

Список литературы

1. Козлов В.Н., Чжан Ц., Го И., Сабават С.К. Исследование контактных нагрузок при врезании // Высокие технологии в современной науке и технике (ВТСНТ-2017): сборник научных трудов VI Международной научно-технической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов, г. Томск, 27–29 ноября 2017 г. / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ) ; под ред. А. Н. Яковлева. – Томск: Изд-во ТПУ, 2017. — с. 315-316.

ВЛИЯНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ ПОВЕРХНОСТНЫХ ОКСИДНЫХ СТРУКТУР ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ НА ИХ ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ

Н.З. МАДАМИНОВ, А.А. КОНДРАТЮК, К.П. АРЕФЬЕВ, П.А. ЧАЗОВ, В.П. НЕСТЕРЕНКО

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

E-mail: madnodir@mail.ru

Величина износостойкости режущих инструментов, а также её разброс в значительной степени зависит от свойств, формируемых, на их контактных поверхностях оксидных пленочных структур. Тонкие оксидные пленки, образующиеся на контактных поверхностях режущего клина, оказывают большое влияние на рабочие характеристики режущих инструментов – износостойкость, прочность, надежность. Они снижают интенсивность адгезионных процессов в зонах контакта за счет экранирования межмолекулярного взаимодействия с обрабатываемым материалом. Было установлено, что на интенсивность межмолекулярного взаимодействия поверхностей, инструментального и обрабатываемого материалов большое влияние, оказывает относительная диэлектрическая проницаемость у оксидных структур, формирующихся в зонах их контакта. При уменьшении величины относительной диэлектрической проницаемости оксидных структур, износостойкость режущих инструментов при обработке ими материалов, вызывающих интенсивный адгезионный износ, приобретает тенденцию к росту. К обрабатываемым материалам, вызывающим ускоренное адгезионное разрушение режущего клина, относятся стали аустенитного, аустенитно-мартенситного, аустенитно-ферритного классов, а также хромоникелевые сплавы. Данная группа материалов подвергается обработке, как правило, твердосплавными режущими инструментами группы применяемости – К [1]. Одновременно с повышением износостойкости при снижении величины относительной диэлектрической проницаемости у поверхностной оксидной структуры, формируемой на контактных поверхностях режущих инструментов, также, происходит и снижение коэффициента вариации данной рабочей характеристики.

Исследование износостойкости твердосплавных режущих пластин группы применяемости К осуществляли на токарно-винторезном станке. В качестве обрабатываемого материала использовалась сталь X17H13M2T, вызывающая интенсивный адгезионный износ. Режущим инструментом служили твердосплавные пластины промышленной марки ВК6, относящиеся к вышеуказанной группе. Скорость резания, подача и глубина резания при испытаниях устанавливались, соответственно, 60 м/мин, 0,21 мм/об и 1,5 мм. Износостойкость оценивалась в минутах времени работы режущего инструмента до установленного критерия потери режущих свойств. За критерий потери режущих свойств, принимался износ по задней поверхности режущего клина, равный 0,4 мм.

После испытания твердосплавные режущие пластины очищали в специальном растворе, а затем, после сушки, подвергали окислению в электрической печи с открытым доступом в зону нагрева атмосферного воздуха. Температура окисления режущих пластин в печи примерно соответствовала температуре, действующей в зонах контакта,

инструментального и обрабатываемого материалов, и равнялась 9000 °С. Затем от извлеченных из печи режущих пластин отделяли сформировавшуюся в процессе окисления полиоксидную структуру (окалину), измельчали её и приготавливали из порошка равные навески, например, по 5-15 г. После этого навески по очереди помещали в ячейку, оснащенную электродами из меди. Ячейку, как своеобразный конденсатор с полиоксидной массой помещали между изолирующими пластинами в специальное сжимающее приспособление. С помощью динамометра регистрировали давление, оказываемое на полиоксидную массу, которое составляло $0,02 \pm 0,005$ кг/мм². Ячейку подключали в измерительную электрическую цепь переменного тока и определяли электрическую емкость полиоксидной массы. Измерение электрической емкости производили с помощью измерителя емкости, индуктивности и омического сопротивления Е7-8 при частоте переменного тока 1000 Гц.

Величину относительной диэлектрической проницаемости, у полиоксидных образцов, определяли по известной формуле [2], на основании полученных при измерениях величины электрической емкости:

$$\varepsilon = \frac{C \cdot H}{\varepsilon_0 \cdot S}, \quad (2)$$

где С – электрическая емкость исследуемой полиоксидной структуры у образцов, измеренная с помощью прибора Е7-8 в пФ,

Н – толщина слоя полиоксидной структуры между медными электродами в мм,

ε_0 – электрическая постоянная,

S – площадь электродов, мм².

Толщину спрессованной полиоксидной массы в ячейке определяли после, соответственно, измерения у неё электрической емкости и извлечения из приспособления. Измерение толщины, спрессованной полиоксидной массы производили с помощью метрологического длинномера, с точностью до 0,005 мм.

По результатам определения износостойкости режущих инструментов группы применяемости К при обработке хромоникелевой стали аустенитного класса, вызывающей интенсивный адгезионный износ и на основании полученной при измерении электрической емкости и последующего вычисления величины относительной диэлектрической проницаемости строили график зависимости величины износостойкости, выраженной во времени безотказной работы режущего инструмента до установленного критерия затупления от величины относительной диэлектрической проницаемости полиоксидной структуры: «износостойкость – относительная диэлектрическая проницаемость».

В результате исследований было установлено, что между износостойкостью твердосплавных режущих инструментов группы применяемости – К и величиной относительной диэлектрической проницаемости поверхностных оксидных структур, формируемых при нагревании в электрической печи, существует довольно тесная корреляционная связь. С уменьшением относительной диэлектрической проницаемости оксидной массы, износостойкость твердосплавных режущих пластин приобретает тенденцию к росту.

Основным разрушением твердосплавных режущих инструментов группы применяемости К, при обработке ими аустенитных хромоникелевых сталей является адгезионный износ [3]. Снижение величины относительной диэлектрической проницаемости структуры, располагающемся в межконтактном пространстве приводит к более надежному экранированию межмолекулярного взаимодействия между инструментальным и обрабатываемым материалами. Прочность, образующихся микроточечных адгезионных соединений в зонах контакта, режущего и инструментального материалов в данном случае, не достигает критической величины. В результате при разъединении поверхностей режущего клина с обрабатываемым материалом области контакта не перерастают в очаги значительного разрушения

Тесная связь между износостойкостью твердосплавных режущих инструментов и относительной диэлектрической проницаемостью полиоксидных структур, получаемых при окислении режущих инструментов в муфельной электрической печи, указывает на факт образования и функционирование ультратонких полиоксидных структур на контактных поверхностях режущего клина и подтверждает их большое влияние на износостойкость и на некоторые характеристики процесса резания.

Список литературы

1. ГОСТ 3882 – 74 (с дополнениями).
2. Губкин А. Н. Физика диэлектриков М.: В.Ш Том 1, 1071, с. 270 с.
3. Трент Е. М. Резание металлов. М.: Машиностроение, 1980, 283 с.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НАКОПЛЕНИЯ ПОВРЕЖДЕНИЙ В КОМПОЗИТНОМ ФЛАНЦЕ С ДЕФЕКТОМ В ВИДЕ РАССЛОЕНИЯ

П.В. ПИСАРЕВ, А.Н. АНОШКИН

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

E-mail: pisarev85@live.ru

Одним из основных вопросов при создании перспективных изделий авиационной и ракетно-космической техники из композиционных материалов является обеспечение надежности в течение длительной эксплуатации. Особенно остро данный вопрос стоит при использовании композитов в гражданском авиастроении и двигателестроении. К сожалению, опыт и объем исследований по применению композитов в конструкциях, подверженных длительным интенсивным температурным и силовым воздействиям, значительно меньше, чем для большинства сталей и сплавов [1].

Проектирование силовых деталей и узлов из композиционных материалов должно основываться на новых математических моделях механики композиционных материалов. Математические модели должны учитывать параметры структуры, в том числе изменение их в конструкции в связи с изменениями геометрии или технологических особенностей изготовления, кинетических процессов накопления повреждений в процессе эксплуатации конструкции при статических и циклических нагрузках. Математические модели должны позволять прогнозировать физико-механические свойства материала при статических и циклических нагрузках с различными вариантами армирования [2].

В рамках настоящей работы предложен уникальный алгоритм прогнозирования остаточного ресурса конструкций из полимерных композиционных материалов (ПКМ) с дефектом в виде расслоения с помощью структурно-феноменологической модели.

В качестве объекта исследования рассматривался отгибной фланец кожуха авиадвигателя, который изготавливается последовательной выкладкой равнопрочных эпоксидных углепрепрегов со схемой армирования ($0^\circ; 45^\circ$). Для исследования влияния дефекта на остаточный ресурс выбранной конструкции из ПКМ рассматривались две структурно-феноменологические модели фланца с дефектом и без дефекта.

На базе структурно-феноменологических моделей фланца были разработаны конечно-элементные модели фланца без дефекта и с дефектом, явным образом учитывающие его схему армирования и наличие клеевых прослоек. При этом проводилась адаптация конечно-элементной модели в областях высоких градиентов напряжений, т.е. в области перегиба слоев.

Усталостное разрушение моделировалось в виде разрушения эпоксидного связующего в клеевых слоях, таким образом, моделировалось развитие повреждения типа «расслоение», которое является типичным и характерным видом разрушения данных конструкций как при эксплуатационной нагрузке, так и при лабораторных испытаниях.