

По полученным в результате проведенных исследований значениям нелинейности ХП и неравномерности АЧХ устройства АП можно сделать вывод, что АП может быть использовано в качестве СИТ для преобразования напряжения переменного тока в эквивалент виброперемещения в диапазоне размаха от 0 мкм до 500 мкм и в диапазоне частот от 5 Гц до 500 Гц.

Направлением дальнейших исследований является проведение работ по метрологическому обеспечению устройства АП, в частности, разработка программы и методики метрологической аттестации, методики калибровки и т.д.

Список литературы: 1. Вибрация энергетических машин. Справочное пособие. Под ред. Н.В. Григорьева. – Л.: Машиностроение, 1974. – 464 с. 2. ДСТУ ISO 10814:2006. Механічна вібрація. Схильність і чутливість машин до дисбалансу. 3. ГОСТ 27165-97. Агрегаты паротурбинные стационарные. Нормы вибрации валопроводов и общие требования к проведению измерений. 4. ГОСТ ИСО 7919-1-2002 (ГОСТ Р ИСО 7919-1-99). Вибрация. Контроль состояния машин по результатам измерений вибрации на вращающихся валах. Общие требования. 5. ГОСТ ИСО 10816-1-97. Вибрация. Контроль состояния машин по результатам измерений вибрации на невращающихся частях. Общие требования. 6. Абдуллаев И.М. Козлов К.Ю. Особенности вибрационного контроля и диагностики технического состояния электромеханических устройств при эксплуатации и изготовлении. // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2006. - №7. – с. 52 – 54. 7. Баркова Н.А. Введение в вибрационную диагностику роторных машин и оборудования. Учебное пособие. – С-Пб.: Изд-во СПб ГМТУ, 2003. 8. Явленский К.Н., Явленский А.К. Вибродиагностика и прогнозирование качества механических систем. Л.: Машиностроение. Ленингр. отд., 1983. 9. Кордуба В.Г. и др. Концептуальные основы системы вибробезопасности / Наука - энергетике. Сборник научных трудов. - Минск: АНК "ИТМО им. А.В. Лыкова" НАНБ, 1999. - с. 61-65. 10. Суворов В.Н. Многоканальный виброизмерительный комплекс К-5101. // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2006. - №1. – с. 36 – 37. 11. Исследование возможности использования устройства активных потерь в качестве имитатора вибростенда для задания эквивалента перемещений: Отчет о НИР / XXII «Сертицентр АСУ» ГП «Госцентр качества». – № 220-СЦ-05. - Харьков, 2005. - 37 с.

Поступила в редколлегию 21.04.08

УДК 621.923

М.И. ГАСАНОВ, В.В. НЕЖЕБОВСКИЙ, А.В. ЧЕРНЕНКО

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСЛОВИЙ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ШЛИФОВАНИЯ

Проведен теоретический анализ составляющих силы резания, условного напряжения резания и удельной производительности обработки при шлифовании. Обоснованы условия повышения эффективности процесса шлифования

Процессы шлифования составляет основу финишной механической обработки деталей машин, обеспечивают высокие показатели качества и точности обрабатываемых поверхностей. Эффект обработки состоит в

возможности удаления тончайших стружек, что предопределяет относительно низкую силовую и тепловую напряженность процесса резания. В особой мере это относится к шлифованию алмазными кругами, характеризующимися высокой остротой и твердостью режущих кромок и позволяющими обрабатывать самые твердые материалы. В настоящее время в научно-технической литературе сформировалось достаточно полное представление о физической сущности и технологических возможностях процесса абразивного и алмазного шлифования. Разработана теория шлифования [1,2], позволяющая производить расчеты основных параметров обработки, выбирать оптимальные режимы шлифования и другие условия обработки. Вместе с тем, на практике постоянно возникают новые задачи по совершенствованию процессов шлифования как с точки зрения повышения качества и точности обрабатываемых поверхностей, так и точки зрения увеличения производительности обработки и износа круга, т.е. повышения экономичности процесса шлифования. В связи с этим целью настоящей работы является теоретическое обоснование условий повышения эффективности процесса шлифования на основе анализа его физических закономерностей и аналитического представления основных параметров обработки.

В основу работы положены важные научные результаты, полученные в работах проф. Новикова Ф.В. [3,4]. Используя их, проведем анализ составляющих силы резания при шлифовании, и установим их связь с производительностью и другими физическими параметрами обработки. Тангенциальную составляющую силы резания P_z выразим зависимостью:

$$P_z = \sigma \cdot S_{\text{сум}} = \sigma \cdot \frac{Q}{V_{\text{кр}}}, \quad (1)$$

где σ – условное напряжение резания, Н/м²; $S_{\text{сум}} = Q/V_{\text{кр}}$ – суммарная мгновенная площадь поперечного сечения среза всеми одновременно работающими зёрнами круга, м²; Q – производительность обработки, м³/с; $V_{\text{кр}}$ – скорость круга, м/с.

Как видно, уменьшить P_z можно за счет уменьшения условного напряжения резания σ и производительности обработки Q . Условное напряжение резания σ по физической сути определяет энергоёмкость обработки, т.е. количество энергии, затрачиваемой на съём единицы объема материала, и исходя из зависимости (1), выражается:

$$\sigma = \frac{N}{Q}, \quad (2)$$

где $N = P_z \cdot V_{\text{кр}}$ – мощность шлифования, Вт.

Радиальная составляющая силы резания P_y с учетом (1) описывается

$$P_y = \frac{P_z}{K_{ш}} = \frac{\sigma \cdot S_{сум}}{K_{ш}} = \frac{\sigma}{K_{ш}} \cdot \frac{Q}{V_{кр}}, \quad (3)$$

где $K_{ш} = P_z / P_y$ – коэффициент шлифования.

Уменьшить P_y можно уменьшением отношения $\sigma / K_{ш}$ и производительности обработки Q . С другой стороны, увеличить Q при заданном значении P_y (например, при шлифовании по упругой схеме) можно за счет увеличения скорости круга $V_{кр}$ и отношения $\sigma / K_{ш}$. На практике при анализе процесса шлифования пользуются понятием – удельная производительность обработки $Q_{уд} = Q / P_y$. Согласно зависимости (3), она аналитически опишется:

$$Q_{уд} = K_{ш} / \sigma. \quad (4)$$

Как видно, увеличить удельную производительность обработки $Q_{уд} = Q / P_y$ и соответственно повысить эффективность процесса шлифования можно путем уменьшения отношения $\sigma / K_{ш}$ и скорости круга $V_{кр}$.

В работе [3] показано, что условное напряжение резания σ и коэффициент шлифования $K_{ш}$ взаимосвязаны между собой зависимостью:

$$\sigma = \frac{2 \cdot \sigma_{сж}}{K_{ш}}, \quad (5)$$

где $\sigma_{сж}$ – предел прочности на сжатие обрабатываемого материала, Н/м².

Подставляя зависимость (5) в (4), имеем

$$Q_{уд} = \frac{K_{ш}^2}{2 \cdot \sigma_{сж}} \cdot V_{кр}. \quad (6)$$

Следовательно, для увеличения $Q_{уд}$ необходимо увеличить коэффициент шлифования $K_{ш} \rightarrow 1$ за счет повышения, в первую очередь, режущей способности круга и уменьшить интенсивность трения круга с обрабатываемым материалом. Как известно, при шлифовании $K_{ш} < 1$, а при лезвийной обработке (например, точении) $K_{ш} \geq 1$. Поэтому добиться существенного увеличения удельной производительности обработки $Q_{уд}$ можно в условиях резания лезвийным инструментом. Увеличение $Q_{уд}$ предполагает увеличение производительности обработки Q при заданной радиальной составляющей силы резания P_y или, наоборот, уменьшение P_y при заданной производительности обработки Q . В первом и во втором случаях эффект обработки достигается в результате уменьшения условного напряжения резания σ в соответствии с зависимостью (5), т.к. с увеличением

$K_{ш}$ условное напряжение резания σ уменьшается. Учитывая определяющее влияние отношения $\sigma/K_{ш}$ на основные параметры шлифования, проведем его более детальный анализ. В работе [5] приведена аналитическая зависимость для определения коэффициента шлифования $K_{ш}$:

$$K_{ш} = 2 \cdot \sqrt[3]{\frac{\tau_{сдв} \cdot \cos \psi}{4 \cdot HV} \cdot \frac{(1-\eta)}{\eta} \cdot \frac{(1-\sin \gamma)}{\sin \gamma}}, \quad (7)$$

где $HV, \tau_{сдв}$ – соответственно твердость по Виккерсу и предел прочности на сдвиг обрабатываемого материал, Н/м²; γ – половина угла при вершине конусообразного режущего зерна; $tg \psi = f$ – коэффициент трения режущего зерна с обрабатываемым материалом (ψ – условный угол трения режущего зерна с обрабатываемым материалом); η – безразмерная величина, учитывающая степень затупления режущего зерна, 0...1 ($\eta \rightarrow 0$ – для острого зерна, $\eta \rightarrow 1$ – для затупившегося зерна).

Безразмерная величина η связана с известным отношением a_z/R зависимостью:

$$\frac{a_z}{R} = \frac{(1-\eta)}{\eta} \cdot \frac{(1-\sin \gamma)}{\sin \gamma}, \quad (8)$$

где a_z – толщина среза единичным зерном, м; R – радиус округления вершины режущего зерна, м.

Подставляя зависимость (8) в (7), имеем

$$K_{ш} = 2 \cdot \sqrt[3]{\frac{\tau_{сдв} \cdot \cos \psi}{4 \cdot HV} \cdot \frac{a_z}{R}}. \quad (9)$$

Как следует из зависимости (9), увеличить коэффициент шлифования $K_{ш}$ и соответственно уменьшить условное напряжение резания σ можно в первую очередь за счет увеличения отношения a_z/R , т.е. увеличения толщины среза единичным зерном a_z и уменьшения радиуса округления вершины режущего зерна R . Реализовать данное условие можно путем поддержания высокой режущей способности круга, обеспечивая режим самозатачивания круга или своевременно удаляя с рабочей поверхности круга затупившиеся зерна с помощью эффективных методов правки. Прогрессивным в этом направлении следует рассматривать алмазно-искровое шлифование, основанное на введении в зону резания дополнительной электрической энергии в форме электрических разрядов. Проведенные нами экспериментальные исследования показали, что в условиях алмазно-искрового шлифования твердых сплавов производительность обработки Q и условное напряжение резания σ (или энергоемкость шлифования) стабилизируется во времени (рис. 1,а), тогда как при обычном шлифовании

алмазным кругом на металлической связке производительность обработки Q с течением времени шлифования уменьшается, а условное напряжение резания σ , наоборот, увеличивается (рис. 1,б). При этом установлено, что применение алмазно-искрового шлифования позволяет реализовать условия высокопроизводительного глубинного шлифования, т.е. вести обработку с увеличенными толщинами срезов и соответственно с увеличенными значениями отношения a_z/R . Это, исходя из зависимости (9), позволяет увеличить коэффициент шлифования $K_{ш}$ и, согласно зависимости (5), уменьшить условное напряжение резания σ , что открывает возможности увеличения удельной производительности обработки $Q_{уд}$ путем увеличения Q или уменьшения радиальной составляющей силы резания P_y .

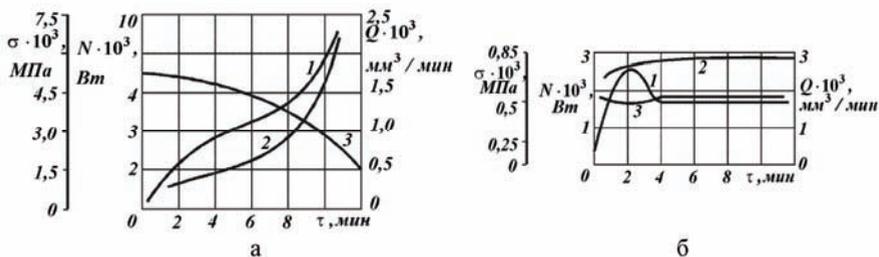


Рис. 1. Зависимости N (1), σ (2) и Q (3) от времени шлифования τ при алмазном (а) и алмазно-искровом (б) шлифовании: обрабатываемый материал – твердый сплав ВК8; круг – 1А1 200х20х5 АС6 160/125 М2-01 4; $V_{кр} = 15,7$ м/с; $V_{дет} = 3,3$ м/мин; $t = 0,03$ мм.

Таким образом, теоретически обоснованы основные условия повышения эффективности процесса шлифования. Показаны возможности его интенсификации за счет уменьшения отношения $\sigma/K_{ш}$ путем увеличения отношения a_z/R .

Список литературы: 1. Маслов Е.Н. Теория шлифования металлов. – М.: Машиностроение, 1974. – 319 с. 2. Корчак С.Н. Производительность процесса шлифования стальных деталей. – М.: Машиностроение, 1974. – 280 с. 3. Теоретические основы резания и шлифования материалов: Учеб. пособие / Якимов А.В., Новиков Ф.В., Новиков Г.В., Серов Б.С., Якимов А.А. – Одесса: ОГПУ, 1999. – 450 с. 4. Физико-математическая теория процессов обработки материалов и технологии машиностроения / Под общ. ред. Ф.В. Новикова и А.В. Якимова. В десяти томах. – Т. 1. "Механика резания материалов" – Одесса: ОНПУ, 2002. – 580 с. 5. Гасанов М.И. Повышение эффективности алмазно-искрового шлифования путем обеспечения остроты режущего рельефа круга в режиме увеличенных глубин. – Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Харьков, 1999. – 17 с.

Поступила в редколлегию 21.04.08