

УДК 621.785.5

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ИМПУЛЬСА ЭЛЕКТРОННО-ПУЧКОВОГО ОБЛУЧЕНИЯ НА СТОЙКОСТЬ МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКИХ ПЛАСТИН

© 2011 В.Е. Овчаренко, А.А. Моховиков

Юргинский технологический институт (филиал)
Томского политехнического университета

Поступила в редакцию 18.03.2011

В работе представлены основные результаты экспериментального исследования закономерностей изменения стойкости металлокерамических режущих пластин при импульсном электронно-пучковом облучении их рабочих поверхностей с целью выявления и изучения механизма кратного повышения работоспособности твердого сплава в условиях резания металла.

Ключевые слова: *металлокерамический сплав, поверхностный слой, структурно-фазовая модификация, импульсное электронно-пучковое облучение, стойкость, износ*

Причиной низкого ресурса режущего инструмента преимущественно является быстрый износ или разрушение его рабочих поверхностей. При большом разнообразии условий работы инструмента во всех случаях наиболее нагруженными оказываются его контактные поверхности, подвергающиеся значительному силовому и тепловому воздействию. Величина и характер распределения силового и теплового нагружения режущего клина являются одними из основных факторов, влияющих на работоспособность режущего инструмента. Для устранения или торможения процессов, негативно воздействующих на работоспособность инструмента, применяют различные методы модификации его рабочих поверхностей. Данные методы заключаются в направленном изменении физико-механических и кристаллохимических свойств поверхностного слоя. В современном производстве наиболее широкое применение в качестве инструментального материала находят различные твердые сплавы, которые по своей сути являются металлокерамическими композиционными материалами, производимыми методами порошковой металлургии – спеканием порошковых смесей высокотвердых и тугоплавких химических соединений с металлической связкой. Данные методы производства материалов характеризуются следующими недостатками: остаточной

пористостью после спекания (от 0,1 до нескольких процентов), большим различием размеров и формы высокотвердых частиц, неравномерностью их распределения в объеме, а также ярко выраженными границами раздела компонентов металлокерамики. Указанные дефекты строения вызывают напряжения, способные преждевременно разрушить контактные поверхности металлокерамического инструмента в процессе его эксплуатации.

Одна из областей применения электронных потоков – использование их в качестве универсального технологического инструмента позволяющего изменять заданным образом свойства обрабатываемых материалов. В качестве средства повышения стойкости металло-режущего инструмента данный метод является новым и крайне мало изученным. Он основан на новых физических принципах формирования структуры материалов, обладающей значительно более высокими физико-механическими свойствами. Созданное на сегодняшний день экспериментальное оборудование для электронно-импульсного облучения поверхности материалов позволяет варьировать плотность энергии в электронном пучке от 1 до 100 Дж/см², длительность импульса облучения от 10 до 200 мкс, частоту импульсов облучения от 1 до 10 Гц. При указанных параметрах электронно-импульсного облучения достигаются скорость нагрева поверхности до 10⁶ град/с, скорость охлаждения поверхности до 10⁴-10⁹ град/с, градиент температуры в нагреваемом слое до 10⁷-10⁸ град/м при толщине нагреваемого слоя 10⁻¹-10⁻⁴ мм [1]. При электронно-импульсном облучении поверхности металло-

Овчаренко Владимир Ефимович, доктор технических наук, профессор-консультант кафедры «Технология машиностроения». E-mail: ove45@mail.ru

Моховиков Алексей Александрович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология машиностроения». E-mail: maa28@rambler.ru

керамического сплава наблюдается плавление металлической связки, растворение и микро-растрескивание частиц карбидной фазы. Фазовые изменения структуры твердого сплава, происходящие в результате облучения электронным пучком, зависят от режимов электронно-пучкового облучения, т.е. плотности энергии, длительности и количества импульсов [2].

Исследование влияния воздействия электронного пучка на нагрев приповерхностного слоя, выполненное на основе математического моделирования, показало, что температура нагрева поверхности, глубина прогрева и градиент температуры в поверхностном слое при электронно-импульсном облучении металло-керамического сплава определяются, в первую очередь, величиной плотности энергии в электронном пучке, длительностью и количеством импульсов облучения. Расчетным путем установлено, что значения плотности энергии в электронном пучке 40 – 50 Дж/см² при длительности импульсов 100-200 мкс позволяют нагреть поверхность металлокерамического сплава до температуры 3000 К с глубиной прогрева от 100 до 200 мкм [3].

Экспериментальное исследование микроструктуры образцов металлокерамического сплава на основе карбида титана с никельхромовой связкой (50об.%TiC – 50об.% никельхромовой связки) после электронно-импульсного облучения его поверхности с плотностями энергии в электронном пучке от 20 Дж/см² до 45 Дж/см² позволило установить, что наиболее оптимальная для металлокерамического сплава микроструктура поверхности образуется при облучении электронным пучком с плотностью энергии 40 Дж/см² (рис. 1). Изменение длительности импульсов электронного облучения от 50 до 200 мкс (плотностью энергии 40 Дж/см²), при постоянном количестве импульсов оказывает следующее влияние: увеличение длительности импульсов электронного облучения от 50 до 100 мкс приводит к уменьшению степени растворения карбидных частиц в расплаве металлической связки, вокруг нерастворившихся частиц образуются зоны твердого раствора титана и углерода в никельхромовом сплаве; при увеличении длительности импульсов электронного облучения до 150, а затем до 200 мкс на границах раздела карбидных частиц с металлической связкой образуются промежуточные зоны, в которых формируются вторичные фазы высокодисперсного строения, характерные для высокоскоростной кристаллизации многофазных металлических систем [1, 3], данный процесс наглядно иллюстрирует схема на рис. 2.

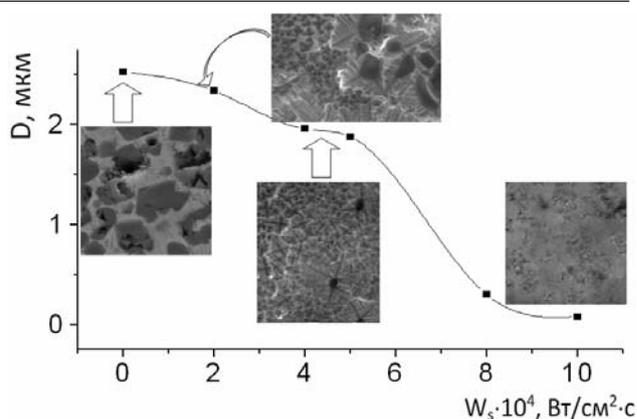


Рис. 1. Жидкофазное растворение кристаллитов карбида титана в связующем материале в зависимости от плотности мощности электронного пучка (параметры пучка электронов: длительность импульса, τ - 50; 100; 150; 200 мкс; $E_s = 40$ Дж/см²)

Проведенные стойкостные испытания доказали [4], что импульсное электронно-пучковое облучение передней поверхности металлокерамических пластин при плотности энергии 40 Дж/см² позволяеткратно повысить их стойкость в условиях резания металла. стин при плотности энергии 40 Дж/см² позволяеткратно повысить их стойкость в условиях резания металла.

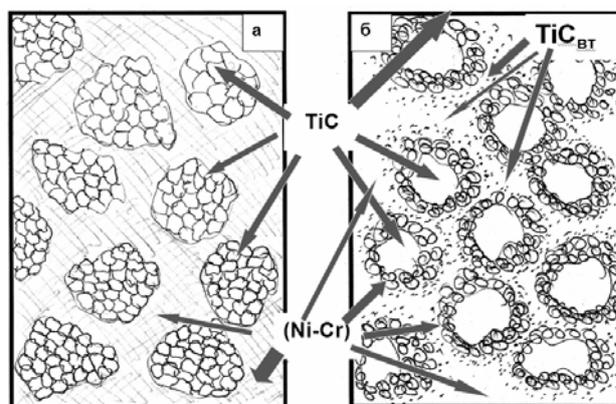


Рис. 2. Схема формирования структуры поверхности металлокерамики TiC-NiCr в результате электронно-пучковой обработки: а) $\tau = 50$ мкс, $E_s = 40$ Дж/см²; б) $\tau = 200$ мкс, $E_s = 40$ Дж/см²

Цель работы: установление взаимосвязей изменения стойкости металлокерамического сплава (TiC-NiCr) в условиях резания конструкционной стали от структурного состояния приповерхностного слоя режущей пластины, определяемого длительностью импульса электронно-пучкового облучения ее передней поверхности.

Объект исследования – металлокерамические режущие пластины ($12 \times 12 \times 4$ мм) из твердого сплава на основе карбида титана с никельхромовой связкой (50 об.%TiC – 50 об.% никельхромовой связки) до и после электронно-пучкового облучения передней поверхности. Обработка передней поверхности экспериментальных образцов электронным пучком производилась на установке «СОЛЮ» для импульсного электронно-пучкового облучения (Институт сильноточной электроники СО РАН, г. Томск). Исходя из полученных результатов теоретических и экспериментальных исследований, представленных в работах [1-3] были определены следующие режимы облучения образцов: плотность энергии в пучке 40 Дж/см^2 , частота импульсов 15 с^{-1} , длительность импульсов облучения 100, 150, 200 мкс. При проведении стойкостных экспериментов выдерживались следующие условия: постоянство скорости резания и необходимое количество повторений для исключения влияния качества исходного металлокерамического сплава. На основе проведенных предварительных испытаний за критерий износа был выбран следующий параметр – величина фаски износа по задней поверхности, равная 1 мм. Размер фаски износа по задней поверхности измерялся без снятия инструмента со станка с помощью экспериментальной установки, позволяющей проводить измерения в плоскости перпендикулярной плоскости измеряемых величин.

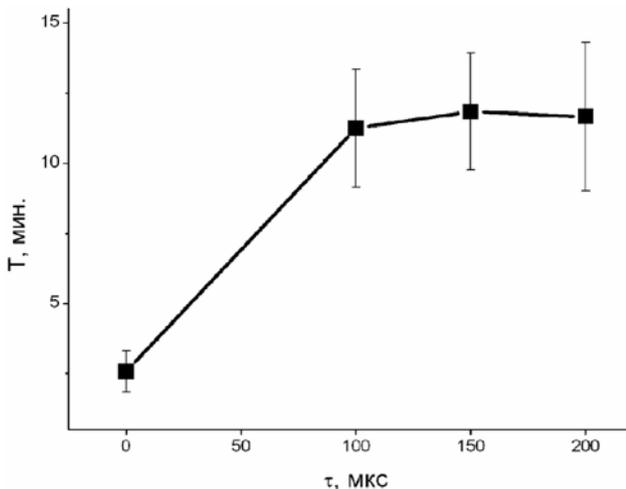


Рис. 3. Влияние длительности импульса электронно-пучкового облучения на стойкость экспериментальных образцов режущих пластин ($v=80 \text{ м/мин}$, $t=1 \text{ мм}$, $s=0,1 \text{ мм/об}$, сталь 45)

С помощью методики математической статистики, изложенной в литературном источнике [5], по полученным экспериментальным значениям стойкости были получены их

средние значения, рассчитана точность оценки значения средней величины, а также по критерию Стьюдента определены ошибочные результаты. Результаты экспериментов представлены на рис. 3.

Полученные результаты наглядно иллюстрируют возможность кратного увеличения стойкости экспериментальных образцов металлокерамических пластин. Однако влияние непосредственно длительности импульса облучения в диапазоне от 100 до 200 мкс оказывается незначительным и составляет около 6-7%, причем стойкость увеличивается при облучении с длительностью импульса 100 и 150 мкс и снижается при облучении с длительностью импульса 200 мкс. Доверительный интервал, полученных средних значений стойкости, распределяется следующим образом: $\tau=100 \text{ мкс}$ – 19%; $\tau=150 \text{ мкс}$ – 18%; $\tau=200 \text{ мкс}$ – 23%. Для исходных (необлученных) пластин среднее значение стойкости составило 2,58 мин. с доверительным интервалом 28%, увеличение стойкости составило в 4,36, 4,59, 4,51 раз при длительности импульса облучения 100, 150, 200 мкс соответственно.

Выводы:

- модификация структуры поверхностного слоя передней поверхности экспериментальных металлокерамических режущих пластин, определяемая длительностью импульса электронно-пучкового облучения, в целом позволяеткратно повысить их стойкость в условиях резания конструкционной стали, однако в рассмотренном диапазоне длительности импульса облучения от 100 до 200 мкс значительного изменения стойкости не наблюдается;

- формируемая при воздействии электронным пучком с длительностью импульса 150 мкс структура приповерхностного слоя металлокерамической пластины обладает наиболее стабильными и высокими режущими свойствами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Овчаренко, В.Е. Импульсная электронно-пучковая модификация инструментальной металлокерамики на основе карбида титана / В.Е. Овчаренко, Н.Н. Коваль, Ю.Ф. Иванов, О.В. Лапшин // В кн.: Наноинженерия поверхности. Формирование неравновесных состояний в поверхностных слоях материалов методами электронно-ионно-плазменных технологий. Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т физики прочности и материаловедения. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2008. С. 102-129.

2. Yu, Baohai. Electron-beam Treatment of Tungsten-free TiC/NiCr Cermet II: Structural Transformation in the Subsurface Layer / Yu Baohai, V.E. Ovcharenko, S.G. Psakhie, O.V. Lapshin // Journal Materials Science & Technology. 2006. V. 22, №4. P. 511-513.
3. Овчаренко, В.Е. Расчет температурного поля в поверхностном слое металлокерамического сплава при электронно-импульсном облучении / В.Е. Овчаренко, О.В. Лапшин // *Металловедение и термообработка металлов*. 2008. №5. С. 33-37.
4. Овчаренко, В.Е. Влияние электронно-пучкового облучения на стойкость металлокерамических пластин при резании металла / В.Е. Овчаренко, А.А. Моховиков, А.А. Ласуков // *Обработка металлов*. 2008. №2 (39). С. 23-24.
5. Кацев, П.Г. Статистические методы исследования режущего инструмента. – М., Машиностроение, 1968. 156 с.

RESEARCH OF ELECTRONIC BEAM IRRADIATION IMPULSE DURATION ON METAL-CERAMIC PLATES DURABILITY

© 2011 V.E. Ovcharenko, A.A. Mokhovikov

Yurga Technological Institute (branch) of
Tomsk Polytechnical University

In work the basic results of experimental research the regularity of durability change at metal-ceramic cutting plates at electronic beam impulse irradiation of their working surfaces for the purpose of revealing and studying the mechanism of working capacity multiple increase at hard alloy in the conditions of metal cutting are presented.

Key words: *metal-ceramic alloy, surface layer, structurally-phase modification, impulse electronic beam irradiation, durability, wear*

*Vladimir Ovcharenko, Doctor of Technical Sciences, Consulting Professor at the "Machine Building Technology" Department.
E-mail: ove45@mail.ru
Aleksy Mokhovikov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the "Machine Building Technology" Department.
E-mail: maa28@rambler.ru*