

Таблица 3. Влияние кукурузной, овсяной, рисовой, пшеничной муки взамен пшеничной на физико-химические показатели качества готовых изделий

Наименование образцов	Показатели качества				
	Влажность печенья, %	Удельный объем, см ³ /г	Намокаемость, %	Прочность, Н	Рассыпчатость, %
Контроль	6	1,56	156,6	12,7	71,0
С заменой пшеничной муки кукурузной, %:					
25	6	1,45	132,2	13,9	72,8
50	4	1,49	150,9	14,4	76,9
75	8	1,55	177,5	11,5	80,3
100	8	2,48	176,0	10,8	83,9
С заменой пшеничной муки овсяной, %:					
25	8	1,51	192,5	14,6	71,9
50	6	1,60	196,8	17,4	72,3
75	4	1,76	216,0	15,7	73,6
100	4	2,51	174,5	17,0	75,5
С заменой пшеничной муки рисовой, %:					
25	4	1,16	165,9	12,7	72,6
50	6	1,34	152,4	12,5	73,3
75	8	1,49	133,3	12,2	75,8
100	8	1,52	126,8	11,2	76,2
С заменой пшеничной муки пшеничной, %:					
25	4	1,63	150,0	17,0	75,9
50	4	1,93	154,4	14,6	78,7
75	4	2,05	170,7	10,8	82,6
100	4	2,39	194,8	7,8	88,3

С увеличением дозировки рисовой муки происходит снижение показателя намокаемости. Наибольшей намокаемостью обладает образец с 25 %-ной заменой пшеничной муки рисовой и превышает контрольный образец на 9,3 %. Прочность образцов с 25 и 50 %-ной заменой пшеничной муки рисовой практически не меняется и остается равной контролю. Прочность печенья, где пшеничная мука полностью заменена на рисовую, на 12 % ниже. Удельный объем изделий с добавлением рисовой муки снижается по сравнению с контролем.

При 25 %-ной замене пшеничной муки пшеничной намокаемость печенья чуть ниже, чем у контрольного образца. Намокаемость образца с 50 %-ной заменой практически равна контрольному, а у изделий с 75 и 100 %-ной заменой показатель намокаемости увеличивается на 14,1 и 38,2 % соответственно. С увеличением дозировки пшеничной муки показатель прочности снижается. По сравнению с контролем удельный объем печенья с 25 %-ной заменой выше на 4,5 %. С увеличением замены пшеничной муки пшеничной происходит дальнейшее увеличение удельного объема изделий на 23,7; 31,4 и 53,2 % соответственно.

Полученные результаты свидетельствуют, что наилучшие показатели качества имели образцы песочных изделий с заменой 25 % пшеничной муки рисовой, 50 % - овсяной, 75 % - кукурузной и 100 % - пшеничной, на основании чего разработаны рецептуры

новых видов изделий из песочного теста - «Кукурузка», «Геркулес», «Белоснежка», «Солнышко».

Работа представлена на научную конференцию с международным участием «Новые технологии, инновации, изобретения», 25-27 июля 2005г. г.Иркутск. Поступила в редакцию 11.07.05.

ИЗНОСОСТОЙКИЕ ИОННО - ПЛАЗМЕННЫЕ ПОКРЫТИЯ РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ

Табаков В.П., Ширманов Н.А.,
Смирнов М.Ю., Циркин А.В., Чихранов А.В.
*Ульяновский государственный
технический университет,
Ульяновск*

Износостойкие покрытия (ИП) широко используются в инструментальной промышленности для повышения работоспособности режущего инструмента (РИ) [1]. В своем развитии ИП прошли этапы от простых однокомпонентных покрытий (TiN, CrN и др.) до многослойных покрытий (МП), включающих слои как простого, так и сложного состава. Важным и наиболее эффективным направлением совершенствования ИП на основе нитрида титана TiN является их упрочнение за счет изменения химического состава, что достигается путем введения легирующих элементов (Zr, Mo, Cr, Al, Si и др.), изменения состава смеси

реакционных газов (добавки ацетилена или кислорода) и за счет сочетания указанных методов.

На кафедре «Металлорежущие станки и инструменты» Ульяновского государственного технического университета разработаны оригинальные технологии нанесения ИП TiZrN, TiFeN, TiMoN, TiSiN и др., позволяющих повысить период стойкости РИ в 1,5 – 4 раза по сравнению с ИП TiN [3]. Для нанесения ИП на основе титана и алюминия разработан составной катод специального типа, конструкция и способ изготовления которого защищены патентом [2]. Кроме этого разработаны конструкции и способы получения ряда других сложных ИП на основе нитридов соединений тугоплавких металлов и неметаллов:.

Следует отметить, что изменение состава газовой среды при конденсации ИП за счет добавления к азоту ацетилена или одновременно ацетилена и кислорода (с целью получения соответственно карбонитридов и оксикарбонитридов, например, TiZrCN, TiAlCN, TiSiCN, TiOCN и др.) позволяет дополнительно повысить работоспособность РИ в 1,5 и более раз по сравнению с аналогичными нитридами (простыми и легированными) [3].

Дальнейшее развитие легированных ИП идет по пути разработки нитридов и карбонитридов на основе тройных систем металлов и неметаллов. Примерами таких ИП являются соединения типа TiZrFeN, TiZrMoN, TiZrCrN, TiZrSiN, TiZrAlN и др. Введение дополнительного элемента позволяет решать ряд специфических задач, например, снижать или повышать остаточные сжимающие напряжения в ИП, увеличивать микротвердость, повышать прочность сцепления ИП с инструментальной основой и т.д. В частности, установлено, что введение в состав ИП железа способствует снижению остаточных напряжений и повышению прочности сцепления ИП с основой, а применение в качестве легирующего элемента молибдена увеличивают микротвердость и т.п. Данные сложнолегированные ИП позволяют повысить период стойкости РИ в 1,5 – 1,7 раза по сравнению со сложными ИП на основе двойных систем (TiZrN, TiAlN и т.п.). Кроме этого, создание ИП на основе тройных систем позволяет варьировать их свойства в более широком диапазоне, что важно при конструировании МП со слоями различного функционального назначения.

Наиболее перспективным направлением совершенствования ИП представляется разработка многослойных покрытий, позволяющих наиболее полно учитывать сложные условия процесса резания. Применение МП позволяет более эффективно решать такие проблемы как повышение трещиностойкости, прочности сцепления покрытия и инструментальной основы, микротвердости и износостойкости. При этом возможно конструирование МП как с учетом материала инструментальной основы (быстрорежущая сталь или твердый сплав), так и с учетом условий износа и разрушения РИ (непрерывное или прерывистое резание).

В конструкции МП, как правило, нижний слой (прилегающий к основе) выполняет роль адгезионного и либо включает элементы инструментальной основы (например, железо в случае ИП для РИ из быстрорежущей стали [4]), либо снижает перепад напря-

жений на границе основы и ИП и имеет наибольшее среди ИП химическое сродство с основой (в частности, TiCN специального состава в случае ИП для РИ из твердого сплава [5]).

Назначение верхнего слоя МП меняется в зависимости от условий резания: при прерывистом резании он должен обеспечивать наименьшее трение и снижение тепловыделения, при непрерывном – иметь наибольшую твердость и износостойкость.

Кроме двух перечисленных слоев МП может включать и другие, которые предназначены для торможения трещин, диффузии элементов инструментального и обрабатываемого материалов и др. Примером таких МП могут служить TiN-TiZrN (МП для твердосплавного РИ, работающего в условиях непрерывного резания), (Ti – Zr – Fe) + TiZrFeN + TiZrN (МП для быстрорежущего РИ широкого спектра применения), TiCN-TiZrN-TiN (МП для твердосплавного РИ, работающего в условиях прерывистого резания [6]). Применение МП позволяет в 1,5 – 3,0 раза повысить период стойкости РИ по сравнению с наиболее эффективными легированными однослойными ИП.

Таким образом, совершенствование технологии нанесения ИП для РИ, разработка новых конструкций одно- и многослойных ИП позволяет существенно повышать работоспособность различных РИ и расширять область эффективного применения РИ с ИП.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Балков В.В. Износостойкие покрытия режущего инструмента: состояние и тенденции развития / В.В. Балков, В.С. Башков //Вестник машиностроения. – 1999. – № 1 – С. 31 – 33.
2. Патент № 2221079 РФ, МКИ⁷ С 23С 14/00 В 22D 18/02. Катод электродугового испарителя и способ его получения / В.П. Табаков, Н.А. Ширманов, Н.Ю. Толубаев, А.В. Циркин. – 2004. – Бюл. № 1.
3. Табаков В.П. Работоспособность режущего инструмента с износостойкими покрытиями на основе сложных нитридов и карбонитридов титана. – Ульяновск: УлГТУ, 1998. – 122 с.
4. Табаков В.П., Рандин А.В., Афанасьев М.Е. Разработка технологии нанесения износостойких покрытий с повышенными адгезионно-прочностными свойствами //Технологии ремонта, восстановления, упрочнения и обновления машин, механизмов, оборудования и металлоконструкций: Материалы 5-й Международной практической конф.-выставки. Санкт-Петербург: СПбГПУ, 2003. С. 235 – 238.
5. Циркин А.В. Разработка многослойного покрытия для торцовых фрез //Вестник Ульяновского государственного технического университета (Вестник УлГТУ). – 2003. – № 3 – 4. – С. 33 – 35.
6. Патент № 2219281 РФ, МКИ⁷ С 23С 14/00, 14/06. Способ повышения стойкости режущего инструмента / В.П. Табаков, Н.А. Ширманов, М.Ю. Смирнов, А.В. Циркин. – 2003. – Бюл. № 35.

ПРИМЕНЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ ТОРЦОВЫХ ФРЕЗ

Табак В.П., Смирнов М.Ю.,

Циркин А.В., Порохин С.С.

Ульяновский государственный
технический университет,

Ульяновск

Повышение работоспособности режущего инструмента (РИ), работающего в условиях прерывистого резания, в частности при торцовом фрезеровании, является актуальной задачей механической обработки. При этом использование традиционных износостойких покрытий (ИП), которые эффективны при других видах обработки резанием, в случае прерывистого резания оказывается малоэффективным, что связано со специфическими условиями износа и разрушения режущих частей фрез.

Известно, что разрушение РИ в условиях прерывистого резания начинается с образования продольных трещин на середине площадки контакта на передней поверхности, которые растут в сторону режущей кромки и в дальнейшем выходят на заднюю поверхность РИ [1, 2]. При этом различают два типа трещин: трещины первого типа возникают в инструментальной основе и растут как вглубь основы, так и через ИП на поверхность РИ, трещины второго типа возникают на поверхности ИП и растут вглубь инструментальной основы. Одновременно с этим происходит увеличение размеров лунки износа по передней поверхности и площадки износа на задней поверхности РИ. Основной причиной возникновения трещин на передней поверхности являются переменные тепловые нагрузки, связанные с чередованием рабочего и холостого ходов РИ [1].

Существующие конструкции однослойных ИП плохо сопротивляются развитию процессов трещинообразования и, соответственно, повышение работоспособности РИ с такими ИП при фрезеровании незначительно по сравнению с РИ без ИП. Применение в этих условиях многослойных покрытий (МП) более эффективно, так как интенсивность роста трещин снижается за счет торможения их на границах слоев МП. Тем не менее, эффективность МП можно существенно повысить путем совершенствования их конструкции с учетом исследования механизма роста трещин в режущем клине.

С точки зрения повышения трещиностойкости МП должно включать слои, обладающие следующими свойствами: высокими остаточными напряжениями сжатия, содержащими легирующие элементы, имеющие микрослоистую структуру. Из теории разрушения твердых тел известно, что эффективность торможения трещин зависит не только от механических свойств слоев многослойной композиции, но и от их взаимного расположения. При этом в случае движения трещины из твердого в более мягкий материал максимальные напряжения возникают вдоль поверхности раздела слоев и могут быть на порядок выше наибольшего главного напряжения впереди трещины, что может привести к разрушению МП по границе слоев или границе с инструментальной основой. Следовательно, при создании МП важно учитывать не только

физико-механические свойства слоев, но и их взаимное расположение.

Для выбора конструкции МП предложена физическая модель напряженного состояния на границах многослойной композиции при движении через них трещин, полученная с учетом механизма разрушения покрытия при прерывистом резании и положений теории разрушения твердых тел [3]. Согласно данной модели МП должно иметь верхний и нижний слои меньшей твердости по сравнению с более твердым промежуточным слоем. Нарушение последовательности расположения слоев в покрытии с точки зрения их твердости ведет к росту разрушающих напряжений на его границах.

На основе анализа физической модели были предложены принцип формирования и конструкции МП, обладающие повышенной трещиностойкостью. Конструкция МП включает в себя дополнительный слой нитрида титана-циркония TiZrN , обладающий высокой трещиностойкостью и предназначенный для торможения трещин, образующихся в покрытии в процессе резания. Введение такого слоя увеличивает число границ МП, что также способствует повышению его трещиностойкости. Кроме того, для увеличения трещиностойкости МП предпочтительно использовать слои TiZrN , осажденные с применением раздельных катодов и обладающие микрослоистой структурой, способствующей наибольшему торможению трещин. Для верхнего и нижнего слоев МП целесообразно использовать соответственно покрытия TiN и TiCN , которые, согласно работе [2], отвечают требованиям, предъявляемым к МП, работающим в условиях прерывистого резания. Отсюда следует, что МП повышенной трещиностойкости должны иметь следующую конструкцию: TiCN-TiZrN-TiN .

На этой основе предложена конструкция МП с повышенными прочностными свойствами $\text{TiCN}^{15\%}\text{-TiZrN-TiN}_{\text{КТР}}$. Повышение прочности адгезионной связи на границе данного МП с инструментальной основой обеспечивается за счет использования слоя $\text{TiCN}^{15\%}$, полученного при содержании ацетилена в газовой среде 15 % [4]. Более низкая микротвердость и меньший коэффициент отслоения данного слоя будут способствовать уменьшению разрушающих напряжений и повышению прочности сцепления МП с инструментальной основой. Повышение прочности адгезионной связи на границе верхнего и промежуточного слоев МП обеспечивается за счет нанесения слоя $\text{TiN}_{\text{КТР}}$, полученного при низкой температуре конденсации [4]. Высокая твердость данного слоя $\text{TiN}_{\text{КТР}}$ уменьшает перепад напряжений на данной границе и способствует повышению прочности сцепления верхнего и промежуточного слоев.

Проведенные исследования механических свойств МП и динамики трещинообразования показали, что разработанные МП имеют более высокую прочность сцепления с инструментальной основой и трещиностойкость по сравнению с двухслойным покрытием TiCN-TiN [2]. Благодаря своим более высоким механическим свойствам предлагаемые МП снижают интенсивность процессов образования и развития трещин, увеличивая количество циклов работы РИ до образования всех типов трещин и разрушения