

Выводы

Анализ результатов исследования показал, что введение в состав покрытия меди в количестве 2–3 атм. % оказывает существенное влияние на его коррозионную стойкость и фрикционные свойства. Введение Cu в состав покрытия TiN позволяет добиться измельчения зерна, что в результате эффекта зернограничного упрочнения приводит к уменьшению коэффициента трения, а также улучшает антикоррозионные свойства покрытия за счет формирования наноразмерной структуры.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Достанко, А. П. Плазменные процессы в производстве изделий электронной техники. / А. П. Достанко [и др.] // под общ. ред. А. П. Достанко. – Мн. : ФУАинформ. – 2001. Том 2. – С. 453.
2. Берлин, Е. В. Получение тонких плёнок реактивным магнетронным распылением / Е. В. Берлин, Л. А. Сейдман. – М. : Техносфера, 2014. – 255 с.
3. Технологические особенности формирования покрытий Ti-Cr-B-N методом магнетронного распыления на постоянном токе / С. Д. Латушкина [и др.] // Литье и металлургия – 2019. – № 1. – С. 112–118.
4. Raven, M. S. Radio frequency sputtering and the deposition of high-temperature superconductors / M. S. Raven // J. Material science: Materials in electronics. – 1994. – Vol. 5. – P. 129–146.
5. Формирование износостойких наноразмерных покрытий TiN/Cu / С. Д. Латушкина [и др.] // Трение и износ. – 2016. – Т. 37. – № 1. – С. 36–41.

УДК 621.91

СТОЙКОСТНЫЕ ИСПЫТАНИЯ СВЕРХТВЁРДЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ cBN ДЛЯ ТОЧЕНИЯ ЗАКАЛЁННЫХ СТАЛЕЙ ТИПА СТАЛИ 45

Мартиновская О.В., Горбунов В.П.

Брестский государственный технический университет,
Республика Беларусь

Одной из причин сдерживающих широкое применение лезвийной обработки закалённых сталей инструментом оснащённым вставками из материалов на основе кубического нитрида бора (cBN), является достаточно узкий диапазон скоростей резания, соответствующий эффективной работе инструмента из сверхтвёрдых материалов [1]. Ошибочно принятая скорость резания приводит к интенсивному изнашиванию режущих кромок, что делает нецелесообразным использование дорогостоящего инструмента. Выявление диапазона наилучших скоростей обработки для конкретного материала режущего инструмента позволяет достичь стойкости инструмента, которая делает выгодным отказ от шли-

фования материалов после термической обработки. В данной статье приводятся результаты исследований проведённых на кафедре машиноведения БрГТУ материала, представляющего собой композит cBN–Al, содержащий около 95% cBN и 5% алюминия. Сплав синтезирован в лаборатории наноструктурных и сверхтвёрдых материалов ОИМ НАН Беларуси.

Задачей проводимых исследований является установление возможности применения резцов оснащённых сверхтвёрдым материалом на основе cBN взамен операции шлифования применяемой на производстве при обработке штоков гидроцилиндров, изготовленных из сталей 45 и подвергнутых закалке ТВЧ, до твёрдости поверхностного слоя 45 и 50 HRC. Качество получаемой поверхности должно соответствовать ряду жёстких требований связанных с условиями эксплуатации штока подвергаемого интенсивному износу. Основными требованиями кроме твёрдости поверхностного слоя являются шероховатость, точность обработки по 9 квалитету и прямолинейность обрабатываемой поверхности 0,1 мм по всей длине штока. Шероховатость получаемая после первого прохода шлифовального круга $Ra=0,63$, после второго прохода - $Ra=0,32$. Однако, нежелательными последствиями применения операции шлифования являются поверхностные дефекты, а именно прижоги, микротрещины, вкрапления абразива, изменения структуры. Интенсивность шлифования приводит к быстрому износу круга, что влияет на отклонение обработанной поверхности от цилиндричности.

При работе лезвийным инструментом с большой скоростью и малой глубиной резания, в точке касания происходит локальное взаимодействие развивающееся в объёме детали и инструмента, следовательно не приводящее к серьёзным изменениям в поверхностном слое. Большая часть тепла оказывается сконцентрированной в стружке не успевая перейти в заготовку, тем самым не допуская самоотпуск и не изменяется структура поверхностного слоя.

Точение упрочнённых деталей инструментом со вставкой из сверхтвёрдых материалов на основе cBN (тонкое точение), позволяет обеспечить высокую точность полученных поверхностей и низкую шероховатость только при работе на высокоскоростных станках высокой точности и жесткости [2].

Стойкость режущего инструмента - один из главных факторов, влияющих на возможность его эффективного использования. Повышение стойкости влечёт за собой не только снижение расходов на инструмент, а так же затрат на переточку инструмента, но и сокращение времени простоя современного дорогостоящего оборудования. Следовательно, правильно подобранные режимы обработки, одновременно обеспечивающие качество поверхности, производительность и стойкость инструмента, позволяют повысить эффективность всего производства.

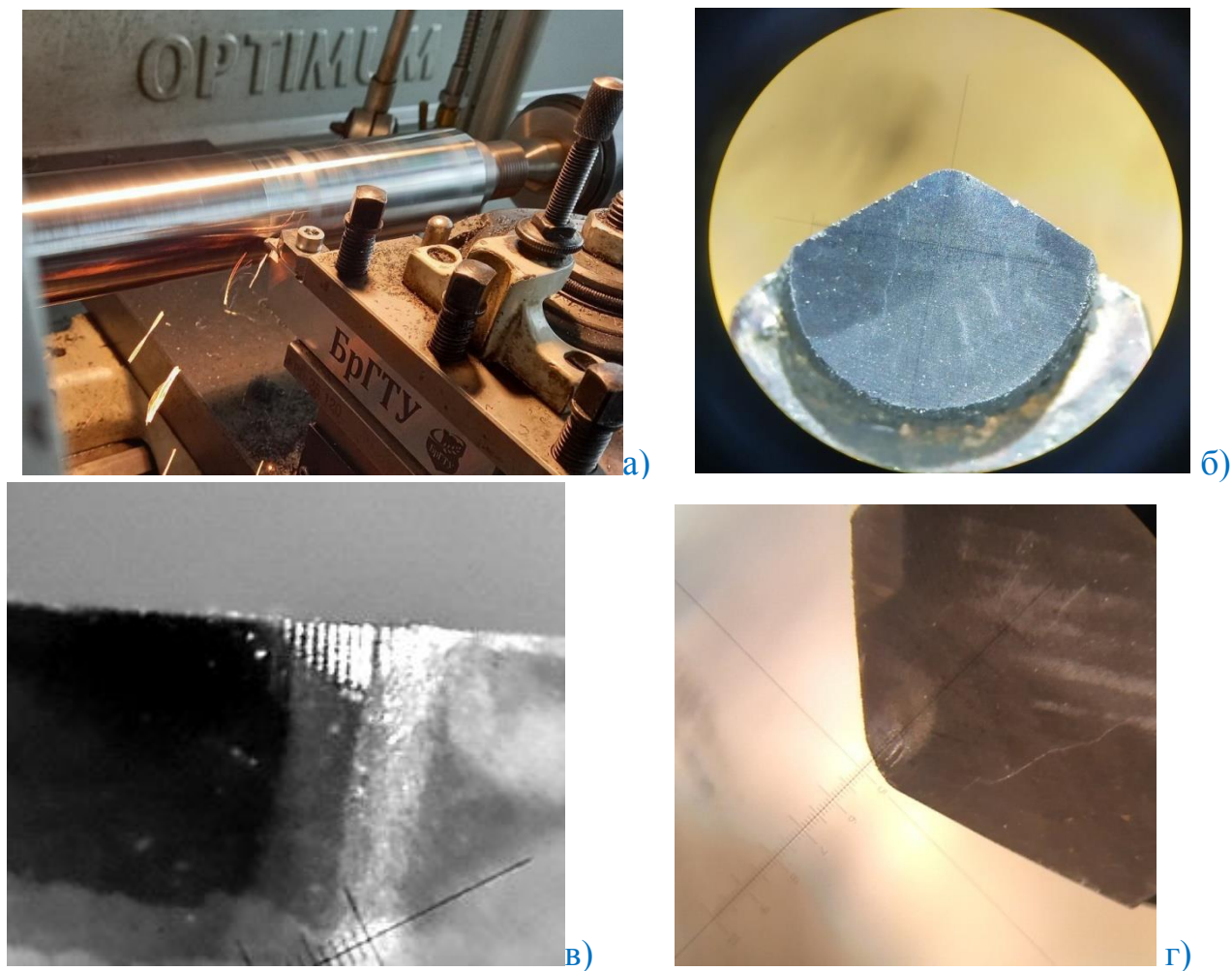


Рисунок 1 – Экспериментальные исследования: а) наружное точение штока прямым проходным резцом; б) режущая часть резца с напаянной вставкой из композита cBN–Al; в) износ вставки по задней поверхности; г) износ вставки по передней поверхности

Эксперименты проводились на токарно-винторезном станке Optimum D460x1000 DPA, отличающимся повышенной плавностью хода и отсутствием вибраций. На рисунке 1а представлен внешний вид процесса тонкого точения.

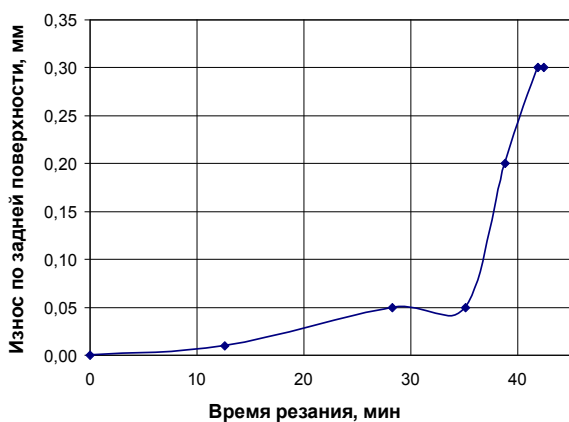
Проведённые исследования [3], показали, что оптимальными режимами при чистовом точении резцами с напаянными вставками из cBN–Al (рисунок 1б) являются подача $S=0,049$ мм/об, скорость резания $V=205$ м/мин, глубина резания $t=0,05$ мм. Эти режимы позволяют получать приемлемую шероховатость Ra от 0,25 до 0,7мкм и минимальный износ по задней поверхности (рисунок 1в) при высокой производительности испытуемого инструмента. Представленные в работе [3] исследования позволили назначить геометрические параметры резца, наилучшим образом отвечающие рекомендациям для материалов на основе cBN используемых для тонкого точения: передний угол $\gamma = -5^\circ$; задний угол $\alpha = 10^\circ$, радиус при вершине $r = 0,6$ мм, углы в плане $\phi = 45^\circ$, $\phi_1 = 15^\circ$, ширина упрочняющей фаски $h = 0,2$ мм.

Дальнейшие испытания проводились с целью исследования стойкости резцов с учётом режимов резания и геометрических параметров инструмента, полученных в предварительных экспериментах. В качестве заготовок использовались цилиндрические образцы из стали 45 длиной 300мм, имеющие твёрдость поверхностного слоя HRC 50-52.

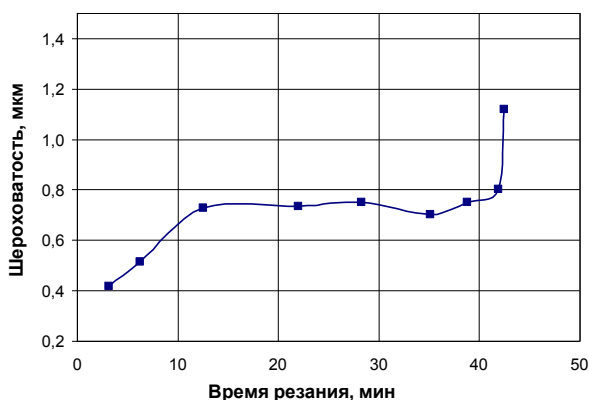
Все опыты проводились при постоянной частоте вращения шпинделя, но учитывая малую глубину резания, можно утверждать, что скорость резания практически не изменялась. После каждого опыта контролировалась шероховатость обработанной поверхности профилометром TR200, выпущенным компанией Time Group Inc, а резец периодически подвергали контролю износа по задней поверхности при помощи отсчётного микроскопа МПБ-3, цена деления 0,05мм.

В качестве критериев оценки стойкости инструмента были выбраны износ по задней поверхности инструмента $h_z = 0,25\text{мм}$ [2] и шероховатость обработанной поверхности $Ra = 0,7\text{мкм}$. Износ по задней поверхности является наиболее распространённым критерием оценки стойкости инструмента. По достижению допустимого значения износа, инструмент ещё можно использовать некоторое время, но при этом строго следить за характеристиками качества обработанной поверхности. К тому же после определённых величин износа может происходить резкое, разрушение режущих кромок и поверхностей инструмента. Согласно рекомендациям [4], для пластин из сверхтвёрдых материалов критерием затупления вставок является нормальный износ по задней поверхности 0,4мм, это позволяет нам увеличить время эксплуатации инструмента, если получаемая шероховатость будет удовлетворять допустимому значению.

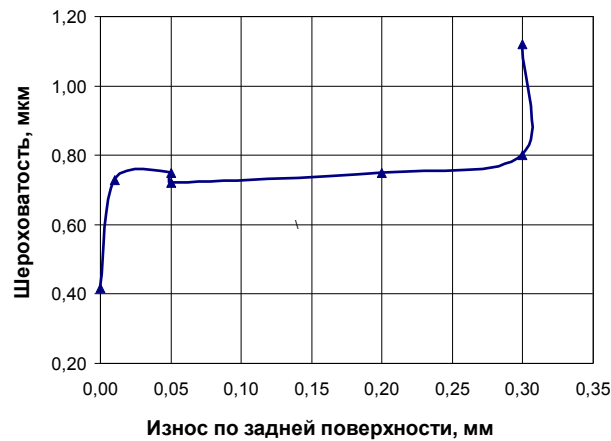
В процессе проведённых исследований, были установлены зависимости величины износа резцов из композита cBN–Al и изменение шероховатости обработанной поверхности от времени обработки. Экспериментальные кривые представлены на рисунке 2.



а)



б)



в)

Рисунок 2 – Графики зависимостей по результатам экспериментов: а) шероховатость обработанной поверхности от времени обработки; б) износ инструмента от времени работы резца; в) шероховатость обработанной поверхности от износа инструмента по задней поверхности

Анализ полученных кривых показывает относительно стабильные режущие свойства изучаемого материала. График на рисунке 2а показывает, что средняя стойкость резцов достигается при величине износа по задней поверхности 0,3мм и равна 42 минуты, после чего режущие свойства инструмента резко снижаются. При этом интенсивный износ начинается на 36 минуте, достигнув величины 0,3мм скорость износа снижается. Эксперимент останавливали при достижении износа 0,3мм, т.к. второй контролируемый параметр – шероховатость резко возрастал, достигая величин $Ra = 1,1\text{мкм}$ (рисунок 2в).

Кривая представленная на рисунке 2б отражает изменение шероховатости в момент приработки инструмента и до потерей им допустимых режущих способностей. После первых 10 минут величина шероховатости стабилизировалась на отметке $Ra = 0,7\text{мкм}$ и сохранялась на протяжении последующих 30 минут точения. Путь, пройденный вершиной резца за время износа по задней поверхности до $h = 0,3\text{ мм}$, составляет $L=7175\text{м}$.

Проведённые эксперименты позволяют провести планирование дальнейших исследований, определить параметры модели для прогнозирования поведения материала при различных режимах обработки.

В дальнейшем ставятся задачи используя обобщающие эмпирические уравнения для расчёта параметров обработки закалённых сталей резцами из нитрида бора определить оптимальное соотношение стойкости материала с режимами работы при заданной шероховатости, применительно к материалу cBN-Al , а так же композиту $\text{cBN-wBN-AlB}_2/\text{AlN}$ и сравнить возможности применения обоих материалов.

Выводы. Проведенные исследования показали, что стойкость режущего инструмента с напаянной вставкой из композита cBN-Al составляет $T=42\text{мин}$ и сопоставима с рекомендациями [4], согласно которому нормативная стойкость пластин из композита 10, работающего в аналогичных условиях $T=58\text{ мин.}$, но при скорости точения $V=75\text{м/мин}$. Исходя из этого, можно констатировать, что производительность обработки инструментом из композита cBN-Al выше в 2 раза.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Исследование режущих свойств резцов из нитрида бора / Грубый С. В., Лапшин В. В., Наука и образование, ФГБОУ ВПО МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012. С.61-74
2. Обработка и упрочнение поверхностей при изготовлении и восстановлении деталей / В. И. Бородавко [и др.]; под общ. ред. М. Л. Хейфеца и С. А. Клименко. – Минск: Беларус. навука, 2013. – 463 с.
3. Мартиновская О.В., Горбунов В.П., Нерода М.В. Методика испытаний новых сверхтвердых материалов на основе cBN в качестве лезвийного инструмента для чистовой обработки // Новые технологии и материалы, автоматизация производства: Сборник статей междунар. науч.-техн. конф. / г. Брест, (20-21 октября 2022 г.) – Брест, 2022. – С.143 – 147.
4. ГОСТ Р 50302-92 Вставки перетачиваемые для сборного инструмента, оснащенные сверхтвердым материалом (композитом). Технические условия. / Госстандарт России, М.: 1992. – 16с.

УДК 621.789

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ СТАЛИ 10Г2 ПОСЛЕ ЛАЗЕРНОЙ ЗАКАЛКИ И ЛЕГИРОВАНИЯ

Миширук О.М.¹, Веремейчик А.И.¹, Девойно О.Г.²,
Нерода М.В.¹, Холодарь Б.Г.¹

- 1) Брестский государственный технический университет, г. Брест,
Республика Беларусь
- 2) Белорусский национальный технический университет, г. Минск,
Республика Беларусь

Лазерные технологии поверхностной обработки в ряде случаев заменяют традиционные методы термической обработки. Это обусловлено преимуществами сфокусированного лазерного излучения: бесконтактностью и локальностью теплового воздействия, минимальной зоной термического влияния, высокими скоростями нагрева и охлаждения, снижением уровня остаточных напряжений, сведением к минимуму коробления, повышением дисперсности структуры [1]. Лазерная закалка может рассматриваться в качестве альтернативы поверхностному упрочнению цементацией и последующей объемной закалке, а также ионно-плазменному азотированию. Технология лазерной закалки сканирующим лучом без оплавления позволяет отказаться от шлифования поверхности после упрочнения.

Актуальность проблем, связанных с влиянием режимов лазерной закалки на структуру и свойства различных материалов, подтверждается многочисленными публикациями отечественных и зарубежных ученых [1–5]. Следует отметить, что в основном исследования заключаются в определении влияния режи-