

$$\frac{\partial}{\partial \beta} \frac{\partial T_i}{\partial \alpha} = \frac{\partial}{\partial \alpha} \frac{\partial T_i}{\partial \beta} \quad (i=1,2).$$

С учётом полученных ранее формул (5) – (6) имеем:

$i = 1$

$$\frac{\partial}{\partial \beta} \left(\frac{1}{B} \left(\frac{\partial B}{\partial \alpha} (T_2 - T_1) \right) - \frac{\partial}{\partial \beta} (SA) - ABq_1 \right) = \frac{\partial}{\partial \alpha} \left(\frac{1}{A} \left((2 + \mu) B \frac{\partial S}{\partial \alpha} + 2 \frac{\partial B}{\partial \alpha} S + 2 \cdot (1 + \mu) \frac{R_2}{R_1} \frac{\partial B}{\partial \alpha} S - \mu ABq_2 \right) \right)$$

$i = 2$

$$\frac{\partial}{\partial \beta} \left(\frac{1}{B} \left((T_1 - T_2) \frac{\partial B}{\partial \alpha} + \frac{\partial}{\partial \beta} (2 + \mu)(AS) - \mu ABq_1 \right) \right) = \frac{\partial}{\partial \alpha} \left(-\frac{1}{A} \left(\frac{\partial B}{\partial \alpha} S + \frac{\partial}{\partial \alpha} (SB) + ABq_2 \right) \right). \quad (7)$$

Складывая эти равенства, получим:

$$\frac{\partial}{\partial \beta} \left(\frac{1}{B} \left((1 + \mu) A \frac{\partial S}{\partial \alpha} - (1 + \mu) ABq_1 \right) \right) = \frac{\partial}{\partial \alpha} \left(\frac{1}{A} \left((1 + \mu) B \frac{\partial S}{\partial \alpha} + 2 \cdot (1 + \mu) \frac{R_2}{R_1} \frac{\partial B}{\partial \alpha} S - (1 + \mu) ABq_2 \right) \right).$$

Это равенство представляет условие разрешимости в начале статьи задачи, поэтому что оно учитывает внешние и внутренние параметры $q_1, q_2, q_n, A, B, R_1, R_2, \mu$. Оно может быть использовано при решении прямой задачи теории монжевых оболочек, когда заданы $q_1, q_2, q_n, A, B, R_1, R_2, \mu$, а подлежат определению T_1 и T_2 . В этом случае разрешающие уравнения состоят из третьего уравнения равновесия и одного из двух уравнений системы (7).

ЛИТЕРАТУРА

1. Бидерман В.Л., Механика тонкостенных конструкций, М., Машиностроение.-1977г.;
2. Савула Я.Г., Флешман Н.П., Об одном решении класса оболочек канонических форм, Вестник Львовского университета, Львов, Висша школа, 1974г.;
3. Савула Я.Г., Представление срединной поверхности оболочки разными поверхностями, Прикладная механика, Киев, Наукова Думка, 1984г., т.20 №12, с70 – 75.;
4. Лопатинский Я.Б., Обыкновенные дифференциальные уравнения, Киев – Донецк, Висша школа, 1976г.

УДК 621.922. 546

А.А. Лысов, А.С. Аршиков

ИССЛЕДОВАНИЕ КОНТАКТНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ И ХАРАКТЕРА РАЗРУШЕНИЯ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ АЛМАЗНО- МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОМПОЗИЦИЙ

*Полоцкий государственный университет
Новополоцк, Беларусь*

На работоспособность алмазных инструментов существенное влияние оказывают физико-химические параметры связки, качество и морфология исходного алмазного сырья. Алмазно-металлические инструментальные композиции, как правило, включают

в себя несколько фаз, которые должны быть совместимы друг с другом как физически, так и химически. Для создания такой совместимой системы алмаз-матрица, необходимо чтобы образовывались прочные связи на поверхности раздела матрица-зерно. Эти связи необходимы для эффективной передачи нагрузки и предотвращения разрушения материала в результате образования реакционной зоны при взаимодействии алмаза с материалом матрицы. Принято считать, что реакционная зона создает новые участки зарождения трещин в композиционном материале. Для того чтобы не произошло преждевременное разрушение композита, дефекты переходного слоя должны быть значительно меньше, чем дефекты в частицах алмаза и металлической матрице [1].

Различие в структуре алмазно-металлических композиций – высокая объемная концентрация хрупких частиц алмаза, микротрещины, разрывы, дефекты алмазных зерен приводят к появлению напряжений.

Анализ причин разрушения указанных композиций позволит разработать способы управления ими, позволит понять механизм и физический смысл хрупкости данных материалов и расширить область их использования.

При изготовлении алмазно-металлических композиций одними из наиболее широко применяемых металлов в качестве основы является медь.

В процессе шлифования металлов пластичная медь налипает на зерна алмазов, и инструмент теряет свои режущие свойства, «засаливается». Установлено, что для предотвращения засаливания и повышения твердости металлической связки целесообразно использовать сплавы на основе меди с добавками олова, цинка, алюминия и других металлов.

Связки на основе медь – олово являются наиболее распространенными. Они используются в качестве связки обычно под индексом M2-01 или M1 (Cu - 80 %, Sn - 20 %). Однако, отличаясь сравнительно высокой прочностью и пластичностью, связка практически не смачивает алмаз и его закрепление в матрице происходит в основном за счет механического охвата.

Прочность закрепления алмазов в матрице можно повысить путем введения в состав матрицы или пропиточного сплава химически активных к алмазу элементов, образующих адгезионно-химическую связь алмаза с матрицей. Многочисленные исследования в этой области показали, что хорошей степени смачиваемости алмаза можно добиться в тех случаях, когда металл или сплав активно взаимодействует с углеродом, образуя карбиды. Эффективными карбидообразующим элементом зарекомендовал себя титан. Сплавы системы Cu-Sn-Ti широко применяют в качестве припоев для пайки и металлизации алмазов, а также связок для изготовления высокоизносостойких инструментов. Обладая высокой адгезионной активностью по отношению к алмазу, такие сплавы обеспечивают прочное закрепление алмазных зерен в матрице инструментов.

При получении образцов для исследования применялся метод излома, исключающий загрязнение межфазной границы. Получение плоского образца связано со значительными технологическими трудностями, так как присутствие в пластичной металлической матрице частиц алмаза практически исключает возможность получения качественных шлифов традиционными методами шлифования.

Для количественного анализа элементов в поверхностных областях образцов используют метод локального рентгеноспектрального анализа на установке УРС-60 в кобальтовом $K\alpha$ -излучении.

Топография поверхности разрушения исследовалась методом сканирующей электронной микроскопии на приборах «Cam Scan» и «Nanolab-7» фирмы «Ontron» Германия.

Учитывая, что двойные системы Cu-Sn, Cu-Ti, Sn-Ti сложны и в каждой из них образуется ряд интерметаллических соединений, резко отличающихся между собой по кристаллической структуре, стехиометрическому составу и другим свойствам, что вызвано различием кристаллохимических свойств входящих в них элементов, трудно предсказать образование фаз и соединений в тройной системе Cu-Sn-Ti.

Большинство металлических композиций используемых в качестве связок не взаимодействует с поверхностью алмаза, и закрепление алмазных частиц происходит за счет сил механического защемления. На рис. 1 представлен внешний вид поверхности излома алмазно- композиционного материала на основе связки М1 и алмазов марки АС6



Рис. 1. Внешний вид излома алмазно-композиционного материала (связка М1 – алмаз АС6 100/80)

с грануляцией 100/80. На поверхности излома отчетливо виден механический характер взаимодействия связки М1 и алмазов АС6. Смачиваемость расплавом поверхности алмазного зерна практически отсутствует.

Медно-оловянистые сплавы не смачивают поверхность алмаза, образуя краевые углы смачивания около $130-140^\circ$. Добавки олова не вызывают заметного изменения значений краевого угла. Полученные данные свидетельствуют о физическом типе взаимодействия на межфазной границе металлический расплав-алмаз, что согласуется с данными работы [2].

Введение в состав связок адгезионно-активного компонента (титан) способствует резкому понижению краевого угла смачивания и повышению работы адгезии сплава по отношению к алмазу. Смачивание здесь определяется химическим взаимодействием металлического расплава с поверхностью алмаза и образованием на границе промежуточного слоя карбида титана [3-4]. На рис. 2. представлен внешний вид поверхности излома алмазно-композиционного материала на основе связки медь - олово-титан.

При исследовании излома линейным сканированием через вертикальные сколы граней в промежуточном слое на границе алмаз-сплав обнаружен тонкий промежуточный слой, обогащенный титаном.

Наличие таких участков свидетельствует о том, что взаимодействие алмаза и материала связки имеет химический характер.

Изучение сплава Cu- 20% Sn с добавками 10 и 20 % Ti показывает, что образуется химическое соединение, идентичное соединению Ti_5CuSn_3 . [1].



Рис. 2. Внешний вид излома алмазно-композиционного материала (связка M1 + Ti - 10% – алмаз AC6 100/80)

В промежуточном слое обнаружен карбид титана толщиной (50-80 Å), а также медь. Аналогичные результаты получены в работе [3].

Частицы алмаза достаточно равномерно распределены в структуре композиции. Поверхность разрушения покрыта микроскопическими порами и ямками, которые, скорее всего, возникают из-за разрастания пор и смежных пустот в результате пластического течения и разрыва материала матрицы. Исходные пустоты появляются под воздействием внутренних напряжений на границе алмаз-сплав на определенных структурных элементах, что и приводит к образованию и раскрытию микропор. При возникающей деформации матрицы, особенно во время работы инструмента частицы алмаза и интерметаллидные включения также подвергаются силовому воздействию, что приводит к скапливанию дислокаций и возникновению микротрещин. Макродеформированию препятствуют растущие поры, приводя к разрушению композиции.

Процесс разрушения алмазно-металлических композиций достаточно сложен для описания и исследования в виду высокой скорости его протекания, наличия большого количества внешних и внутренних факторов.

Анализ имеющихся литературных источников и экспериментальных данных, а также результаты последних исследований позволяет сделать вывод, что дефекты и пороки алмазного сырья являются основной причиной возникновения трещин и последующего разрушения алмазно-металлической композиции (рис. 3).

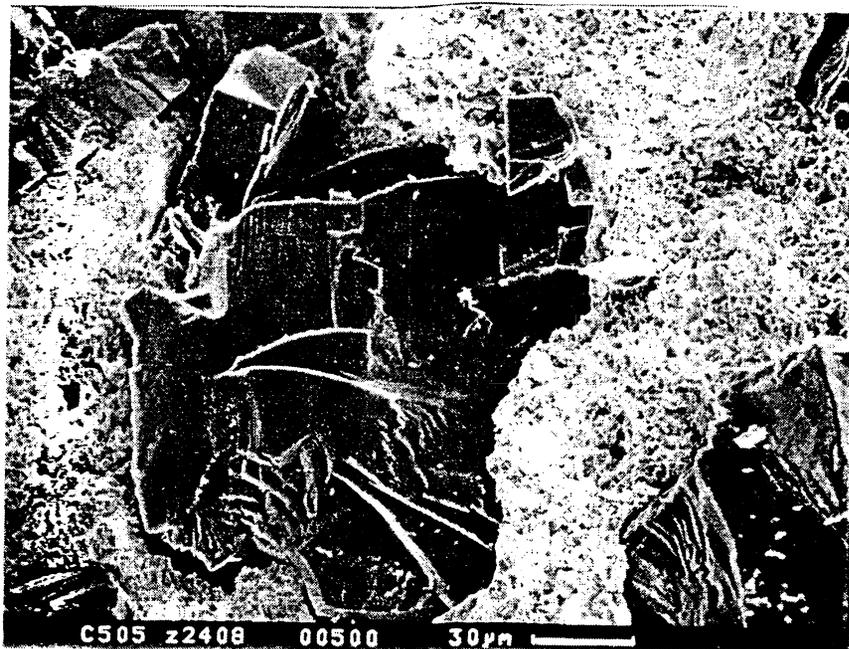


Рис. 3. Скол алмазного зерна при разрушении алмазно-металлической композиции

Изучение природы разрушения этой композиции показывает, что при нагружении алмаз разрушается хрупко, раскалывается, а металлическая матрица оказывается неспособной релаксировать трещины, зародившиеся как в алмазе, так и в матрице [5].

По результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы. Введение в состав связок адгезионно-активного компонента (титан) способствует резкому понижению краевого угла смачивания и повышению работы адгезии сплава по отношению к алмазу. Смачивание здесь определяется химическим взаимодействием металлического расплава с поверхностью алмаза и образованием на границе промежуточного слоя карбида титана.

При исследовании особенностей процесса деформации и разрушения алмазно-металлических композиций основными факторами, влияющими на него, являются прочность алмаза и межфазной границы, а также пластичность матрицы.

Исследование поверхности изломов алмазно-металлических композиций полученных с присутствием жидкой фазы, позволяет сделать вывод, что характер разрушения композиций имеет транскристаллитный характер. Разрушение алмазно-металлической композиции наступает либо вследствие развития микропластической деформации, либо из-за имеющихся в зернах алмазов дефектов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кизиков Э.Д., Верник Н.С. Алмазно-металлические композиции.-К.: Техника, 1988.- 164 с;
2. Кизиков Э.Д., Лавриненко И.А., Найдич Ю.В. Исследование спекания алмазов с медно-олово-титановым сплавом// Синтетические алмазы, 1973, вып.2.-С. 13-17;
3. Лавриненко И.А., Кизиков Э.Д. Исследование адгезии и контактного взаимодействия медно-олово-титановых сплавов с алмазом// Синтетические алмазы, 1987, вып 6.-С. 21-25;
4. Пайка и металлизация сверхтвердых инструментальных материалов. Ю.В. Найдич, Г.А. Колесниченко, И.А. Лавриненко, Я.Ф. Моцак.-К.:

Наук. Думка, 1977.-183 с; 5. Кизиков Э.Д., Лавриненко И.А. Исследование сплавов, используемых в качестве связок для алмазно-абразивного инструмента// *Металловедение и термическая обработка металлов*, 1975. № 1.- С. 57-62.

УДК 625.855.3

В.В. Гришанов

О ПРОБЛЕМЕ УСТАЛОСТНОГО РАСТРЕСКИВАНИЯ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ В СВЯЗИ С УВЕЛИЧЕНИЕМ ОСЕВЫХ НАГРУЗОК ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь*

Асфальтобетон – искусственный материал, получаемый в результате уплотнения специально подобранной смеси щебня, отсева, песка, минерального порошка и битума. В зависимости от назначения асфальтобетон должен отвечать определенным требованиям нормативных документов (ГОСТ, СТБ).

Структура асфальтобетона является одним из решающих факторов, определяющих его качество, и в частности прочность и долговечность. Поэтому должна правильно решаться задача направленного структурообразования асфальтобетона, т.е. создания структуры, отвечающей требованиям достаточно высокого его качества. Данная задача определяет и выбор типа асфальтобетона, и методику проектирования его состава.

Качество асфальтобетона во многом определяется и условиями технологии производства работ: приготовления, транспортирования, укладки и уплотнения асфальтобетонной массы.

Асфальтобетон, как конструктивный элемент дорожной одежды многократно подвергается переменному нагружению. Число нагружений до появления первых признаков его разрушения (в т.ч. появления на поверхности покрытия автомобильной дороги недопустимых деформаций) будет тем больше, чем меньше напряжения в асфальтобетоне, величина которых определяется рядом материаловедческих и эксплуатационных факторов. Исследования проводимые в этом направлении позволяют отнести к ним такие факторы, как режим силового воздействия (паузы между нагрузками, перегрузки, частота нагружения, скорость передвижения транспортных средств и его грузоподъемность); предварительная внутренняя напряженность в покрытии; концентрация напряжения, обусловленная прежде всего формой минеральных заполнителей и остаточной пористостью минерального скелета; размерами минеральных составляющих и состоянием их поверхности; условиям формирования покрытия. Исследование влияния этих факторов на усталость асфальтобетона позволяет оценить усталость асфальтобетона в целом, т.е. дать прогноз о его сроке службы. Практически это можно осуществить при условии оценки напряженно-деформированного состояния в зоне контакта автомобильного колеса и асфальтобетонного покрытия с помощью созданной специальной лабораторной установки. Ее возможности позволяют исследовать напряженно-деформированное состояние в зависимости от всех, указанных выше факторов с измерением величины и знака возникающих напряжений. Было бы неверно подходить к вопросу долговечности (усталости) асфальтобетонных покрытий, судя по какому-то одному признаку: износу, сдвигоустойчивости, трещиностойкости и т.д. Появление любого дефекта обусловлена рядом причин.