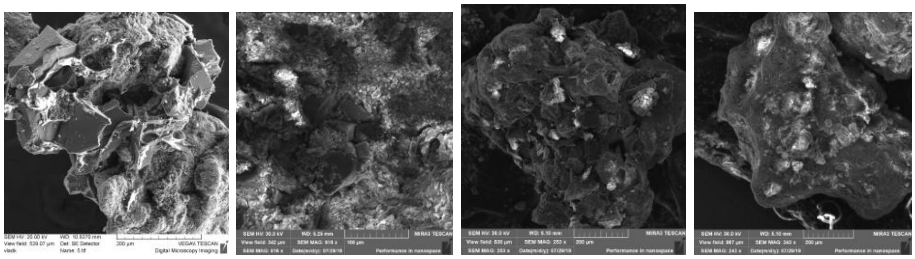
В.С. Биткаша[1],
Н.С. Хомич, к.т.н.[1],
С.В. Якубовская, к.т.н.[2],
Унитарное предприятие «Полимаг»[1],
Белорусский национальный технический университет[2]

МЕХАНИЗМ ИЗНАШИВАНИЯ ТВЕРДОГО СПЛАВА ВК-15 ПРИ МАГНИТНО-АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКЕ

Технологические, экономические показатели процессов абразивной обработки при прочих равных условиях определяются видом, структурой, составом применяемых инструментов. В процессах магнитно-абразивной обработки применяется специфический вид инструмента, представляющий собой множество частиц объединенных в сгусток магнитным полем. Единичным инструментом является отдельная частица, однако режущими элементами (единичными инструментами на микроскопическом уровне) являются вершины, грани либо зерна абразива, на ее поверхности. Форма, размеры, физико-механические характеристики, площадь, занимаемая ими на поверхности магнитно-абразивной частицы будут определять эффективность процессов и качество обработки поверхности. В процессах магнитно-абразивной обработки применяются материалы различного состава, структуры. Очевидно, что максимальную концентрацию режущих элементов обеспечивает структура, включающая ядро (магнитное) на поверхности которого расположены режущие элементы – зерна абразива.

Методами электронной сканирующей микроскопии, энергодисперсионного анализа изучено влияние концентрации абразивных зерен в магнитно-абразивном порошке на морфологию поверхности пластин твердого сплава ВК-15. В качестве магнитно-абразивного порошка использовали порошок (ферроабраз-310) фракции 1000/400 мкм, на поверхности частиц которого расположены зерна карбида кремния фракции 80/63 мкм. Концентрация карбида кремния в магнитно-абразивных порошках составляла 8 и 15 мас.%. Обработку пластин твердого сплава проводили на установке М-14 (производства УП «Полимаг», Беларусь) при скорости вращения магнитного индуктора 600 об/мин. Длительность обработки составляла 10 и 15 мин.

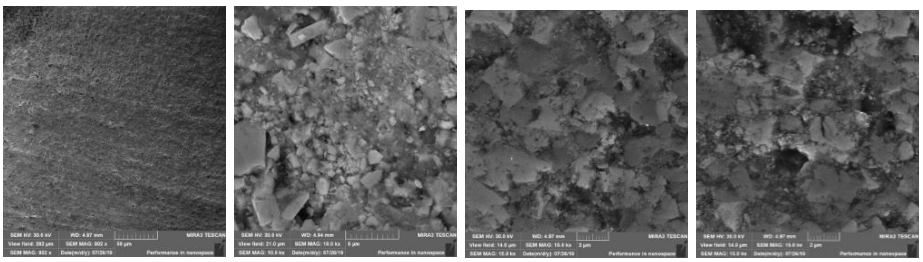
Магнитно-абразивная обработка пластин твердого сплава сопровождается изменением морфологии поверхности магнитно-абразивных порошков (рис. 1). В порошке с 8 мас.% карбида кремния зерна выкрошены уже после 10 мин обработки (рис. 1 *а*, *б*). В порошке с 15 мас.% карбида кремния зерна карбида после 10 мин обработки выкрошены частично и присутствуют на поверхности магнитно-абразивного порошка после 15 мин обработки (рис. 1 *в*, *г*).



а *б* *в* *г*

Рис. 1. Морфология поверхности магнитно-абразивных порошков после обработки пластин твердого сплава ВК-15.
Содержание зерен карбида кремния, мас.%: а, б – 8; в, г – 15.
Длительность обработки, мин: а – исходное состояние, в – 10; б, г – 15

Микрорельеф на поверхности пластин твердого сплава представляет собой совокупность выступов со сглаженными вершинами, на фоне которых расположены отдельные более крупные (5–8 мкм) впадины. Магнитно-абразивная обработка пластин (10 мин), вне зависимости от состава порошка, формирует на поверхности микрорельеф образованный пологими гребнями и впадинами, ориентированными в направлении обработки, среди которых присутствуют борозды, также ориентированные в направлении обработки (рис. 2, *а*). Микрорельефы, образованные на поверхности пластин после их обработки в течение 10 и 15 минут порошком с 15 мас.% зерен карбида кремния, представляют собой совокупность частиц карбида вольфрама со следами сколов, выступающими из кобальтовой матрицы. После 15-минутной обработки, микрорельеф представляет собой совокупность разрушенных и целых частиц карбида вольфрама со следами разрушений на поверхности (рис. 2, *б*). Обработка пластин твердого сплава порошком с 8 мас. % зерен карбида кремния в течение 10 и 15 мин, формирует сглаженные микрорельефы, образованные частицами карбида вольфрама со следами обработки на поверхности и углублениями от разрушенных зерен (рис. 2, *в*).



а *б* *в* *г*

Рис. 2. Морфология поверхности пластин твердого сплава ВК-15 после обработки магнитно-абразивными порошками с 8 мас. % (а, в, г) и 15 мас. % (б) зерен карбида кремния. Длительность обработки, мин: а, в – 10; б, г – 15

Шероховатость поверхности пластин после обработки магнитно-абразивными порошками с 8 и 15 мас.% карбида кремния в течение 15 мин снижается с 1,055–1,100 мкм до 0,784–0,856 мкм и 0,852–0,876 мкм соответственно.

Морфология поверхностей пластин после магнитно-абразивной обработки порошками с 8 и 15 мас. % карбида кремния показывает, что изнашивание твердого сплава происходит по абразивному механизму, несмотря на близкие значения микротвердости карбида вольфрама и карбида кремния. Однако микрорельефы на поверхности частиц карбида вольфрама указывают на изнашивание по механизму хрупкого разрушения (рис. 2, *б*). Рельеф, образованный на поверхности пластин твердого сплава имеет признаки (борозды ориентированные в направлении обработки) характерные для абразивного механизма изнашивания, однако волнистый микрорельеф из гребней и впадин нельзя однозначно отнести к морфологическим признакам абразивного механизма изнашивания. Различия между микрорельефами, образованными порошками с 8 и 15 мас.% карбида кремния могут быть обусловлены как более интенсивным воздействием порошка с большей концентрацией карбида кремния, так и воздействием вершин, граней материала ядра. Увеличение концентрации зерен карбида кремния в порошке приводит к более интенсивному динамическому воздействию их вершин, граней на поверхность частиц карбида вольфрама. Следствием этого является формирование в частицах карбида вольфрама сети микротрещин (нарушенного приповерхностного слоя) и снижению их прочности. Внедрение вершины зерна карбида кремния, выступающей над остальными, в зерно карбида вольфрама и перемещение в нем, приводит к образованию борозды. Множественные соударения вершин зерен карбида кремния с поверхностью пластин (а также размерный фактор) нивелируют различия в физико-механических характеристиках карбида вольфрама и кобальта и способствуют формированию сглаженных микрорельефов. Волнистый микрорельеф на поверхности пластин возникает вследствие неравномерного распределения частиц и различий значений магнитной индукции в сгустке. При концентрации частиц карбида кремния в порошке 8 мас. % в изнашивании поверхности пластин (дефектного поверхностного слоя) участвуют вершины и грани железо-титанового сплава ядра с меньшей твердостью, чем карбид вольфрама, что и приводит к формированию различных морфологий поверхности пластин.

Основным механизмом изнашивания пластин твердого сплава при магнитно-абразивной обработке является хрупкое разрушение, сопутствующим – абразивное изнашивание.