

Н.М. Прокопив, канд. техн. наук,
В.П. Бондаренко, чл. кор., О.В. Харченко,
Ю.А. Мельничук, канд. техн. наук, Киев, Украина

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТОЙКОСТИ МЕЛКОЗЕРНИСТОГО ТВЕРДОГО СПЛАВА WC-10CO ПРИ ЦИКЛИЧЕСКОМ УДАРНОМ ТОЧЕНИИ СТАЛИ

Представлены результаты исследований контактной ударной прочности мелкозернистого твердого сплава WC-10Co, спеченного по различным технологиям, при циклическом точении стали.

Представлені результати досліджень контактної ударної міцності дрібнозернистого твердого сплаву WC - 10Co, спеченого по різних технологіях, при циклічному точінні сталі 40X.

Ключевые слова: твердый сплав, ударная прочность, вид износа, механизмы износа, сила резания.

The results of researches of pin shock durability of fine-grained carboboly of WC are presented - 10Co, sintered on different technologies, at the cyclic sharpening became.

На предприятиях машиностроительного комплекса Украины, одной из основных задач повышение работоспособности твердосплавного инструмента при черновой обработке резанием стали. Значительные ударные нагрузки, воздействующие при такой обработке на режущую кромку, вызывают зарождение и рост усталостных трещин, при достижении критических размеров которых она разрушается. Эта проблема усложняется тем, что на сегодня отсутствуют доступные способы определения способности материала длительное время выдерживать ударные нагрузки.

Существующими стандартами для всех твердых сплавов, независимо от их состава и условий работы, регламентируются только некоторые физико-механические свойства: коэрцитивная сила (H_c), плотность (ρ), твердость (HRA), предел прочности при изгибе (R_{bm}). Как показал опыт, эти характеристики не всегда коррелируют с эксплуатационными свойствами металлорежущего инструмента в конкретных условиях работы, так, как определяются только в статических условиях без учета особенностей контактного взаимодействия инструмента и обрабатываемого материала и ударных нагрузок, возникающих в особенно тяжелых условиях работы [1]. Подтверждением этого являются результаты работы [2], где показано, что кинетика износа пластин из особомелкозернистого сплава VK10OM при чистовом безударном точении стали 45 и точении с ударами стали 40X, в большей степени зависит от условий спекания, чем от характеристик его структуры и физико-механических свойств.

Наиболее близко стойкость материала к усталостному разрушению оценивают характеристиками условного порогового (K_{1H}) и критического (K_{1c}) коэффициентов интенсивности напряжений [3], величиной общей работы деформации ($A_{\text{общ}}$) и коэффициентом энергопоглощаемости (λ) [4], которые косвенно определяются при испытаниях образцов на сжатие [5]. Автором [6], с использованием методики работы [7], показана высокая эффективность применения вышеуказанных критериев усталостной прочности для оценки работоспособности твердых сплавов группы ВК в породоразрушающем инструменте.

Известна также методика определения стойкости бурового твердосплавного инструмента при ударных нагрузках, сущность которой заключается в определении количества циклов, выдержанных им до разрушения [8].

Однако вышеприведенные методики являются сложными, трудоемкими и дорогостоящими из-за необходимости применения комплекса специального оборудования. Поэтому они используются только в крупных исследовательских центрах. К тому же определение указанных выше характеристик твердых сплавов в лабораторных условиях далеко не соответствуют реальным условиям эксплуатации инструмента.

Все это в значительной степени ограничивает возможности исследователей – материаловедов, занимающихся усовершенствованием существующих и разработкой новых современных твердых сплавов инструментального назначения.

Из вышеизложенного следует необходимость разработки новой более простой и отражающей условия работы инструмента методики определения усталостной ударной прочности твердого сплава инструментального назначения. Наиболее близкие к черновому точению условия работы инструмента можно создать, осуществляя продольное точение заготовки с продольными пазами. Фиксируя при этом тангенциальную составляющую силы резания (P_z), значение которой составляет 0,6-0,8 от общей силы резания P , можно определить количество ударов (циклов), которые выдержит режущая кромка инструмента до потери ею работоспособности. Особенно это актуально для мелкозернистых твердых сплавов, обладающих повышенной хрупкостью. О подобных исследованиях информация в открытых литературных источниках отсутствует.

В связи с этим целью настоящей работы являлось определение эффективности использования способа точения стальной заготовки с продольными пазами для оценки стойкости к разрушению мелкозернистого сплава WC-10Co.

Методика исследований.

Для проведения исследований были изготовлены твердосплавные образцы размером 5x5x35 мм из стандартной смеси ВК10ОМ Кировоградского завода твердых сплавов. Выбор марки сплава обусловлен прогрессирующей

тенденцией использования особомелкозернистых сплавов группы ВК для создания современных высокоэффективных видов металлорежущего инструмента, используемых в тяжелых условиях резания [1].

Спекание образцов осуществляли по трем технологиям: в водородной среде (Т1) [9]; в вакууме (Т2) и в вакуумно-компрессионной печи под давлением азота 2.5 МПа (Т3). Перед спеканием в вакууме и перед компрессионным спеканием проводили предварительное нормализационное спекание в водороде при температуре 950 – 970 °С в графитовой крупке для выравнивания содержания углерода по объему образцов [9]. Из-за отсутствия в печатных работах информации о режимах спекания особомелкозернистых твердых сплавов режим вакуумного спекания сплава ВК100М был выбран, исходя из стандартного режима спекания среднезернистого твердого сплава ВК10, но при более низкой (1370 °С) температуре. Скорость нагрева в интервале температур 800 – 1370 °С составляла 3 – 5 град/мин.. Изотермическая выдержка составляла 30 мин при температуре 1370 °С.

Режим вакуумно-компрессионного спекания в разработанной в ИСМ установке [10] приведен на рис. 1. На отрезке (а–б–в) спекание проводилось в вакууме при $p=1 \times 10^{-5}$ МПа и температуре $T=1370^{\circ}\text{C}$ в течении 10 мин. Оно обеспечивало получение закрытой пористости образцов, что является одним из основных требований перед напуском азота в рабочую зону печи. Снижение температуры на отрезке в – з составило 50 – 60 °С и связано с подачей азота из баллонов в печь и недостаточной мощностью нагревательной системы установки.

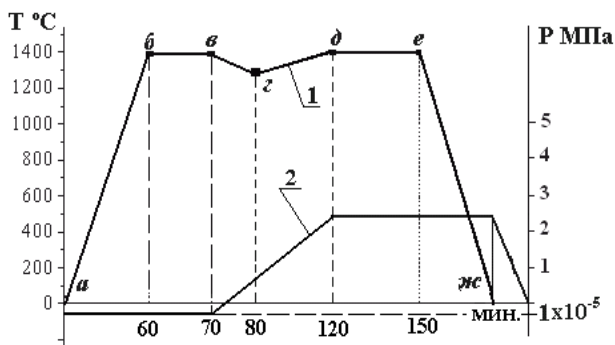


Рисунок 1 – Режим вакуумно-компрессионного спекания:
1 – изменение температуры печи от времени,
2 – изменение давления азота в печи от времени.

Давление 2.5 МПа азота согласно [10] обеспечивает полное уплотнение сплавов группы ВК и максимальное увеличение физико-механических характеристик твердых сплавов.

Структурные характеристики и физико-механические свойства твердых сплавов определяли по стандартным методикам.

Для создания ударных циклических нагрузок в процессе резания использовали цилиндрическую заготовку из стали 40Х (ГОСТ 4543-71 НВ 233) с шестью равномерно расположенными по кругу пазами шириной 10 мм. Режущие пластины изготавливались из полученных образцов, 5x5x35 мм. Радиус закругления при вершине режущей кромки r составлял 0,5 мм, а главный φ и вспомогательный φ_1 углы в плане – 45° .

Изготовленные пластины механическим способом закреплялись в специальной державке. Установкой резца на токарном станке обеспечивали следующие геометрические параметры инструмента:

передний угол $\gamma = -7^\circ$; задний угол $\alpha = 7^\circ$.

Параметры резания составляли: скорость резания – $v = 110 - 115$ м/мин.; подача – $S = 0,11$ мм/об; глубина резания – $t = 0,2, 0,5, 1,0$ и $2,0$ мм. Изменение глубины резания обеспечивало различные значения силы резания и соответственно, величину ударного нагружения на режущую пластину. Скорости резания была выбрана из условий выхода за интервал ($V = 60 - 90$ м/мин.) скоростей, при котором возможно возникновение нароста на передней поверхности резца [7]. Частота соударения кромки с пазами составляла 1890 ударов в минуту.

На каждой глубине резания испытывали по три пластины, спеченные по одной из указанных выше технологий.

В процессе проведения исследований фиксировали тангенциальную составляющую силы резания – P_z , имеющую наибольшее влияние на разрушение режущей кромки [11]. Силу резания P_z фиксировали с помощью тензометрического комплекса который состоит из устройства в виде тензометричного динамометра УДМ-600, модуля измерения, оснащенного АЦП и ПК на котором с использованием специально разработанного программного обеспечения проводилась регистрация и обработка полученных данных. Частота измерения силы составляла 20 Гц.

Момент потери работоспособности определяли по резкому изменению силы P_z , в случае его отсутствия по достижению критического ($0,5 \pm 0,05$ мм) размера h_3 ленточки износа на задней поверхности режущей пластины. Величину h_3 фиксировали с помощью инструментального микроскопа через каждые 5 мин. резания для глубин резания 0,2 и 0,5 мм и через каждые 2 мин. – для 1,0 мм. Характер износа и разрушений режущей кромки (РК) пластины также исследовали на инструментальном микроскопе.

Результаты исследований.

Физико-механические свойства и структурные характеристики исследуемых образцов приведены в таблице.

Таблица – Физико-механические и структурные характеристики образцов спеченных по различным технологиям

СВОЙСТВА	ТЕХНОЛОГИЯ СПЕКАНИЯ		
	Т. 1	Т. 2	Т. 3
КОЭРЦИТИВНАЯ СИЛА, НС КА/М	16,4	17,6	16,9
ПЛОТНОСТЬ Г Г/СМ ³	14,43	14,45	14,43
ТВЕРДОСТЬ НРА	89,7	89,8	89,9
ПРЕДЕЛ ПРОЧНОСТИ ПРИ ИЗГИБЕ R_{BM} , МПА	1720	1710	1790
КОЭФФИЦИЕНТ ИНТЕНСИВНОСТИ НАПРЯЖЕНИЙ K_{IC} , МПА·М ^{1/2}	11,8	11,8	11,5
СРЕДНИЙ РАЗМЕР ЗЕРНА, D_{WC} МКМ	1,33	1,28	1,32
РАЗМЕР ОТДЕЛЬНЫХ КРУПНЫХ ЗЕРЕН WC , МКМ	12-20	10-15	12-16
ОБЪЕМНАЯ ПОРИСТОСТЬ, %	Д1 0,2	Д1 0,1	В1 0,02
КОЛ-ВО ПОР > 50 МКМ	2X51, 1X78	1X51, 1X55	–
КОЛ-ВО СВОБОДНОГО УГЛЕРОДА %	0,1	–	–

Как видно из таблицы для образцов, спеченных по технологиях Т1 и Т2, характеристики структуры и физико-механические свойства сплава имеют близкие значения и указывают на хорошее качество сплава. Характерным является неоднородность структуры – высокая относительная микропористость, наличие отдельных крупных пор размером > 50 мкм и отдельных крупных (10-20 мкм) зерен карбида вольфрама. Отличительным для (Т2) является меньшая микропористость и меньшее количество пор с размером больше 50 мкм.

В структуре образцов (Т3) после компрессионного спекания остаточная микропористость была значительно меньше (В1 0,02) и отсутствовали единичные крупные поры. В тоже время, плотность и твердость находились на том же уровне, что и для образцов Т1 и Т2, предел прочности при изгибе увеличился только на 5%, а значения K_{IC} уменьшились на 0,3МПа·м^{1/2}. Известно из работ Лошака М.Г. [5], что ударная усталостная прочность твердых сплавов зависит от их пористости. С этой позиции образцы Т3 должны обладать более высокими эксплуатационными свойствами, особенно в условиях воздействия ударных нагрузок. Образцы (Т2) должны занимать промежуточное положение.

На рис. 2 представлены графики зависимости величины h_z ленточки износа по задней поверхности и силы резания P_z при разных глубинах резания от времени работы режущих пластин, спеченных в разных условиях.

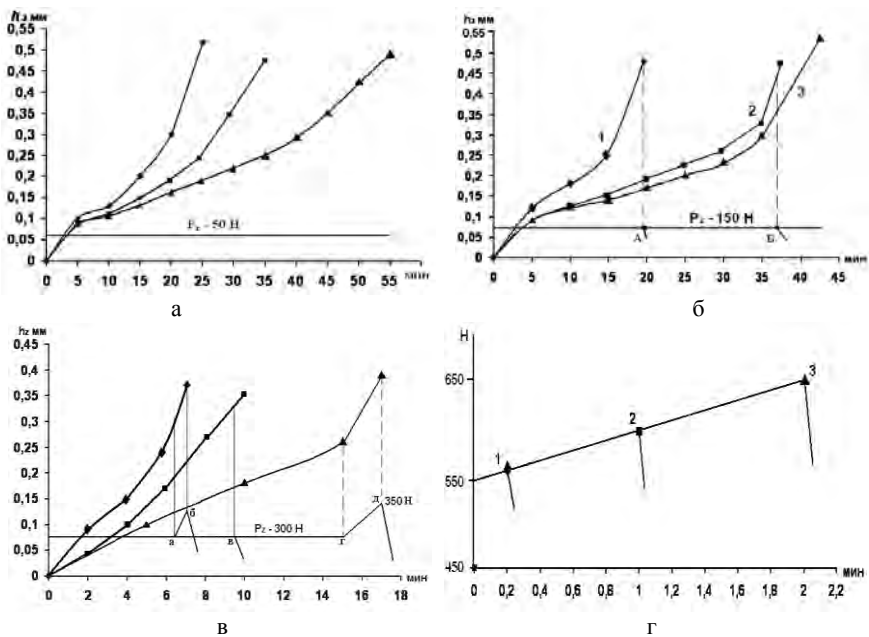


Рисунок 2 – Зависимость величины износа по задней поверхности h_3 и силы резания P_z от времени работы, для различной глубины резания и технологии спекания резцов из сплава ВК100М: а – $t = 0,2$ мм, б – $t = 0,5$ мм, в – $t = 1,0$ мм, г – $t = 2,0$ мм; ♦ – водородное спекание, ■ – вакуумное спекание, ▲ – компрессионное спекание.

Как видно из (рис. 2 а) при глубине резания 0,2 мм сила резания P_z составляла 50 Н и на протяжении всего времени работы инструмента для всех образцов существенно не изменяется, несмотря на постепенное увеличение величины h_3 . Все пластины изнашивались до заданного предельно допустимого значения h_3 без разрушения. Время достижения допустимого значения h_3 (0,5 мм) увеличивалось в ряду Т1 – Т2 – Т3, что свидетельствует вышесказанному предположению о эксплуатационной стойкости пластин, спеченных по различным технологиям.

Изнашивание всех пластин в данных условиях происходило в результате абразивного износа по задней поверхности (рис. 3 а) до достижения предельного (0,5 мм) размера h_3 . Образование следов нароста на передней поверхности всех пластин не обнаружено (рис. 3 б). Отличием является формирование неравномерного профиля ленточки износа по задней поверхности пластин, спеченных в водороде.

Таким образом, можно констатировать, что усталостная прочность сплава ВК100М, спеченного по вышеуказанным технологиям, является достаточной, для обеспечения его работоспособности при циклическом (частота уда-

ров 1890 ударов/мин) точении с глубиной резания 0,2 мм и силой $P_z = 50$ Н. При этом основным фактором, определяющим эксплуатационные свойства сплава ВК100М является стойкость абразивному износу.

При увеличении глубины резания до 0,5 мм, наблюдается уменьшение величины стойкости для всех исследуемых пластин. При этом происходит увеличение силы резания до 150 Н. Разница между стойкостями пластин Т1 и Т2 увеличилась в 1,85 раз. Соотношение стойкостей пластин Т1 и Т3 как и в предыдущем случае, составляет 2,2 раза (рис. 2 б). В данном случае отличительной особенностью является резкое уменьшение значения силы резания (рис. 2 б, т. А), которое произошло на 19 мин. при $h_3 = 0,48$ мм (рис. 2 б, линия 1) для образца Т1, и плавное на 38 минуте при $h_3 = 0,43$ мм (рис. 2 б, т. Б) для образцов Т2, в результате соответственно микроразрушения (рис. 3 в, г) и изменения профиля режущей кромки (рис. 3 е). До этого времени происходил абразивный износ обеих пластин (Т1) и (Т2) с образованием ленточки износа на задней поверхности. Износ пластин (Т3) как и при $t = 0,2$ мм происходил в результате абразивного изнашивания до $h_3 = 0,5$ мм. Таким образом, можно отметить, что обработка с $t = 0,5$ мм не позволяет выявить потенциал ударной прочности пластин, спеченных по технологии Т3.

Особо следует отметить что при точении пластинами Т2 начиная с 3 минуты и до времени достижения предельной величины износа h_3 наблюдается соединение элементов сходящей стружки. В результате происходило формирование непрерывной стружки длиной в 5-20 раз большей длины дуг по обрабатываемой поверхности между пазами заготовки. При исследовании образованной стружки на оптическом микроскопе при увеличении до 12,5 раз следов сварки частей стружки длиной, равной (с учетом ее усадки) длине отрезков между пазами, не обнаружено [2]. Также было установлено, что длина привара с передней поверхностью составляла 2,0 – 2,5 мм от вершины резца в направлении ее схода. Описание подобного явления в литературных источниках отсутствует. Необходимо также отметить, что образование достаточно прочного формирования стружки на контактной поверхности инструмента не приводит к изменению протекания процесса резания в отличие от образования нароста, которое сопровождается увеличением высоты неровностей обрабатываемой поверхности и изменением силы резания. В данном случае ни увеличение шероховатости, ни уменьшение силы резания не наблюдалось вплоть до до износа $h_3 = 0,45$ мм.

Необходимо также отметить, что интенсивность изнашивания пластин (Т2) и (Т3) стала практически одинаковой. после 35 мин. точения она резко возрастает от 0,3 до 0,45 мм.

Увеличение глубины до 1,0 мм не изменило соотношения стойкости исследуемых образцов. Сила резания увеличилась до 300 Н при точении всеми образцами (рис. 2 в). Привара стружки не было выявлено. Однако износ пластины (Т2) стал более интенсивным, чем Т3. Особенностью данного экспери-

мента явилось резкое увеличение силы резания P_z до 330 Н при обработке пластинами (Т1) (рис. 2 в, линия а-б), и 350 Н - (Т3) (рис. 2 в, линия г-д). Причиной повышения силы резания является интенсификация износа в результате микроскалывания инструментального материала, а снижение – его макроразрушения. При этом, потеря работоспособности резкое уменьшение силы резания P_z для пластин Т1 и Т3 произошла соответственно на 7 и 17 мин в результате макроразрушения режущей кромки. Пластина Т1 потеряла работоспособность при достижении $h_3=0,38$ мм, что значительно меньше запланированного значения критического размера. Для образцов после компрессионного спекания (Т3) износ по задней поверхности составлял 0,41 мм.

При обработке пластинами Т2 (рис. 2 в, линия 2) на протяжении всего времени работы сила резания оставалась постоянной. В тоже время уже на 15-й минуте работы потеря работоспособности произошла в результате макроразрушения режущей кромки, при износе по задней поверхности 0,35 мм (рис. 2 в, точка в). Важно отметить, что при этой глубине резания на передней поверхности не образовывается привар обработанного материала, а при работе отсутствует непрерывная сливная стружка.

Таким образом, при обработке данным способом, при обработке данным способом в более тяжелых условиях ($t = 1,0$ мм) более четко прослеживается разница ударостойкости твердого сплава, спеченного по разным технологиям.

При увеличении глубины резания до 2 мм на передней поверхности инструмента привара стружки выявлено не было. Максимальная продолжительность работы пластин составляла 2 минуты. На рис. 3 г приведено изменение во времени силы резания P_z , которая в начальный момент резания составляла для всех образцов 550 Н, а затем, в отличии от предыдущих экспериментов ее величина увеличивалось на протяжении всего времени резания. При этом стойкость пластин увеличивалась как и в предыдущих случаях от Т1 (рис. 2 г, точка 1) к Т2 (рис. 2 г, точка 2) и Т3 (рис. 2 г, точка 3). Следует отметить, что в данных условиях работы на образцы действует только сила P_z , которая приводит к разрушению режущей кромки, работоспособность пластин определяется в основном ударной циклической прочностью сплава которая увеличивалась от сплава спеченного в водороде (Т1), обладающего самой низкой стойкостью, к сплаву спеченному в вакууме (Т2) и вакуумно-компрессионным спеканием (Т3).

Характер скола режущей кромки в данном случае аналогичный наблюдаемому на рис. 3 в, г, однако имеет более разрушительный вид.

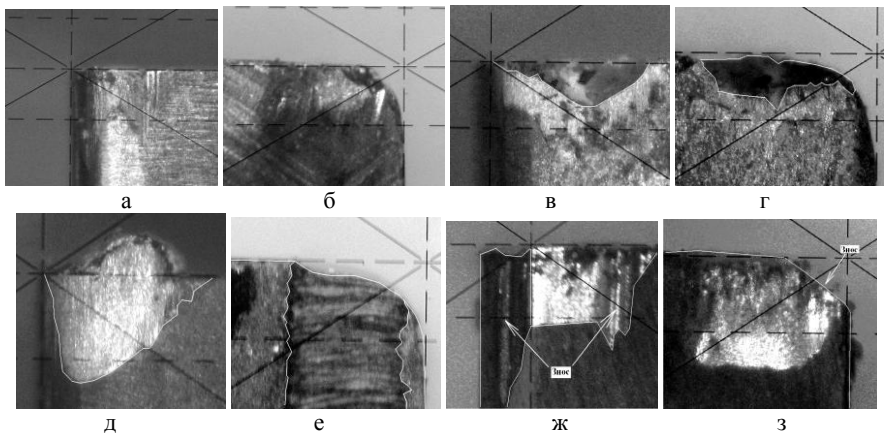


Рисунок 3 – Вид режущей кромки пластин из сплава ВК 100М спеченных по разным технологиям после окончания работы: а, б – глубина $t = 0,2$ мм, в – з – глубина $t = 0,5$ мм, а, б, в, г, – спекание в водороде, д, е, – спекание в вакууме, ж, з, – компрессионное спекание; а, в, д, ж – вид по задней поверхности, б, г, е, з – вид по передней поверхности $\times 50$.

По полученным данным были построены графики: зависимости отношения количества ударов которые воздействуют на режущую пластину до достижения критического износа или разрушения, пластин Т2 и Т3 к аналогичному параметру пластины Т1 от силы резания P_z .

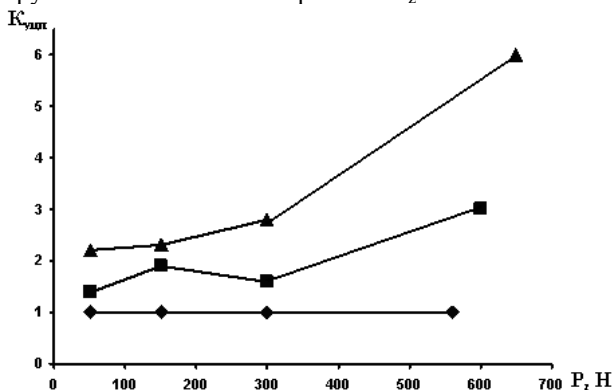


Рисунок 4 – Зависимость коэффициента ударной циклической прочности $K_{цикл}$ при точении в аналогичных условиях с различными значениями силы резания P_z образцов из сплава ВК 100М спеченных по различным технологиям: \blacklozenge – спекание в водороде, \blacksquare – вакуумное спекание, \blacktriangle – компрессионное спекание.

Из рис. 4 следует, что количество ударов воздействующих на инструмент до потери работоспособности при всех глубинах резания увеличивается для образцов из сплава ВК100М спеченных в ряду Т1 – Т2 – Т3, и находится в пределах 1:2,2:2,2 при глубине 0,2 мм., возрастает до 1:3:6 при глубине 2 мм. При силах резания 50 и 150 Н это происходит за счет снижения интенсивности абразивного износа по задней поверхности. С увеличением силы резания больше 300 Н – за счет более высокой усталостной ударной прочности инструментального материала. Ударная прочность также возрастает в этом ряду с 1:2,2:2,2 при глубине 0,2 мм до 1:5:10 при $t = 2,0$ мм.

Уменьшение остаточной объемной пористости при компрессионном спекании, по сравнению с водородным и вакуумным спеканиями, привело к увеличению ударной циклической прочности сплава. Это соответствует результатам проведенных ранее исследований [5]. В тоже время при одинаковых характеристиках образцов, стойкость спеченных в вакууме возрастает от 2,2 до 5 раз по сравнению с водородным спеканием в результате дегазации сплава и очищения его от примесей.

По результатам проведенных исследований установлено, что данный метод определения ударной прочности наиболее эффективный при значении силы P_z больше 300 Н, (точении стали 40Х, частоте соударений 1890 ударов/мин.), глубине резания не менее 1,0 мм, так как при этих значениях на инструмент преимущественно воздействует P_z , а абразивный износ по задней поверхности оказывает незначительное влияние на работоспособность сплава.

Обсуждение результатов

Результаты проведенных исследований показывают, что исследование ударной стойкости инструментальных материалов путем точения заготовки с продольными пазами позволяет получить новые данные о поведении твердого сплава при резании с ударными нагрузками. Этот метод испытаний при разных глубинах резания позволяет оценивать влияние определенных видов износа инструмента к потере его работоспособности, в зависимости от способа спекания твердого сплава одной и той же марки. При этом с увеличением глубины резания от 0,5 до 1,0 мм критические значения ширины площадки износа по задней поверхности h_z , при котором наступает скалывание твердого сплава, существенно уменьшается (от $>0,5$ мм до 0,35 мм) (см. рис. 2).

Особенно интересен тот факт, что величина h_z при которой происходит скалывание режущей кромки пластины, при данной глубине резания практически одинакова, хотя время достижения данного значения. для пластин, спеченным по разным технологиям существенно отличаются. В целом это время зависит от интенсивности протекания абразивного износа и процесса микро-скалывания (рис. 2 а - в). То есть момент скалывания пластин зависит от величины ленточки износа и от способа их изготовления.

Интенсивность протекания абразивного износа для пластин Т1 и Т2 примерно одинаково, т.к. сплавы имеют практически одинаковые d_{wc} и свойства.

В тоже время, в структуре сплава пластины (Т2), спеченной в вакууме, имеется меньшее значение объемной пористости и меньшее количество крупных пор (см. таблицу), поэтому время достижения ими критического значения h_3 больше (рис. 2 а – в).

Только при глубине резания 0,5 мм (рис. 2 б) наблюдается расположение кривой Т2 на уровне с кривой Т3. В этом случае, как указывалось выше, наблюдается аномальное явления образование непрерывной стружки вместо прерывистой, а также ее приваривание к твердосплавной пластине, что приводит к замедлению процесса микроскальвания кромки. Механизм этого явления в данное время не исследован. Отсутствие такого эффекта на пластинах Т3 можно объяснить более плотной структурой данного сплава. Однако отсутствие такого явления на пластинах Т1, имеющие схожие с Т2 структурные характеристики и свойства, указывает на то, что наиболее вероятной причиной является повышенная адгезионная способность сплава после спекания в вакууме, в результате термодесорбция газов [1].

На наш взгляд явление образования непрерывной стружки и привар ее с передней поверхностью можно объяснить оптимальным соотношением сравнительно высокой температурой в контактной зоне, силы резания и силы сдвига. Наличие внутреннего трения в слое обрабатываемого материала зависит от способа спекания твердого сплава и способствует образованию непрерывной стружки.

Для более детального выявления природы указанного явления необходимо провести дополнительные исследования на других режимах резания с использованием других марок сплавов.

Пластины после компрессионного спекания наиболее низкую пористость, что обуславливает наименьшую интенсивность износа и микроскальвания в процессе резания.

В целом можно отметить, что предложенный метод испытаний твердых сплавов является структурно чувствительным, достаточно простым в практическом применении и может эффективно использоваться в практике производства твердых сплавов и лабораторных испытаниях при резании.

При небольших глубинах резания (0,2 мм) можно выявлять влияние технологии изготовления на эксплуатационные свойства пластин при превалировании механизма абразивного износа, при глубине 2,0 мм – стойкость при превалировании макроскальвания, а при глубине 1,0 мм – стойкость при комплексном влиянии абразивного износа микро- и макроскальвания. Во всех случаях метод является более чувствителен к способу изготовления, чем к характеристикам структуры.

Выводы

1. Впервые установлено высокую чувствительность метода прерывистого точения заготовки с продольными пазами при определении влияния технологии спекания на работоспособность металлорежущего инструмента при циклических ударных нагрузках, которые возникают в условиях черновой обработки.

2. Показано, что изменением глубины резания в пределах 0,2 – 2,0 мм можно изучать поведение сплава при разных механизмах износа или их комбинациях.

3. Рекомендовано стойкость твердых сплавов в зависимости от условий его эксплуатации определять при глубинах резания 0,2 мм (преимущественное влияние абразивного износа), 2,0 мм – (превалирование макроскалывания), и 1,0 мм (совместное влияние нескольких механизмов).

Использование представленной в работе методики испытаний позволит оптимизировать режимы спекания твердых сплавов для конкретных условий эксплуатации.

Список используемых источников: 1. *Панов В.С., Чувилин А. М., Фальковский В. А.* Технология и свойства спеченных твердых сплавов и изделий из них. – М. МИСиС, 2004. 2. *Н.М. Прокопів, В.П. Бондаренко, О.В. Харченко, И.В. Цап.* Вплив умов спікання сплаву ВК10 ОМ на кінетику й механізми зносу його в умовах чистового й ударного точіння // Матер. Наук.-техн. конф. «Інтерпартнер 2008». – 2008. – С. 312–327. 3. *Новиков Н.В., Майстренко А.Л., Кулаковский В.Н.* Сопротивление разрушению сверхтвердых материалов. Киев. Наукова думка 1993. – 221 с. 4. *Лебедев А.А., Чечин Э.В.* Проблемы прочности. 1980, № 4, с. 32 – 34. 5. *Лошак М.Г.* Міцність твердих сплавів. – К. Наук. Думка, 1982. 6. *Лисовский А.Ф.* Формирование структуры композиционных материалов при обработке металлическими расплавами. – К.: Наук. думка, 2008. – 198 с. 7. *Башков В.М., Кацев П.Г.* Испытания режущего инструмента на стойкость. – М. Машиностроение, 1985. – С. 136, 256. 8. *С.М Ахметсагиров, А.Г. Ицук, М.А. Сальников, Г.В. Бичуров.* Влияние химической неоднородности и химического состава на циклическую ударную прочность твердосплавных зубков буровых долот на основе кабида вольфрама. // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия Технические науки 2008 г. № 2 (22) С. 119-126. 9. *Бондаренко В.П., Павлоцкая Э.Г.* Спекание вольфрамовых твердых сплавов в прецизионно контролируемой газовой среде. – К: Наук. думка, 1995. 10. *Бондаренко В.П., Прокопів Н.М., Харченко О.В.* Термокомпрессионная обработка твердых сплавов. // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения: Сб. науч. тр. – К.: Изд-во: ИСМ им. В. Н. Бакуля НАН Украины, 2004. – Вып.–7. – С. 252–256. 11. *Андреев А.А., Гаврилов А.Г., Падалко В.Г.* Прогрессивные технологические процессы в инструментальном производстве. – М.: Машиностроение, 1981. –214.

Поступила в редколлегию 15.06.2012