

УДК 621.9.015

Н.В. Новиков, д.т.н., проф.**А.Н. Ващенко, вед. инж.****А.С. Мановицкий, к.т.н., с.н.с.***Институт сверхтвердых материалов им. В.Н. Бакуля
НАН Украины*

КОНТАКТНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ РЕЗЦОВ, ОСНАЩЕННЫХ КНБ, С ОБРАБАТЫВАЕМЫМ МАТЕРИАЛОМ ПРИ ТОЧЕНИИ ИЗНОСОСТОЙКОГО ЧУГУНА

В работе представлены результаты электронно-микроскопического исследования контактных поверхностей режущих инструментов, оснащенных ПКНБ, при точении износостойкого чугуна.

Введение. Чистовое точение деталей машин из высокопрочных, хромистых чугунов, как в состоянии поставки, так и после химико-термической обработки, обеспечивает требуемую точность деталей и шероховатость ее поверхностей. Характеристики поверхностного слоя, сформированные на операциях окончательной обработки, определяют эксплуатационные свойства деталей.

Основная часть. На операциях финишной обработки деталей из износостойких чугунов главным образом применяется шлифование абразивными, алмазными или кубонитовыми кругами. Однако шлифование, наряду с преимуществами по возможностям обеспечения точности детали, имеет два основных недостатка: а) локальный перегрев, проявляющийся в появлении на обработанной поверхности локальных «прижогов», связанных с образованием вторичного аустенита отпуска, остаточных напряжений растяжения, снижающих износостойкость и усталостную прочность обработанных деталей; б) шаржирование обработанной поверхности абразивными зёрнами и их осколками в результате контактного взаимодействия инструмента и заготовки в процессе шлифования. Внедренные в поверхность детали частицы абразива образуют дефекты в ее поверхности и отрицательно сказываются в условиях эксплуатации.

Традиционно в подавляющем большинстве технологических процессов точения высокопрочных хромистых чугунов предусмотрено использование резцов, оснащенных вольфрамо-кобальтовыми твердыми сплавами. Скорость резания при точении деталей из таких материалов составляет 0,05...0,08 м/с, а глубина резания – до 0,5 мм.

В процессе точения износостойких материалов резцами из

поликристаллического кубического нитрида бора (ПКНБ) отсутствуют недостатки, характерные для обработки шлифованием, а режимы резания могут быть существенно повышены [1]. При этом обработка с применением режущих пластин круглой формы или многогранных со значительным радиусом при вершине может производиться в условиях, когда рабочая вершина инструмента не является постоянной, а в каждый момент времени занимает отличное от предыдущего положение на его режущей кромке. Резец работает, практически обкатываясь по обрабатываемой поверхности.

Нагрузки и тепловые процессы, определяющие механический и физико-химический износ инструмента в процессе его контактного взаимодействия в зоне резания с обрабатываемой деталью существенно интенсифицируют химические реакции между элементами и соединениями из состава обрабатываемого материала и ПКНБ, особенно при высоких температурах. При температурах резания свыше 900 °С происходит обратное фазовое превращение кубического нитрида бора в гексагональный, причем наиболее интенсивно процесс превращения протекает на границах зерен, вызывая разрушение поликристалла [2].

Целью настоящей работы было исследование налипания обрабатываемого материала на контактные поверхности инструмента и их влияние на эффективность процесса обработки износостойкого чугуна.

При исследовании образования и развития износа резцов из ПКНБ марки киборит, разработанного и изготавливаемого в Институте сверхтвердых материалов (ИСМ) им. В.Н. Бакуля НАН Украины, при точении по корке литой заготовки бронедиска насоса из износостойкого чугуна марки ИЧХ-28Н2 твердостью 45...48 HRC изучалось образование следов адгезионного взаимодействия и нароста обрабатываемого материала на поверхности резца. В химический состав обрабатываемого чугуна кроме железа и углерода входят 25...30 % Cr и 1,5...2 % Ni. Точение торцов бронедиска улитки насоса производилось на токарно-винторезном станке мод. 1М65 резцами с механическим креплением режущих пластин RNUN 070300 (диаметр пластины 7 мм, толщина 3,18 мм), углы резания формировались за счет установки пластины в корпусе резца и составляли: передний угол – $-(7...10)^\circ$, задний угол – $(7...10)^\circ$. Обработка внутреннего торца осуществлялась с направлением движения резца от центра к периферии с числом оборотами шпинделя станка – 76 об./мин., при этом средняя скорость резания была около 1 м/с, подача резца – 0,2 мм/об. и глубина резания – 1,5 мм. Наружный

торец протачивался от периферии к центру детали с режимами резания: обороты шпинделя – 32 об./мин. (средняя скорость резания – около 45 м/мин.), поперечная подача и глубина резания – те же; поперечное сечение державок: 25x16 мм и 32x25 мм. Для инструмента с поперечным сечением 32x25 мм глубина резания принималась до 2,5 мм. При обработке внутреннего торца глубина резания менялась от 0,3 мм до 2,5 мм вследствие неровности поверхности отлитой заготовки. За время точения внутреннего торца, составлявшее 25 мин., износ инструмента по задней поверхности составил 0,15...0,20 мм.

Наружный торец обрабатывался с ударами из-за наличия выступов на корпусе бронедиска, обусловленных его конструкцией. При использовании державки сечением 25x16 мм имели место повышенные вибрации, вследствие чего наблюдались сколы режущей пластины. При точении резцом с державкой сечением 32x25 даже при больших глубинах резания и при обработке по раковинам вибраций не наблюдалось.

Износ рабочей части режущей пластины и элементный анализ следов налипшего материала на поверхности инструмента исследовались с помощью растрового электронного микроскопа CamScan 4DV.

После 30 минут работы резцом с державкой сечением 32x25 мм износ по задней поверхности инструмента имел преимущественно абразивный характер и составил 0,3–0,4 мм. Как видно из рис. 1 (фазовый контраст), в зоне равномерного износа инструмента по задней поверхности и на передней поверхности в направлении схода стружки видны незначительные следы налипания обрабатываемого материала, интенсивность которых имеет максимум ближе к режущей кромке. Анализ состава таких следов показал присутствие в них никеля, хрома и алюминия, содержащегося, по-видимому, в остатках формовочной смеси из литейной формы, присутствующего в раковинах на поверхности детали. Нужно отметить, что на поверхности впадин на изношенной поверхности инструмента, образованных сколами инструментального материала, и в процессе резания не находившихся в непосредственном контакте с обрабатываемым чугуном, не наблюдается наличия никеля, хрома и железа, а присутствуют, главным образом, алюминий и кремний.



Рис. 1. Следы налипания обрабатываемого материала при точении резцом с сечением державки 32x25 мм

При точении резцом с державкой сечением 25x16 мм в течение 25 минут следы налипания обрабатываемого материала на инструмент видны на образованной сколами зазубренной поверхности износа на передней поверхности резца. Отсутствие следов чугуна во впадинах на изношенной поверхности, которые образовались вследствие ударного взаимодействия

резца с обрабатываемым материалом при точении выступающих фрагментов на детали и интенсифицированы вибрациями, объясняется их образованием непосредственно перед остановкой станка. Для сравнения на рис. 2 приведены два изображения изношенного участка: в обычном электронном виде и в фазовом контрасте. Анализ полученных изображений показывает, что при наличии повышенных вибраций плотность следов налипшего металла на передней поверхности инструмента существенно возрастает, хотя еще и не приобретает очертаний нароста, имеющего, как правило, объемный характер.

В процессе точения закаленных сталей, чугунов и различных покрытий, эффективно обрабатываемых инструментом из ПКНБ, чрезвычайно сложно получить нарост обрабатываемого материала на передней поверхности резца. Поэтому в настоящей работе производилось точение торцевой присоединительной поверхности бронедиска с конструктивно предусмотренными вплавленными вставками из аустенитной нержавеющей стали 12X18H10T, которая не упрочняется в процессе термообработки и поэтому была выбрана для применения в качестве вставок под резьбовые крепежные отверстия. При обработке такого композита чугун-сталь наблюдался повышенный износ резцов, что объясняется известным фактом – инструменты из ПКНБ не предназначены для обработки нетермообработанных сталей аустенитного класса.

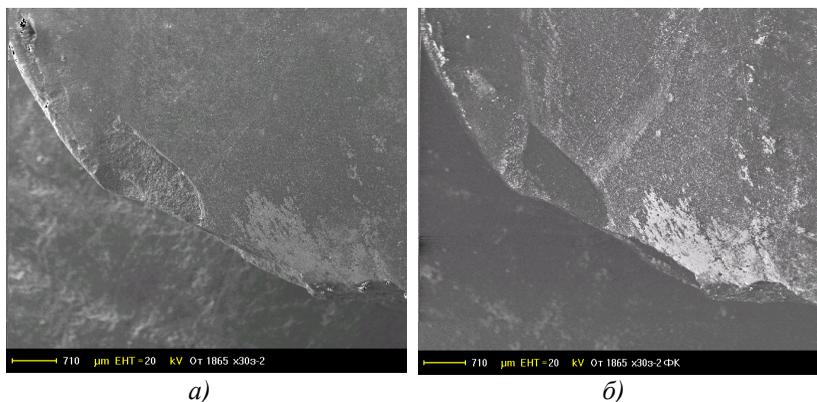


Рис. 2. Следы налитиего обрабатываемого чугуна ИЧХ-28Н2 на изношенной поверхности при точении резцом с державки сечением 25x16 мм: а) – электронное изображение; б) – изображение в фазовом контрасте

На рис. 3 приведен фрагмент инструмента с катастрофическим износом и наростом при обработке участка бронедиска из износостойкого чугуна марки ИЧХ-28Н2 с вплавленными вставками из нержавеющей стали 12Х18Н10Т.

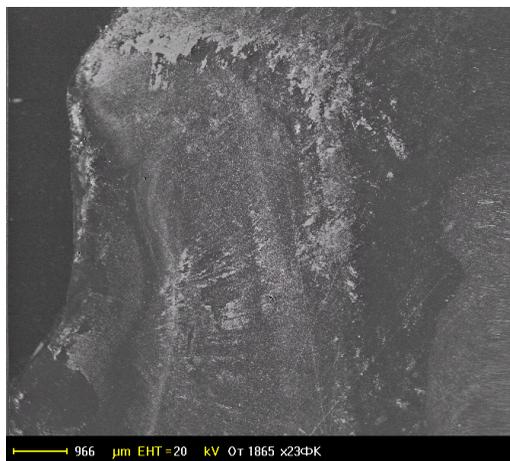


Рис. 3. Налишний обрабатываемый материал на изношенном участке реза при точении чугуна совместно с вплавленными вставками из стали 12X18H10T

Следы нароста, состоящего из обрабатываемого чугуна со сталью присутствуют на всей изношенной передней поверхности инструмента, а также в наибольшей концентрации – на образовавшейся новой скругленной режущей кромке и в зоне схода стружки за лункой износа по передней поверхности. Можно предположить, что в зоне схода стружки за лункой износа сохранилась оставшаяся на передней поверхности пластины часть нароста после его отрыва от поверхности лунки износа. На краях лунки износа также видны следы обрабатываемого материала, которые, возможно, налипли уже после отрыва основной части нароста.

Вследствие обратного фазового превращения кубического нитрида бора в гексагональный в присутствии никеля и хрома при обработке низкотеплопроводной стали 12X18H10T изношенные поверхности инструмента имеют сглаженный вид без видимых острых кромок в местах сколов блоков кристаллитов ПКНБ. Интенсивное изнашивание инструмента не позволяет вести производительную обработку резцами из киборита. Замена материала вставок на серый или высокопрочный чугун позволит эффективно обтачивать весь профиль детали бронедиска.

В результате проведенных испытаний можно сделать следующие **выводы и рекомендации**:

1. При черновой обработке с ударом (прерывистое точение) крупногабаритных деталей из износостойкого чугуна марки ИЧХ-28Н2 с повышенными глубинами резания с использованием жестких резцов, оснащенных ПКНБ киборит, с поперечным сечением державки не менее, чем 32x25 мм, на передней и задней изношенных поверхностях инструмента наблюдаются незначительные следы обрабатываемого материала в течение всего периода стойкости инструмента.

2. Период стойкости резцов, оснащенных режущими пластинами из киборита, при точении поверхностей, в том числе и прерывистых, имеющих отдельные незначительные дефекты, такие как литейные раковины, частично или полностью заполненные песком составляет 25...30 минут без переустановки режущей пластины. При этом, по сравнению с использованием твердосплавных резцов, обеспечивается существенное повышение скорости и глубины резания, повышается

производительность черновой обработки деталей из износостойкого чугуна марки ИЧХ-28Н2 в 5...6 раз.

3. При точении в условиях повышенных вибраций деталей из износостойкого чугуна марки ИЧХ-28Н2 твердостью 45...48 HRC на передней поверхности резца образуется плотный слой налипшего обрабатываемого материала, граничащий с наростом, и снижающий эффективность обработки.

ЛИТЕРАТУРА:

1. *Klimenko S.A., Mukovoz Yu.A., Polonsky L.G.* Advanced Ceramics Tool for Machining Application-2 // Edit by I.M.Low and X.S.Li. – Chapter 1. Cutting Tools of Superhard Materials. – Switzerland: Trans Tech Publications, 1996. – P. 1–66.
2. *Лещинер Я.А., Свирицкий Р.М., Ильин В.В.* Лезвийные инструменты из сверхтвердых материалов.– Киев: Техніка, 1981. – 120 с.

НОВИКОВ Николай Васильевич – академик НАН Украины, доктор технических наук, профессор, директор Института сверхтвердых материалов им. В.Н. Бакуля НАН Украины.

Научные интересы:

- материаловедение сверхтвердых материалов;
- техника высоких давлений;
- перспективные технологии механической обработки.

ВАЩЕНКО Александр Николаевич – ведущий инженер Института сверхтвердых материалов им. В.Н. Бакуля НАН Украины.

Научные интересы:

- растровая электронная микроскопия, рентгеноспектральный анализ;
- исследование структуры материалов.

МАНОВИЦКИЙ Александр Степанович – кандидат технических наук, старший научный сотрудник Института сверхтвердых материалов им. В.Н. Бакуля НАН Украины.

Научные интересы:

- обработка материалов резанием;
- режущие инструменты.

Подано 15.08.2007