

УДК 621.9.022

РАЗРУШЕНИЕ ПОКРЫТИЯ ПОВЕРХНОСТИ РЕЖУЩИХ ПЛАСТИН

DESTRUCTION OF BLADES SURFACE COATING

В. Д. Парфёнов, Э. М. Юсупова, Г. Д. Басова

V. D. Parfenov, E. M. Yusupova, G. D. Basova

Тюменский государственный нефтегазовый университет, г. Тюмень

*Ключевые слова: ударная вязкость; деформация; разрушение; твердый сплав;
пластина; резание*

Key words: impact elasticity; deformation; destruction; hard alloy; blade, cutting

Разрушение — сложная целостная система действий, разделяющих в короткий срок твердое тело на соизмеримые части. Важнейшим изменением в теории протекания разрушения является использование синергетики как теории самоорганизующихся диссипативных структур при неравновесном фазовом переходе [1]. Наибольшее практическое значение имеет прогнозирование ресурса работоспособности при разрушении материалов, поверхностей, конструкций, в том числе инструментов резания [2]. Прорабатывается прочность материалов, поверхностей и конструкций, а также физика и механика их разрушения.

При резании твердый сплав разрушается в условиях нагрева, поэтому необходимо знать изменение ударной вязкости (трещиностойкости или другой величины, характеризующей сопротивление разрушению) в зависимости от температуры нагрева режущей пластины. Для эксперимента использовались копр модели МК-0,5-1, вес маятника 80 Н, расстояние до центра удара 0,327 м, электропечь трубчатая Т40/600 с максимальной температурой нагрева 1 200 °С и электропечи муфельные МП-2У 1 000 °С, образцы 45х14х5 мм из ВК8 с покрытиями из нитридов титана, оксидов титана и без покрытий, а также ВК20.

Дополнительно произведен анализ трехгранных и пятигранных с отверстиями стандартных режущих твердосплавных пластин с покрытием и без покрытия после нагрева и охлаждения. Внешний осмотр твердосплавных пластин с покрытием и без покрытия после нагрева до 500, 600, 700, 800, 900 °С в печи на воздухе и охлаждения до комнатной температуры показал, что покрытие сдерживает до определенной температуры, более поздней, чем без покрытия, рост окисной пленки, которая увеличивается строго перпендикулярно поверхности и пропорционально температуре даже в несколь-

ко миллиметров при повышенной температуре, что соизмеримо с толщиной режущей пластины. На границе покрытого участка, при температуре даже незначительно выше температуры начала роста окисной пленки на поверхности твердого сплава, наблюдается рост окисной пленки на непокрытом участке, четко ограниченном от участка с покрытием. Если покрытие имело несплошности, значительную металлическую составляющую или некоторые другие недостатки, то его антикоррозийная защитная функция нейтрализовалась или даже ухудшилась.

На рис. 1 приведена зависимость полной работы деформации и разрушения K (Дж) от температуры T ($^{\circ}\text{C}$) компонентов образцов — режущих пластин из ВК8 с покрытием из нитрида титана, покрытием из оксида титана и без покрытия, а также данные об изменении ударной вязкости. Разброс значений каждой точки достаточно велик, его можно объяснить разностью изготовления пластин и испытаниями в разное время. На графиках значения точек усреднены, и выявлены тенденции в каждом комплекте. Температуры испытаний выбраны близкими к температурам пластин при интенсивном резании. Образцы отличаются от стандартных для испытания на ударную вязкость. Их размеры для резания не совсем обычны — $15 \times 5 \times 45$ мм.

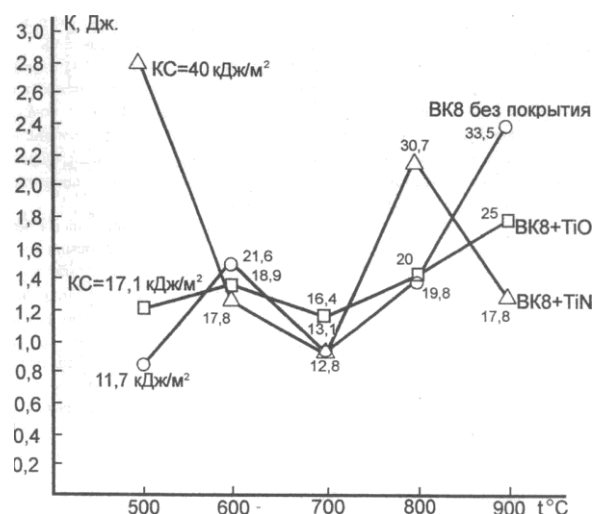


Рис. 1. (ВК8) Зависимость полной работы деформации и разрушения от температуры. Образцы с сечением $B \times H = 15 \times 5$ и длиной 45 мм, без надреза, удар вдоль H

Первичное увеличение работы разрушения твердого сплава без покрытия наблюдается на участке от 500 до 600 $^{\circ}\text{C}$ и объясняется повышением трещиностойкости, насыщением энергией и образованием диссипативной структуры твердого сплава с увеличением температуры. В районе 700 $^{\circ}\text{C}$ наблюдается смещенный вторичный минимум, объяснить который можно разупрочнением, связанным с началом интенсивного глубинного окисления связки твердого сплава, так как на образцах без покрытия при 800 $^{\circ}\text{C}$ уже наблюдалась тонкая зеленая пленка окислов на поверхности пластин, а на образцах при 900 $^{\circ}\text{C}$ слой достигал 0,5 мм в толщину. При 900 $^{\circ}\text{C}$ некоторые образцы из твердого сплава без покрытия не сломались и не изогнулись, а сработали упруго при данных условиях испытания, то есть не хватило энергии удара преодолеть сопротивление материала деформации или разрушению, настолько наглядно увеличилась трещиностойкость образцов за счет наращивания энергетической структуры накачкой внешней энергией увеличением температуры.

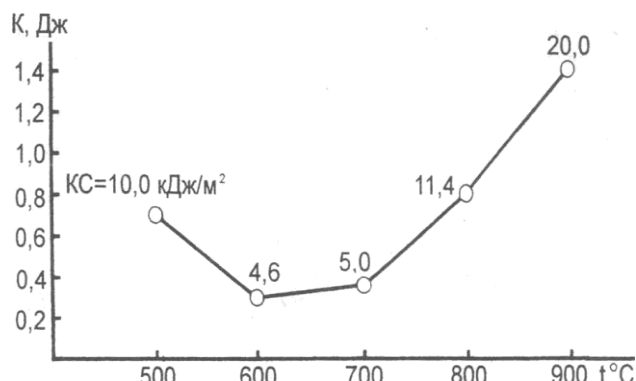
Второй комплект образцов из ВК8 с покрытием оксидом титана внеплановый. Вместо азота напустили кислород при нанесении, получились образцы с темно-коричневым покрытием, было решено испытать их. Закономерность повторяет тенденцию, выявленную на образцах без покрытия. Существенным отличием является более плавное увеличение работы разрушения с сохранением падения в интервале с 600 до 700 $^{\circ}\text{C}$ и смещенным вторичным минимумом в области 700 $^{\circ}\text{C}$. При 900 $^{\circ}\text{C}$ все образцы сломались, хотя некоторые и близко к пределу возможностей копра. Смещенный вторичный минимум на 700 $^{\circ}\text{C}$ объясняется глубинным окислением кобальта-связки твер-

дого сплава, увеличение работы разрушения на 800 и 900 °С можно объяснить замедлением этого процесса или даже прекращением из-за образования сплошного поверхностного слоя оксидов, препятствующего проникновению кислорода внутрь твердого сплава. Покрытие из оксида титана из-за проницаемости незначительно повлияло на процесс окисления связки твердого сплава в данном температурном диапазоне, хотя при 500 °С покрытие защитило связку, а при 900 °С, наоборот, способствовало разрушению, в сравнении с пластинами без покрытия.

Комплект образцов из ВК8 с покрытием из нитрида титана повел себя несколько иначе. На 500 °С заметно превышение работы разрушения, по сравнению с непокрытыми пластинами и покрытыми оксидом титана, сказались противокоррозионные свойства покрытия из нитрида титана при данной температуре. От 600 до 700 °С пластины с покрытием из нитрида титана вели себя аналогично двум предшествующим комплектам, на 700 °С также наблюдался минимум. Далее значения работы разрушения возросло, особенно при 800 °С. Это можно объяснить или аномалией некоторых образцов, или увеличением защитных противокоррозионных свойств окисляемой покрытой поверхности, или улучшением структурно-энергетических характеристик поверхности, отвечающих за прочность всей конструкции. Есть основание полагать, что истинное значение этой точки в полтора раза ниже. При 900 °С покрытие из нитрида титана на твердом сплаве показало себя в ударной прочности наихудшим образом по сравнению с непокрытыми и покрытыми оксидом пластинами, то есть имеет наименьшую работу разрушения.

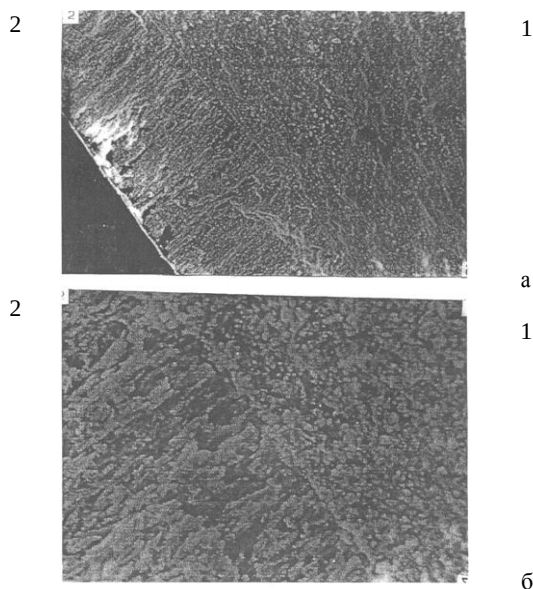
Испытание твердого сплава ВК20 в тех же условиях дало результаты, представленные на рис. 2, здесь все закономерно и сравнимо с ВК8 без покрытия со смещением на 100 градусов в сторону уменьшения точки минимума и общим уменьшением работы разрушения во всех точках, вызванным увеличением количества связки-кобальта в твердом сплаве. Большее количество связки привело к более плавному возрастанию работы разрушения с увеличением температуры.

*Рис. 2. (ВК20) Зависимость полной работы деформации и разрушения от температуры. Образцы с сечением В*Н=15*5 и длиной 45 мм, без надреза, удар вдоль Н*



Торец ударного излома на копке пластины ВК8, нагретой до 900 °С на воздухе, в двух увеличениях показан на фотомикрографиях (рис. 3).

Видна четкая граница между твердым сплавом и оксидным слоем, поверхность скола довольно ровная с достаточно плавным переходом от твердого сплава к оксидному слою, хотя микроструктура оксидного слоя значительно отличается, имея строгую направленность роста. При увеличении заметно, что оксидный слой более направленно-пористый, это предполагает возможность значительной диффузии элементов вещества и уменьшение движения энергии (тепла, трещины и др.). Хотя толщина изображенного оксидного слоя порядка 500 мкм, он принципиально отличается по свойствам и радикально изменяет поверхностные свойства твердого сплава, что и приводит в определенной степени к увеличению работы разрушения ВК8 при 900 °С, наравне с изменениями в кобальтовой связке.



*Рис. 3. Торец ударного излома на
копре пластины из ВК8,
нагретой до 900 °С на воздухе:
1 — твердый сплав;
2 — окисленный слой;
а — $\times 105$; б — $\times 1020$*

В заключение можно отметить, что высокотемпературное противоударное упрочнение конструкции пластины из твердого сплава обработкой поверхности износостойким покрытием из тугоплавкого нитрида титана оправдывает себя при 500 °С, а при 600, 700 и 800 °С не сказывается существенно на работе разрушения, а при 900 °С происходит ухудшение, очевидно, вследствие образования дефектов в покрытии и в поверхностном слое твердого сплава, являющихся очагами зарождения разрушительной трещины при ударе. Поэтому можно рекомендовать работать твердосплавными пластинами с покрытием нитридом титана при ударных нагрузках на режимах, обеспечивающих температуру на инструментальных поверхностях резания около 500 °С с оправдывающим результатом, возможно до 800 °С с безразличным результатом.

Список литературы

1. Джонсон К. Механика контактного взаимодействия: Пер. с англ. — М.: Мир, 1989. — 520 с.
2. Верещака А. С. Работоспособность режущего инструмента с износостойкими покрытиями. — М.: Машиностроение, 1993. — 326 с.
3. Григорьев С. Н. Методы повышения стойкости режущего инструмента. — М.: Машиностроение. — 2009. — 368 с.
4. Кусков В. Н., Парфенов В. Д. Влияние нитридоциркониевого покрытия и термоэлектрического упрочнения безвольфрамовых твердосплавных пластин на их износ и качество обработки при точении // Физика и химия обработки материалов. — 1994. — № 1. — С. 79-82.
5. Кусков В. Н., Парфенов В. Д., Ковенский И. М. Формирование и износостойкость нитридных ионно-плазменных покрытий на твердосплавных режущих пластинах // Физика и химия обработки материалов. — 1992. — № 6. — С. 76-81.
6. Парфенов В. Д., Кусков В. Н. Износоработка безвольфрамовых твердосплавных пластин с нитридоциркониевым покрытием в процессе резания // Трение и износ. — 1994. — Т. 15. — № 1. — С. 131-137.
7. Парфенов В. Д., Утешев М. Х. Поверхностное микроразрушение нитридных физических покрытий на режущих инструментах в процессе механической обработки // Развитие процессов резания и холодного пластического деформирования металлов / Тр. ин-та сверхтвердых материалов. — Киев, 1994. — С. 54-57.
8. Парфенов В. Д. Упрочнение поверхности режущего инструмента ионно-плазменным покрытием // Инструментальное обеспечение автоматизированных систем механообработки: Тез. докл. Сибир. регион. науч.-практ. конф. 9-11 октября 1990 г. — Иркутск, 1990.
9. Парфенов В. Д., Толмачева Е. К. Износоработка покрытия инструмента в процессе резания // Известия вузов. Нефть и газ. — 2015. — № 4. — С. 121-124.
10. Парфенов В. Д. Ионно-плазменные нитридные слои на стальных и режущих порошковых пластинах // Новые технологии производства слоистых металлов: Тез. докл. 2 Всесоюз. науч.-техн. семин. 21-24 ноября 1989 г. — Магнитогорск, 1989. — С. 10.
11. Парфёнов В. Д. Совершенствование процесса резания покрытием инструмента: монография / В. Д. Парфёнов. — Тюмень: ТюмГНГУ, 2014. — 112 с.

Сведения об авторах

Парфёнов Владимир Дмитриевич, к. т. н., доцент кафедры «Технология машиностроения», Тюменский государственный нефтегазовый университет, г. Тюмень, тел. 8(9044)965238

Information about the authors

Parfenov V. D., Candidate of Technical Sciences, associate professor of the chair «Mechanical Engineering», Tyumen State Oil and Gas University, phone: 8(9044)965238