

материала уже не будет в наличии нужного количества микрокапсул с клеем. Впрочем, на этот случай ученые имеют запасные варианты.

Подобные системы пока существуют лишь в лабораторных условиях: в университете Иллинойса создана сеть капилляров, призванная снабжать материал клеящим составом, который циркулирует в капиллярах подобно крови в человеческом теле.

Таким образом, необходимы дальнейшие исследования в области самовосстанавливающихся материалов. В частности, нужна разработка таких материалов, которые, помимо механических свойств, восстанавливали бы и другие свойства (проводимость и т. д.) после повреждения, а также существует сложная задача в отношении разработок самовосстанавливающихся наноструктур.

R.E. Abashkin, M.O. Rudnev

e-mail: abashkin1982@gmail.com

Southwest State University, Kursk

RESETTABLE MATERIALS. FUTURE TRENDS

Questions of development of self-healing materials.

Key words: samovosstanovlivayuschiesya materials, polymers, composites, regeneration.

УДК 621.923

В.В. Малыхин¹, Ф.В. Новиков²

e-mail: mtio.swsu@gmail.com

¹*Юго-Западный государственный университет, Курск*

²*Харьковский национальный экономический университет (Украина)*

ПРИНЦИПЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ АЛМАЗНОГО ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОГО ШЛИФОВАНИЯ

Рассмотрены условия функционирования системы алмазного электроэрозионного шлифования и определены основные принципы управления процессом.

Ключевые слова: алмазное электроэрозионное шлифование, режущая поверхность круга, управляющие воздействия.

Алмазное шлифование широко применяется в машиностроении для обеспечения высокого качества и точности обработки деталей. За последние годы разработана гамма эффективных процессов шлифования кругами на металлических связках, среди которых одним из перспективных и высокопроизводительных является алмазное электроэрозионное шлифование (АЭШ). Достоинством данного способа является возможность и относительная простота управления параметрами режущей поверхности круга (РПК) с целью стабилизации технологических показателей обработки. В настоящее время одной из актуальных задач является совершенствование процесса АЭШ и раскрытие основных внутренних связей системы шлифования с управлением параметрами РПК как двух подсистем.

Рассмотрим условия функционирования подсистем резания и управляющих воздействий, которые обеспечивают стабильность выходных технологических показателей в процессе функционирования системы шлифования с управлением параметрами РПК в целом, на основе взаимодействий процессов, образующих подсистемы. По аналогии со структурой системы резания, разработанной М.И. Клушиным [1], процессы, происходящие при удалении припуска алмазными зернами, можно объединить в две группы.

Первая группа процессов (рис.), совершающихся одновременно и объединенных многочисленными прямыми и обратными связями, составляет подсистему резания. Это образование на изделии новой поверхности (1), превращение срезаемого слоя в стружку (3), изнашивание поверхностей зерна (5). Вторая группа процессов – процессы, системообразующие по отношению к подсистеме резания: упругая и пластическая деформация срезаемого металла в условной плоскости сдвига (2), трение между стружкой и передней поверхностью зерна (4), трение между обработанной поверхностью и задней поверхностью зерна (6). Процессы обеих групп имеют по два компонента, каждый из которых принадлежит одновременно одному из процессов первой и одному из процессов второй группы, что иллюстрирует системообразующую роль процессов второй группы по отношению к первой.

Группы процессов и компоненты, образующие подсистему управляющих воздействий электроэрозионным способом, приведены в таблице.

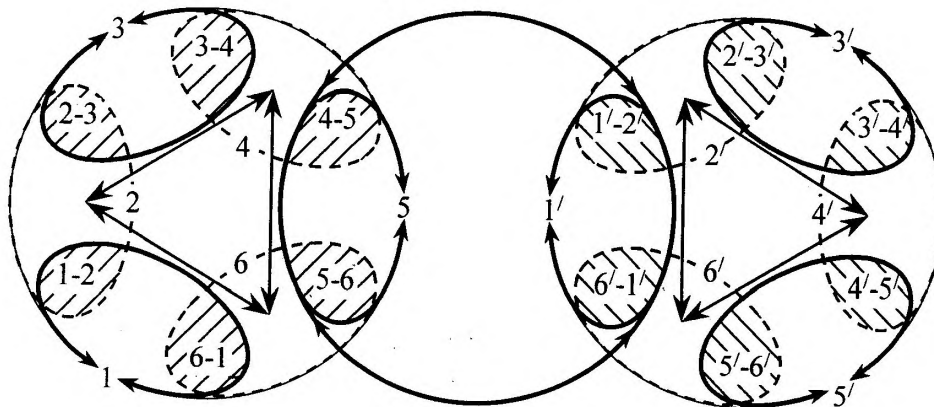


Рис. 1. Подсистемы резания и управляющих воздействий, составляющие их процессы и компоненты: 1-2 – первичная деформация удаляемого материала передней поверхностью зерна под действием нормальных напряжений; 2-3 – стадия сдвига удаляемого слоя материала под действием касательных напряжений; 3-4 – вторичная деформация стружки в результате трения о переднюю поверхность зерна; 4-5 – изнашивание передней поверхности зерна; 5-6 – то же задней поверхности; 6-1 – вторичная пластическая деформация обработанной поверхности в результате трения задней поверхности зерна

Процессы и компоненты, составляющие подсистему управляющих
воздействий электроэрозионным способом

Группы процессов	Процессы и компоненты
I группа. Подсистема управляющих воздействий	1'. Образование новой РПК. 3'. Протекание электроэрозионных разрядов. 5'. Изнашивание ЭИ.
II группа. Системообразующие процессы	2'. Бомбардировка электронами анода. 4'. Бомбардировка ионами катода. 6'. Формирование МЭП.
Общие компоненты для I и II групп	1' - 2'. Расплавление, испарение и выброс материала связки. 2' - 3'. Выделение энергии на аноде. 3' - 4'. Выделение энергии на катоде. 4' - 5'. Расплавление, испарение и выброс материала катода (ЭИ). 5' - 6'. Изменение величины МЭП в результате изнашивания ЭИ. 6' - 1'. Изменение величины МЭП в результате удаления связки с РПК

Взаимосвязь и взаимообусловленность функционирования подсистем резания и управляющих воздействий как единой системы определяется наличием прямых и обратных связей между процессом изнашивания поверхностей зерна 5, принадлежащим подсистеме резания, и процессом образования новой РПК 1', принадлежащим подсистеме управляющих воздействий.

Так как образование новой РПК происходит в результате удаления из связки наиболее выступающих зерен, которые, как правило, имеют наибольшие размеры контактных площадок, то параметры РПК будут находиться в квазистационарном состоянии, если при управляющих воздействиях будет реализован следующий основной принцип: время удаления t_y объема связки V_c , достаточного для перевода зерен с наибольшими размерами контактных площадок на задних поверхностях из устойчивого состояния в неустойчивое в результате функционирования подсистемы управляющих воздействий, должно быть равно времени образования критических параметров РПК t_k при функционировании подсистемы резания. Математическая запись этих условий имеет вид

$$V_{yc} = V_c \text{ при } t_y = t_k, \quad (1)$$

где V_{yc} – объем связки, удаленной с поверхности круга в результате управляющих воздействий; t_k – время образования критических параметров РПК. Разделив V_{yc} на t_k , получим требуемую интенсивность (I) удаления связки в процессе управляющих воздействий, обеспечивающую стабильные параметры РПК, а соответственно, и выходные показатели шлифования.

Если интенсивность удаления связки в процессе управляющих воздействий $I_y < I$, то система в результате роста размеров контактных площадок на зернах и увеличения количества одновременно работающих зерен вследствие уменьшения разновысотности эволюционирует в неблагоприятном направлении. При $I_y > I$ и $t_y = t_k$ будет наблюдаться повышенный расход алмазов, который можно устранить, осуществляя управляющие воздействия на РПК с периодичностью $t_{\Pi} = t_k - t_y$, где t_y – время управляющих воздействий, необходимое для удаления связки объемом V_c .

Выполнение условия (1) в процессе управляющих воздействий наделяет систему свойством, отсутствующим у ее компонентов. Это свойство заключается в том, что в процессе обработки параметры РПК будут находиться

в квазистационарном состоянии, а система не будет эволюционировать в неблагоприятном направлении в результате изменения параметров РПК, как это имеет место при обычном шлифовании. При функционировании системы шлифования с управлением параметрами РПК связь между первичными параметрами, которыми можно варьировать, и вторичными параметрами не прямая, а опосредованная.

С одной стороны, первичные параметры через характеристики рабочей поверхности неподвижного круга, кинематику процесса, элементы режима резания определяют формы единичных срезов, размеры которых, с учетом физико-механических свойств обрабатываемого материала, определяют нагрузку на единичное зерно, а также условия образования контактных площадок на задних поверхностях зерен, которое приводит к изменению их разновысотности. С другой стороны, режимы управляющих воздействий определяют показатели процесса удаления связки, а следовательно, условия обновления РПК, оказывая тем самым влияние на системообразующие процессы подсистемы резания. Функционирование системообразующих процессов характеризуется показателями, являющимися структурообразующими параметрами для системы шлифования с управлением параметрами РПК в целом.

Наиболее важными структурообразующими параметрами системы шлифования с управлением параметрами РПК являются:

- размеры условной плоскости сдвига, величина касательных напряжений в плоскости сдвига, интенсивность пластической деформации при стружкообразовании;

- силы стружкообразования и усредненный коэффициент трения стружки о переднюю поверхность зерна;

- размеры площадки контакта задней поверхности зерна с поверхностью резания, закон распределения и величина нормальных и касательных напряжений в зоне контакта, силы на контактной площадке и средний коэффициент трения;

- показатели управляющих воздействий: энергия единичных воздействий, удаляемый объем связки единичным воздействием, частота следования единичных воздействий и др.;

- проекции сил резания на единичном зерне и шлифовальном круге на координатные оси, а также температура шлифования;

– пленки вторичных структур, возникающих в результате физико-химических и химических реакций новых поверхностей, образующихся при резании, с воздухом и технологической средой;

– топография износа единичных зерен и интенсивность изнашивания шлифовального круга, параметры РПК: количество зерен на единице площади рабочей поверхности, параметры статистических законов распределения разновысотности вершин зерен, объем межзеренного пространства.

При фиксированных значениях первичных параметров системообразующие процессы и структурообразующие параметры однозначно предопределены, между ними устанавливается некоторое динамическое равновесие, которое и определяет значения вторичных параметров. Для решения общей задачи стабилизации показателей процесса алмазного электроэрозионного шлифования с помощью управляющих воздействий на режущую поверхность круга необходимо решить ряд локальных задач, относящихся к подсистемам резания, управляющих воздействий и системе в целом.

Задачи, относящиеся к подсистеме резания:

– определение наиболее вероятных форм единичных срезов по данным пространственного расположения зерен на рабочей поверхности неподвижного круга и кинематики процесса;

– расчет параметров единичных срезов в условиях массового резания зернами, разновысотно расположенными на РПК;

– расчет сил, действующих на единичное зерно и шлифовальный круг, с учетом влияния температурно-скоростных факторов, характерных для шлифования, на физико-механические свойства обрабатываемого материала и изменения параметров РПК во времени.

В подсистеме управляющих воздействий решают задачу получения зависимостей, отражающих влияние режимов электроэрозионных воздействий на интенсивность удаления связки с РПК.

Задачи, относящиеся к функционированию процесса шлифования с управлением параметрами РПК как единой системы:

– расчет интенсивности удаления связки при управляющих воздействиях на РПК, обеспечивающих поддержание параметров РПК в требуемых пределах;

– определение режимов управляющих воздействий, обеспечивающих рассчитанную интенсивность удаления связки; расчет оптимальных режимов шлифования с управлением параметрами РПК.

Таким образом, принципы управления процессом алмазного электроэрозионного шлифования базируются на системе управления параметрами РПК.

1. Физико-математическая теория процессов обработки материалов и технология машиностроения: в 10 т. Т. 9 / под общ. ред. Ф.Н. Новикова и А.В. Якимова. Одесса: ОНГПУ, 2005. 584 с.

V.V. Malykhin¹, F.V. Novikov²

e-mail: mtio.swsu@gmail.com

¹*Southwest State University, Kursk*

²*Kharkiv National University of Economics (Ukraine)*

PRINCIPLES OF PROCESS CONTROL DIAMOND GRINDING ELECTROEROSION

The conditions for the functioning of the electrical discharge diamond grinding and the basic principles of process control.

Key words: electric discharge diamond grinding, cutting surface of the circle, control actions.

УДК 621.9

Р.Е. Абашкин, К.В. Корневский

e-mail: abashkin1982@gmail.com

Юго-Западный государственный университет, Курск

ТЕМПЕРАТУРНО-СИЛОВАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ВРЕМЕНИ ДО РАЗРУШЕНИЯ МАТЕРИАЛА ПРИ СЛОЖНОМ НАПРЯЖЕННОМ СОСТОЯНИИ

В данной статье рассматривается метод определения длительной прочности образцов, в частности жаропрочных сплавов, используя кривые