

УДК 621.91.02

МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СТОЙКОСТИ РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ

Бибик В.Л.

*Юргинский технологический институт (филиал) Томского политехнического университета,
Юрга, e-mail: bibik@tpu.ru*

В статье рассмотрены методы прогнозирования стойкости металлорежущего инструмента, основанные на использовании параметров, характеризующих материал режущего инструмента, которые базируются на различии численных значений характеристик физико-химических свойств инструментального материала в зависимости от колебаний его состава, структуры и параметров процесса изготовления. Эти методы позволяют получить информацию, необходимую для прогнозирования стойкости инструмента вне процесса резания, например на стадии изготовления режущего инструмента. В качестве перспективного метода прогнозирования предлагается использовать методы, основанные на регистрации теплофизических свойств инструментального материала.

Ключевые слова: металлорежущие инструменты, стойкость металлорежущего инструмента

METALL-CUTTING TOOL LIFE FORECASTING METHODS

Bibik V.L.

Yurga Institute of Technology of Tomsk Polytechnic University, Yurga e-mail: bibik@tpu.ru

The methods of forecasting metal-cutting tool life, based on the use of the parameters characterizing the material of the cutting tool which are based on distinction of numerical values of characteristics of physical and chemical properties of the tool material depending on fluctuations of its composition, structure and parameters of the manufacturing process are considered in the paper. These methods allow receiving the information necessary for forecasting the tool life beyond process of cutting, for example at a stage of manufacturing of the cutting tool. Registration of thermophysical properties of the tool material are offered to be used as a promising technique.

Keywords: cutting tools, tool life

Вследствие своего состава и технологии изготовления твердосплавные пластины обладают разбросом физико-химических характеристик, что приводит к большому разбросу износостойкости, которая для пластинок одной марки, но разных партий изготовления может отличаться в десятки раз, в пределах одной партии изготовления – в несколько раз, для разных вершин одной и той же пластинки – 1,5–3 раза [1].

В то же время станки с ЧПУ, работающие без участия оператора, предъявляют повышенные требования к однородности режущих свойств твердосплавных пластинок. Кроме этого, в современном машиностроительном производстве широко применяются сборные режущие инструменты, например торцевые фрезы, при использовании которых в процессе резания одновременно участвует несколько пластинок. Если эти пластинки обладают большим разбросом стойкости, то при использовании интенсивных режимов резания возникает опасность, что некоторые из них выйдут из строя преждевременно. Это может привести либо к браку, либо к поломке дорогостоящего инструмента. В связи с этим задача предсказания периода стойкости твердосплавных пластин представляется весьма актуальной.

Способы прогнозирования периода стойкости режущих инструментов можно разделить на три группы.

В первую группу входят способы, основанные на измерении некоторых характеристик процесса резания, например термо-ЭДС, силы резания и т.п., связанных со стойкостью инструмента. Для реализации этих способов необходимо кратковременное проведение процесса резания данным инструментом в условиях, близких к эксплуатационным. Существенным недостатком этой группы прогнозирования являются затраты времени, труда, материалов, связанные с необходимостью проведения процесса резания.

Ко второй группе относятся способы, основанные на различных теоретических моделях изнашивания режущих инструментов. Аналитические методы прогнозирования лишены этих недостатков, присущих первой группе, но, как правило, формулы для расчета периода стойкости имеют трудноопределимые или неизвестные параметры.

В третью группу входят способы, основанные на связи стойкости инструмента с каким-либо физическим свойством инструментального материала, количественные характеристики которого могут быть измерены без проведения реза-

ния. Способы третьей группы достаточно легко и быстро реализуются с помощью универсальной или специальной аппаратуры.

Методы прогнозирования периода стойкости режущего инструмента, основанные на использовании параметров, характеризующих материал режущего инструмента, базируются на различии численных значений характеристик физико-химических свойств инструментального материала в зависимости от колебаний его состава, структуры и параметров процесса изготовления. Эти методы позволяют получить информацию, необходимую для прогнозирования вне процесса резания, например на стадии изготовления режущего инструмента.

Имеются различные подходы к осуществлению таких методов прогнозирования. Так, в работе Э.С. Горкунова [6] отмечается, что структурные изменения в твердых сплавах влияют как на прочностные, так и на магнитные свойства, и предполагается, что по магнитным свойствам можно оценивать не только твердость, предел прочности, но и специальные эксплуатационные свойства, такие как стойкость режущего инструмента. При обработке углеродистой стали У7 твердосплавными пластинами (10% Co, 75% WC и 15% (TiC, TaC, NbC)) пластины с меньшей коэрцитивной силой имеют более высокую степень износа. Сопоставление результатов испытаний со структурой сплавов показало, что для образцов с меньшей коэрцитивной силой характерны более крупные прослойки кобальтовой связки и что для этих образцов характерна меньшая плотность и твердость [6]. Недостатком этого метода является сложность определения коэрцитивной силы образцов больших размеров и (или) сложной формы. Также этот метод применим только к магнитным материалам.

В патенте В.И. Туманова [2] предлагается определять износостойкость твердых сплавов путем помещения пластины в переменное магнитное поле и измерения магнитной проницаемости. По градуировочному графику магнитная проницаемость – стойкость, построенному для эталонного образца, определяют величину стойкости материала.

Д.В. Виноградовым предложен метод определения качества быстрорежущего инструмента по величине микротвердости [5]. Один из показателей качества инструмента – величина дефектного слоя может быть определена по величине приработочного износа. Установлено, что существует корреляционная зависимость между величиной

дефектного слоя и эксцессом распределения величины микротвердости на поверхности режущего клина. Инструменты, имеющие большую величину эксцесса распределения значения микротвердости, будут иметь меньшую величину приработочного износа и, следовательно, меньший дефектный слой и лучшее качество. Оценку качества инструмента предлагается производить следующим образом: на поверхностях исследуемых режущих инструментов делают 50...100 наколов алмазной пирамидой на приборе для измерения микротвердости. Затем рассчитывают величину эксцесса распределения значения микротвердости [5]. Эта методика позволяет контролировать качество быстрорежущего инструмента в процессе изготовления, а также определять наилучший, с точки зрения будущей стойкости инструмента, технологический процесс его изготовления. Недостатком данного метода является высокая трудоемкость определения эксцесса распределения значения микротвердости.

В работе [4] в качестве параметра, характеризующего эксплуатационный ресурс твердосплавных неперетачиваемых пластинок, предлагается их удельная электропроводность. Удельную электропроводность измеряли стандартным прибором ВЭ-21Н, имеющим токовихревой преобразователь измеритель накладного типа. Наименьшая площадь контроля, при которой обеспечена минимальная погрешность прибора, – круг диаметром 15 мм. При обработке коррозионно-стойкой стали 08Х18Н10Т пластинами ВК8 меньшим износом и, следовательно, максимальным эксплуатационным ресурсом обладают пластинки с меньшей удельной электропроводностью. Таким образом, измеряя удельную электропроводность неперетачиваемых твердосплавных пластинок, можно неразрушающим способом диагностировать и индивидуально прогнозировать их эксплуатационный ресурс для конкретных условий резания [4]. В связи с тем, что наименьшая площадь контроля данным прибором, – круг диаметром 15 мм, затруднительно прогнозировать стойкость пластин с отверстием и пластин, имеющих небольшие размеры.

В работе [10] исследовано влияние марок инструментального материала с различной теплопроводностью на силы резания и износ резцов. Все условия резания сохранялись постоянными, за исключением инструментального материала, который был единственным изменяющимся параметром. В качестве инструментальных

материалов применялось 9 марок твердых сплавов, охватывающих широкий интервал значений теплопроводности. Установлено, что уменьшение теплопроводности инструментального материала уменьшает действующие на передней поверхности касательную и нормальную составляющие силы резания и способствуют снижению износа по лунке.

В работе [9] даются результаты исследования влияния коэффициента теплопроводности инструментального материала безвольфрамовых твердых сплавов. Изменение коэффициента теплопроводности производилось путем ввода высокотеплопроводного материала в матрицу режущих пластин. Увеличение коэффициента теплопроводности путем ввода твердых интенсификаторов охлаждения из меди приводит к снижению температурной напряженности режущего клина. Это ведет к увеличению стойкости и эксплуатационной надежности металлорежущего инструмента. К недостаткам данного метода можно отнести следующее обстоятельство, введение интенсификаторов меняет структуру поверхностного слоя материала режущего инструмента, что может привести к снижению прочности режущего клина.

Исследованию влияния внутреннего трения материала инструментов на износ посвящена работа [7].

Установлено, что величина внутреннего трения хорошо коррелирует с усталостными свойствами быстрорежущих сталей [7]. Чем выше внутреннее трение, тем ниже работоспособность режущего инструмента. Внутреннее трение резко возрастает при критической температуре. Оптимальный температурный режим резания будет соблюдаться при условии, если оптимальная температура резания будет меньше критической.

Существует широкая группа методов прогнозирования работоспособности инструментов по ультразвуковым свойствам материалов [7]. Методы этой группы позволяют выявить довольно большие структурные дефекты в инструментальном материале. Если инструмент используется на операциях, где хрупкое разрушение имеет преобладающую роль, методы ультразвукового неразрушающего контроля позволяют отбраковать пластины с очевидными структурными дефектами.

Лазерно-акустический метод, согласно [7] можно применять для оценки трещиностойкости инструментальных мате-

риалов. Этот метод позволяет производить отбраковку и аттестацию изделий в промышленных условиях массового производства режущих инструментов. Параметром оценки трещиностойкости при данном методе является пороговое значение энергии, характеризующееся резким ростом акустической эмиссии, т.е. резким ростом числа актов разрушения.

В работах [3, 8] предлагается использовать в качестве информационной характеристики коэффициент температуропроводности инструментального материала. Этот метод позволяет прогнозировать стойкость сменных многогранных твердосплавных пластин.

Метод осуществляется следующим образом. Контролируемую пластину помещают в теплоизолированную измерительную камеру и посредством лампы-вспышки [3] или лазером [8] облучают короткодействующим световым потоком, фиксируют хронологическую термограмму противоположной стороны пластины. По хронологической термограмме определяют коэффициент температуропроводности. Износ инструмента в партии определяют по коэффициенту температуропроводности и градуировочной зависимости фаски износа от коэффициента температуропроводности. График строится по результатам стойкостных испытаний нескольких пластин [3, 8].

Данный способ, при облучении исследуемой пластины лазером, позволяет прогнозировать стойкость каждой вершины многогранной пластины [8], а также может использоваться для прогнозирования стойкости пластин сложной формы.

Общим недостатком методов прогнозирования стойкости с помощью параметров, характеризующих материал режущего инструмента, является то, что анализ физико-химических показателей материала инструмента позволяет судить об относительной стойкости одного режущего инструмента по сравнению с другим. Для установления корреляционной связи физико-химических показателей со стойкостью необходимо дополнительное проведение стойкостных испытаний с использованием заготовок из требуемого материала. Не исключено, однако, что в будущем можно будет судить о стойкости на основании комплексного анализа физико-химических показателей режущего и обрабатываемого материалов без проведения дополнительных стойкостных испытаний.

Список литературы

1. Абрамян Н.С. К вопросу о стабильности твердосплавных многогранных режущих пластинок // Современные проблемы резания инструментами из твердых материалов: тезисы докладов Всесоюз. научной конф. – Харьков, 1981. – С. 5–6.
2. А.с. 875265 СССР, МКИ G01 N3/56. Способ определения износостойкости твердых сплавов / В.И. Туманов, Э.Ф. Эйхманс и др. – № 2883121/25-28; Заявл. 13.02.80; Опубл. 23.10.81, Бюл. № 39.
3. А.с. 1651155 СССР, МКИ G01 N3/58. Способ прогнозирования режущих свойств партии твердосплавных инструментов / В.П. Вавилов, В.А. Пушных, В.В. Ширяев, А.В. Шипулин. – № 4633651/28; Заявл. 07.12.88; Опубл. 23.05.91, Бюл. № 19.
4. Болотин Ю.З., Грановский В.Г. Диагностика ресурса режущего инструмента // Машиностроитель. – 1989. – № 11. – С. 30.
5. Виноградов Д.В. Оценка качества быстрорежущего инструмента // Изв. вузов. Машиностроение. – 1993. – № 10–12. – С. 121–125.
6. Горкунов Э.С., Ульянов А.И. Магнитные свойства и методы контроля изделий из порошковых вольфрамокобальтовых твердых сплавов // Дефектоскопия. – 1995. – № 2. – С. 15–42.
7. Кабалдин Ю.Г., Мокритский Б.Я. Современные методы конструирования, контроля качества и прогнозирования работоспособности режущего инструмента. – Владивосток: Изд. Дальневосточного университета, 1990. – 124 с.
8. Способ контроля режущих свойств партии твердосплавных инструментов: патент №2303253 (РФ) G01N 3/58 / Вавилов В.П., Пушных В.А., Ципилев В.П., Ширяев В.В., Бибик В.Л. – Заявл. 15.02.2006. Опубл. 20.07.2007. Бюл. №20.
9. Сафиуллин В.Н., Ахмаров Р.Г., Меметов С.Ш. Исследование влияния теплопроводности инструментального материала на тепловую напряженность в режущем клине // Изв. вузов. Машиностроение. – 1990. – № 1. – С. 152–156.
10. Friedman M.Y., Lenz E. The effect of thermal conductivity of tool material on cutting forces and crater wear rate // Wear. – 1973. – Vol. 25, № 1. – P. 39–44.

Рецензенты:

Клименов В.А., д.т.н., профессор, проректор-директор Института неразрушающего контроля Национального исследовательского Томского политехнического университета, г. Томск;

Петрушин С.И., д.т.н., профессор кафедры технологии автоматизированного производства Национального исследовательского Томского политехнического университета, г. Томск.

Работа поступила в редакцию 25.07.2011.