

заготовок твердих листяних порід, або при сушінні товстих сортиментів. Знаходять застосування вакуумні камери двох типів: конвективні вакуумні камери (із застосуванням вентиляторів); кондуктивні вакуумні камери (із нагрівальними плитами). Реальний час сушіння у вакуумних конвективних камерах зменшується приблизно на 20 %, а у вакуумно-кондуктивних в 4-5 разів менший, ніж у традиційних. Окрім цього, застосування менших температур, відповідно, дозволяє економити теплову енергію. Вакуумні сушильні камери потребують істотних інвестиційних коштів. На ринку України пропонується вакуумно-діелектрична сушильна камера СПВД-202. Однак, недосконалість ВЧ-генератора (низький к.к.д., складність в експлуатації і ремонті) і як наслідок – велика витрата електроенергії, а також відсутність відпрацьованих технологій, не дозволяють на даному етапі використання такого класу сушарок.

Конденсаційні сушильні камери застосовуються у випадку дешевої електричної енергії, а також для сушіння цінних порід деревини (сушіння при низьких температурах). Перевагою даних сушарок є те, що вони не вимагають будівництва котельних установок. Залежно від об'єму і породи висушуваної деревини камери комплектуються конденсаційними агрегатами різної потужності. Для циркуляції агента сушіння застосовуються вентилятори, як і у конвективних камерах. Специфіка роботи конденсаційних (холодильних) агрегатів не дозволяє піднімати температуру вище 45-60 °С. Час сушіння у такого типу сушарках приблизно на 50 % більший, ніж у традиційних конвективних.

Останнім часом на ринку України з'явилися сушильні камери з використанням струмів надвисоких частот (НВЧ). Такого типу сушильні камери можуть бути застосовані при висушуванні одиничних дощок (2-4 дошки за цикл). Крім того, вони мають ще ряд інших недоліків, які потрібно усунути:

- внаслідок того, що НВЧ-енергія проникає у деревину тільки на глибину до 8 см, виникає значна нерівномірність просихання пиломатеріалів;
- фізична природа НВЧ-нагрівання: у місцях з більшою вологістю матеріал нагрівається до більших температур, що при певних значеннях вологості може призвести до його samozapalювання;
- відсутність технології (режими сушіння підбираються експериментально);
- складність в обслуговуванні (заміна магнітронів кожні 600 год. роботи) та велика витрата електроенергії.

Таким чином, для обґрунтованого вибору обладнання для сушіння пиломатеріалів необхідно врахувати вид застосовуваної енергії, специфікацію та об'єми висушуваних пиломатеріалів, якісні показники процесу сушіння. Для підвищення ефективності різних типів сушарок доцільно скористатися технічними критеріями оптимізації, описаних формулами 1-9. Для досягнення високої якості сушіння пиломатеріалів з деревини твердих листяних порід необхідно застосовувати сушильні камери, які мають низькі значення таких критеріїв оптимізації, як рівномірність циркуляції агента сушіння V_{ω} 16 % та рівномірність температурного поля V_{δ} 8 %.

Література

1. Билей П.В. Сушка древесины твердых листовых пород. – М.: Экология, 1992. – 224 с.
2. Билей П.В., Губер Ю.М. Сучасний стан техніки сушіння деревини в Україні/ Світ меблів і деревини. – К., 2000, № 1-2. – С. 13-14.

УДК 669.15:621.793 Проф. В.М. Голубець, д.т.н.; аспір. О.В. Білоус – УкрДЛТУ

ТРИБОТЕХНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ЗМІЦНЕНИХ ЕЛЕКТРОІСКРОВОЮ І ЛАЗЕРНОЮ ОБРОБКОЮ ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ СТАЛЕЙ ПРИ ТОЧІННІ ДЕРЕВИННИХ МАТЕРІАЛІВ ВСТУП

Не зважаючи на створені за останній час нові конструкційні матеріали для метало- і дереворізного інструменту, розроблені численні технологічні засоби для його зміцнення, і перш за все для нанесення різного роду зносостійких покриттів, проблема підвищення стійкості інструментальних матеріалів все ще залишається надзвичайно актуальною. Більшість досліджень у цій галузі проведено стосовно металорізного інструменту. Відомо, наприклад, використання при цьому йонно-плазмової, електронно-променевої, лазерної, електроіскрової та інших видів обробок [1]. Однак, отримані позитивні результати по стійкості металорізного інструменту не можуть бути адекватно перенесені і рекомендовані для процесів різання деревини, яка є складним композиційним матеріалом із специфічними механофізико-хімічними властивостями.

З літературних джерел відомими є результати ефективного використання деяких нових методів підвищення стійкості дереворізного інструменту, наприклад, обробки на "білий шар" [2], лазерного [3] і електроіскрового [4] поверхневого зміцнення, комплексного використання електроіскрової та лазерної обробки [5] та інших видів.

Заслугує на особливу увагу метод електроіскрового легування (ЕІЛ) дереворізного інструменту. Позитивною особливістю цього методу є висока міцність зчеплення нанесеного легуваного шару з матеріалом основи, можливість легування лобовими струмопровідними матеріалами, низька енергоємність процесу, простота виконання технології зміцнення на недорогівартісному обладнанні, локальність нанесення покриття без помітної деформації металу, відсутність нагрівання всього об'єму інструменту. Однак широке застосування ЕІЛ для зміцнення дереворізного інструменту стримується рядом факторів. Серед основних з них – використання в якості електродних матеріалів тугоплавких дефіцитних сполук на основі карбіду вольфраму і значна шорсткість зміцненої поверхні.

Розширенню сфери застосування ЕІЛ для зміцнення металорізного інструменту значною мірою сприяло створення безвольфрамових електродних матеріалів на основі заліза з евтектичною структурою [6]. У той же час, на сьогодні відсутні дослідження по використанню таких електродів для нанесення електроіскрових покриттів на дереворізальний інструмент і їх вплив на стійкість інструменту при різанні деревини. Відомим є також і той факт, що зменшення шорсткості зміцненої поверхні після ЕІЛ можна досягнути лазерною обробкою за допомогою оптичного квантового генератора (ОКГ).

Наведені вище міркування дозволяють сформулювати основну мету даної роботи – дослідити вплив виду нанесеного покриття (ЕІЛ з використанням евтектичного електродного матеріалу, лазерна обробка, комплексне ЕІЛ + ОКГ) на триботехнічні характеристики інструментальних сталей, встановити стійкість дереворізного інструменту залежно від режимів різання при точінні деревини.

Постановка експерименту

Триботехнічні дослідження проводили за схемою "стальний індентор" (сталі У8 і Р6М5) – зразок з деревини (дуб, бук, сосна) на трибометрі ТМ-90 на базі трибометричної приставки ПМТ-75 конструкції ІПМ НАН України [7]. Стальний індентор мав форму циліндра діаметром $d = 3$ мм, який переходить у конус з радіусом $R = 0,5$ мм у робочій частині. Зразки з деревини – мокрої (вміст води 38 %) і сухої (14 %) являли собою плоскі пластини розміром $32 \times 16 \times 5$ мм, які виготовлені для тертя по них індентора як вздовж, так і поперек волокон.

Конструкція трибометра дозволяла фіксувати силу тертя $F_{тр}$ між індентором і зразком при зворотньо-поступовому русі індентора з середньою швидкістю $0,002$ м/с і навантаженні $0,03$ кг. Силу тертя визначали при одноразовому проході індентора ($F_{тр1}$) і після шести проходів ($F_{тр6}$) з точністю $\pm 3,0$ %. Після проведення досліджень на профілографі – профілометрі визначали величину лінійного зносу зразка з деревини (глибину лунки).

Процес різання зразків із дуба у сухому стані діаметром 100 мм шириною 25 мм моделювали різанням що мали форму 4-х гранної піраміди з кутом при вершині 45° (сталі У8 і Р6М5) на машині тертя МТ-68 [7] конструкції ІПМ НАН України, яка імітувала процес точіння. Випробування проводили при $P = 10, 20, 30$ Н і $V = 3, 6, 9$ м/с (відповідно шлях різання складав $0,9, 1,8, 2,7$ км). Тривалість процесу становила 300 с. Різці зважували до і після випробувань і визначали інтенсивність зношування I_z , мг/км.

Зміцнення робочої частини сталого індентора і різців здійснювали наступними методами:

- електроіскровим легуванням на установці типу "Елітрон-20" виробництва Дослідного заводу ІПФ АН Молдови спеціально розробленим легуючим електродом з евтектичного сплаву системи "Fe – Mn – C – B – Si – Cr". Енергія одиничного розряду становила $0,37$ Дж, товщина покриття $60-70$ мкм;
- лазерною обробкою за допомогою оптичного квантового генератора "Квант-15" виробництва Ульяновського електролампового заводу. Діаметр плями складав $\delta_p = 1,284$ мм, площа $S_p = 1$ мм², густина енергії $E_f = 1,5$ Дж/мм². Глибина зміцнення складала $60-90$ мкм;
- комплексним електроіскровим легуванням з наступною лазерною обробкою (ЕІЛ + ОКГ) по наведених вище режимах. При цьому отримували біпарне покриття товщиною $50-60$ мкм;
- в окремих випадках, для порівняння, зміцнення виконували йонно-плазмовим напленням [8] на установці "Булат" (метод КіБ). Попередньо проводили гартування сталей (сталі У8 і Р6М5) зразків у середовищі $BaCl_2$ (85 %) + MgF_2 (15 %) з нагріванням до $T = 1200$ °С і витримкою 30 с при цій температурі з подальшим відпуском у середовищі $KNaO_3$ (85 %) + $NaOH$ (15 %) при $T = 560$ °С і витримкою 2 год. Твердість після термічної обробки $HRC = 60-62$. Товщина йонно-плазмового покриття із нітриду титану TiN складала $3-5$ мкм.

Обговорення результатів дослідження

1. Порівняльна оцінка трибопоказників пари тертя "сталь – суха деревина"

Результати досліджень впливу виду покриття на триботехнічні характеристики пари "сталь – суха деревина" зведені у табл. 1, а графічна інтерпретація отриманих даних представлена на рис. 1.

Табл. 1. Результати трибометричних досліджень пари тертя "сталь – суха деревина" ($V = 0,002$ м/с; $P = 0,03$ кг)

Матеріали індентора і тип покриття	Матеріал деревини і напрямки досліджень			
	Вздовж волокон		Поперек волокон	
	Сила тертя Fтр, г			
	Fтр1	Fтр6	Fтр1	Fтр6
Дуб				
Сталь Р6М5	8,0	9,0	5,5	12,0
Р6М5+КіБ	4,5	5,5	4,0	5,5
Р6М5+ЕІЛ	10,0	9,5	12,0	11,5
Р6М5+ОКГ	10,0	9,0	12,0	10,0
Р6М5+(ЕІЛ+ОКГ)	3,5	3,5	4,5	4,5
Сталь У8	9,0	14,0	8,5	16,0
Бук				
Сталь Р6М5	8,5	9,0	9,0	10,5
Р6М5+КіБ	4,0	4,5	4,5	5,0
Р6М5+ЕІЛ	9,0	8,5	9,5	10,0
Р6М5+ОКГ	8,5	7,5	10,0	9,5
Р6М5+(ЕІЛ+ОКГ)	3,5	2,5	4,0	3,5
Сталь У8	8,0	10,0	9,5	11,0
Сосна				
Сталь Р6М5	7,0	7,5	8,0	8,5
Р6М5+КіБ	3,5	4,0	4,0	4,5
Р6М5+ЕІЛ	7,5	7,0	8,5	8,0
Р6М5+ОКГ	5,5	6,0	5,0	6,5
Р6М5+(ЕІЛ+ОКГ)	2,5	2,0	3,0	2,5
Сталь У8	8,0	8,5	8,5	9,0

Аналіз отриманих даних дозволяє відзначити, що силові втрати не зміцненої сталі Р6М5 на всіх режимах контактування індентора по деревині нижчі, ніж при проходженні індентора із сталі У8. Це пояснюється більш високою мікротвердістю сталі Р6М5 ($2200...2250$ МПа) порівняно із мікротвердістю сталі У8 ($2000...2100$ МПа) і підтверджується меншою глибиною лунки на деревині після проходів індентора із сталі Р6М5. Глибина лунки на сосні після індентора із сталі Р6М5 становила $0,014...0,016$ мм проти $0,018...0,021$ мм у випадку індентора із сталі У8. Лунка після дії індентора із сталі Р6М5 має гладкі поверхні, її сілподібна форма не сприяє проникненню на велику глибину, тому її формування протікає без істотних силових втрат. Лунка після проходів індентора із сталі У8 має більш нерівну форму, що викликає підвищення сили тертя і сприяє проникненню індентора на більшу глибину (глибину лунок визначали після наробки індентора по деревині протягом 1 хв вздовж волокон). Варто відзначити, що при збільшенні твердості деревини, різниці у силових втратах між сталями У8 і Р6М5 значно зростає. Так, якщо у випадку тертя індентора по сосні максимальна різниця між $F_{тр}$ становила до $0,001$ кг, то при роботі у парі з дубом ця величина зросла до $0,004...0,005$ кг. Враховуючи вище відзначене, подальші дослідження впливу нанесених покриттів на триботехнічні характеристики пари "сталь – деревина" проводили в основному із застосуванням сталі Р6М5, порівнюючи їх в окремих випадках зі сталлю У8.

Аналізуючи процеси контактної взаємодії сталі Р6М5 з досліджуваними покриттями у парі з різними видами деревини, можна відзначити наступне. Для сталі Р6М5 з йонно-плазмовим покриттям із нітриду титану, отриманим методом

KiB, характерним є той факт, що із збільшенням часу випробувань сила тертя зростає, тобто $F_{тр1} < F_{тр6}$. Це спостерігається як при терті вздовж волокон, так і поперек них (табл. 1). Очевидно із збільшенням часу випробувань спостерігається неодноразова деформація зруйнованих волокон, яка приводить до того, що необхідно від індентора (лунка) набуває сидлоподібної форми, краї лунки гладкі. Твердість покриття із нітриду титану різко зростає порівняно з незміщеною сталлю Р6М5 (4600...4800 МПа), що зменшує значення сили тертя (рис. 1), хоча глибина лунки неістотно збільшується (0,023...0,025 мм).

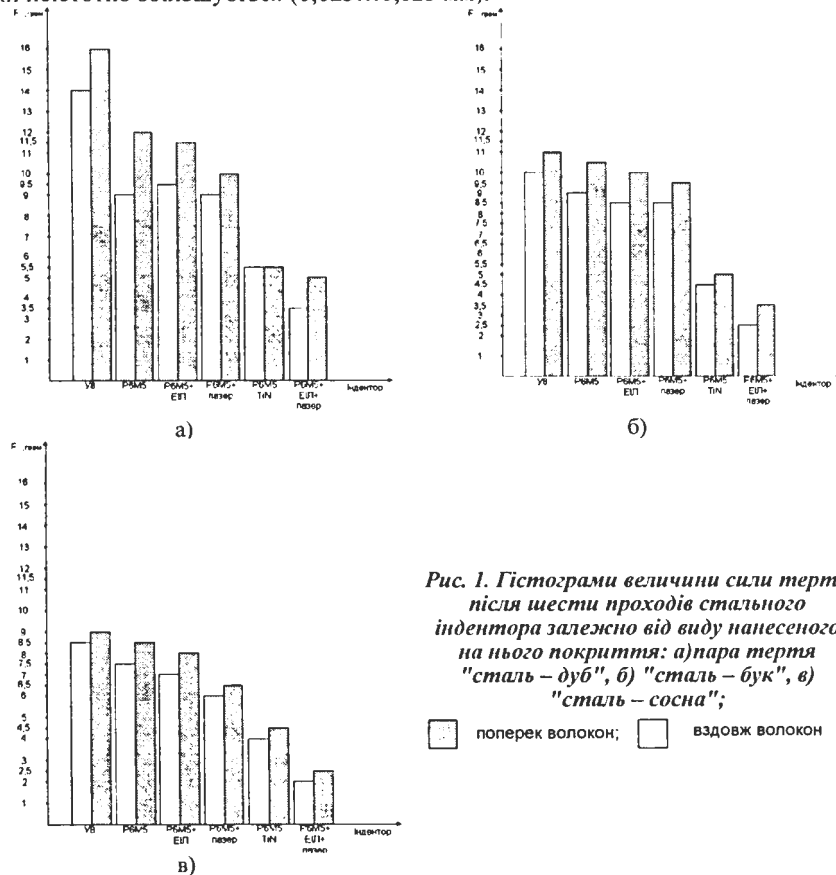


Рис. 1. Гістограми величини сили тертя після шести проходів сталюгого індентора залежно від виду нанесеного на нього покриття: а) пара тертя "сталь – дуб", б) "сталь – бук", в) "сталь – сосна";

■ поперек волокон; □ вздовж волокон

При проходженні індентора з покриттями після обробки ОКГ і ЕІЛ на деяких деревинних матеріалах спостерігається зворотня залежність – $F_{тр1} > F_{тр6}$ (табл. 1). Аналіз профілограм показує, що у випадку тертя індентора після обробки ОКГ з мікротвердістю 6200...6250 МПа лунка набуває клиноподібної форми з рівними краями, тобто при терті переважає процес різання, який із збільшенням часу випробувань не викликає зростання сили тертя. Поверхня залишається достатньо гладкою, глибина лунки становить 0,044...0,046 мм.

При роботі індентора з покриттям отриманим ЕІЛ мікротвердістю 5100...6500 МПа сила тертя росте, що пояснюється підвищеною шорсткістю поверхні індентора і це наглядно простежується на профілограмі лунки (глибина лунки 0,028...0,032 мм).

У випадку випробувань комплексного покриття (ЕІЛ + ОКГ) мікротвердістю 9100...9300 МПа спостерігається наступна залежність сил тертя – $F_{тр1} \geq F_{тр6}$, тобто прослідковується практично її зменшення, що характеризує процес як ріжучий. Форма і поверхня лунки клино-подібна, гладка, глибиною 0,060...0,064 мм, а це сприяє зменшенню зусиль різання і зменшенню силових витрат у зоні контакту.

Залежно від виду досліджуваної деревини (дуб, бук, сосна) глибина лунки також змінюється. Найбільше значення спостерігається при терті індентора по сосні (0,060...0,064 мм), найменше – для дуба (0,030...0,032 мм). Причому така залежність характерна не тільки для комплексного покриття, але і для всіх інших, включаючи сталь Р6М5 без покриття, що пов'язано з величиною твердості досліджуваних деревинних матеріалів.

Таким чином, на підставі проведених досліджень можна зробити однозначний висновок про те, що нанесення комплексного (біпарного) покриття електроіскровим легуванням з використанням електродного матеріалу з наступною лазерною обробкою істотно підвищує ріжучі властивості інструментальної сталі, що приводить до зменшення силових витрат під час проходження індентора, а також збільшує глибину проникнення індентора у деревину.

2. Вплив вологи деревини на трибопоказники пари тертя "сталь – деревина"

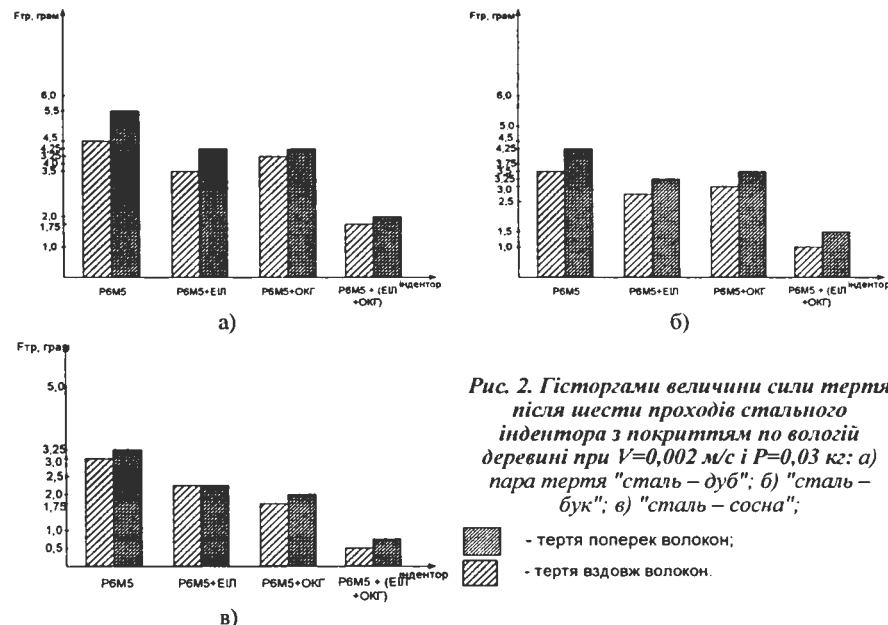
У реальних умовах часто обробці піддається деревина, що не пройшла відповідного сушіння. У зв'язку з цим, певний інтерес представляли дослідження впливу вологи у деревині на процеси контактної взаємодії пар "стальний індентор – волога деревина". У цьому випадку застосовували плоскі зразки з деревини з вмістом вологи 38 %.

Табл. 2. Результати трибометричних досліджень пари тертя "сталь-волога деревина"

Матеріал індентора і метод нанесення покриття	Матеріал деревини і напрям волокон											
	Дуб				Бук				Сосна			
	вздовж		поперек		вздовж		поперек		вздовж		поперек	
Сила тертя – Fтр, г												
Сталь Р6М5 (без покриття)	Fтр1	Fтр6	Fтр1	Fтр6	Fтр1	Fтр6	Fтр1	Fтр6	Fтр1	Fтр6	Fтр1	Fтр6
Р6М5 + ЕІЛ	5,0	4,5	6,0	5,5	3,75	3,5	4,5	4,25	3,25	3,0	3,5	3,25
Р6М5 + ОКГ	3,75	3,50	4,5	4,25	3,0	2,75	3,5	3,25	2,75	2,25	3,0	2,25
Р6М5 + ОКГ	4,25	4,0	4,50	4,25	3,5	3,0	3,75	3,50	2,0	1,75	2,25	2,0
Р6М5 + (ЕІЛ + ОКГ)	2,0	1,75	2,5	2,0	1,5	1,0	1,75	1,5	0,75	0,5	1,0	0,75

У всіх випадках, як при терті по різних породах деревини, так і по напрямку проходження сталюгого індентора (вздовж і поперек волокон), сила тертя із збільшенням числа проходів індентора до шести по вологій деревині зменшується (табл. 2, рис. 2). Очевидно волога деревина сприяє вигладжуванню робочої поверхні, спостерігається розшарування волокон, стінки лунок стають гладкими. Як і у

випадку досліджень по сухій деревині, у даних дослідженнях з ростом твердості деревини рівень силових витрат підвищується, наприклад, збільшення $F_{тр}$ по сосні і дубу становить 2,0...2,5 рази при терті вздовж волокон. При терті поперек волокон спостерігається підвищення сили тертя в 1,2...1,5 рази.



Контакт сталюгого індентора з вологою деревиною у всіх випадках досліджень приводить до зменшення в 2,5 рази сили тертя порівняно з сухою деревиною. Очевидно, це пояснюється наявністю у зоні контакту води, яка виконує змащувальну дію на матеріал.

Необхідно відзначити також, що всі види нанесених на сталюгий індентор покриттів зменшують втрати на тертя порівняно з інденторами без покриття. Найбільш ефективно працює комплексне біпарне покриття (ЕІЛ + ОКГ) де сила тертя у зоні контакту з вологою деревиною є найменшою порівняно з іншими видами покриттів.

3. Зносостійкість покриттів при роботі у парі зі сталюгим контртілом

З метою підтвердження отриманих результатів на трибометрі і для оцінки поведінки покриттів у більш жорстких режимах роботи, проведені дослідження стійкості покриттів при фрикційному контакті у парі з сталлю 65Г. Оцінку трибологічних властивостей матеріалів здійснювали при обертвовому русі зразка з покриттям з $V=5$ м/с і $P=0,1$ МПа. У процесі експерименту фіксували силу тертя і лінійне зношення.

Як видно з приведених результатів (табл. 3), нанесення покриттів на декілька порядків підвищує стійкість проти спрацювання досліджуваних інструментальних сталей.

Табл. 3. Результати трибометричних досліджень матеріалів і покриттів

Матеріали індентора і метод нанесення покриття	Коефіцієнт тертя, f	Інтенсивність зношування I , мг/км
Сталь Р6М5	0,40	250
Р6М5+ОКГ	0,36	42
Р6М5+(ЕІЛ+ОКГ)	0,33	3,3
Сталь У8	0,49	280
У8+ОКГ	0,43	20
У8+(ЕІЛ+ОКГ)	0,33	5,0

При цьому підвищенням комплексом триботехнічних властивостей володіють комплексні біпарні покриття. Нанесення цих покриттів на сталі У8 і Р6М5 не змінює рівень силових витрат. Коефіцієнт тертя в обох випадках рівний 0,33. Інтенсивність зношування сталей теж знаходиться на рівні одного порядку. Деяка різниця у значеннях коефіцієнтів тертя для сталей У8 і Р6М5 спостерігається після ЕІЛ. Пояснюється це тим, що після ЕІЛ не вся поверхня металу покрита легуючими елементами евтектичного електроду, а тільки її 70...80 %. У випадку комплексного (ЕІЛ + ОКГ) зміцнення лазерною обробкою сприяє рівномірному розподілу легуючих елементів по всій контактній поверхні зразка, про що свідчить вузький діапазон розходження показників мікротвердості (в межах 200...300 МПа), тоді як для покриття після ЕІЛ цей діапазон зростає (400...500 МПа). Найвища зносостійкість комплексного покриття досягається завдяки його структурі і комплексу фізико-механічних властивостей зформованого зміцненого шару металу, у т.ч. і його високій твердості.

У випадку обробки лазером спостерігається перебудова структури верхнього шару металу. Мікроструктура зони лазерного нагрівання з оплавленням поверхні на сталі У8 являє собою два відмінних один від одного шари. Перший з них нагрівається до розплавлення і має дендритно-стовпчикову первинну структуру [9]. У процесі подальшого охолодження формується вторинна структура, яка складається з мартенситу і залишкового аустеніту [10]. Фазові перетворення при нагріванні сталі У8 імпульсним методом лазерного впливу відрізняються простою, завдяки тому, що структура даної сталі складається з перліту і не містить у складі вторинного мартенситу [11]. Утворення у процесі лазерної обробки мартенситу веде до підвищення твердості зміцненого шару металу і, як наслідок, підвищення зносостійкості.

Аналогічна картина підвищення поверхневої твердості спостерігається і при обробці лазером швидкорізальної сталі Р6М5. Температура нагрівання лежить у межах $A_{с1}-A_{сm}$. Структура складається з дрібногнотоподібного мартенситу, невеликої кількості залишкового аустеніту і багаточисельних карбідів.

Підсумовуючи обговорення результатів досліджень у розділах 1, 2 і 3 можна констатувати, що найвищою зносостійкістю і найнижчими втратами на тертя володіють інструментальні сталі У8 і Р6М5, на робочу поверхню яких нанесено комплексне біпарне покриття після ЕІЛ і обробки ОКГ. При цьому в якості електроду для ЕІЛ використовується матеріал з евтектичною структурою системи Fe – Mn – C – B – Si – Cr. Тому перспективність застосування такого покриття для обробки різання деревинних матеріалів не викликає ніяких сумнівів.

4. Вплив режимів різання на стійкість інструментальної сталі після комплексного електроіскрового легування і лазерної обробки

Результати моделювання процесу різання зразків із дуба у сухому стані інструментальними сталями з нанесеним комплексним (ЕІЛ + ОКГ) покриттям засвідчують (рис. 3) зменшення в 4...6 раз інтенсивності зношування ріжучого інструменту із сталі У8 і до 5...7 раз із сталі Р6М5.

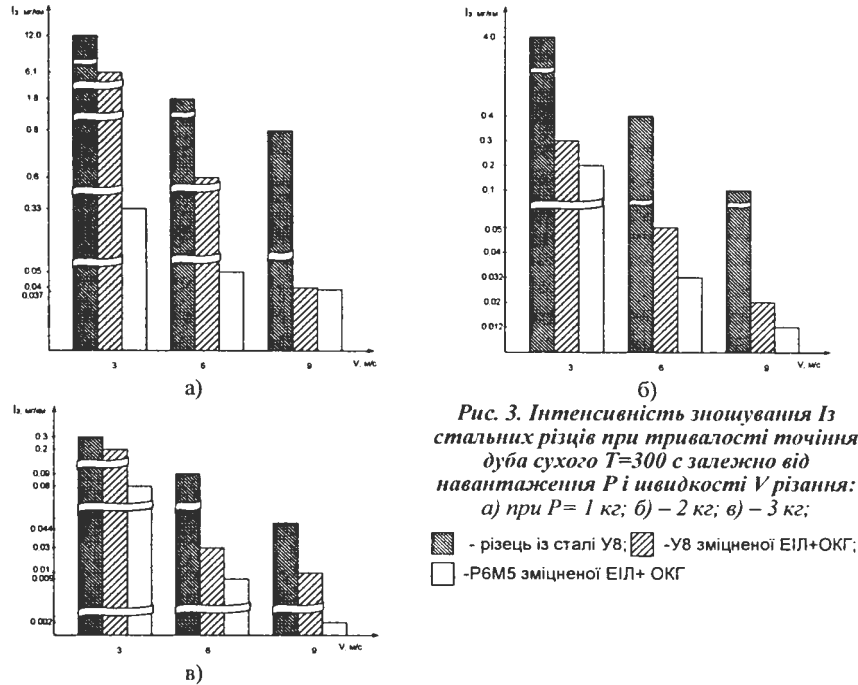


Рис. 3. Інтенсивність зношування I_z сталей різців при тривалості точіння дуба сухого $T=300$ с залежно від навантаження P і швидкості V різання: а) при $P = 1$ кг; б) – 2 кг; в) – 3 кг;

■ – різець із сталі У8; ▨ – У8 зміцненої ЕІЛ+ОКГ; □ – Р6М5 зміцненої ЕІЛ+ОКГ

Спостерігається певна закономірність інтенсивності зношування залежно від режимів різання. При швидкості різання $V = 3$ м/с і навантаженні $P = 10$ Н різець спрацьовується інтенсивніше, ніж при $V = 9$ м/с і $P = 30$ Н. Очевидно, волокниста неоднорідна структура сухої деревини чинить опір проникненню різця. Однак із збільшенням швидкості різання і навантаження ефективність різання деревини зростає і зносостійкість різця підвищується.

Найбільша стійкість різального інструменту з покриттям після ЕІЛ + ОКГ спостерігається при точінні за допомогою сталі Р6М5. Більше того, проведене контрольне зважування контртіла із сосни до і після обробки різанням при $V = 9$ м/с і $P = 10$ Н на протязі 10 с показало, що у випадку застосування в якості різця сталі Р6М5 знімання деревини склало 2,02 г (0,0202 кг), у випадку цієї ж сталі з комплексним ЕІЛ+ОКГ покриттям втрати ваги дерев'яного контртіла становлять 5,51 г (0,0551 кг), тобто майже в 2 рази більше. Таким чином, нанесення комплексного покриття на сталь Р6М5 забезпечує не тільки підвищену зносостійкість дереворізального інструменту, але і підвищує продуктивність процесу різання.

Висновки

- Проведена оцінка процесів контактної взаємодії інструментальних сталей У8 і Р6М5 з нанесеними покриттями (йонно-плазмовим на основі нітриду титану, електроіскровим з евтектичного електроду на основі системи $Fe - Mn - C - B - Si - Cr$, сформованим на базі лазерного опромінення) при їх тестуванні у лабораторних умовах у парі з деревинними матеріалами (дуб, бук, сосна) вздовж і поперек волокон. Встановлені основні триботехнічні характеристики контактуючих пар "сталь-деревина" – силу (коефіцієнт) тертя, зносостійкість (інтенсивність зношування), ріжучу здатність, у т.ч. при роботі у парі з сухими і вологими деревинними матеріалами, а також закономірності їх зміни залежно від виду нанесених покриттів і режимів різання (параметрів тертя).
- Показано, що найбільш ефективним з точки зору підвищення стійкості дереворізального інструменту і продуктивності процесу різання деревини при точінні є комплексне біпарне покриття, отримане на інструментальних сталях електроіскровим легуванням з подальшою лазерною обробкою. Найбільшу стійкість дереворізального інструменту з комплексним покриттям отримано для сталі Р6М5. Вторинна лазерна обробка сприяє перебудові мікроструктури поверхневого шару металу після електроіскрового легування і покращенню комплексу його фізико-механічних властивостей – рівномірному розподілу легуючих елементів по всій поверхні, підвищенню мікротвердості, зниженню шорсткості зміцненої поверхні і т.д. Перспективність застосування комплексного біпарного покриття підтверджено у більш жорстких умовах його роботи – при фрикційному контакті у парі тертя "інструментальна сталь Р6М5 – сталь 651".

Вперше для зміцнення дереворізального інструменту електроіскровим легуванням опробовано і підтверджено ефективність використання безвольфрамового електродного матеріалу на основі заліза з евтектичною структурою системи $Fe - Mn - C - B - Si - Cr$ для нанесення електроіскрового покриття. Використання такого недефіцитного і низьковартісного електродного матеріалу порівняно з електродами із твердих сплавів типу ВК, ТК і ТТК, його подальше вдосконалення з метою розширення у складі легуючих елементів, зменшення шорсткості нанесеного електроіскрового покриття вторинною лазерною обробкою – це ті основні фактори, що можуть істотно розширити сферу застосування електроіскрового легування у деревообробній промисловості для зміцнення ріжучого інструменту.

Література

1. Джеломанова Л.М. Прогрессивные методы нанесения износостойких покрытий на режущий инструмент. Обзор.- М., НИИИмаш, 1979. – 48 с.
2. Кірик М.Д. Технологічні основи підвищення стійкості проти спрацювання дереворізального інструменту з високовуглецевих та низьколегованих інструментальних сталей. Автор. дис. д. т. н. – Львів: УкрДЛТУ, 1996. – 37 с.
3. Коваленко В.С., Головкин Л.Ф., Меркулов Г.В. и др. Упрочнение деталей лучом лазера. – К.: Техніка, 1981. – 132с.
4. Иванов В.П., Коваль Н.П. Опыт применения электроискрового легирования для упрочнения инструментов и восстановления деталей машин. – "Электронная обработка металлов", №4, 1977. – С. 47-52.
5. Ботвинко В.П. Підвищення працездатності інструменту з швидкоеріжучих сталей шляхом комбінованого впливу електроіскрового легування та лазерної обробки. Автор. дис. канд. техн. наук. – Київ: ІІМ НАНУ, 1998. – 19 с.
6. Пашечко М.Н., Голубец В.М., Чернец М.В. Формирование и фрикционная стойкость эвтектических покрытий. – К.: Наук. Думка, 1993. – 344 с.
7. Мамыкин Э.Т., Ковпак М.К., Юга А.И. и др. Комплекс машин и методика определения антифрикционных свойств материалов при трении и скольжении// Порошковая металлургия. – 1973, №1. – с. 67-72.

8. Установка серии "Булат" для нанесения защитных покрытий на металлы и диэлектрики у вакууме. Информ. листок ВИМИ № 78-0429, 1978. Серия 10-12.
9. Коваленко В.С. Технология и оборудование электрофизических и электрохимических методов обработки металлов. – К.: Вища школа, 1983. – 176 с.
10. Коваленко В.С., Головкин Л.Ф., Черненко В.С. Упрочнение и легирование деталей машин лучом лазера. – К.: "Техніка", 1990. – 192 с.
11. Бураков В.А., Бровар Г.П., Буракова Н.М. К вопросу о термостойкости стали Р6М5 после лазерной обработки. – Металловедение и термическая обработка металлов. 1982, № 9. – С. 33 – 36.

УДК 658.562

Проф. І.В. Кузьо, д.т.н.; доц. В.М. Палаши, к.т.н. –
 НУ "Львівська політехніка"; проф. М.П. Мартинців, д.т.н. – УкрДЛТУ

ПРИНЦИПИ ФОРМУВАННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ВИРОБІВ МАШИНОБУДУВАННЯ

На основі класифікації та обґрунтування номенклатури показників якості виробів машинобудування розглянуто принципи формування їх структури, що визначає ефективність машин.

Prof. I.V. Kuzio, doc. V.M. Palash – NU "Lvivska Politechnika";
 prof. M.P. Martyniv – USUFWT

Quality indexes forming principles of machine-building wares

On classification base and basing of machine-building wares quality indexes nomenclature considered forming principles of their structure, that determines engines effectiveness.

Системний аналіз номенклатури показників якості виробів базується на врахуванні багатьох чинників, основними з яких є:

- взаємодія стандартів різних видів і категорій з іншими видами технічних документів, які використовуються при реалізації спеціальних функцій керування якістю продукції, зокрема планування, організації, стимулювання тощо;
- взаємозв'язок стадій життєвого циклу продукції машинобудування і приладобудування – дослідження, розробка, виготовлення, експлуатація, ремонт та утилізація;
- особливості задач керування якістю продукції машинобудування і приладобудування, що розв'язуються на різних рівнях формування показників якості – державному, галузевому, виробничому об'єднанні або підприємстві.

Аналіз чинної нормативно-технічної і методичної документації показує, що традиційний підхід до класифікації і обґрунтування показників якості продукції, розробки методів їх визначення й оцінки не передбачає комплексного врахування вказаних вище чинників і тому не забезпечує можливості їхнього ефективного використання для керування якістю виробів. Не враховуються при цьому специфічні особливості виробів машинобудування і приладобудування (рівень новизни і складності конструкцій, багатоплановість властивостей, що утворюють якість, своєрідність представлення цільової функції керування технічним рівнем продукції, специфіка умов використання та відновлення якості у процесі експлуатації).

Все це свідчить про необхідність розробки і застосування принципово нових підходів до систематизації номенклатури показників якості продукції машинобудування, розвитку методичних основ визначення й оцінки показників, встановленню граничних значень цих показників і обмежень з врахуванням умов їх використання, зумовлених наведеними вище чинниками.

При встановленні номенклатури показників якості і умов їх вибору з метою керування доцільно виходити з таких основних принципів – повноти складу показників якості виробів, керованості процесами створення і застосування продукції за показниками якості, агрегованості показників.

Принцип повноти складу припускає, що прийнята номенклатура показників якості продукції буде достатньою для встановлення з визначеним ступенем точності факту досягнення запланованого кінцевого ефекту у результаті створення і використання даної продукції.

Водночас обрана номенклатура повинна бути достатньою для оцінки ефективності використання ресурсів, виділених на створення, освоєння і використання продукції.

Принцип керованості полягає у тому, що цільові функції керування процесами створення і використання продукції необхідно визначити через такі показники, які піддаються урахуванню, контролю і регулюванню при керуванні і забезпечують успішне рішення управлінських задач в умовах нових економічних відношень.

Вираз цільової функції керування якістю продукції залежить, насамперед, від рівня керування. Справа у тому, що для різних рівнів, особливо сьогодні, необхідні у загальному випадку показники різноманітної номенклатури і ступеня деталізації. Водночас, з огляду на цілісність структури державної системи керування науково-технічним прогресом, необхідно забезпечувати сумісність різноманітних елементів керування як по вертикалі (між різноманітними рівнями керування), так і по горизонталі (між ланками керування, що функціонують на одному рівні, але на різних стадіях життєвого циклу продукції).

Вимога сумісності, у першу чергу, ставиться до інформації про показники якості продукції, що повинна бути придатна як для передачі з одного рівня керування на інший, з однієї стадії життєвого циклу продукції на іншу, так і для наступної реалізації на цих стадіях спеціальних функцій керування.

У зв'язку з цим особливою актуальності набуває принцип агрегованості показників продукції.

Принцип агрегованості виражає можливість переходу від одиничних показників якості до комплексних або інтегральних, що характеризують сукупність властивостей виробу у цілому.

Вихідною передумовою встановлення раціональної номенклатури й галузей застосування показників якості є необхідність орієнтації цієї роботи на підвищення ефективності нової техніки і прискорення на цій основі науково-технічного прогресу як у сфері виробництва, так і у сферах споживання.

Ефективність нової техніки визначається сукупністю доданих виробі властивостей, від яких залежить розмір корисного ефекту, що одержується при використанні виробів за призначенням – $M(E)$, розміром витрат ресурсів на його створення і застосування – $M(B)$ і розміром виробленого виробом негативного (з погляду впливу на довкілля) ефекту – $M(H)$ (рис. 1).

У загальному випадку множина властивостей $M(Y)$, які утворюють якість виробу, являє собою об'єднання перерахованих властивостей [1].

$$M(Y) = M(E) \cup M(B) \cup M(H) \quad (1)$$