

3. ТЕХНОЛОГІЯ ТА УСТАТКУВАННЯ



Науковий вісник НЛТУ України
Scientific Bulletin of UNFU

<http://nv.nltu.edu.ua>

<https://doi.org/10.15421/40280220>

Article received 02.03.2018 p.

Article accepted 29.03.2018 p.

УДК 016:621.789.1

ISSN 1994-7836 (print)

ISSN 2519-2477 (online)



@✉ Correspondence author

I. M. Honchar

gonchar0405@ukr.net

B. M. Голубець, I. M. Гончар, Ю. С. Шпуляр

Національний лісотехнічний університет України, м. Львів, Україна

ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ МЕТАЛО- І ДЕРЕВОРІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ НАНЕСЕННЯМ ЕЛЕКТРОІСКРОВИХ ПОКРИТЬ

Проаналізовано характеристики матеріалів, що використовують для виготовлення різального інструменту. Встановлено, що важливою характеристикою для інструментальних сталей є їх прогартуваність. Але якщо робоча температура в зоні контакту інструмент-деталь перевищує температуру відпуску, то твердість інструменту понижується через розпад мартенситу та укрупнення частинок карбідної фази, і інструмент буде затуплюватись. Тому важливою прикладною задачею підвищення стійкості різального інструменту є поверхневе змінення леза. Проведено дослідження щодо поверхневого змінення метало- і дереворізального інструменту з використанням нових комбінованих електродів для нанесення електроіскрового покриття (ЕІП) методом електроіскрового легування (ЕІЛ). У розроблених комбінованих електродах використано відомі тверді сплави ТК, ВК, порошковий дріт ПД 80Х20Р3Т з додаванням до них компоненту "К". Виконано експериментальні дослідження процесу свердління зразків із сталі 40Х, загартованої до твердості HRC 38–40. За інструмент взято свердла марки HSS (аналог швидкорізальна легована сталь Р6М5) швейцарської фірми IRWIN. Свердління здійснено цими свердлами незмінними, зміненими твердими сплавами ТК і ВК, порошковим дротом ПД 80Х20Р3Т, а також порошковим дротом ПД 80Х20Р3Т з додаванням до них компоненту "К". Встановлено, що стійкість свердел, змінених порошковим дротом ПД80Х20Р3Т+ "К", порівняно зі серійним незмінним збільшилась майже у 7 разів. Проведено також поверхневе змінення ЕІЛ зубців стрічкової пилки із сталі D6A (аналог 50ХГФМА) для пильня деревинних матеріалів, з використанням електрода T15K6+ "К". Порівняльні дослідження проведено під час розпилювання деревини ясеня. За результатами досліджень встановлено, що ресурс роботи стрічкової пилки, зміненої ЕІЛ, збільшився у 2 рази порівняно з незмінними пилками. На підставі отриманих результатів можна стверджувати, що внаслідок зміни структури поверхневого шару металу підвищується його твердість, а завдяки високій іонізації міжелектродного простору – виникають сприятливі умови для перебігу реакцій, які зумовлюють зміну його хімічного складу. Однак для пояснення механізму процесу змінення наведені твердження потребують детальних металографічних досліджень.

Ключові слова: покриття електроіскрове; легування електроіскрове; свердло; пилка стрічкова; електрод; сплав твердий; дріт порошковий; стійкість; змінення поверхневе.

Вступ. Основною вимогою до сталей, що використовують для виготовлення різального інструменту, є високі значення твердості, зносостійкості, теплостійкості, міцності та в'язкості. Зазначені характеристики взаємозв'язані між собою. Так, із збільшенням твердості сталі, яка залежить від термооброблення, збільшується зносостійкість. Міцністні характеристики інструменту зумовлені механічними, фізико-хімічними, режимними, тепловими та іншими процесами, що відбуваються в зоні контакту з оброблювальним виробом під час різання. Важливою характеристикою для інструментальних сталей є їх прогартуваність (здатність гартуватися на певну глибину). У процесі роботи різального інструменту працює дуже тонка смужка металу – лезо, яке залежно від питомого навантаження і

швидкості різання нагрівається. Якщо робоча температура в зоні контакту перевищує температуру відпуску, твердість інструменту буде понижуватися через розпад мартенситу та укрупнення частинок карбідної фази, а інструмент буде затуплюватись. Тому для підвищення стійкості різального леза інструменту проти зношування потрібна висока твердість, що перевищує твердість оброблюваного матеріалу, а у разі поверхневого змінення шару металу необхідна і висока адгезія.

У табл. 1 подано приклади деяких груп інструментальних сталей і твердих сплавів з даними про їх характеристики і можливість виготовлення конкретних інструментів або оброблення матеріалів (Diachenko, et al., 2007; Kiryk, 1999; Guliaev, 1977).

Інформація про авторів:

Голубець Володимир Михайлович, д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри технології матеріалів і машинобудування.

Email: golubets.volodymyr@gmail.com

Гончар Іван Миколайович, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри технології матеріалів і машинобудування.

Email: gonchar0405@ukr.net

Шпуляр Юрій Степанович, інженер I кат. кафедри технології матеріалів і машинобудування. Email: tmm@nltu.edu.ua

Цитування за ДСТУ: Голубець В. М., Гончар І. М., Шпуляр Ю. С. Підвищення стійкості метало- і дереворізального інструменту

нанесенням електроіскрових покрить. Науковий вісник НЛТУ України. 2018, т. 28, № 2. С. 111–114.

Citation APA: Golubets, V. M., Honchar, I. M., & Shpulyar, Yu. S. (2018). Increase of Resistance of Metal and Woodcutting Tools with Applying of Electrosparking Coating. *Scientific Bulletin of UNFU*, 28(2), 111–114. <https://doi.org/10.15421/40280220>

Табл. 1. Матеріали для інструментів

№ з/п	Група	Приклад ма- рок	Прогарто- вуваність	Теплос- тійкість	Діаметр інстру- менту, мм	Термічне об- роблення, твер- дість	Структура	Допустима швидкість рі- зання, м/хв	Вид інструменту або оброблення
1	Вуглеце- ві	У7-У13, У7А-У13А	невелика	нетеплос- тійкі (150– 200°C)	≤25	гартування + низький від- пуск HRC60-63	мартенсит відпуску + цементит	10–15	керни, викрутки, стамески, плашки, шабери, калібри та інше
2	Леговані	X, 11Х, 9ХС, 9ХФ, ХВГ, ХВСГ	підвищена висока	нетеплос- тійкі (250– 260°C)	≤30 ≤35 ≤45 ≤100	гартування + низький від- пуск HRC61-65	мартенсит відпуску + карбіди	20–25	свердла, зенкери, розвертки, про- тяжки, ножівки, пили для металу і деревини
		X12, 7Х3	підвищена	напівтеп- lostійкі (350–380°C)	≤100		мартенсит відпуску + спеціальні карбіди		
3	Швидко- різальні (високо- леговані)	P6, P9, P18, P6M5	висока	теплостійкі (620°C)	необме- жений	гартування (1050–1080 °C) + трикратний відпуск 570 °C, HRC63-68	мартенсит відпуску + спеціальні карбіди	80	різці та інші види різального інстру- менту для оброб- лення металу і де- ревини
		P6M5K5, P9M4K8	висока	теплостійкі (640°C)					
4	Метало- кераміч- ні тверді сплави	групи ВК: ВК2, ВК6, ВК8, ВК6М	–	(900– 1000°C)	розміри необме- женні	HRC87-90	WC, Co	800	оброблення чаву- ну, кольорових сплавів, пластмас, плит ДСП і ДВП, деревини
		групи ТК: T5K10, T15K10, T15K6 та ін.				HRC90-92	TiC, Co, WC		оброблення ста- лей та інших в'яз- ких матеріалів
		групи ТТК: TT7K12				HRC91-93	WC, TiC, TaC, Co		оброблення жаро- міцних сталей

Виклад основного матеріалу дослідження. Важливою прикладною задачею підвищення стійкості різального інструменту є поверхневе змінення леза (різальної крайки). Широкого розповсюдження у промисловості набула технологія електроіскрового легування (ЕІЛ), завдяки переносу на зміннювану поверхню різальної крайки будь-яких струмопровідних інструментів, високій міцності та адгезії зміненого поверхневого шару з основою металу інструменту, локальному нанесенні електроіскрового покриття (ЕІП) без помітної деформації інструменту, відсутності нагрівання різальної частини, низької енергоємності. Важливим у використанні ЕІЛ є розроблення й освоєння нових електродних матеріалів, у разі яких застосовують переважно тверді сплави групи ТК і ВК, графіт, а в окремих випадках хром, білий чавун та ін. Відновлення розмірів інструменту здійснюють також ЕІЛ в основному електродами з матеріалу, близького за фізико-механічними властивостями до матеріалу інструменту.

Завдання цієї роботи полягало в тому, щоб перевірити ефективність використання для поверхневого змінення метало- і дереворізального інструменту нового комбінованого електроду для нанесення ЕІП методом ЕІЛ. У розроблених комбінованих електродах використовували відомі тверді сплави ТК, ВК, порошковий дріт ПД 80Х20Р3Т з додаванням до них компонента "К" (автори залишають за собою право не подавати дані про компонент "К" у зв'язку з підготовкою заяви на отримання охоронного документу). Діаметр електродів додірівнював 6 мм, довжина – 30 мм.

Дослідження проводили на установці для ЕІЛ "Еліtron-20" виробництва дослідного заводу ІПФ АН Молдови, яка складається з генератора і ручного вібратора, на дев'ятому режимі легування (режим ємності – 3, режим напруги – 3, ємність батареї накопичення конден-

саторів 630 мкФ, амплітуда імпульсів напруги накопичувальних конденсаторах 58 В, робочий струм 9 А, частота імпульсів 100 Гц).

Процес електроіскрового легування базується на використанні явищ, що супроводжують раптове вивільнення електричної енергії, і характеризується високою температурою каналу іскри та іонізацією міжелектродного простору. У зв'язку з тим, що при цьому процесі протікають короткі за часом імпульси електричного струму тривалістю від 10–3 до 10–5 с, відвід тепла на електродах від місця розряду до оброблюваної поверхні не забезпечується тепlopровідністю металу. Тому малі об'єми поверхневих шарів металу піддаються різким перепадам температури – від температури кипіння металу в електродах до температури в декілька десятків градусів (Ivanov, 1961).

Проведено модельний експеримент процесу свердління зразків розміром 112×32×11 мм із сталі 40Х, загартованої до твердості HRC 38–40. За інструмент брали свердла марки HSS (аналог швидкорізальна легована сталь Р6М5) діаметром 8,0 мм з кутом загострення 118° швейцарської фірми IRWIN. ЕІЛ здійснювали зазначенним свердлом незмінним, змінним твердими сплавами ТК і ВК, порошковим дротом ПД 80Х20Р3Т, а також порошковим дротом ПД 80Х20Р3Т з додаванням до них компоненту "К". Результати досліджень наведено в табл. 2.

Встановлено, що стійкість свердла, зміненого порошковим дротом ПД80Х20Р3Т+"К", порівняно зі серійним незмінним збільшилося майже у 7 разів. Заслуговує на увагу ЕІЛ свердел твердим сплавом T15K6+"К", внаслідок чого стійкість зміненого свердла збільшилась порівняно із серійним більш як у 3 рази (Lazarenko, 1976; Samsonov, et al., 1976).

Табл. 2. Результати експериментальних досліджень процесу свердління

№ з/п	Свердло	Оброблюва- ний матеріал	Кількість просвер- длених от- ворів зав- глишки 11 мм
1	Свердло HSS (незмінене)	Сталь 40Х, HRC 38–40	4
2	Змінене сплавом Т15К6+"К"		14
3	Змінене сплавом ВК8+"К"		2
4	Змінене порошковим дротом ПД80Х20Р3Т		2
5	Змінене порошковим дротом ПД80Х20Р3Т+"К"		27

Проведено також поверхневе змінення ЕІЛ зубців стрічкової пилки, виготовленої в "Техноліс ПП" (м. Львів) із сталі D6A (аналог 50ХГФМА) для пилиння деревинних матеріалів, з використанням електроду Т15К6+"К". Дослідно-промислову перевірку змінених пилок проводили на фірмі "Агробуд" (с. Давидів Пустомитівського р-ну Львівської обл.) на пилорамі ВСГ 1000. Порівняльні дослідження з незміненими пилками проводили під час розпилювання ясеня (напівзамороженого, поверхня крита болотом і піском, трапляється каміння). Натяг пилки становив 220 кг/см², хід пилки – плавно регульований від 0 до 20 м/хв, швидкість руху пилки – 40 м/с. За результатами досліджень встановлено, що ресурс роботи стрічкової пилки, зміненої ЕІЛ, становив 39 порізок. Ресурс пилки з незміненими зубами – 19 порізів. Це свідчить про збільшення стійкості пилки у 2 рази.

Висновок. На підставі отриманих результатів досліджень щодо підвищення стійкості інструменту після ЕІЛ можна стверджувати, що внаслідок зміни структу-

ри поверхневого шару металу підвищується твердість металічних поверхонь, а завдяки високій іонізації міжелектродного простору – створення сприятливих умов для перебігу на металічній поверхні хімічних реакцій, які зумовлюють зміну складу поверхневих шарів металу. Під час ЕІЛ у повітряному середовищі в поверхневих шарах металу завжди є зв'язані азот і кисень. Окрім цього, під впливом електричного поля та електродинамічних сил, що виникають, об'єм металу розм'якається і переноситься з аноду (електроду) на катод (виріб). Тому фізико-механічні властивості шару ЕІЛ здебільшого можуть бути близькими до властивостей матеріалу анода (Lazarenko, 1976; Samsonov, et al., 1976). Однак для пояснення механізму процесу змінення наведені твердження потребують детальних металографічних досліджень.

Стосовно практичних рекомендацій, можна переважливо стверджувати про можливість впровадження технології ЕІЛ за розробленими режимами у виробництво.

Перелік використаних джерел

- Diachenko, S. S. (Ed.), Doshchekhina, I. V., Movlian, A. O., & Pleshakov, E. I. (2007). *Materialoznavstvo*. Kharkiv: KhNADU. 440 p. [in Ukrainian].
 Guliaev, A. P. (1977). *Metallovedenie*. (5th ed.). Moscow: Metallurgija. 648 p. [in Russian].
 Ivanov, G. P. (1961). *Tekhnologiya elektroiskrovogo uprochnenija instrumentov i detalei mashin*. Moscow: Mashgiz. 302 p. [in Russian].
 Kiryk, M. D. (1999). *Instrument dlia obroblennia derevyny ta derenykh materialiv*. Lviv: Kolomyia. 190 p. [in Ukrainian].
 Lazarenko, N. I. (1976). *Elektroiskrovoe legirovanie metallicheskikh poverkhnostei*. Moscow: Mashinostroenie. 45 p. [in Russian].
 Samsonov, G. V., et al. (1976). *Elektroiskrovoe legirovanie metallicheskikh poverkhnostei*. Kyiv: Naukova dumka. 219 p. [in Russian].

B. M. Голубець, І. М. Гончар, Ю. С. Шпуляр

Національний лесотехніческий університет України, г. Львів, Україна

ПОВЫШЕНИЕ СТОЙКОСТИ МЕТАЛЛО- И ДЕРЕВОРЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА НАНЕСЕНИЕМ ЭЛЕКТРОИСКРОВЫХ ПОКРЫТИЙ

Проанализированы характеристики материалов, используемых для изготовления режущего инструмента. Установлено, что важной характеристикой для инструментальных сталей является их прокаливаемость. Но если рабочая температура в зоне контакта инструмент-деталь превышает температуру отпуска, то твердость инструмента снижается в связи с распадом мартенсита, а также укрупнением частиц карбидной фазы, и инструмент будет затупляться. Поэтому важной прикладной задачей повышения стойкости режущего инструмента является поверхностное упрочнение режущего лезвия. Проведены исследования поверхностного упрочнения металло- и дереворежущего инструмента с использованием новых комбинированных электродов для нанесения электроискрового покрытия (ЭИП) методом электроискрового легирования (ЭИЛ). В разработанных комбинированных электродах использовались известные твердые сплавы ТК, ВК, порошковая проволока ПД 80Х20Р3Т с добавлением к ним компонента "К". Проведены экспериментальные исследования процесса сверления образцов из стали 40Х закаленной до твердости HRC 38–40. В качестве инструмента принимали сверла марки HSS (аналог быстрорежущая легированная сталь Р6М5) швейцарской фирмы IRWIN. Сверление осуществлено указанными сверлами неупрочненными, упрочненными твердыми сплавами ТК и ВК, порошковой проволокой ПД 80Х20Р3Т, а также порошковой проволокой ПД 80Х20Р3Т с добавлением компонента "К". Установлено, что стойкость сверл, упрочненных порошковой проволокой ПД80Х20Р3Т+"К", по сравнению с серийными неупрочненными увеличилась почти в семь раз. Проведено также поверхностное упрочнение ЭИЛ зубцов ленточной пилы из стали D6A (аналог 50ХГФМА) для пилинья древесных материалов, с использованием электрода Т15К6+"К". Сравнительные исследования проведены при распиловке древесины ясеня. По результатам исследований установлено, что ресурс работы ленточной пилы, упрочненной ЭИЛ, увеличился в 2 раза по сравнению с неупрочненными пилами. На основании полученных результатов можно утверждать, что за счет изменения структуры поверхностного слоя металла повышается его твердость, а благодаря высокой ионизации межэлектродного пространства – возникают благоприятные условия для протекания реакций, которые изменяют его химический состав. Однако для объяснения механизма процесса упрочнения приведенные утверждения требуют детальных металлографических исследований.

Ключевые слова: покрытие электроискровое; легирование электроискровое; сверло; пила ленточная; электрод; сплав твердый; проволока порошковая; стойкость; упрочнение поверхностное.

INCREASE OF RESISTANCE OF METAL AND WOODCUTTING TOOLS WITH APPLYING OF ELECTROSPARKING COATING

The authors have analysed the characteristics of materials used for cutting tool manufacture. An important characteristic for tool steels is defined to be their warpability. But if the operating temperature in the contact area of the tool-part exceeds the release temperature, the hardness of the tool is reduced due to martensite collapse and the aggregation of the carbide phase particles so the tool will blunt. Therefore, an important application problem of cutting tool stability improvement is the blade surface hardening. The research was carried out on the surface hardening of the metal and woodcutting tool with the use of new combined electrodes for application of the electrospark coating (ESC) by the method of electrospark doping (ESD). In the developed composite electrodes known solid alloys TC, VK as well as powder wire PD 80X20P3T were used with addition of component "K" to them. Experimental researches of the drilling process of samples from steel 40X hardened to HRC 38–40 hardness have been carried out. Drills of HSS brand of the Swiss company IRWIN (analog of high-speed R6M5 compound steel) were used as a tool. Drilling was carried out by the specified not hardened drills as well as by the drills hardened by solid alloys TC and VK, powder wire PD 80X20P3T and powder wire PDX 80X20P3T with addition of component "K" to them. It was established that the stability of the drill hardened with powder wire PD80X20P3T+"K" in comparison with the serial unshielded drills has increased almost seven times. Case-hardening of EIL teeth of a saw blade made of D6A steel (50XGFMA analogue) was also carried out for sawing of wood materials using T15K6+"K" electrode. Comparative studies were carried out by ash wood sawing up. According to the research results it has been established that work lifetime of the band-saw strengthened with EIL has increased 2 times in comparison with the unstrenghtened saws. On the basis of the results obtained, one could argue that due to change in the structure of metal surface layer its hardness increases, and due to the high ionization of the interelectrode space, favorable conditions arise for the occurrence of reactions that cause changes in its chemical composition. However, in order to explain the mechanism of the strengthening process, the above allegations require detailed metallographic studies.

Keywords: electrospark coating; electrospark doping; drill; band saw; electrode; solid alloy; flux-cored wire; resistance; surface hardening.