

Список літератури

1. Травление сталей и чугуна. [Електронний ресурс]. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: <http://metal-archive.ru/cinkovanie/4543-travlenie-staley-i-chuguna.html>.
2. Наркевич И.П., Печковский В.В. Утилизация и ликвидация отходов в технологии неорганических веществ. – М: Химия, 1984. – 240 с.
3. Способ регенерации соляной кислоты из отработанных травильных растворов. [Електронний ресурс]. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.freepatent.ru/patents/2061102>.
4. Способ и устройство для регенерации используемых для травления металлов растворов. [Електронний ресурс]. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.freepatent.ru/patents/2330902>.
5. Способ регенерации отработанных растворов соляной кислоты. [Електронний ресурс]. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.freepatent.ru/patents/2294982>.
6. Способ регенерации оксида железа и хлористоводородной кислоты. [Електронний ресурс]. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.freepatent.ru/patents/2495827>.
7. Ламзина И.В., Тарасов А.П., Желтобрюхов В.Ф. Разработка технологии процесса нейтрализации травильных растворов металлургических производств / И.В. Ламзина, А.П. Тарасов, В.Ф. Желтобрюхов // Научно-технический вестник Брянского государственного университета, 2016. – №4. – С. 9-15.
8. Бучило Э. Очистка сточных вод травильных и гальванических отделений. – М.: Металлургия, 1974. – 200 с.
9. Винникова О.С. Пашаян А.А., Лукашов С.В. Проблемы утилизации травильных растворов сталепрокатных заводов / О.С. Винникова, А.А. Пашаян, С.В. Лукашов // Экологические проблемы регионов Украины: материалы IX Всеукраинской науч. конф. студентов, магистров и аспирантов. Одесса, 2007. – С.45-47.
10. Добровольский И.П., Селихов А.Б. Перспективные направления переработки солянокислых отработанных травильных растворов с получением бишофита, пигментов и коагулянтов / И.П. Добровольский, А.Б. Селихов // Вестник Челябинского государственного университета, 2008. – № 17. – С. 28-31.
11. Манідіна Є.А., Смотряев Р.В., Троїцька О.О. та ін. Technology of sulfur oxide (IV) emissions neutralizing with the production of iron oxide pigment / Є.А. Манідіна, Р.В. Смотряев, О.О. Троїцька, Н.В. Беренда, В.Г. Рижков, Р.О. Бакарджиев // Вісник Українського відділення Міжнародної академії аграрної освіти, 2019 – № 7. – С. 50-61.
12. Запольский А. К., Баран А. А. Коагулянты и флокулянты в процессах очистки воды. – Л.: Химия, 1987. – 203 с.
13. Смирнов Д.И., Генкин В.Б. "Очистка сточных вод в процессах обработки металлов". – М.: "Металлургия", 1989. – с. 28.
14. Методика фотометричного визначення заліза (III) та заліза (II) з сульфосаліциловою кислотою в стічних водах: КНД 211. 1.4.040-95. – [Чинний від 01.07.95].- К. : Мінекобезпеки України, 1995. 12 с. – Керівний нормативний документ.
15. Агаєв І.М. Азы статистики в мире химии: Обработка экспериментальных данных. – Санкт-Петербург: НОТ, 2015. – 614 с

Рукопис подано до редакції 01.04.2021

УДК 621.9.044

В.П. НЕЧАЄВ; А.О. РЯЗАНЦЕВ, кандидати техн. наук, доценти, С.В. РЕБРОВА, асист.,
Д.О. ЛАВРИНЕНКО, асп.
Криворізький національний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ НА СТІЙКІСТЬ РІЗУЧОГО ІНСТРУМЕНТУ ПРИ ПЛАЗМОВО-МЕХАНІЧНІЙ ОБРОБЦІ

Мета. Метою даної роботи є вдосконалення технології обробки деталей з важкооброблюваних матеріалів, а саме – дослідження й наукове обґрунтування параметрів процесу плазмово-механічної обробки поверхонь деталей з легованих сталей для підвищення продуктивності обробки, забезпечення необхідного періоду стійкості різального інструменту.

Методи дослідження. Результати роботи з плазмово-механічної обробки отримані шляхом теоретичних і експериментальних досліджень. Теоретичні дослідження полягають у визначенні факторів, які впливають на інтенсивність зношування різального інструменту в умовах плазмово-механічного точіння й стругання. Експериментальні дослідження засновані на комплексному вивченні взаємозв'язку основних показників механічної обробки з факторами попереднього плазмового нагрівання припуску.

Наукова новизна. У результаті проведених досліджень були отримані дані про особливості протікання процесу спрацьовування інструментального матеріалу, динаміку параметрів зношування інструменту при нагріванні заготовки плазмовою дугою. Виявлена залежність зростання фаски зношування від параметрів нагрівання поверхневого шару заготовки, установлений розподіл нормальних та дотичних напруг на контактних поверхнях різучого клину.

Практичне значення. Розроблений процес плазмово-механічної обробки та рекомендації з вибору параметрів нагрівання та різання дозволяють збільшити продуктивність обробки заготовок із середньо легованих сталей при забезпеченні заданих параметрів стійкості різучої частини інструменту.

Результати. Встановлено, що попереднє плазмове нагрівання при механічній обробці забезпечує протікання специфічного термічного циклу в матеріалі припуску, у результаті чого змінюються твердість і пластичність оброблюваного матеріалу. Зміна механічних властивостей припуску приводить до зниження питомих навантажень на ріжучий клин, до зниження інтенсивності його адгезійного зношування й тендітного руйнування, до стабілізації його округлення, що позитивно позначається в цілому на ефективності процесу плазмово-механічної обробки важкооброблюваних матеріалів. Можливо здійснювати плазмово-механічну обробку в режимі інтенсивного зношування лева, доводячи розмір фаски по задній поверхні до половини товщини ріжучої пластини.

Ключові слова: плазмове нагрівання, різальний інструмент, стійкість, нормальні та дотичні напруження, зношування.

doi: 10.31721/2306-5451-2021-1-52-39-44

Проблема та її зв'язок з науковими і практичними завданнями. Руйнування ріжучого лева інструмента й інтенсивність його зношування визначається рівнем сил і температур, що виникають в процесі різання. У зв'язку із цим доцільно більш докладно розглянути вплив попереднього плазмового нагрівання заготовки на характер розподілу силових і теплових навантажень, що діють на контактних поверхнях інструмента. Дані процеси на контактних поверхнях ріжучого лева, його високі швидкості переміщення щодо хімічно чистих поверхонь різання створюють несприятливі умови для роботи різального інструменту, особливо при різанні сталей і сплавів з низькою теплопровідністю, схильністю до адгезійного захоплення з матеріалом інструмента, високою міцністю й значним наклепом при пластичному деформуванні. Необхідно створити такі умови, у яких руйнування інструментального матеріалу спостерігалось б можливо рідше або зовсім виключалось.

Аналіз досліджень і публікацій. Відомо, що плазмове нагрівання впливає на такі основні характеристики процесу різання, як сили різання, кут зрушення стружки, коефіцієнт її стовщення й довжина контакту з передньою поверхнею інструмента [2-6, 10-12, 17]. Усе це впливає на питомі контактні навантаження, прикладені до передньої поверхні ріжучого клина, визначити які можна за допомогою методики, запропонованої Н.Н Зоревим [1].

Згідно із цією методикою розподілу питомих нормальних навантажень описується статечною залежністю, епюра ж дотичних навантажень має дві ділянки: на першій (пластичній) зовнішнє тертя відсутнє, а дотичні напруження постійні й дорівнюють опору приконттактних шарів стружки на зрушення (рис. 1). На другій ділянці має місце зовнішнє тертя й контактні навантаження змінюються по статечній залежності. Показник ступеня, що характеризує нерівномірність розподілу навантажень на передній поверхні, може бути знайдений з виразу

$$n = 2 \cdot \left\{ \frac{c}{a \cdot K_a [\mu + \operatorname{tg}(\varphi - \gamma)]} \right\}. \quad (1)$$

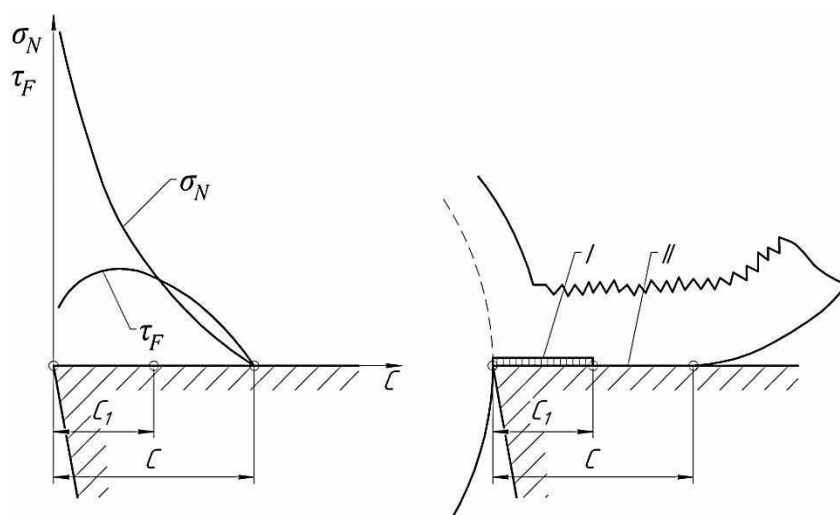


Рис.1. Епюри розподілу нормальних (σ_N) і дотичних (τ_F) напружень на передній поверхні ріжучого клина (I – ділянка пластичного контакту, II – ділянка пружного контакту)

При цьому максимум питомого нормального навантаження в ріжучій кромці інструмента розраховується по формулі

$$q_m = \frac{N}{b \cdot c} (n+1). \quad (2)$$

Нормальні навантаження в будь-якій точці передньої поверхні в межах довжини її контакту зі стружкою визначаються з умови

$$q_N = q_m \left(1 - \frac{y}{c}\right)^n, \quad (3)$$

де y – відстань розглянутої точки від вершини ріжучого клина.

Питомі ж дотичні навантаження на ділянці зовнішнього тертя обчислюються по формулі:

$$q_F = \mu_b \cdot q_N, \quad (4)$$

де μ_b – коефіцієнт зовнішнього тертя, обумовлений вираженням:

$$\mu_b = \frac{F(n+1)}{b \cdot c \cdot q_m \left(1 + \frac{n \cdot c_1}{c}\right) \cdot \left(1 - \frac{c_1}{c}\right)^n}. \quad (5)$$

В основу розрахунків питомих контактних навантажень на передній поверхні інструмента були покладені експериментальні дані, отримані Шатеріним М.А. і Медко В.С. [6,11,12]. Нормальна та дотична складова сили різання, що діють на передній грані леза, визначилися по відомим формулам

$$N = \tilde{P}_z \cos \gamma - \tilde{P}_{xy} \sin \gamma; \quad (6)$$

$$F = \tilde{P}_{xy} P_{sy} \sin \gamma. \quad (7)$$

Аналіз приведених результатів свідчить про істотне (до двох – трьох раз) зниження максимальних і середніх питомих нормальних навантажень, що діють на передній поверхні інструмента в умовах різання з попереднім плазмовим нагріванням заготовки.

Постановка задачі. Стан питання визначає інтерес до дослідження впливу плазмового нагрівання оброблюваного матеріалу на міцність і зношування різального інструменту. У зв'язку з важливістю збереження гостроти ріжучого клина в процесі роботи, слід також розглянути питання про його тендітну міцність.

Розрахункам напруг у ріжучому клині присвячені роботи ряду авторів [8,18,20-22]. Для того щоб при навантаженні інструмента не відбувалося сколювання інструментального матеріалу, відповідно до теорії граничних напруг необхідно, щоб еквівалентна напруга в ріжучому клині $\sigma_{екв}$ не перевищувала напруги, що допускається

$$[\sigma] = \sigma_B / n_B, \quad (8)$$

де σ_B – тимчасовий опір матеріалу інструмента при розтяганні; n_B – коефіцієнт запасу тендітної міцності ($n_B = 1,3 \dots 3$).

При постійних геометричних параметрах інструмента й коефіцієнті тертя μ величина $\sigma_{гм}$ і $\sigma_{екв}$ знижується зі зменшенням середнього питомого навантаження на передній поверхні ас. Саме це й має місце при ПМО як внаслідок зменшення сили різання, так і внаслідок збільшення l_1 [17]. Плазмове нагрівання заготовок також знижує небезпека відколів різального інструменту в порівнянні з іншими видами нагрівання.

Важливим фактором, що поліпшують умови роботи інструмента при ПМО, є менша ймовірність пластичного деформування ріжучої кромки. Згідно з теорією граничних напружених станів Губера-Мизеса-Генки пластичний плин матеріалу настає тоді, коли еквівалентна напруга $\sigma_{екв} = \sqrt{\sigma_y^2 + \sigma_z^2 - \sigma_y \sigma_z + 3\tau_{yz}^2}$ досягає межі плинності. Показане, що деформований стан у контактному шарі металу задньої поверхні інструмента наближається до стану простого зрушення, при якому нормальні напруги уздовж ліній ковзання постійні та у розглянутому випадку відповідають нормальним напругам на контактній площадці різець – поверхня різання σ_{N2} [17]. Це дозволяє одержати рівняння для визначення умов плину матеріалу інструмента:

$$\sigma_{екв} = \sqrt{\sigma_{N2}^2 + 3(\tau_K + \tau_2)^2} \leq \sigma_{Sl} / n_s, \quad (9)$$

де τ_K – опір зрушенню в контактному шарі оброблюваного матеріалу; τ_2 – дотичні напруження на задній поверхні, викликані впливом навантаження на передній поверхні леза; n_s – коефіцієнт запасу пластичної міцності; σ_{Sl} – границя текучості матеріалу інструмента.

У якості завдання для подальшого дослідження можна представити гіпотезу, що при ПМО можуть складатися сприятливі умови для зниження інтенсивності руйнування та підвищення працездатності інструментів, у тому числі й внаслідок підвищення тендітної й пластичної міцності ріжучого клина. Це може дозволити здійснювати обробку з більшими перетинами зрізу й використовувати інструмент при більш високих величинах зношування, чому при звичайному різанні металів.

Викладення матеріалу та результати. Аналіз раніше опублікованих робіт і власних результатів досліджень [5, 6, 10, 17] дозволяє узагальнити характер і особливості зношування інструментів при ПМО. При різанні із плазмовим нагріванням оброблюваного матеріалу зношування різального інструменту відбувається, як і при звичайному різанні, по передній і задній поверхнях ріжучого леза. Зношування по передній поверхні домінує в тих випадках пластина, що коли ріже, виготовлена з менш міцного матеріалу. У цьому випадку на передній поверхні леза утворюється й інтенсивно збільшується лунка, яка може служити джерелом викривлення й руйнування ріжучої пластини.

Більш кращим є варіант експлуатації різального інструменту, коли домінує зношування по задній поверхні леза, а лунка зростає значно менш інтенсивно, ніж в першому випадку. Як правило, зношування робочих поверхонь тут відбувається суттєво повільніше, причому фаска зношування по задній поверхні інструмента може досягати значної величини, до половини товщини пластини твердого сплаву.

Спостереження за роботою інструмента в лабораторних і виробничих умовах показують, що при фізичній природі зношування поверхонь ріжучого леза по ПМО носить переважно абразивно-адгезійний або адгезійний характер [10].

Вивчення картини зношування пластин твердого сплаву ВК8 при точінні із плазмовим нагріванням показало, що при низьких швидкостях різання й недостатньому нагріванні оброблюваного матеріалу основним видом руйнування твердосплавних пластин є тріщини й відколи ріжучої кромки. Відколи утворюються в основному на передній поверхні пластин. Зі збільшенням швидкості різання й температури нагрівання відкол пластин зменшується, але на зношеній поверхні з'являються ділянки адгезійного схоплювання часток оброблюваного матеріалу із твердим сплавом.

Особливістю чорновий ПМО є нерівномірне зношування різних ділянок ріжучого леза інструмента (рис. 2). Характер процесу зношування й працездатність інструмента залежить від умов обробки, режимів різання й нагрівання, властивостей інструментального й оброблюваного матеріалів. Використання попереднього плазмового нагрівання заготовки в 2 ... 3 рази знижує рівень напруг, що виникають близько ріжучої крайки, запобігаючи тим самим її інтенсивне округлення.

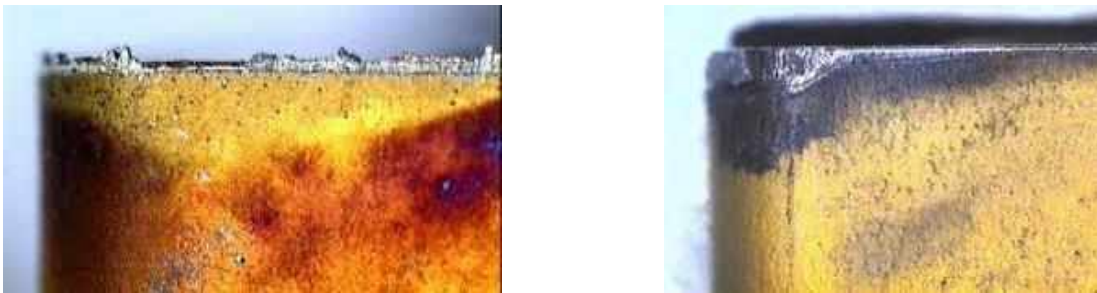


Рис.2. Зношування твердосплавного різця по задній поверхні при ПМО сталі 110Г13Л ($t=6$ мм; $S=2,04$ мм/об; $V=15$ м/хв; $I=180$ А; $U=140$ В)

Ще одна особливість зношування різальних інструмент при ПМО важкооброблюваних матеріалів полягає у відносно короткому часі прироблення інструмента й подальшої лінійної залежності величини фаски зношування по задній поверхні інструмента від часу. Лінійний характер залежності підтверджує, що на контактній поверхні твердого сплаву в основному відбуваються адгезійні процеси.

Викладене дозволяє скласти уявлення про вплив різних факторів на період стійкості інструмента при ПМО. Априорі, період стійкості інструмента при ПМО залежить від виду ріжучого матеріалу, елементів режиму різання, режиму нагрівання оброблюваного матеріалу. Установлене, що до деякої межі температура нагрівання металу θh підвищує період стійкості T інструмента, а далі, зі збільшенням температури, період стійкості інструмента знижується. На-

приклад, максимум періоду стійкості при ПМО заготовок зі сплаву ХН75МБТЮ, відповідав температурам нагрівання порядку 880...900°C [6].

Оптимальне значення θ_n залежить від властивостей оброблюваного, інструментального матеріалів і від режиму різання. Тому не може бути єдиних значень температур нагрівання, рекомендованих для забезпечення найбільшої стійкості інструмента, вони повинні зазнати оптимізації в кожному конкретному випадку для тих або інших умов ПМО.

Становлять практичний інтерес стійкісні залежності, представлені у вигляді формул для розрахунків швидкості різання при ПМО (табл.1). Розкид показників при змінних величинах пояснюється різними умовами, у яких проводилися експерименти й різним підходом до визначення критерію затуплення інструмента в дослідженнях. Це свідчить також про необхідність вироблення єдиної методики проведення стійкісних випробувань при ПМО.

Таблиця 1

Результати досліджень, та оптимальні режими різання

Матеріал оброблюваної заготовки та інструмента	Діапазон зміни режимів різання та нагрівання	Формула
18X2H4MA T15K6	$t=3...5; S=0.8...1.2;$ $W=25...31; L=200$	$V = \frac{710 \cdot W^{1.3}}{T^{1.54} t^{0.3} S^{0.43}}$
30X2H2MA T5K10	$t=4...7; S=0.5...1.6;$ $W=21...30; L=160...220;$	$V = \frac{2.46 \cdot 10^4 W^{0.6}}{T^{1.1} t^{0.49} S^{0.53} L^{0.49}}$

У процесі аналізу даних лабораторних експериментів і промислового освоєння ПМО, представлених різними авторами, реалізована можливість порівняльної характеристики по параметру зносостійкості в умовах ПМО ряду інструментальних матеріалів. Були випробувані: вольфрамкові однокарбідні тверді сплави ВК3М, ВК6 і ВК10, титановольфрамкові Т5К10 і Т15К6, тверді сплави Т17К12 і ТТ10К8Б, безвольфрамкові тверді сплави ТН-20 і КНТ-16. Результати досліджень дозволили встановити, що для чорнового й напівчистового плазменно-механічного гостріння, фрезерування й стругання нержавіючих, маломагнітних і високоміцних сталей, а також кобальтових і нікелевих сплавів найкращу працездатність показують тверді сплави марок Т5К10 і Т15К6 [3, 4, 6, 10, 17].

Висновки та напрямки подальших досліджень. Аналіз опублікованих результатів теоретичних розрахунків і експериментальних даних дозволяє зробити наступні висновки:

при різанні важкооброблюваних матеріалів попереднє плазмове нагрівання заготовки у два-три рази знижує рівень максимальних і середніх навантажень, що діють на лезо інструмента;

зниження нормальних навантажень супроводжується зменшенням розтягувальних напруг на передній поверхні ріжучого клина, що підвищує надійність інструмента й дає можливість збільшувати значення хвилинної подачі. Це дозволяє розширити діапазон інструментальних матеріалів, а також застосовувати інструменти з меншими кутами загострення;

викликане плазмовим нагріванням падіння максимальних нормальних контактних навантажень дозволяє запобігти тендітному руйнуванню ріжучої кромки твердосплавного інструмента за рахунок зниження інтенсивності наростання радіуса її округлення;

зміна умов навантаження леза при ПМО приводить до специфічного характеру його зношування, при якому зберігаються малі радіуси округлення ріжучої кромки, що дозволяє успішно експлуатувати інструмент із більшими фасками зношування по задній поверхні;

по своїй фізичній природі зношування інструмента при ПМО носить в основному адгезійний характер і має мінімальну інтенсивність на ділянці ріжучої крайки, відповідному до місця розташування плями нагрівання;

при переривчастих процесах різання в умовах плазмового нагрівання число циклів термо-механічного навантаження твердосплавної пластинки до утворення втомних тріщин у 1,5 ... 2 рази перевищує значення тієї ж характеристики при обробці холодної заготовки;

можливість успішної експлуатації інструмента зі значними фасками зношування дозволяє здійснювати ПМО в режимі інтенсивного зношування леза, доводячи розмір фаски по його задній поверхні до половини й більш товщини ріжучої пластини. Це відкриває додаткові можливості підвищення продуктивності процесу різання й визначає доцільність проведення подальших досліджень.

Список літератури

1. Зорев Н.Н. Вопросы механики процесса резания металлов. – М., Машгиз, 1956. – 367 с.
2. Шатерин М.А., Коротких М.Т., Нечаев В.П. Плазмотрон для плазменно-механической обработки. – «Сварочное производство», 1986, №8, – с.27, 28.
3. Нечаев В.П., Рязанцев А.А. Особенности тепловых процессов при обработке заготовок с плазменным нагревом. – Вісник Криворізького технічного університету. Збірник наукових праць. – Вип.26. Кривий Ріг, 2010. – с.157-160.
4. Шатерин М.А., Коротких М.Т., Нечаев В.П. Плазменно-механическое торцовое фрезерование. – Машиностроитель, 1986, №9.
5. Патент №134189 Україна, МПК В23К 10/02 «Спосіб плазмово-механічної обробки» / В.П.Нечаєв, А.О. Рязанцев; заявник і патентовласник ДВНЗ «Криворізький національний університет», №U 2018 11200; заявл. 14.11.18; опубл. 10.05.19, бюл. №9.
6. Шатерин М.А. Медко В.С. Влияние предварительного плазменного нагрева заготовки на снижение силы резания / Технология, организация и техника машиностроительного производства. – 1985. – Вып. 11. – С.10-11.
7. Мрочек Ж. А., Кожуро Л. М., Хейфец М. Л. Плазменно-механическая обработка материалов. – Вестник ГГТУ имени П.О. Сухого. – Гомель, №4 (26) 2006. – с. 44-47.
8. Лолодзе Т.Н. Прочность и износостойкость режущего инструмента. М.: Машиностроение, 1982. – 320 с.
9. Подураев В.Н. Автоматически регулируемые и комбинированные процессы резания. М.: Машиностроение, 1977. –304 с.
10. Нечаєв В.П., Рязанцев А.О., Чернявська О.В., Лаухіна Л.І., Лавриненко Д.О. Вплив параметрів процесу плазмово-механічної обробки на якість поверхневого шару деталей. - Вісник Криворізького національного університету. Збірник наукових праць. – Вип.49. Кривий Ріг, 2019. – с.105-112.
11. Кунин В.С. Опыт внедрения плазменно-механической обработки. – Л.: ЛДНТП, 1982. – 28с.
12. Резников А.Н., Резников Л.А. Энергетические расчеты при резании с плазменным подогревом обрабатываемого материала. – Энергомашиностроение, 1981, №11, с. 26-28
13. The PERA «Cutfast» plasma-assisted Hot-machining process. – Engineering Digest (Canada), 1977, 38, №7, p. 17.
14. Вакаса Х. Применение обработки резанием с плазменным подогревом. – Oyo kikai kogau (Mechanical Engineering Application), 1976, т. 17, №3, с. 54-59.
15. Шатуров, Г. Ф. Прогрессивные процессы механической обработки поверхностей / Г. Ф. Шатуров, Ж. А. Мрочек. – Минск : УП «Технопринт», 2001. – С. 460.
16. Бобров В.Ф. Основы теории резания металлов. М., «Машиностроение», 1975. – С.135-142.
17. Резников А.Н., Шатерин М.А., Кунин В.С., Резников Л.А. Обработка металлов резанием с плазменным нагревом. – М.: Машиностроение, 1986. – 232 с.
18. Sun S., Brandt M., Dargusch M.S. Thermally Enhanced Machining of Hard-to-Machine Materials. International Journal of Machine Tools and Manufacture. – 2010, Vol. 50(8), p. 663–680.
19. Madhavulu G., Ahmed B. Hot Machining Process for Improved Metal Removal Rates in Turning Operations. Journal of Materials Processing Technology. –1994, Vol. 44, p. 199–206.
20. Kitagawa T., Maekawa K. Plasma Hot Machining for New Engineering Materials. Wear. – 1990, Vol. 139(2), p. 251–267.
21. Leshock C.E.; Kim Jin-Nam, Shin Yung C. Plasma Enhanced Machining of Inconel 718: Modeling of Workpiece Temperature with Plasma Heating and Experimental Results. Int. J. Mach. Tools Manuf. 2001, №41. P. 877–897.
22. Chen S.H., Tsai K.T. Predictive Analysis for the Thermal Diffusion of the Plasma-Assisted Machining of Superalloy Inconel-718 Based on Exponential Smoothing, Advances in Materials Science and Engineering. 2018, Vol. 2018. Article ID 9532394, 9 pages.

Рукопис подано до редакції 01.04.2021

УДК 622.8

О.Є. ЛАПШИН, д-р техн. наук, проф., А.К. ГАЦЬКИЙ, канд. техн. наук, доц.,
І.А. ГАЦЬКИЙ, асп.
Криворізький національний університет

РОЗРОБЛЕННЯ ЗАХОДІВ БЕЗПЕКИ ПРИ ВИНИКНЕННІ АВАРІЙ У ГІРНИЧИХ ВИРОБКАХ ШАХТ НА ОСНОВІ ВИКОРИСТАННЯ МОБІЛЬНОЇ КАМЕРИ ПОВІТРОПОСТАЧАННЯ

Стаття присвячена розробці та обґрунтуванню заходів безпеки при виникненні аварій, шляхом використання мобільної камери аварійного повітропостачання в підземних гірничих виробках залізрудних шахт та інших галузях гірничодобувної промисловості, що надасть можливість підвищити рівень безпеки працюючих, скоротити час про-