. В. Георгиаду // Международная научная конференция «Научная периодика славянских стран в условиях глобализации», г. Киев, 10 - 12 октября 2012 г. - С. 3 – 6.
13. Алімов В. І. Патент України № 37861. С21D9/22, С04В35/26. Оpubл. 10.12.2008. Бюл. № 23 / В. І. Алімов, М. В. Георгиаду, З. А. Дурагіна // Спосіб відновлення поверхні інструменту зі швидкорізальної сталі. 3 с.
14. Жук Н.П. Курс теории коррозии и защиты металлов. – М.: Металлургия, 1976. – 472 с.
15. Трансформация размерного состава карбидов при вторичном переделе быстрорежущего инструмента. Алімов В. И, Георгиаду М. В., Лобкова Ю. В. // Восточно-Европейский журнал передовых технологий // научный журнал. - Харьков: Технологический центр, 2011. - №4/5 (52). – С. 37–42.

REFERENCES

1. Feszczenko-Czopiwski, I. Cementacja borem (naborowywanie) zelaza, niklu i kobaltu / I. Feszczenko-Czopiwski. - Krakow, 1925. - 44 p.
2. Feszczenko-Czopiwski, I. Metaloznawstwo. Cz.3. Cementacja zelaza / I. Feszczenko-Czopiwski. - Warszawa : WPWU, 1936. - 348 p.
3. Gudremon, Je. Special'nye stali [Tekst] / Je. Gudremon; Per. s nem. - izd.2-e, sokr. i pererab. - Moskva: Metallurgija.T.1. - [B. m.], 1966. - 736 p.
4. Baranov A. A. Fazovye prevrashhenija i termociklovanie metallov. 1974 - 232 s.
5. Sposob obrabotki izdelij. Kumanin V. I.; Chehovej A. N.; Kondar' A. I. Patent RF. № 2122589. MPKC21D 11/00, C21D 7/00. Data podachi zajavki 22.08.1995, Data publikacii 27.11.1998. 5 S., 3 il., 2 tabl.
6. Udanovich M. R. Sposoby uvelichenija resursa precizionnyh instrumentov // Oborudovanie i instrument. 2003. - № 2. - P. 48 – 50.
7. Alimov V. I. Vidnovlennja instrumentu zi shvidkorizal'noi stali / V. I. Alimov, M. T. Egorov, M. V. Afanas'eva // Zb. Materialiv HI Mizhnarodnoi naukovo-tehnichnoi konferencii. Zaporizhzhja, 2008. – P. 143 – 145.
8. Alimov V. I. Termicheskoe vosstanovlenie razmerov soprjagaemyh detalej podvizhnogo sostava [Tekst] / V. I. Alimov, R. R. Harisova, M. V. Georgiadu // Resursozberigauci tehnologii virobnictva ta obrobki tiskom materialiv u masinobuduvanni: Book of scientific papers. Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, Lugansk, 2011. P. 87 – 97.
9. To a question of the restoration of crucial tool and details after the exploitation. Alimov V. I., Georgiadu M. V., Zheltobruh L. O. // Sb. Materialov VI Mezhdunarodnoj konferencii "Strategija kachestva v promyshlennosti i obrazovanii". Varna, Bolgarija, 2010. – P. 63 – 66.
10. Alimov V. I. Vlastivosti shvidkorizal'noi stali pislja vidnovlennja znoshenogo instrumentu / V. I. Alimov, M. V. Gergiadu, N. V. Zhertovs'ka // Visnik Donbas'koj derzhavnoi mashinobudivnoi akademii. – 2010. - № 3 (20). – P. 14 – 17.
11. Alimov V. I. Deklarac. patent Ukraïni № 12538. S21D9/22, V27V33/00. Opubl. 15.02.2006. Bjul. № 2 / V. I. Alimov, A. V. Olifirenko, O. I. Shevelev // Sposib vidnovlennja instrumentu z shvidkorizal'noi stali.
12. Georgiadu M. V. Vidnovlennja visokotochnih metalovirobiv dodatkovimi nagrivami. / M. V. Georgiadu // Mezhdunarodnaja nauchnaja konferencija «Nauchnaja periodika slavjanskijh stran v uslovijah globalizacii», g. Kiev, 10 - 12 oktjabrja 2012 g. - P. 3 – 6.
13. Alimov V. I. Patent Ukraïni № 37861. S21D9/22, S04V35/26. Opubl. 10.12.2008. Bjul. № 23 / V. I. Alimov, M. V. Georgiadu, Z. A. Durjagina // Sposib vidnovlennja poverhni instrumentu zi shvidkorizal'noi stali. 3 p.
14. Zhuk N. P. Kurs teorii korrozii i zashhity metallov.–M.: Metallurgija, 1976.–472 p.
15. Transformacija razmernogo sostava karbidov pri vtorichnom predele bystrorezhushhego instrumenta. Alimov V.I, Georgiadu M.V., Lobkova Ju.V. // Vostochno-Evropejskij zhurnal peredovyh tehnologij. - Kharkov: Tehnologicheskij centr, 2011. - №4/5 (52). – P. 37–42.

Алимов В.И., Георгиаду М.В., Ткач А.В. Химико-термическое восстановление размеров прецизионных изделий.

Исследованы закономерности изменения радиальных размеров металлорежущего осесимметричного инструмента из быстрорежущей стали при низкотемпературном химико-термическом воздействии. Установлена принципиальная возможность восстановления изношенного инструмента до допустимых рабочих размеров, а также сломанного инструмента, минуя переплав; установлены особенности поведения поверхности инструмента с разными исходными структурами при нагревах под термообработку. Результаты работы имеют научное и практическое значения в отрасли восстановления прецизионных металлических изделий, изучения поведения разных структур, при проведении низкотемпературного термического влияния.

Ключевые слова: восстановление, осесимметричный инструмент, износы, рабочие радиальные размеры, химико-термическое воздействие.

Alimov V.I., Georgiadou M.V., Tkach A.V. Chemical-thermal renewal of dimensions of precision wares.

The purpose of this work is investigation the regularities of radial dimensions changes of cutting axis-symmetrical tool from high-speed steel at the low-temperature chemical-thermal influence.

The regularities of changing of radial dimensions of metal-cutting axis-symmetrical tool from high-speed steel at low temperature chemical-thermal influence have been investigated. It has established a principle possibility of renewal of threadbare instrument to the possible workings dimensions and, also, broken instrument without remelting. The features of tool surface conduct were found for different initial structures at heating during heat treatment.

Scientific and practical values have job performances in industries of renewal of precision wares, studies of conduct of different structures at the low temperature thermal influence.

Keywords: renewal, axis-symmetrical tool, wear, radial workings sizes, chemical-thermal influence.

Алимов В.И. – д-р техн. наук, профессор Донецького національного технічного університету, м. Донецьк
e-mail: alim41@mail.ru

Георгиаду М.В. – асистент Донецького національного технічного університету, м. Донецьк
e-mail: geote@mail.ru

Ткач О.В. – магістр Донецького національного технічного університету, м. Донецьк.