

РАЦИОНАЛЬНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ КОМБИНИРОВАННОГО АЛМАЗНОГО ШЛИФОВАНИЯ

Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»,
Харьков, Украина

Введение

Ресурсосбережение в использовании инструментов комбинированных технологий шлифования, например разрабатываемого в Харьковском политехническом институте алмазно-искрового [1], прежде всего определяется эффективностью использования абразивов, в особенности наиболее дорогостоящих и работоспособных сверхтвердых, и отдачей энергопотребления на нужды поддержки развитости режущего рельефа инструментов, например отличающихся повышенной прочностью и износостойкостью металло-связанных.

Предлагаемый подход к рациональному обеспечению устойчивости комбинированного алмазного шлифования с электроэнергетической поддержкой работоспособности металловсвязанных режущих инструментов формируется на основе физико-механической теории процессов обработки материалов и технологии машиностроения [2].

Основная схема аналитического подхода

Рассматриваемая модель предполагает равномерный закон распределения высот зерен над уровнем связки после ее вскрытия. Отображением стабильности шлифования является сохранение неизменной максимальной толщины среза, достигаемой отдельными зернами рабочей поверхности круга в заданной системе кинематико-геометрических условий (режимов) шлифования, определяющих производительность обработки.

В общем случае изнашиваемости зерен в трибо- и режущем контакте с обрабатываемым материалом рассматриваемая модель предполагает также равномерным (с постоянной скоростью $V_{зер}$) износ зерен в направлении нормали к номинальной рабочей поверхности круга (цилиндрической при шлифовании периферией круга, плоской при шлифовании его торцем). Согласно модели, наиболее выступающее над уровнем связки зерно перед выпадением из нее одновременно достигает максимальной толщины среза H_{max} и предельного износа X . При этом, в текущей системе отсчета от исходного (до износа) положения вершины наиболее выступающего над уровнем связки зерна, максимальная глубина внедрения обрабатываемого материала в рабочую поверхность круга составит величину $H = H_{max} + X$.

Стабилизация и рациональное шлифование

Приведение скорости износа связки $V_{св}$ и рациональная регенерация изнашиваемого режущего рельефа в соответствии со скоростью износа зерен $V_{зер}$ в рамках принятых рассматриваемой моделью допущений и в версии $\Delta = 0$ осуществляется из условия [3]

$$\frac{H}{V_{св}} = \frac{X}{V_{зер}} \quad (1)$$

и вытекающего из него соотношения

$$\frac{V_{зер}}{V_{св}} = \eta, \quad (2)$$

где $\eta = X / H$ – безразмерный коэффициент, учитывающий степень затупления зерна, $\eta \rightarrow 0$ для острого зерна, $\eta \rightarrow 1$ для затупленного зерна.

Корректность установления соотношения (2), как универсального описания режущего этапа жизненного цикла каждого зерна геометрически стабильной рабочей поверхности круга подробно рассмотрена в работе [4].

Рассмотрим, как будет трансформироваться процесс шлифования при неадекватном (2) оперировании износом связки в версии $\Delta = 0$. Попытки увеличить ресурс шлифовального круга уменьшением V_{ce} по отношению к следующей из (2) норме $[V_{ce}] = V_{зep} / \eta$ со всей очевидностью приводят к конфликтной встрече связки круга со снимаемым припуском, когда первая (связка) не успевает вскрыться до обеспечения высоты выступления зерен, необходимой для стабильного удаления второго (припуска), $[H_{max}] > H - X$. Если контакт «инструмент-деталь» абсолютно жесткий, то при врезном шлифовании следует либо мгновенный отказ технологической системы обработки, либо (для предварительно вскрытого круга) время наработки на отказ также практически мгновенно и составляет $\tau = H / ([V_{ce}] - V_{ce})$ с момента начала шлифования, если шлифование и удаление связки начаты одновременно, или $\tau = H / [V_{ce}]$ с момента начала шлифования, если сигналом к удалению связки является ее контакт со снимаемым припуском. Формой отказа может быть как управляемый останов технологической системы (например, при наличии следящего контроля нормальной нагрузки рабочего контакта), так и один из опасных аварийных вариантов (разрыв или срыв круга или заготовки).

Если же рассматривать упругий контакт «инструмент-деталь», то с вступлением поверхности заготовки в контакт со связкой круга при $V_{ce} < [V_{ce}]$ сначала последуют упругие перемещения с натягом в контакте до некоторой предельной нагрузки. Дальнейшее развитие ситуации – по рассмотренным выше принципиальным вариантам жесткого контакта.

В индустриальной практике обычно прибегают к резервированию стабильности шлифования нарушением уровня достаточности $[V_{ce}]$ в сторону $V_{ce} > [V_{ce}]$, что поглощает дополнительные энергоресурсы и может приводить к неочевидно значительному сокращению ресурса инструмента [5] и, соответственно, неоправданному повышению необходимых

затрат на решение комплекса задач инструментального обеспечения (в снабжении и складском хозяйстве; по замене, отладке, утилизации отработанного инструмента и т.п.).

В этом случае трансформация схемы «износ-нагрузка» критического состояния зерна (перед выпадением из связки, рисунок) может развиваться по двум направлениям. Первое характеризуется постоянством критической заделки зерна в связке круга, следствием чего является постоянство H в различных версиях V_{ce} и, как это следует из (1), пропорциональное увеличению $V_{ce} > [V_{ce}]$ уменьшение X при постоянстве $V_{зep}$ (исходная посылка моделирования), что приводит к соответствующему недоиспользованию отдельных зерен абразива и сокращению эксплуатационного ресурса шлифовального круга в целом.

Второе направление трансформации рассматриваемой схемы «износ-нагрузка» характеризуется постоянством максимальной толщины среза H_{max} (по достижению которой зерно прекращает свое пребывание в связке круга) как в базовом ($V_{ce} = [V_{ce}]$), так и в измененном ($V_{ce} > [V_{ce}]$) состоянии. При этом $H < [H]$, т.к. по определению $H = H_{max} + X$, но $H_{max} = [H_{max}]$, $X < [X]$, как это следует из (1), ибо $V_{зep} = const$, а $V_{ce} > [V_{ce}]$. Соотношение (1) для $V_{ce} = k[V_{ce}]$, где $k \geq 1$, $H_{max} = [H_{max}]$ приобретает вид ($X = [X]$ при $k = 1$):

$$\frac{[H_{max}] + X}{k[V_{ce}]} = \frac{X}{V_{зep}}, \quad (3)$$

откуда

$$X = \frac{V_{зep} [H_{max}]}{k[V_{ce}] - V_{зep}}. \quad (4)$$

Из (4) следует, что в этом случае величина достижимого износа зерна X с увеличением V_{ce} (увеличением k), снижается, причем темп снижения замедляется по мере возрастания V_{ce} .

Предыдущими исследованиями [5-8] уже отмечалось, что превышение определенного уровня достаточности скорости износа связки пусть и обеспечивают стабильность шлифования в стойкостном аспекте, причем вплоть до полного исчерпания абразивосодержащего слоя толщиной S , но приводит к соответствующему (в обратной пропорции) изменению эксплуатационного ресурса инструмента T , поскольку

$$T = S / V_{св}. \quad (5)$$

Проведенный анализ рассматриваемой модели, включающей постоянство $V_{зеп}$ как исходную посылку моделирования, позволяет через норму $[\eta]$ определить из (2) норму $[V_{св}]$:

$$[V_{св}] = V_{зеп} / [\eta]. \quad (6)$$

Выражение (6) является рациональной формой реализации расширенного условия

$$V_{св} \geq V_{зеп} \quad (7)$$

стабильности шлифования в стойкостном аспекте, поскольку при этом, в соответствии с (5), эксплуатационный ресурс инструмента максимален и потому является нормой эффективной эксплуатации инструмента

$$[T] = S / [V_{св}]. \quad (8)$$

Несоблюдение этого условия на практике может приводить к неоправданному повышению расходов по инструментальному обеспечению технологических систем. Как это следует, например, из данных [6], интерпретированных с использованием расчетного подхода [9] к определению $V_{св}$ при круглом наружном и внутреннем шлифовании различных труднообрабатываемых материалов (наплавочных, твердосплавных, магнитно-твердых), интенсификация электрических режимов алмазно-искрового шлифования повышением средней величины импульсного тока до 3-х раз может привести к увеличению $V_{св}$ более чем в 3 раза и соответствующему снижению эксплуатационного ресурса круга.

На стадии проектирования инструмента и технологий крупносерийного и массового производства в соответствии с (8) достаточно поставить S в зависимость от $[T]$ при известной $[V_{св}]$, чтобы потери времени на замену и подналадку инструмента $t_{см}$ после исчерпания им ресурса $[T]$ при производстве некоторого количества продукции «попадали» в интервал времени t_x планового обслуживания не менее «узкого» места технологического процесса ($t_{см} \leq t_x$), с обеспечением тем самым многопозиционной концентрации потерь времени на необходимую вне рабочих ходов поддержку заданной функциональной работоспособности технологической системы.

Заключение

Как это следует из представленной модели шлифования и проведенного с ее помощью анализа, условие (1) и вытекающее из него соотношение (2) являются необходимым содержанием осуществимости устойчивости характеристик режущего рельефа рабочей поверхности круга в процессе обработки, в свою очередь являющейся необходимым содержанием устойчивости самого процесса.

При этом в организационно-технологических задачах массового производства с заданной производительностью обеспечение эффективной величины ресурса круга можно рассматривать и как необходимое решение всего комплекса характеристик шлифовального круга, формируемых на стадии его производства и определяющих диапазон возможного варьирования нормой $[V_{св}]$ за счет управления параметром $V_{зеп}$.

Таким образом, очерчивание и рассмотрение путей рационального управления ресурсом круга в устойчивых процессах шлифования в контексте представленного исследования следует начинать с соответствующей увязки проектирования алмазно-абразивных инструментов с проектированием использующих их технологий и технологических систем.

Список литературы:

1. Беззубенко Н.К. Повышение эффективности алмазного шлифования путем введения в зону обработки дополнительной энергии в форме электрических разрядов: Автореф. дис....докт.техн.наук: 05.03.01 / Харьк. гос. политехн. ун-т. – Харьков, 1995. – 56 с.

2. Новиков Ф.В., Новиков Г.В., Гуцаленко Ю.Г. Оптимизация параметров энергетически равновесного процесса алмазного шлифования // В кн.: Физико-математическая теория процессов обработки материалов и технологии машиностроения / Под общей редакцией Ф.В. Новикова и А.В. Якимова. В 10-ти томах. – Т.9: Проектирование технологических процессов в машиностроении. – Одесса: ОНПУ, 2005. – С. 477-509.

3. Новиков Ф.В., Гуцаленко Ю.Г. Разработка аналитической модели устойчивого во времени процесса алмазного шлифования // Вісн. Нац. техн. ун-ту «Харк. політехн. ін-т»: Темат. вип.: Технології в машинобудуванні. – Харків: НТУ «ХПІ», 2005. – № 12. – С. 51-63.

4. Гуцаленко Ю.Г. Стойкость круга в рабочих процессах рационального стабильного шлифования // Вісн. Нац. техн. ун-ту «Харк. політехн. ін-т»: Зб. наук. праць. – Темат. вип.: Технології в машинобудуванні. – Харків: НТУ «ХПІ», 2005. – № 24. – С. 50-63.

5. Беззубенко Н.К., Гуцаленко Ю.Г. Влияние связки на износ круга при алмазно-искровом шлифовании // Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье. – Вып. 8. – Харьков: Харьк. гос. политехн. ун-т, 2000. – С. 13-19.

6. Гуцаленко Ю.Г. Влияние электрических режимов на расход алмазов в рабочих процессах алмазно-искрового шлифования с устойчивой режущей способностью инструмента // Вісн. Харк. держ. політехн. ун-ту: Зб. наук. праць. – Вип.100: Машинобудування. – Харків: ХДПУ, 2000. – С. 45-49.

7. Беззубенко Н.К., Гуцаленко Ю.Г. Назначение электрических параметров алмазно-искрового шлифования // Вісн. Нац. техн. ун-ту «Харк. політехн. ін-т»: Зб. наук. праць. –

Вип. 4: Проблеми удосконалювання електричних машин і апаратів. Теорія і практика. – Харків: НТУ «ХПІ», 2001. – С. 3-8.

8. Гуцаленко Ю.Г. Рациональное использование алмазных инструментов на металлических связках в производительных процессах шлифования высокопрочных сталей и сплавов // Физические и компьютерные технологии: Тр. 10-й Междунар. науч.-техн. конф., 28-30 сент. 2004 г. – Харьков: ХНПК «ФЭД», 2004. – С. 63-66.

9. Гуцаленко Ю.Г. Исследование трансформационных взаимосвязей функциональной устойчивости процесса шлифования и режущего рельефа инструмента // Вісн. Нац. техн. ун-ту «Харк. політехн. ін-т»: Зб. наук. праць. – Темат. вип.: Технології в машинобудуванні. – Харків: НТУ «ХПІ», 2005. – №24. – С. 39-49.