

ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ КЕРАМИЧЕСКОГО ИНСТРУМЕНТА

Голова А.А., Халимоненко А.Д.

*Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II,
Санкт-Петербург*

Ключевые слова: режущая керамика, работоспособность, керамический режущий инструмент, акустико-эмиссионный метод, вихретоковый метод, ультразвуковой метод, метод Ван-дер-Пау.

Аннотация. Статья посвящена анализу методов контроля работоспособности режущего керамического инструмента. В статье приведены основные виды режущей керамики и их применение. Рассмотрены различные методы определения работоспособности режущего инструмента, а именно акустико-эмиссионный, вихретоковый, ультразвуковой и метод Ван-дер-Пау. В ходе работы выявлены их преимущества и недостатки, определены перспективные направления диагностики работоспособности керамического режущего инструмента.

CHOICE AND JUSTIFICATION OF THE METHOD FOR DETERMINING THE OPERATIONAL CAPACITY OF A CERAMIC TOOL

Golova A.A., Khalimonenko A.D.

Empress Catherine II Saint-Petersburg Mining University, Saint-Petersburg

Keywords: cutting ceramics, performance, ceramic cutting tool, acoustic emission method, eddy current method, ultrasonic method, Van-der-Pauw method.

Abstract. The article is devoted to the analysis of methods for monitoring the serviceability of ceramic cutting tools. It outlines the main types of cutting ceramics and their applications are reviewed. Various methods for determining the serviceability of cutting tools are considered, namely acoustic-emission, eddy current, ultrasonic and Van-der-Pauw techniques. Their advantages and disadvantages are identified and promising directions for the diagnostics of ceramic tools are determined.

В настоящее время все больше внимания уделяют режущим инструментам из керамических материалов. Это обусловлено повышенными требованиями к обработке твердых материалов в современном машиностроении. Керамические режущие инструменты используются для обработки труднообрабатываемых материалов, например, чугунов, низко- и высоколегированных сталей, цветных металлов и конструкционных полимерных материалов. Несмотря на такие достоинства, как высокая твердость, термостойкость и износостойкость, широкому использованию керамических инструментов препятствует их хрупкость, которая может привести к внезапному отказу инструмента. Данный факт обуславливает актуальность контроля работоспособности такого вида режущего инструмента. Целью данной работы является анализ методов определения работоспособного состояния керамического режущего инструмента.

При сравнении инструментов из режущей керамики и твердосплавных инструментов, можно выделить превосходство первых, что обусловлено

сочетанием уникальных механических свойств, высокой твердостью, устойчивостью к коррозии и адгезионному износу [1]. Также, по сравнению с минеральной керамикой, режущая имеет ряд преимуществ, а именно: высокая прочность, высокие режущие способности и свойства, высокая твердость, низкая склонность к возникновению трещин.

Режущую керамику разделяют на 5 основных групп. Первая группа – оксидная керамика, ее также называют белой. Ее основу составляет оксид алюминия (Al_2O_3). Данный вид керамики имеет ряд плюсов и минусов. К положительным сторонам материала относят высокую твердость, к отрицательным – низкую прочность на изгиб и ударную вязкость. Чаще всего инструменты из белой керамики используют для чистовой и получистовой обработки чугунов и сталей.

Ко второй группе относится нитридная керамика, основу которой составляет нитрид кремния (Si_3N_4). В отличие от оксидной керамики, нитридная имеет высокую прочность на изгиб, термостойкость и вязкость, но меньшую твердость и износостойкость. Инструменты из нитридной керамики используют для черновой и получистовой обработки серого чугуна.

Оксидно-карбидная керамика (черная керамика) составляет четвертый вид данного материала. Основу материала составляет Al_2O_3 , к которой добавляют в объеме 30-40% карбид вольфрама и молибдена или молибдена и хрома и других тугоплавкие металлы. Данная керамика отличается высокой твердостью, термостойкостью, а также универсальностью. Она подходит для чистовой, получистовой и прерывистой обработки чугунов и сталей.

Четвертый вид керамического режущего материала – смешанная керамика, основу которой составляет оксид алюминия (Al_2O_3), упрочненный карбидом титана (TiC), нитридом титана (TiN), карбонитридом титана (TiCN) и другими добавками. Ее преимущество заключается в высокой прочности и термостойкости. Режущие инструменты из данного материала используют для получистовой и чистовой обработки закаленных сталей и отбеленного чугуна.

К пятой группе относится армированная или вискоризованная керамика. В своем составе кроме Al_2O_3 содержит нитевидные кристаллы карбида кремния (SiC), которые повышают прочность, вязкость, трещиностойкость и термостойкость материала. Инструменты из армированной керамики используют для черновой и получистовой обработки чугунов, жаропрочных и закаленных сталей.

Наиболее значимыми причинами использования инструментов из режущей керамики является высокая эффективность, высокое качество обработки поверхности, значительное увеличение производительности, снижение затрат на обработку благодаря исключению процесса шлифования из технологического процесса [2]. Стоит отметить, главную особенность режущей керамики – отсутствие связующей фазы в структуре материала, что снижает трещиностойкость, прочность и сопротивляемость циклическим тепловым нагрузкам [3].

В связи с хрупкостью керамических режущих инструментов необходимость контроля их работоспособности возрастает. В ГОСТ 25751-83 «Инструменты

режущие. Термины и определения общих понятий» дается определение работоспособности. В свою очередь, работоспособность режущего инструмента – состояние режущего инструмента (лезвия), при котором выполняется обработка резанием при установленных условиях с установленными требованиями [4]. К нарушению работоспособного состояния приводит отклонение параметров режущего инструмента, требований или характеристик выполняемой этим инструментом обработки. Параметры режущего инструмента определяются геометрическими характеристиками (передний и задний угол, угол заострения и т.д.), условиями обработки, (характеризуют сам обрабатываемый материал, оборудование, режимы резания, а также порядок технического обслуживания, восстановления и ремонта) и требованиями обработки (включают в себя, например, параметры шероховатости, допуски размеров, форм и расположения поверхности обработки).

В настоящее время можно выделить 4 основные метода определения работоспособности керамического режущего инструмента:

- 1) акустико-эмиссионный контроль;
- 2) метод вихревых токов;
- 3) ультразвуковой метод;
- 4) метод Ван-дер-Пау.

Акустико-эмиссионный метод позволяет выявлять дефекты, возникающие в материале при его деформации и разрушении, с помощью регистрации высокочастотных упругих волн датчиком, установленном на державке инструмента или в зоне резания. Данный метод высокочувствителен к обнаружению микротрещин в момент их появления, а также не требует сканирования поверхности объекта для поиска локальных дефектов. Стоит отдельно отметить главное преимущество акустико-эмиссионного контроля – возможность проведения неразрушающего контроля всего объекта целиком за один цикл нагружения. В свою очередь, данный метод чувствителен к шумам, что влияет на достоверность полученной информации о работоспособности инструмента.

В основе вихретокового метода лежит взаимодействие переменного магнитного поля с вихревым током, который возникает в электропроводящем объекте. Наличие дефектов на объекте контроля изменяет распределение вихревых токов, что, соответственно, влияет и на параметры измерительной катушки. Такой способ контроля не требует контакта с объектом контроля, а также стоит отметить, что на результаты контроля не влияют влажность, давление, загрязнение поверхности объекта контроля непроводящими веществами. Определенным недостатком такого метода контроля работоспособности является чувствительность к расстоянию между датчиком и объектом контроля. Метод вихревых токов неприменим к непроводящим материалам, к которым относится белая керамика, что сужает область его применения для режущей керамики.

Суть ультразвукового метода заключается в генерации и регистрации звуковых волн, распространяемых в контролируемой среде. Дефекты объекта контроля рассеивают подаваемую на нее волну, что изменяет принимаемый

датчиком сигнал. Главными достоинствами такого метода является контроль образца без его разрушения и повреждения, обнаружение внутренних дефектов, а также возможность исследования объектов из металлических и неметаллических материалов. В свою очередь, недостатком ультразвукового контроля можно назвать сложность в использовании, сильное влияние воздушного зазора, применение контактной жидкости.

Метод Ван-дер-Пау основан на изменении удельного электрического сопротивления и коэффициента Холла полупроводящими материалами. На плоский образец произвольной, но однородной по толщине формы в четырех точках на периферии подается ток, измеряется разность потенциалов, после чего данные измерения анализируются. Далее определяется удельное сопротивление, на основе которого формулируются выводы о наличии дефектов в контролируемом объекте. Данный метод контроля отличается высокой точностью, независимостью от формы объекта контроля. Определенным недостатком можно назвать зависимость от материала объекта контроля, который должен быть электропроводящим, также данный метод требует контакта с контролируемым образцом.

Заключение

Керамические режущие инструменты, за счет своей твердости, устойчивости к высокой температуре, износу и коррозии, нашли широкое применение в обработке труднообрабатываемых материалов. Но в силу своей хрупкости, по причине которой возникают риски внезапного разрушения, повсеместная данных режущих инструментов ограничена, что подчеркивает важность применения надежных методов контроля их работоспособности.

В ходе работы рассмотрены основные методы неразрушающего контроля: акустико-эмиссионный, вихретоковый, ультразвуковой и метод Ван-дер-Пау. Каждый из методов имеет свои достоинства и недостатки. Например, вихретоковый метод и метод Ван-дер-Пау не подходят для непроводящей керамики. В свою очередь, ультразвуковой – универсален по отношению к материалу режущего инструмента, но требует контактной среды и чувствителен к зазорам. Акустический метод – чувствителен к зарождающимся микротрещинам, но подвержен влиянию шумов.

Таким образом, наибольшую перспективу в области оценки работоспособности керамического режущего инструмента, при условии возможности мониторинга состояния в процессе резания, представляет акустико-эмиссионный метод. В то же время, для повышения достоверности и целесообразно рассматривать комбинирование методов. Это позволит использовать преимущества нескольких методов.

Список литературы

1. Grigoriev S.N., Fedorov S.V., Hamdy Khaled. Materials, properties, manufacturing methods and cutting performance of innovative ceramic cutting tools – a review // Manufacturing review. 2019, vol. 6, iss. 19. doi.org/10.1051/mfreview/2019016.
2. Максаров В.В., Халимоненко А.Д., Горшков И.В. Влияние структурных параметров режущей керамики на качество обработки при селективном формировании инструментального оснащения // Металлообработка. – 2020. – №1(115). – С. 54-61.

3. Зубков Н.Н. Инструментальные материалы для изготовления лезвийных инструментов // Машиностроение и компьютерные технологии. – 2013. – №05 – С. 75-100.
4. ГОСТ 25751-83 Инструменты режущие. Термины и определения общих понятий. Введен 01.07.1984. – М.: Издательство стандартов, 1990. – 27 с.

Сведения об авторах:

Голова Алина Андреевна – студент;

Халимоненко Алексей Дмитриевич – к.т.н., доцент, доцент кафедры машиностроения.