

УДК 621.941

Н. Е. Стахнив, канд. техн. наук, **Л. Н. Девин**, **А. А. Бочечка**, доктора технических наук,
С. Н. Назарчук, канд. техн. наук

Институт сверхтвёрдых материалов им. В.Н. Бакуля НАН Украины, г. Киев

ПРИМЕНЕНИЕ НАНОКОМПОЗИТА АЛМАЗ – КАРБИД ВОЛЬФРАМА ПРИ ЧИСТОВОМ ТОЧЕНИИ ЛАТУНИ

Приведены результаты исследования процесса чистового точения латуни инструментом, оснащённым круглой режущей вставкой из нанокompозита алмаз – карбид вольфрама. Установлено влияние технологических режимов обработки на составляющие силы резания, величину вибраций, шероховатость и волнистость обработанной поверхности. Приведены практические рекомендации по выбору режимов обработки.

Ключевые слова: чистовое точение, латунь, режимы обработки, нанокompозит алмаз – карбид вольфрама, нанопорошки, спекание при высоком давлении.

Перспективным способом улучшения спекания алмазных порошков является введение в них добавок, которые при спекании образуют химические соединения с углеродом и таким образом связывают алмазные частицы. В ИСМ им. В. Н. Бакуля НАН Украины впервые была установлена принципиальная возможность реакционного спекания в условиях высоких давления и температуры нанопорошков алмаза и вольфрама [1]. В результате их взаимодействия при спекании в порах между алмазными наночастицами образуются наночастицы карбида вольфрама, химически связанные с алмазными, что усиливает взаимосвязь зерен полученного композита.

Следует отметить, что введение нанопорошка вольфрама по способу [1] в смесь с более крупным алмазным порошком способствует улучшению физико-механических характеристик образцов спеченного композита по сравнению с образцами, полученными с применением механического смешивания, причем образцам, имеющим максимальную твердость, присуща и максимальная трещиностойкость [2]. Значения этих величин для композитов на основе алмазного нанопорошка УДА и статического синтеза АСМ5 0,1/0 при оптимальном соотношении компонентов и параметров спекания полностью совпадают: соответственно $HV_5 = 25$ ГПа; $K_{IC} = 6,6$ МПа·м^{1/2}. Такое сочетание важных механических характеристик достигается за счет формирования структуры композита, для которой характерно равномерное распределение частиц образованного карбида вольфрама в промежутках между алмазными частицами. Образцы указанных композитов также термостабильны: $K_{TC} = 0,86$ при температуре 1100 °С [3].

Работоспособность резцов из нанокompозита алмаз – карбид вольфрама изучали на автоматизированном стенде на базе токарного станка с ЧПУ мод. ТПК 125ВМ [4]. Экспериментальные исследования выполняли при чистовом точении образца (диаметром $d = 60–65$ мм) из латуни. Резец с механическим креплением круглой режущей пластины диаметром $7 \pm 0,025$ мм имел следующие геометрические параметры: передний угол $\gamma = 0^\circ$; задний угол $\alpha = 10^\circ$. Выполнили несколько серий экспериментов с различной глубиной резания t 0,1; 0,2 и 0,3 мм. В каждой серии фиксировали один из режимов резания (например, подачу S), а дискретно изменяли другой (скорость резания V). При фиксированной скорости резания V дискретно изменяли подачу S . Подача составляла [0,07; 0,30] мм/об скорость резания – [0,5; 6,0] м/с. Составляющие силы резания P_x , P_y и P_z измеряли динамометром УДМ100. В качестве датчика вибраций использовали акселерометр КД-35 фирмы ММФ (Германия). Датчик закрепляли в нижней части резца максимально близко к зоне резания. Рабочий диапазон частот – 10...10000 Гц.

Сигналы от динамометра по трем каналам через усилитель и от акселерометра поступали на АЦП ADA-1406. Управление АЦП ADA-1406 осуществлялось программой Power Graph. Частота

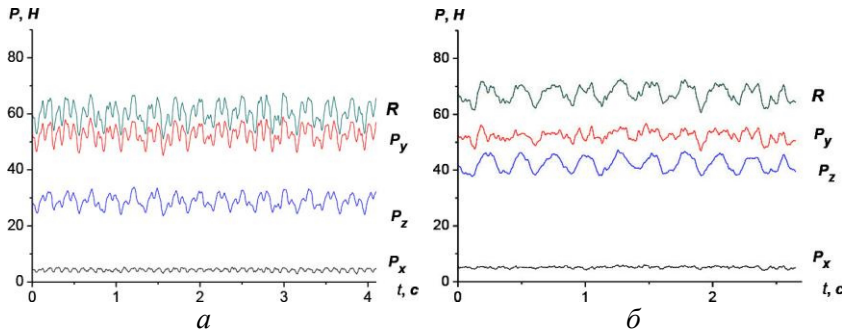


Рис. 1 Осциллограммы составляющих силы резания P_x , P_y , P_z и равнодействующей R при режимах обработки: а – $V=2$ м/с; $S = 0,15$ мм/об; б – $V=2$ м/с $S = 0,3$ мм/об

опроса АЦП составляла 50 кГц. Для исследования шероховатости обработанной поверхности применяли аналоговый прибор Surtronic-3 фирмы Renk Taylor Hobson (Великобритания), соединенный с ПК. В соответствии со специально написанной программой на основании записанных профилограмм обработанных поверхностей выделяли шероховатость и волнистость, а также рассчитывали их параметры. Обработка данных включала коррекцию данных (исключение погрешностей измерений), статистические расчеты, определение корреляционных функций, спектральной плотности, аппроксимацию тригонометрическими рядами Фурье. В частности, программно выполняли коррекцию дрейфа нуля при измерении составляющих силы резания [5].

На рис. 1 Осциллограммы составляющих силы резания показаны на рис. 1. Из их анализа следует, что составляющие P_x , P_y , P_z и равнодействующая силы резания R поочередно изменяются, причем составляющая P_x , существенно меньше составляющих P_y , P_z .

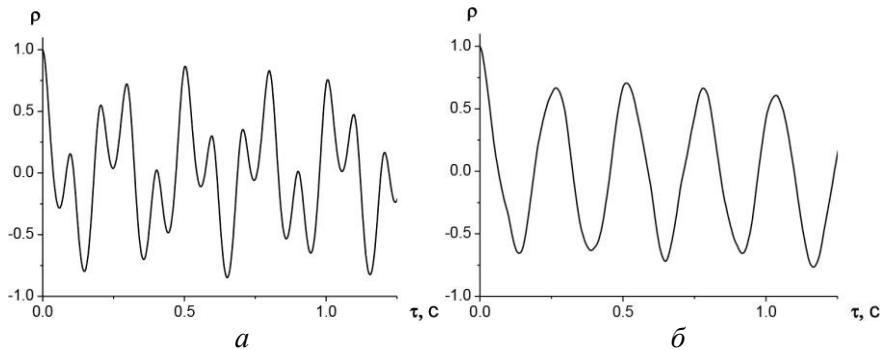


Рис. 2. Графики корреляционной функций ρ равнодействующей силы резания R при режимах обработки: а - $V=2$ м/с; $S = 0,15$ мм/об; б - $V=2$ м/с $S = 0,3$ мм/об

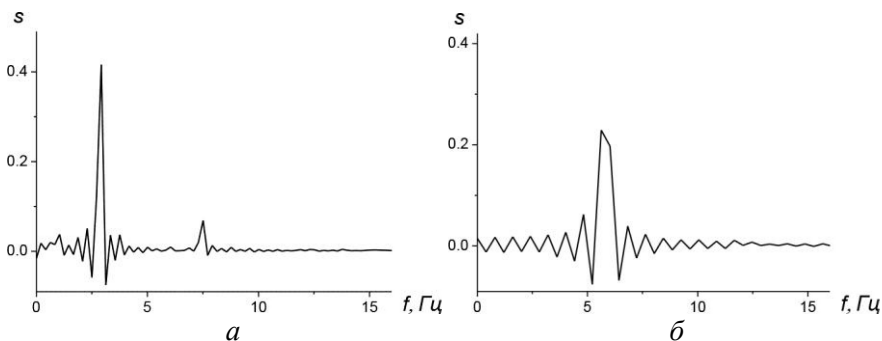


Рис. 3. Графики спектральной плотности равнодействующей силы резания R , при режимах обработки: а – $V=2$ м/с; $S = 0,15$ мм/об; б – $V=2$ м/с $S=0,3$ мм/об

эксперимента составляли 15–20%.

Для исследования шероховатости обработанной поверхности применяли аналоговый прибор Surtronic-3 фирмы Renk Taylor Hobson (Великобритания), соединенный с ПК. В соответствии со специально написанной программой на основании записанных профилограмм обработанных поверхностей

В результате корреляционного и спектрального анализ сигнала равнодействующей силы резания R построили корреляционную функцию ρ (рис. 2) и спектральную плотность s (рис. 3). Установлено, что для всех экспериментов характерно две разновидности графиков: рис. 2 и рис. 3. Результаты корреляционного анализа также показали, что изменения равнодействующей силы резания с течением времени носят закономерный (регулярный) характер. Стохастические возмущения сил резания для каждого

Согласно спектральному анализу (рис. 3) определили доминирующие частоты, при которых амплитуды A_1 A_2 достигают максимума: $f_1 = 0,38 f_{ш}$ и $f_2 = f_{ш}$, где $f_{ш}$ – частота вращения шпинделя станка. Для некоторых опытов в спектре изменения равнодействующей силы резания присутствовала также амплитуда A_3 , значительно меньшая по сравнению с A_1 , и A_2 , на частоте $f_3 = 2 f_{ш}$.

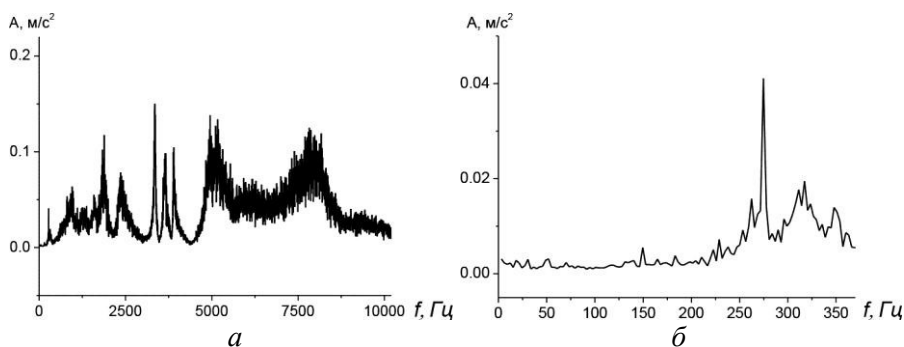


Рис. 4. Спектры амплитуд вибраций A при $V=2,0$ м/с $S=0,3$ мм/об в частотном диапазоне: а – 0–10000 Гц; б – 0–350 Гц

Характерный график спектра ускорения вибраций показан на рис. 4, а. По оси абсцисс откладывали частоту вибраций, по оси ординат – ускорение. Учитывая существенное влияние на формирование микропрофиля обрабатываемой поверхности низкочастотных колебаний [6] эту область исследовали более детально. В результате установили, что пиков амплитуд в низкочастотной области в данном исследовании не обнаружено. Значительный пик амплитуды наблюдали только на частоте 270–280 Гц при скорости резания $V=2,0$ м/с и подаче $S=0,3$ мм/об (рис. 4, б). Однако вибрации при данной частоте существенного не влияли на микропрофиль обрабатываемой поверхности. Вибрации, возникающие при обработке, анализировали по среднеквадратическому отклонению амплитуды [7].

Характерный график спектра ускорений показан на рис. 4. Учитывая существенное влияние на формирование шероховатости обрабатываемой поверхности низкочастотных колебаний [6],

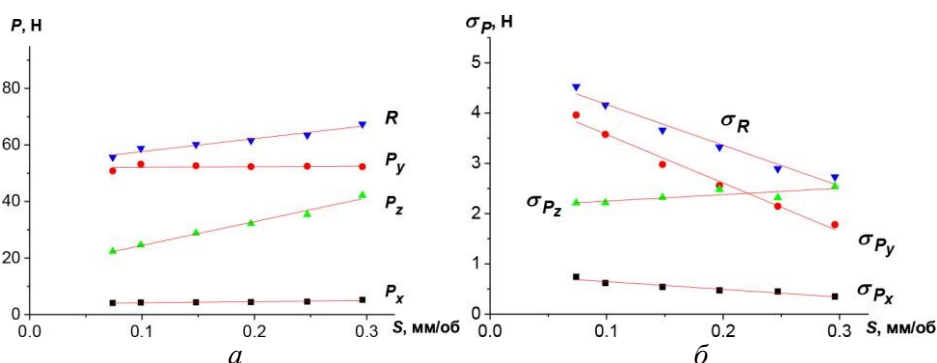


Рис. 5. Графики изменения средних значений (а), СКО (б) составляющих сил резания P_x , P_y , P_z и равнодействующей R от подачи S

В результате установили, что в низкочастотной области амплитуда колебаний не превышала $0,002$ м/с². Амплитуда ускорений повышалась до $0,045$ м/с² на частоте 270–280 Гц при подаче $S=0,3$ мм/об (рис. 4, б). Величина перемещений, соответствующие этой амплитуде ускорений перемещения не превышали $0,002$ мкм. Следовательно, такие вибрации не влияли на шероховатость обрабатываемой поверхности. Для исследования влияния режимов резания на вибрации, возникающие при обработке, использовали среднеквадратическое отклонение амплитуды [7].

Графики изменения средних значений и среднеквадратических отклонений (СКО) составляющих и равнодействующей силы резания в зависимости от подачи показаны на рис.5. Эксперименты проводили при скорости резания 2 м/с. На графиках видно, что при увеличении подачи сила резания повышается незначительно (рис. 5, а), составляющая P_y , превысила составляющую P_z (рис. 5, а), а динамический диапазон равнодействующей силы резания уменьшился в 2 раза (рис. 5, б). Следовательно, обработку целесообразно производить с высокой подачей.

Графики изменения средних значений и СКО составляющих и равнодействующей силы резания в зависимости от скорости резания показаны на рис. 6. Эксперименты проводили при подаче 0,1 мм/об. Как видим составляющая P_y на 25–30% превышает составляющую P_z . При повышении

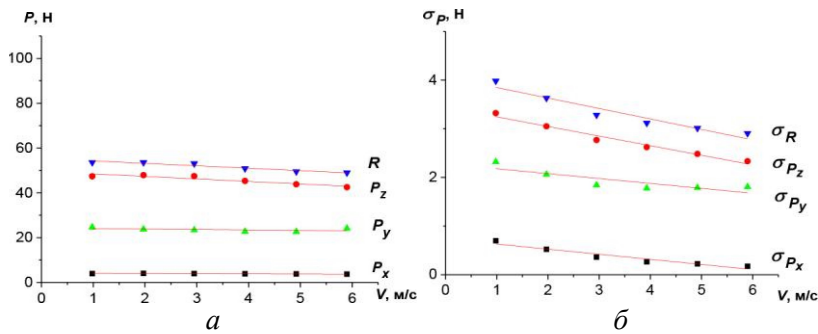


Рис. 6. Графики изменения средних значений (а), СКО (б) составляющих сил резания P_x , P_y , P_z и равнодействующей R от скорости резания V

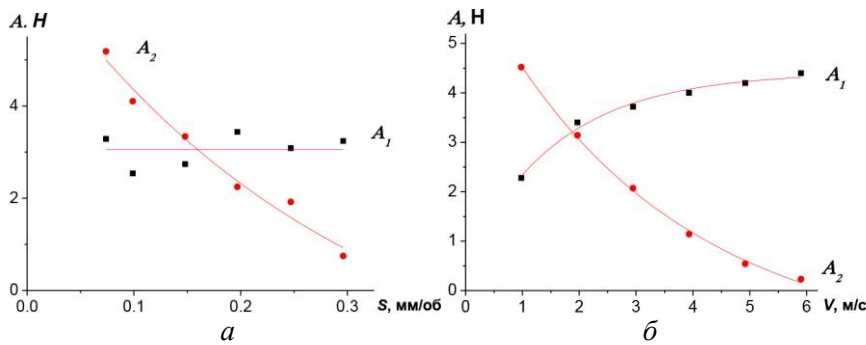


Рис. 7. Графики изменения амплитуд силы резания A_1 и A_2 соответствующих доминирующим частотам f_1 и f_2 : а – от подачи S ; б – от скорости резания V

соответствующая частоте f_1 , не изменяется.

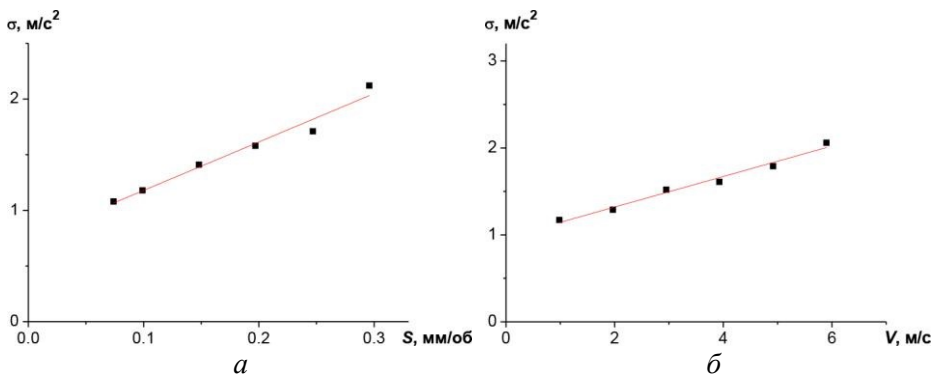


Рис. 8. Изменение СКО амплитуды вибраций: а – от подачи S ; б – от скорости резания V

с 0,1 до 0,3 мм/об (рис. 8, а) и при увеличении скорости резания с 1,0 до 5,9 м/с (рис. 8, б) возрастают примерно в 2 раза.

При исследовании микрогеометрии обработанной поверхности из профилограмм выделяли шероховатость и волнистость, а также рассчитывали параметры R_a и R_{aw} . Для шероховатости обработанной поверхности выполняли корреляционный (рис. 9, а) и спектральный (рис. 9, б) анализы.

При повышении скорости резания 1 до 6 м/с средние значения и СКО составляющих и равнодействующей силы резания уменьшились соответственно на 10–12 и 14–18%.

В результате корреляционного и спектрального анализов установили, что равнодействующая сила резания изменяется регулярно

в соответствии с гармоническим законом. Графики изменения амплитуд A_1 и A_2 , соответствующих доминирующим частотам f_1 и f_2 показаны на рис. 7.

При увеличении подачи с 0,07 до 0,3 мм/об (рис. 7, а) амплитуда колебаний A_2 , соответствующая частоте f_2 , уменьшается более чем в 5 раз, а амплитуда колебаний A_1 ,

При повышении скорости резания с 1,0 до 5,9 м/с (рис. 7, б) амплитуда колебаний A_2 уменьшается и становится равной нулю при $V=5,9$ м/с, амплитуда колебаний A_1 возрастает в 2 раза.

Результаты исследования показывают, что СКО амплитуды вибраций при увеличении подачи

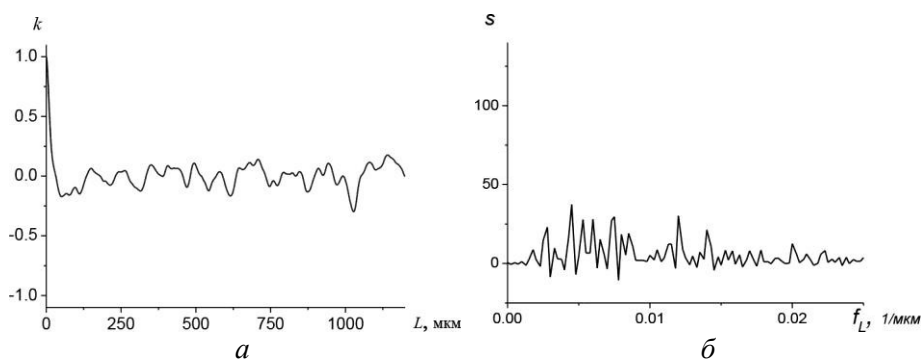


Рис. 9. Графики автокорреляционной функции (а) и спектральной плотности (б) шероховатости обрабатываемой поверхности при режиме обработки $V = 1,0$ м/с; $S = 0,1$ мм/об

Результаты корреляционного и спектрального анализ показали, что в каждом эксперименте при обработке латуни на обрабатываемой поверхности формировалась нерегулярная шероховатость поверхности. Это указывает, что в зоне резания доминируют существенные

пластические деформации, нивелирующие влияние регулярных движений формообразования.

Таким образом, (рис. 10, а) при увеличении подачи параметр шероховатости Ra постоянный и составляет 0,6 мкм. С повышением скорости резания (рис. 10, б) параметр шероховатости Ra снижается с 0,7 до 0,5 мкм.

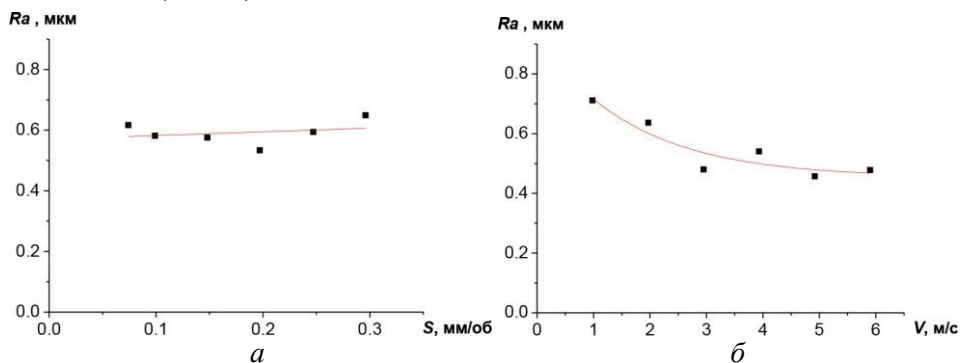


Рис. 10. Графики изменения параметра шероховатости Ra : а – от подачи S ; б – от скорости резания V

Как показали результаты исследования, параметр волнистости Raw при увеличении подачи (рис. 11, а) увеличивается с 0,6 до 1,5 мкм, при повышении скорости резания (рис. 11, б) – с 0,5 до 1,0 мкм.

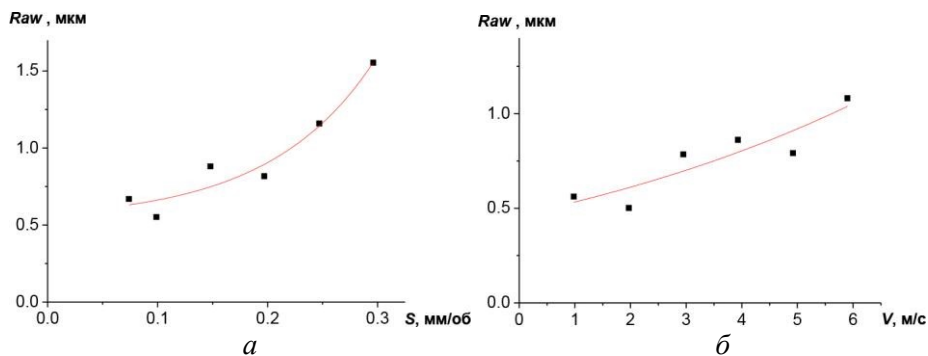


Рис. 11. Графики изменение параметра волнистости Raw : а – от подачи S ; б – от скорости резания V

Из графика на рис. 11,а следует, что при подаче $S > 0,2$ мм/об параметр волнистость Raw повышается. В результате исследования установили, как скорость резания влияет на параметры шероховатости Ra и волнистости Raw с использованием

демпфирующих подложек из никлида титана [8,9] и без использования этих подложек. Результаты исследований показаны на рис. 12.

Как видим на графике 3, при скорости резания $V > 2,0$ м/с параметра волнистости Raw резко повышается, что ограничивает режимы эффективного использования инструмента. Для уменьшения влияния колебаний в зоне резания на качество обрабатываемой поверхности использовали резец с демпфирующими подложками из никлида титана [8; 9]. При подаче $S = 0,2$ мм/об исследовали влияние скорости резания на параметры шероховатости Ra и волнистости Raw (рис. 12). Сопоставляя

графики 3 и 4 на (рис. 12), видим, что при использовании резца с демпфирующими вставками из никелида титана в таких условиях резания шероховатость не уменьшается, однако при этом стабильно на 20–50% снижается волнистости.

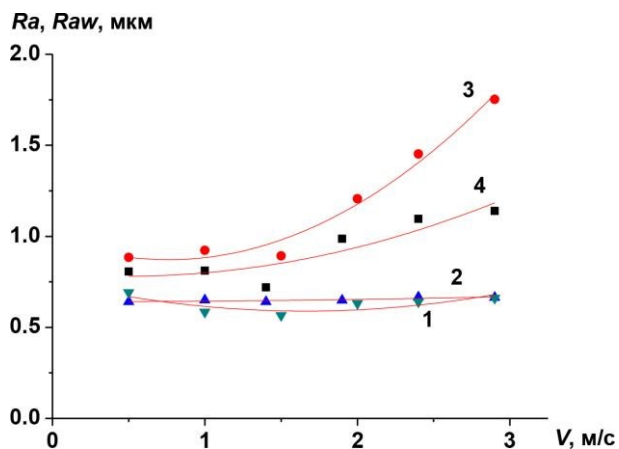


Рис. 12. Графики изменение параметров шероховатости Ra (1 и 2) и волнистости Raw (3 и 4) от скорости резания V с подачей S = 0,2 мм/об без использования демпфирующих подложек (1 и 3) и с использованием (2 и 4)

обработанной поверхности.

При чистовом точении латуни резцами из нанокompозитов алмаз – карбид вольфрама с глубиной резания 0,1 мм, подачей S > 0,15 мм/об и скоростью резания V > 3,0 м/с повышается волнистост. В этом случае для повышения качества обработки целесообразно применять резец с демпфирующими подложками из никелида титана.

У статті наведено результати досліджень процесу чистового точіння латуні інструментом, оснащеним круглою ріжучою вставкою з нанокompозиту алмаз - карбід вольфраму. Встановлено вплив технологічних режимів обробки на складові сили різання, величину вібрацій, шорсткість і хвилястість обробленої поверхні. Наведено практичні рекомендації щодо вибору режимів обробки.

Ключові слова: чистове точіння, латунь, режими обробки, нанокompозит алмаз - карбід вольфраму, нанопорошки, спікання при високому тиску.

Research results of brass finish turning using a tool fitted with round cutting inserts made of diamond nanocomposite - tungsten carbide are given in the article. Influence of processing conditions on the processing of the components of the cutting force, the magnitude of vibration, undulation and roughness of the processed surface was installed. Practical advices on the choice of treatment regimens are given.

Keywords: finish turning, brass, processing modes, the nanocomposite diamond - tungsten carbide, nanopowders, high pressure sintering.

Литература

1. Пат. На винахід № 93803 Україна, М.кл.6 МПК, В24D 3/02, В22F 3/14. Спосіб отримання алмазного композиційного матеріалу / М.В. Новіков, О.О. Бочечка, С.М. Назарчук, В.С. Гаврилова, Г.С. Олейник, Л.О. Романко, І.А. Свешніков, С.Д. Заболотний. – Опубл. 10.03.11; Бюл. № 5.
2. Поликристаллический композиционный н. кос алмаз–карбид вольфрама / С. Н. Назарчук, А. А. Бочечка, В. С. Гаврилова и н.. // Сверхтвердые матер. – 2011. – № 1. – С. 3–17.
3. Алмазний полікристалічний композиційний матеріал алмаз – карбід вольфраму для бурового інструменту / О. О. Бочечка, І. А. Свешніков, С. М. Назарчук та н.. // Інструмент. Світ. – К. : ППЦ «АЛКОН» НАН України. – 2011. – № 1–2. – С. 50–52.

4. Прогнозирование работоспособности металлорежущего инструмента / Л. Н. Девин. – К. : Наук. думка, 1992. – 131 с.
5. Стахнив Н. Е., Сулима А. Г. Закономерности изменения силы резания при врезании и выходе инструмента из заготовки при точении силуминов резцами с круглыми АТП // Сверхтвердые матер. – 2010. – № 5. – С. 88–99.
6. Стахнив Н. Е., Девин Л. Н., Исследование влияния износа резца, оснащенного пластиной из композита на основе КНБ на его вибрации при чистовом точении // Сверхтвердые матер. – 2012. – № 3. – С. 62–69.
7. Прогнозирование виброустойчивости инструмента при точении и фрезеровании / С. А. Васин. – М. : Машиностроение, 2006. – 384 с.
8. Повышение прочности резцов путем демпфирования режущих пластин из поликристаллов КНБ / Л. М. Девин, О. А. Осадчий, А. Г. Сулима // Новітні технології в машинобудуванні: металообробка, інструмент, реновація: зб. Наук. праць / редкол. С. С. Самотугін та ін. – Маріуполь : ПДТУ, 2010. – Вип. 2. – С. 25–37.
9. Девин Л. Н., Осадчий А. А. Повышение эксплуатационных характеристик резцов из КНБ путем увеличения их демпфирующих свойств / Сверхтвердые матер. – 2012. – № 5. – С. 62–71.

Поступила 09.06.15

УДК 621.762.922.02

В. И. Лавриненко, д-р. техн. наук; **Г. Д. Ильницкая**, **О. О. Пасечный**, **В. В. Смоквина**, **А. А. Девицкий**, **В. В. Шатохин**, **Л. А. Романко**, кандидаты технических наук; **И. Н. Зайцева**, **В. В. Тимошенко**, **В.И. Мельник**¹; **Е. В. Ищенко**, д-р. хим. наук, **С. В. Гайдай**, канд. хим. наук²

¹Институт сверхтвердых материалов им. В.Н. Бакуля НАН Украины, г. Киев Украина

²Киевский национальный университет им. Тараса Шевченко, г. Киев, Украина

ВЛИЯНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОМПОЗИЦИОННОГО ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО МАТЕРИАЛА НА ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ ШЛИФОВАЛЬНОГО ИНСТРУМЕНТА

Приведены результаты термодесорбционных исследований алмазов марки АС6 зернистостью 125/100 металлизированных покрытий Ni и композиционных покрытий на основе Ni–Al. Установлено, что создание на поверхности алмазов марки АС6 зернистостью 125/100 металлизированных покрытий Ni и композиционных покрытий на основе Ni–Al способствует увеличению их удельной площади поверхности, повышает стойкость к окислению и электропроводность, что приводит к снижению удельного расхода алмазов и повышению износостойкости шлифовального инструмента.

Ключевые слова: термодесорбционные исследования, удельный расход алмазов, электропроводность, износостойкость, шлифовальный инструмент

Введение

В машиностроении широко применяют шлифовальный алмазный инструмент для обработки труднообрабатываемых инструментальных материалов. Одним из путей повышения износостойкости алмазно-абразивного инструмента и увеличения алмазоудержания является металлизация алмазов различными покрытиями [1–3]. В процессе алмазного шлифования могут возникать электрические явления, которые могут дать дополнительную информацию об износе алмазного круга, так как напрямую связаны с эксплуатационными показателями обработки [4; 5].

Развитие инструментального производства, необходимость в обработке новых труднообрабатываемых материалов, поиск путей энергосбережения диктуют необходимость получения композиционных покрытий с новыми свойствами, позволяющими внести в зону контакта