

Представленные в статье результаты являются частью комплексного исследования возможностей для управления рельефом режущей поверхности абразивных инструментов с различными характеристиками посредством выбора условий восстановления их профиля и режущей способности. В результате их применения в инженерной практике будут созданы предпосылки для гарантирования определенных технологических, технико-экономических и экономических параметров процесса шлифования.

Список литературы

1. Александрова, И. С. Основы на инженерните изследвания. Габрово, Университетско издателство В. Априлов, 2003.
2. Александрова, И. С. Оптимизиране на процеса възстановяване на режещите качества на абразивни инструменти с диамантни профилиращи ролки. Дисертационен труд за получаване на образователна и научна степен “доктор”, София, 1995.
3. Александрова, И. С. Работоспособност на диамантни профилиращи ролки. – Машиностроене – научен брой, София, 2002, №3, 12-16.
4. Муррей, Т., С. Малкин. Влияние правки вращающимися алмазными роликами на характеристики процесса шлифования. Конструирование, 1978, т.100, 3.
5. Aleksandrova, I. Control of the Cutting Surface Relief of the Abrasive Tools – part 1. International Scientific Conference AMTECH'07, Proceedings, Gabrovo, 2007, vol. I, p. I273-I278.
6. Aleksandrova, I. Control of the Cutting Surface Relief of the Abrasive Tools – part 2. International Scientific Conference AMTECH'07, Proceedings, Gabrovo, 2007, vol. I, p. I279-I284.
7. Koenig, W., W. Lortz. Einfluss des Abrichtwerkzeuges und Abrichtbedingungen auf die Schleifscheibentopographie und das Arbeitsergebnis. Industrie-Anzeiger 98, 1976, 14.
8. Scherf, E. Schleif- und Abrichtprozess im Regelkreis – Grundlagen. Jahrbuch der Schleifen, Honen, Laepfen und Polieren, Vulkan Verlag, Essen, 1983, 52 Ausgabe.

УДК 621.921

**Новиков Н.В., академик НАН Украины, Клименко С.А., д-р. техн. наук,
Копейкина М.Ю.**

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

ИССЛЕДОВАНИЕ КОНТАКТНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В ЗОНЕ РЕЗАНИЯ – ОСНОВА СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ

На прикладі різців з полікристалічних надтвердих матеріалів на основі кубічного нітриду бору наведено результати дослідження контактної взаємодії в зоні різання і можливості створення нових матеріалів для різальних інструментів.

It is shown the results of researches of contact interaction in cutting zone as well as possibilities of new cutting tool material creation on example of cutters made of cubic boron nitride.

При совершенствовании машин особое внимание уделяется процессам механической обработки их деталей. При этом максимальный результат определяется не столько с производительностью съема припуска материала, сколько необходимостью формирования в поверхностном слое изделия такого состояния, которое наилучшим образом

обеспечивает работоспособность изделия в эксплуатации. Минимизация затрат определяется при этом снижением себестоимости процесса обработки и затратами на обеспечение жизненного цикла изделия в эксплуатации.

В решении этой проблемы существенное значение имеют выбор режущего инструмента и его эффективное технологическое использование.

Развитие направления механической обработки с использованием инструментов, оснащенных вставками из твердых сплавов, режущей керамики или сверхтвердых материалов нуждается в объединении материаловедческих представлений об эффективных структурах и оптимальных свойствах инструментального и обрабатываемого материалов с выявлением закономерностей процессов обработки резанием, формирования поверхностного слоя за счет пластического деформирования, остаточных напряжений, дефектности, износа. Основу такого подхода составляют современные представления о механике, теплофизике, кинетике, термодинамике и физико-химии контактного взаимодействия инструментального и обрабатываемого материалов с учетом действия окружающей среды (рис. 1). Фундаментальные основы базируются на положениях теории резания, высокотемпературного структурообразования с учетом силового воздействия, вычислительной термодинамики, представлениях о возможностях управления технологическими параметрами, диагностики *in situ*, анализе состояния поверхностного слоя обработанных изделий. К анализу целесообразно привлечь современные синергетические представления о сложных процессах в открытых системах.

Рассмотрим задачу управления явлениями в контактной зоне инструмента с обрабатываемым изделием, которая характеризуется наиболее высокими давлением и температурой (относительно инструмента с ПСТМ – до 7 ГПа, более 2000 К на пятнах вспышки [1] и до 1500 К в среднем [2]).

В результате контактное взаимодействие в зоне резания характеризуется как комплекс процессов адгезии, диффузии, микро- и макродеформирования и реакционного разрушения, химического взаимодействия, включающий в различных средах окисление, азотирование, наводороживание, контактно-реактивное плавление и др. Эти процессы определяют механизм изнашивания поверхности режущих инструментов, возможности инструментов по эффективной обработке и формированию заданного состояния поверхностного слоя у обрабатываемых изделий [2].

Количественное описание текущего физико-химического и механического состояния инструментального и обрабатываемого материалов в контактной зоне для конкретных условий процесса механической обработки (рис. 2), изучение эволюции и возможности трансформации поверхностей инструмента в контактной зоне под действием термобарических условий, составляет фундаментальную основу совершенствования режущих инструментов и процессов механической обработки, используется в мотивации выбора или создания инструментальных материалов.

Идеальным представляется решение технологических задач механической обработки исходя из условий контактного нагружения для каждого обрабатываемого материала и режущего инструмента.

Как отмечено в [3], в качестве основных физико-механических параметров инструментальных материалов выбирают: – предел прочности при растяжении и сжатии; – зависимость твердости материала от температуры; – температурная зависимость предела выносливости материала; – деформационные характеристики пластичности, упругости, коэффициент интенсивности напряжений; – модули упругости, сдвига; – коэффициент Пуассона; – коэффициенты тепло- и температуропроводности, линейного расширения.

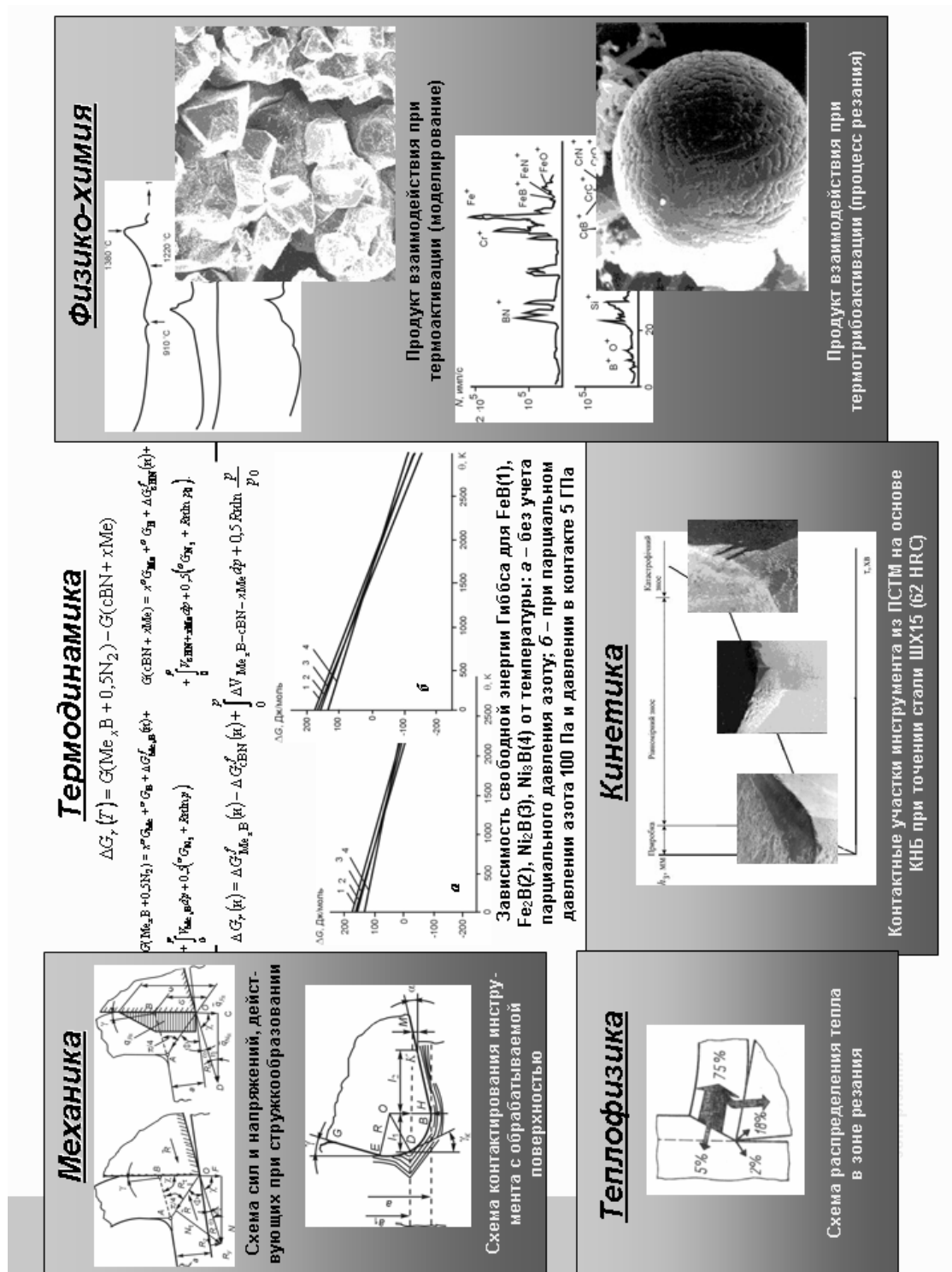


Рис. 1. Направления исследований в области контактного взаимодействия в зоне резания

Для предотвращения преждевременного внезапного хрупкого разрушения режущей кромки инструментальный материал должен иметь предел прочности на сжатие [3]

– при переднем угле инструмента $\gamma = 0^\circ$

$$\sigma_{сж} \geq 2,6\tau_{\phi},$$

– при переднем угле инструмента $\gamma \neq 0^\circ$

$$\sigma_{сж} \geq (1,3+\gamma)\tau_{\phi},$$

где τ_{ϕ} – касательные напряжения в плоскости сдвига (для случая обработки закаленных сталей – $\tau_{\phi}=1,0-1,37$ ГПа [3], наплавленных покрытий $\tau_{\phi}= 0,5-0,69$ ГПа; напыленных покрытий $\tau_{\phi}= 0,33-0,46$ ГПа [4]).

При обработке материалов высокой твердости фиксируются макропластические деформации в поверхностном контактном слое инструментальных материалов и, как следствие, образование макротрещин и преждевременное макроразрушение кромки инструмента. Развитию процесса способствует интенсивный неравномерный разогрев контактной зоны инструмента. Граничным условием прочности режущей части инструмента является [3]

$$HV_{и}/HV_{ст} \geq 1,$$

где $HV_{и}$, $HV_{ст}$ – твердость инструментального материала и стружки при температуре резания соответственно.

Твердость, необходимая материалу инструмента при температуре резания, определяется как [3]

$$HV_{и} = 6n_{м}\sqrt{\tau_{\phi}^2 + \tau_{к}^2},$$

где $\tau_{к}$ – касательные напряжения в контактном слое стружки; $n_{м}$ – коэффициент запаса прочности по ресурсу пластичности инструментального материала.

При больших скоростях резания, когда температура в контактном слое заметно выше, чем в объеме стружки, можно принять

$$HV_{и} = 6n_{м}\tau_{\phi}.$$

Зная твердость инструментального материала при температуре резания (1100 К при обработке твердым сплавом и 1200–1300 К при обработке материалами на основе КНБ) твердость инструментального материала при комнатной температуре можно определить из температурной зависимости или по выражению

$$HV_0 = HV_{и} \cdot e^{\alpha T},$$

где HV_0 – твердость инструментального материала при комнатной температуре; T – температура резания; α – коэффициент.

Нужно отметить, что твердость инструментального материала, определенная в соответствии с приведенными зависимостями, достаточна для осуществления процесса резания, но не определяет период стойкости инструмента.

Исходными данными для технологических расчетов являются показатели подачи, глубины и скорости резания, обусловленные свойствами контактирующих – инструментального и обрабатываемого материалов, геометрические параметры инструмента, силовые и кинематические особенности процесса обработки, наличие

СОТС. Так, результаты исследований по обработке наплавов из различных материалов показали, что эффективное точение с оптимальными скоростями резания возможно только при весьма низком коэффициенте трения на передней поверхности инструмента. При этом, процесс обработки характеризуется в 2 раза меньшими касательными напряжениями в плоскости сдвига и в 1,5 раза большими величинами давления на задней поверхности инструмента по сравнению с имеющими место при

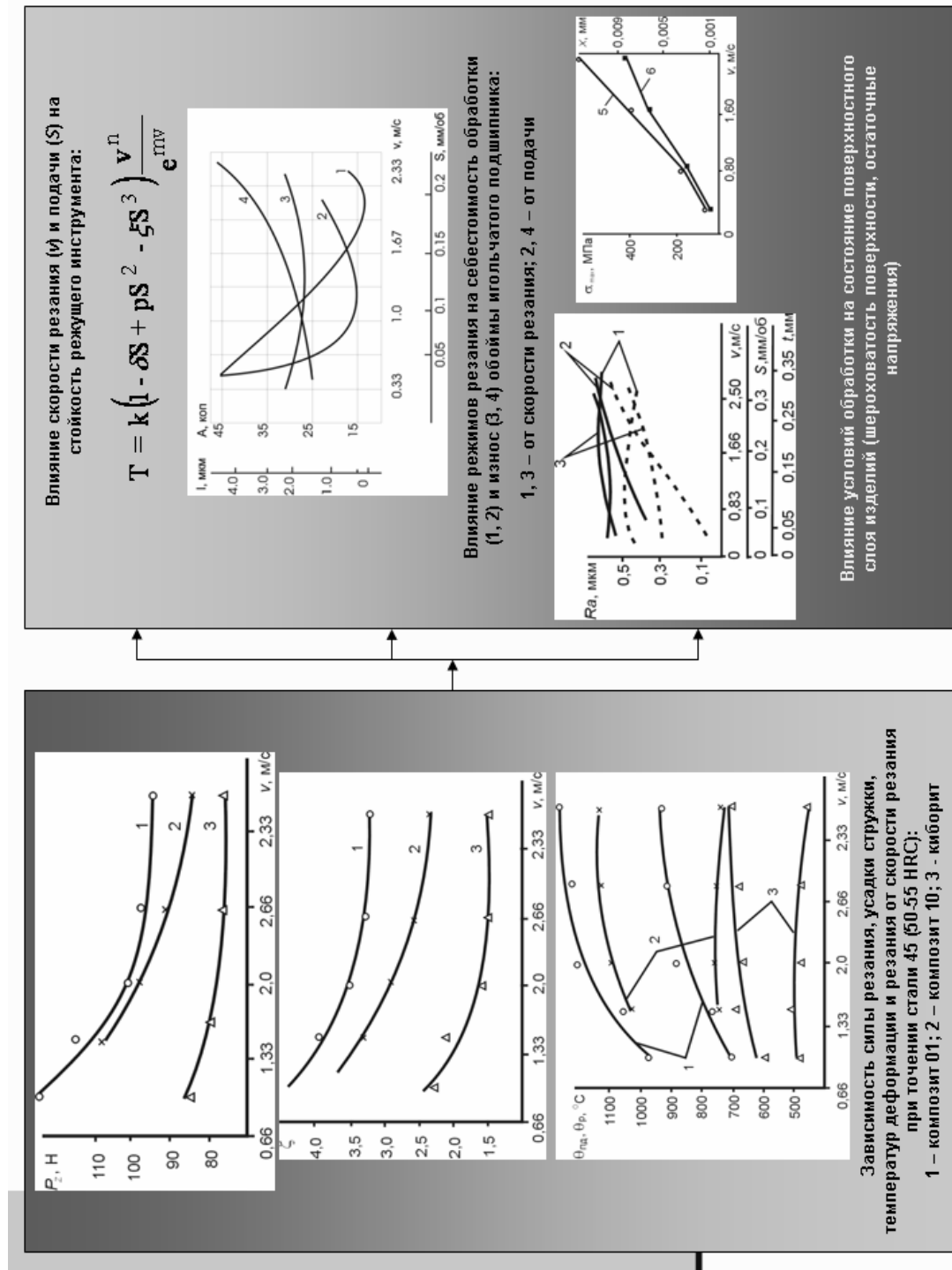


Рис. 2. Взаимосвязь параметров процесса резания с выходными показателями обработки

обработке обычных конструкционных пластических металлов. Расчеты величин сил резания при точении резцами, оснащенными ПСТМ на основе КНБ «киборит»,

оплавленных напыленных покрытий системы Ni-Cr-B-Si, показывают, что обработка при оптимальных скоростях резания характеризуется, примерно в 3 раза меньшими касательными напряжениями в плоскости сдвига. Однако, при этих условиях в 2,25 раза увеличивается нормальное давление на задней поверхности инструмента.

Пользуясь известными величинами физико-механических свойств различных, традиционно употребляемых, инструментальных материалов можно выделить перечень требований к их выбору для оснащения инструментов, используемых при чистовой обработке наплавленных и напыленных покрытий твердостью 45–55 HRC. Рекомендуется применять материалы, характеризующиеся следующим набором свойств: – предел прочности при растяжении $\sigma_b > 0,3$ ГПа; – предел прочности при изгибе $\sigma_{и} > 0,6$ ГПа; – модуль упругости $E \approx 800$ ГПа; – коэффициент трещиностойкости $K_{Ic} > 7$ МПа·м^{1/2}; – коэффициент теплопроводности $\lambda \geq 50$ Вт/м·К.

Нужно отметить, что усредненные по объему механические характеристики контактирующих материалов далеко не всегда определяют работоспособность изготовленных из них режущих инструментов. Так, при выборе материала по критерию износостойкости необходимо учитывать совокупность деформационных и прочностных свойств поверхностных слоев. Для выбора материала режущего инструмента эффективным является применение результатов, полученных методами микро-механических испытаний, результаты которых позволяют оценить механические свойства поверхностного слоя исследуемых инструментальных материалов, например, данные локального деформационно-спектрального анализа.

В процессе резания материалы инструмента и обрабатываемого изделия представляют собой пару трения и в рассмотрение следует принимать свойства обоих материалов. Так, поведение контактирующих материалов в паре трения можно оценить по соотношению параметров распределения силы контактного взаимодействия между исследуемыми материалами и алмазным индентором, которым они нагружаются в условиях упруго-пластического деформирования – по величинам их спектральной плотности. В частности, для выбора условий точения напыленных покрытий системы Ni-Cr-B-Si инструментом, оснащенный ПСТМ на основе КНБ марки «киборит», отвечающих максимальной стойкости инструмента, экспериментально получено соотношение

$$v = 2,14(S_{и} / S_0)^{1,404} e^{-0,024(S_{и} / S_0)}.$$

где v – скорость резания, соответствующая минимальному износу инструмента; $S_{и}$ и S_0 – максимальная величина спектральной плотности распределения силы контактного взаимодействия с индентором для инструментального и обрабатываемого материалов соответственно.

Анализ экспериментальных данных и микрофотографий поверхности изношенной части инструмента, оснащенного ПСТМ на основе КНБ, позволяет заключить, что наряду со взаимным переносом обрабатываемого и инструментального материалов и изменением химического состава поверхностных слоев локальных зон контактных поверхностей инструмента, имеет место изменение состава поверхностного слоя и на

неконтактных участках. Установлено появление своего рода покрытий на отдельных участках передней и задних поверхностей резца (рис. 3).

Такая картина наблюдается в широком диапазоне изменения условий резания. В зависимости от режимов обработки и величины износа инструмента изменяется внешний вид таких локализованных покрытий, их конфигурации и расположения относительно режущих кромок и вершины.

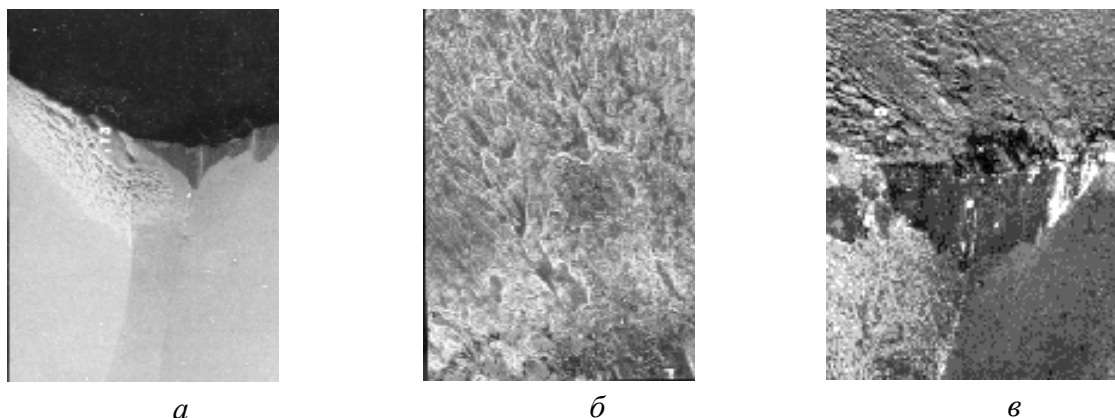


Рис. 3. Покрытие на инструменте из ПСТМ на основе КНБ, сформировавшееся при точении стали ШХ 15: *а* – $v = 0,5$ м/с, $h_3 = 0,24$ мм; ($\times 180$); *б* – $v = 1,25$ м/с, $h_3 = 0,24$ мм; ($\times 700$); *в* – $v = 1,25$ м/с, $h_3 = 0,24$ мм; ($\times 200$, изображение в фазовом контрасте).

При малых скоростях резания покрытие формируется в непосредственной близости к контактным поверхностям инструмента (рис. 3, *а*), особенно на вспомогательной задней поверхности. В этом месте покрытие имеет значительную толщину, представляет собой рыхлую массу, относительно слабо сцепленную с основным материалом поликристалла, и с ростом износа инструмента может отслоиться. На передней поверхности резца покрытие располагается неравномерным слоем, занимая все большую площадь с ростом износа инструмента. Внешне покрытие выглядит как рыхлое, чешуйчатое образование (рис. 3, *б*).

С повышением скорости резания покрытие занимает все большую площадь на передней и вспомогательной задней поверхностях, а также появляется и на главной задней поверхности инструмента. Покрытие на передней поверхности становится более равномерным, четче проявляется его чешуйчатое строение. На микрофотографиях отчетливо видно веерообразное расположение чешуек покрытия на передней поверхности инструмента с эпицентром на поверхности контакта. На задних поверхностях инструмента покрытие имеет рыхлую структуру.

Химический анализ показал, что покрытие как на передней, так и на задней поверхностях инструмента, состоит из соединений элементов, входящих в состав контактирующих материалов, а также из продуктов их взаимодействия и взаимодействия с кислородом воздуха.

Полученные результаты показывают, что в процессе резания на участках контактна инструмента, оснащенного ПСТМ на основе КНБ, с обрабатываемыми материалами на основе Fe и Ni реализуется механизм контактно-реактивного

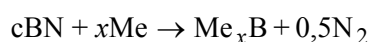
плавления, что обуславливает появление на рабочих поверхностях инструмента жидкой фазы из продуктов взаимодействия.

Еще одной причиной образования жидкой фазы на контактных поверхностях инструмента является окисление ПСТМ, а также размягчение и плавление имеющегося в его составе борного ангидрида.

Продукты взаимодействия, образовавшиеся из материала жидкой фазы, выброшенной из зоны контакта в окружающую среду, показаны на рис. 1. Частицы расплавленного материала, попадая в воздух, принимают под действием сил гравитации и поверхностного натяжения наиболее термодинамически выгодную (максимум объема при минимуме площади) форму – правильную сферическую форму и кристаллизуются в таком виде с дендритной структурой.

Согласно микрорентгеноспектральному анализу в элементный химический состав сферических частиц входят элементы, которые имеются в составе контактирующих материалов и окружающей среды.

Возможность протекания химической реакции между КНБ – основой материала инструментального композита – и основным элементов М обрабатываемого материала



при нагревании определяется величиной термодинамического потенциала Гиббса реакции

$$\Delta G_r(T) = G(Me_xB + 0,5N_2) - G(cBN + xMe).$$

Расчетные зависимости свободной энергии Гиббса реакции образования боридов железа и никеля от температуры представлены на рис. 4. Расчеты, выполненные с учетом наличия в контактной зоне повышенного парциального давления азота (100 Па) и давления в контакте между инструментальным и обрабатываемым материалами (5 ГПа), подтверждают возможность протекания химического взаимодействия в системе «КНБ-Fe, Ni» при температурах в области 1500 К, что соответствует экспериментальным данным [2].

В соответствии с принципом Ла-Шателье, создание в зоне обработки азотной газовой среды, должно способствовать увеличению температуры, при которой реализуются указанные реакции химического взаимодействия инструментального и обрабатываемого материалов.

Исследования показали, что в диапазоне практически используемых скоростей резания на износ инструмента, оснащенного ПСТМ на основе КНБ, оказывает влияние химическое взаимодействие инструментального материала с обрабатываемым и элементами окружающей среды в зоне резания, приводящее к образованию на контактных участках инструмента соединений типа Me_xB_y , $Me_xB_yO_z$, формированию на их основе и контактному плавлению эвтектик типа $Me-Me_xB_y$, $Me-Me_xB_yO_z$ с последующим удалением жидкой фазы из зон контакта.

При значительных скоростях резания (т.е. в процессах с высокой производительностью) химическое взаимодействие контактирующих материалов и окисление инструментального материала может иметь решающее значение для износа инструмента, определяя его период стойкости.

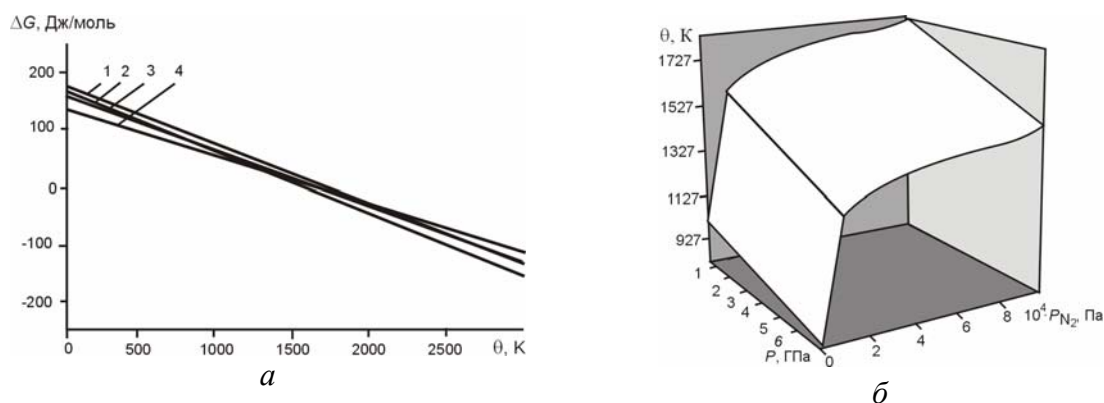


Рис. 4. Зависимость свободной энергии Гиббса от температуры (при парциальном давлении азота 100 Па и давлении в контакте 5 ГПа) для FeB (1), Fe₂B (2), Ni₂B (3), Ni₃B (4) (а) и зависимость температуры, соответствующей ΔG = 0, от величины парциального давления азота и контактного давления (б)

Таким образом, для полного учета различных механизмов контактного взаимодействия в зоне резания, комплекс требований, предъявляемых к материалам режущих инструментов, необходимо дополнить показателями их химических свойств, такими как термостойкость на воздухе (> 1500 К), растворимость и интенсивность взаимодействия с Fe, Ni, Co и другими компонентами обрабатываемых материалов.

Авторы [5] предлагают при создании инструментального материала использовать зависимость, учитывающую одновременное механическое и химическое взаимодействие контактирующих материалов

$$W = W_{\text{мех}} + W_{\text{хим}} = \left(\frac{1}{K_{1c}^{3/4} H^{1/2}} + C_e \right)$$

где W , $W_{\text{мех}}$, $W_{\text{хим}}$ – износ (мкм или мг) соответственно полный, обусловленный механическим и химическим взаимодействием; K_{1c} , H – соответственно трещиностойкость (в МПа·м^{1/2}) и твердость (в МПа) инструментально материала; C_e – растворимость инструментального материала в обрабатываемом.

В подтверждение вышеизложенного, на рис. 5 приведена временная зависимость износа инструмента из ПСТМ на основе композиции «КНБ-соединения Al» с различной твердостью, а также ПСТМ на основе композиции «КНБ-SiO₂». Все материалы имели одинаковое процентное содержание КНБ. Как видно, при определенных условиях резания, инструмент, оснащенный композитом «КНБ-SiO₂» твердостью 25 ГПа, имеет износостойкость выше, чем инструмент с ПСТМ на основе композиции «КНБ-соединения Al» твердостью 28 ГПа. Большая работоспособность первого инструмента в рассматриваемом диапазоне условий обработки объясняется меньшей интенсивностью химического взаимодействия контактирующих материалов и окружающей среды.

Учет отмеченного механизма изнашивания позволяет предложить несколько вариантов управления работоспособностью инструмента.

Первое направление связано с направленным изменением химического состава композиционного инструментального материала на основе КНБ во всем объеме поликристалла.

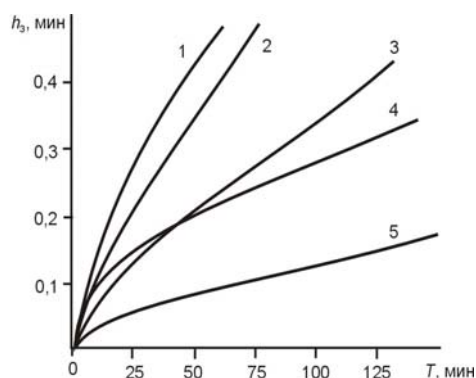


Рис. 5. Соотношение между износом инструментов из композита «КНБ-соединения Al» (1–3, 5) и композита «КНБ-SiO₂» (4) и временем точения покрытия Нп-10P2M8 и твердостью материала резца: 1 – 24; 2 – 28; 3 – 32; 4 – 25; 5 – 36 ГПа ($v = 0,83$ м/с; $S = 0,11$ м/об; $t = 0,3$ мм).

В состав поликристалла или технологической среды вводятся вещества, являющиеся ингибиторами реакций взаимодействия инструментального материала с обрабатываемым и элементами окружающей среды или сдвигающие протекание указанных реакций в более высокотемпературную область, что позволяет увеличить производительность обработки изделий за счет роста скорости резания и повысить стойкость режущего инструмента.

Учитывая это, повышение работоспособности режущего инструмента из ПСТМ на основе КНБ может быть достигнуто за счет введения в состав композита составляющих, которые без снижения механических свойств материала под действием термобарических условий

процесса обработки обеспечивают формирование в зоне резания повышенного парциального давления азота. При высокой температуре резания взаимодействие такой добавки с элементами обрабатываемого материала с выделением азота должно происходить при температурах более низких, чем температуры, характерные для взаимодействия с элементами обрабатываемого материала основы инструментального композита – КНБ. Анализ свойств гаммы нитридов позволяет предложить в качестве такой добавки нитрид кремния Si₃N₄.

Стойкостные эксперименты показали, что обработка никелевых сплавов инструментом, оснащенным композитом системы КНБ-Si₃N₄, эффективно выполняется с производительностью 2,8–3,0 см³/мин.

Второе направление управления работоспособностью инструмента связано с нанесением на поверхности режущего элемента слоя защитного покрытия.

Наличие на контактных поверхностях инструмента защитных вакуумных покрытий (толщина 5–7 мкм) приводит к коренному изменению механики и физико-химии контактного взаимодействия инструмента и обрабатываемого изделия. Первое предопределяется перераспределением напряжений на поверхностях инструмента за счет изменения коэффициента трения и, как следствие, сил и температуры резания. Второе связано с тем, что для оптимизации условий работы режущего инструмента в каждом конкретном случае должно выбираться такое покрытие, которое обеспечивает минимизацию или отсутствие эффектов, оказывающих наибольшее отрицательное влияние на его работоспособность.

Материалы покрытий на режущих инструментах должны оказывать сопротивление абразивному и адгезионному воздействию фрагментов состава обрабатываемого материала, препятствовать диффузии и растворению элементов материала покрытия в обрабатываемом материале, химическому взаимодействию инструментального и обрабатываемого материалов, окислению материала инструмента, быть достаточно вязкими, чтобы противостоять скалыванию и разрушению режущих кромок.

Исследования показали, что для минимизации адгезионного и химического взаимодействия КНБ с элементами обрабатываемого материала целесообразно применять покрытие на основе NbN, для минимизации изнашивания инструментов за счет окислительных процессов – покрытие на основе Al₂O₃.

Как видно из представленных фотографий, на контактных поверхностях инструмента без покрытий имеет место интенсивный массоперенос (рис. 6, *а*), связанный с налипанием обрабатываемого материала. Анализ фотографий, полученных в режиме фазового контраста, выявил интенсивное формирование налета на неконтактных поверхностях инструмента.

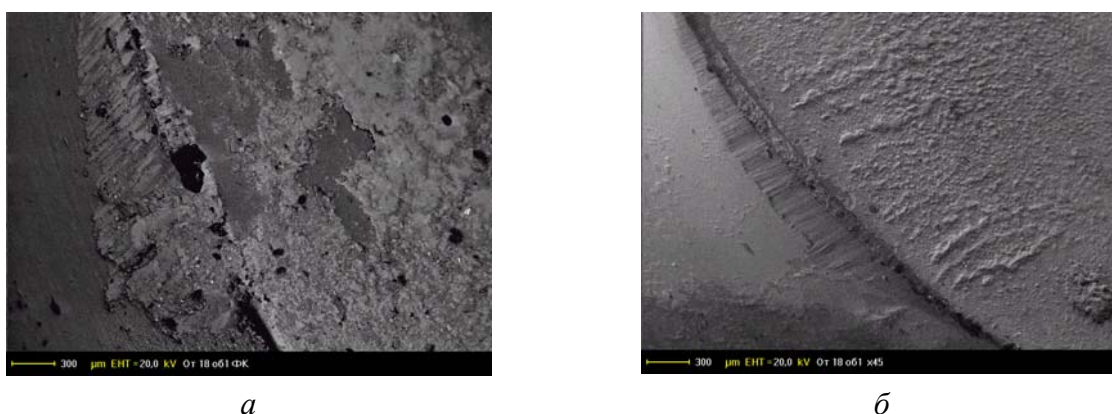


Рис. 6. Вид изношенных участков инструментов: *а* – без покрытия; *б* – с покрытием Al₂O₃-NbN-Ti (изображение в режиме фазового контраста)

На рабочих поверхностях инструментов с защитными покрытиями наблюдается износ как по задней, так и по передней поверхностям. Отчетливо видна лунка на передней поверхности инструментов. В тоже время, адгезионные эффекты на контактных участках инструмента существенно минимизировались (рис. 6, *б*).

Как отмечалось выше, наличие защитного покрытия на рабочих поверхностях инструмента предопределяет перераспределение и снижение на них контактных напряжений (рис. 7), обусловленных изменением сил резания и условий фрикционного взаимодействия в зоне резания.

Анализ результатов численного моделирования напряженного состояния режущих инструментов, оснащенных ПСТМ без покрытия и с покрытием, обусловленного силовым нагружением, показывает, что нанесение защитного покрытия Al₂O₃-NbN-Ti снижает нормальные и касательные напряжения на передней поверхности инструмента

до 25 %. Со стороны задней поверхности напряжения также имеют меньшие значения, хотя и не столь значительно.

Результаты моделирования позволяют сделать вывод о том, что инструменты, оснащенные ПСТМ с покрытиями, являются более надежными в условиях резания с высокими динамическими нагрузками, а также в условиях приработки при чистовой обработке деталей из закаленных сталей (55–62 HRC), маслотногo чугуна, с наплавленным покрытием из никелевого сплава 08X18H9Г7Т, арматуры прокатных валков из твердых сплавов ВК15, ВК20, ВНК25, ВК30.

Экспериментальные исследования контактного взаимодействия в зоне резания могут быть выполнены на учитывающих технологическую среду моделях с использованием современной программной базы. При этом можно оптимизировать условия механической обработки, обеспечивая высокую производительность удаления материала припуска, сохраняя заданную стойкость режущих инструментов. При этом учитываются представления о технологической наследственности, характеристики состояния поверхностного слоя изделий, конкретные условия эксплуатации.

Такие расчеты и представления составляют базу для создания «интеллектуальных инструментов», элементам которых присущи способность к самодиагностике механического состояния, адаптации к внешним условиям эксплуатации, прогнозированию остаточного ресурса эксплуатации и т.д. Такие инструменты являются синтезом собственно инструмента и специализированной информационно-измерительной системы, оснащенной сенсорными и исполнительными устройствами, системой управления на основе микропроцессорной техники.

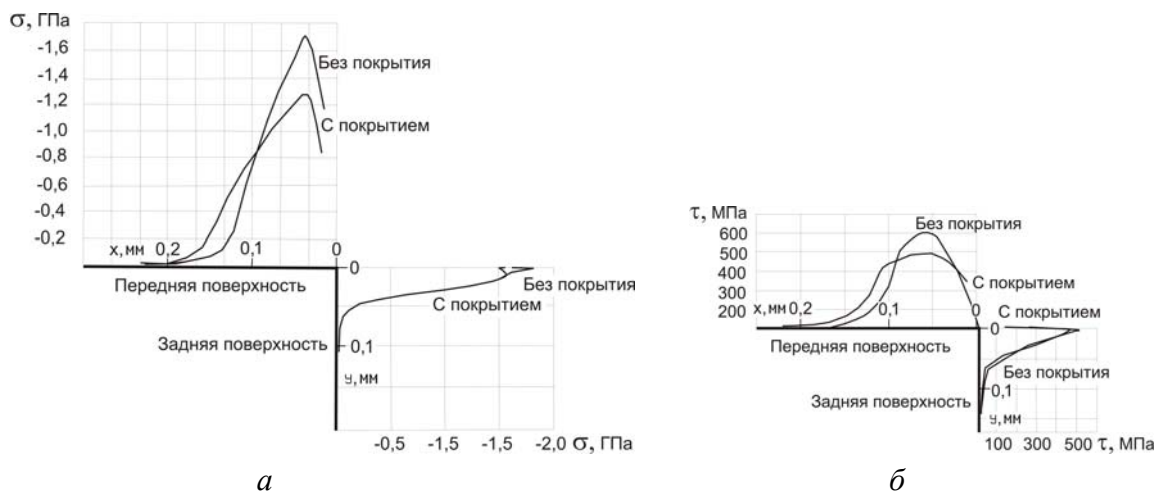


Рис. 7. Распределения нормальных (а) и касательных (б) силовых напряжений по рабочим поверхностям инструмента, оснащенного ПСТМ на основе КНБ, без покрытия и с покрытием $Al_2O_3-NbN-Ti$

Современная механическая обработка вписывается в понятие о высоких технологиях. Такие технологии подразумевают выполнение комплекса исследований в области процесса резания, материаловедения явлений в зоне резания, их диагностирования и компьютерного моделирования. Они сочетаются с исследованиями в области станкостроения, являющихся базой для создания нового поколения оборудования, для

которого требуется специальный инструмент, обладающий особым комплексом физико-механических и химических свойств.

Обобщая сказанное выше, в заключение нужно отметить следующее: технологии механической обработки – неотъемлемая часть промышленного производства, использование потенциальных возможностей которой непрерывно расширяется. Зная основные закономерности процессов, реализуемых в зоне обработки, следует, используя принципы технологического обеспечения качества и технологической наследственности, усилить высокие потенциальные свойства современных конструкционных материалов, обеспечивая тем самым требуемые свойства деталей машин. Для этого, прежде всего, нужно отказаться от рассмотрения задач обработки по «остаточному принципу», и приложить усилия для того, чтобы процессы механической обработки получили признание на уровне современных материаловедческих задач.

Список литературы

1. Miller-Hummel P., Lahres M. Temperature measurement on diamond-coated tools during machining // *Ind. Diam. Rev.* – 1995. – Vol. 55, № 2. – P.78–83.
2. Сверхтвердые материалы. Получение и применение: В 6-и т. / Под общей ред. Н.В. Новикова. – Т.5: Обработка материалов лезвийным инструментом / Под ред. С.А. Клименко. – Киев: ИСМ им. В.Н. Бакуля, ИПЦ «АЛКОН» НАНУ, 2006. – 316 с.
3. Лоладзе Т.Н. Прочность и износостойкость режущего инструмента. – М.: Машиностроение, 1980. – 320 с.
4. Точение износостойких защитных покрытий / С.А. Клименко, Ю.А. Муковоз, Л.Г. Полонский, П.П. Мельничук. – Киев: Техніка, 1997 – 144 с.
5. Buljan S.T., Wayne S.T. Wear and design of ceramic cutting tool materials // *Wear.* – 1989. – Vol. 133. – P. 545–554.