

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ОБРАБОТКИ ПРИРОДНОГО КАМНЯ

И.А.Горобец , А.Н.Михайлов, Н.В.Голубов

ДонНТУ

На якість обробки каміння впливає жорсткість технологічної системи та характеристики ріжучого інструменту. Наведено методи підвищення продуктивності технологічних процесів і якості обробки кам'яних виробів

На Украине четвертое место среди экспортируемой продукции занимает продукция камнеобработки. Повысить конкурентоспособность готовой продукции можно, повышая производительность технологических процессов обработки, одновременно снижая себестоимость обработки.

Одним из факторов определяющим правильность геометрических форм обработанной поверхности являются упругие деформации Δ элементов СПИД под действием сил резания. При известной жесткости j СПИД величину этих деформаций будет определять усилия резания P .

$$\Delta = j (P \pm \Delta P) = \Delta_{\text{ср}} \pm \Delta_{\text{к}}, \quad (1)$$

где $\Delta_{\text{ср}}$ - средняя величина деформаций в системе СПИД, $\Delta_{\text{к}}$ - величина деформаций системы СПИД обусловленная наличием неравномерности усилий резания ΔP .

Величина макронеровностей обработанной поверхности изделия в основном и будет зависеть от величины $\Delta_{\text{к}}$, которая определяется неравномерностью силы резания ΔP . Поэтому целью повышения качества обработанной поверхности является снижение макронеровностей, а следовательно, и изменения усилий резания.

Одним из способов решения задачи уменьшения неравномерности силы резания является создание мехатронных устройств с адаптивными системами управления (МСУ) режимами обработки.

Принимаем величину силы резания заготовки из камня в качестве информационной характеристики МСУ. При этом для обеспечения максимальной производительности станка, используем адаптивное регулирования по оптимальным параметрам режимов резания – систему, в которой выполняется условие

$$\begin{cases} P \rightarrow P_{\text{max}} \\ P < [P] \end{cases} \quad (2)$$

где $[P]$ - предельно допустимая сила резания P .

Задачей адаптивной системы управления является обеспечение условия

$$P \rightarrow \text{const} \quad (3)$$

Целевая функция регулирования будет описываться выражением

$$s_d^g v_{\text{кр}}^b = P/C z^a (HV)^d h_d^e, \quad (4)$$

Для непрерывного управления режимами резания (скорости резания и подачи) в процессе механической обработки заготовки разработана функциональная схема мехатронного устройства с адаптивной системой управления [1,2].

Вторым параметром, характеризующим качество обработки облицовочного материала, является шероховатость обработанной поверхности. Шероховатость формируется как совокупность единичных царапин оставляемых на обрабатываемой поверхности режущими кромками зерен абразивного материала. С увеличением зернистости абразивного материала увеличивается глубина царапин и шероховатость обработанной поверхности. Значит, регулировать шероховатость обработанной поверхности можно, в значительной мере, подбором зернистости абразивного материала. Однако, с другой стороны, увеличение глубины единичной царапины ведет к увеличению объема удаленного с поверхности заготовки материал и, следовательно, увеличивает производительности обработки. Поэтому управление шероховатостью за счет уменьшения зернистости абразивного материала влечет за собой уменьшение производительности. Уменьшение производительности обусловит и попытка уменьшить шероховатость за счет уменьшения скорости перемещения круга относительно заготовки.

В месте с тем, абразивный круг при шлифовании плоском шлифовании торцем совершает два движения: D_r - главное (вращение круга) и D_f - движение подачи (рис. 1а). При этом одиночное зерно оставит царапину, форму которой упрощенно можно показать в виде дуги (рис. 1б). Одним из эффективных методов уменьшения шероховатости обработанной поверхности является придание инструменту дополнительных колебательных движений. Наличие у инструмента большей подвижности обеспечивает удаление зернами абразивного инструмента вершин микронеровностей и уменьшение за счет этого шероховатости.

Одним из известных методов снижения шероховатости обработанной поверхности является придание инструменту дополнительных ультразвуковых колебаний [3]. Шероховатость

поверхности при этом уменьшалась примерно в 2 раза. Однако реализация этого способа приводит к необходимости оборудования станков для обработки камня дополнительными генераторами ультразвуковых колебаний, изменению конструкции шпиндельных узлов станков. Все это ведет к увеличению стоимости основного оборудования, снижению его надежности и увеличению себестоимости обработки.

С другой стороны, сила резания, возникающая при шлифовании, имеет динамический характер, что обуславливает наличие в СПИД автоколебаний.

Принимая изменение силы резания пропорциональным изменению величины припуска, можно выражение этой силы представить в виде разложения в ряд Фурье:

$$P(\tau) = C_p \left[p_0 + \sum_{n=1}^{\infty} p_n \cos n\tau + b \sin n\tau \right], \quad (5)$$

где C_p – силовой коэффициент, учитывающий различные факторы процесса резания; p_0 – постоянная составляющая силы резания.

Предполагая, что возникновение вынужденных колебаний в зоне резания обусловлено теми явлениями, которые оказывают наибольшее влияние на изменение величины припуска, и ограничиваясь первым членом ряда, указанное выше выражение можно представить в виде:

$$P(\tau) = C_p [p_0 + \Delta P(\tau) \cos(\lambda\tau + \varphi)], \quad (6)$$

где $\Delta P(\tau)$ – амплитуда силы резания; λ – частота изменения этой силы; φ – сдвиг фазы.

На амплитуду силы резания будет оказывать влияние, как изменение припуска, так и изменение поверхностной твердости заготовки в процессе резания, изменения структуры и глубины дефектного слоя (трещиноватости, напряженного состояния поверхности и пр.). Изменения твердости поверхности, глубины и характера дефектного слоя носят случайный характер. Плотность распределения вероятностей твердости близка к нормальному закону [4]. Однако незначительный разброс значений твердости позволяет в первом приближении этот фактор не учитывать при решении рассматриваемой задачи.

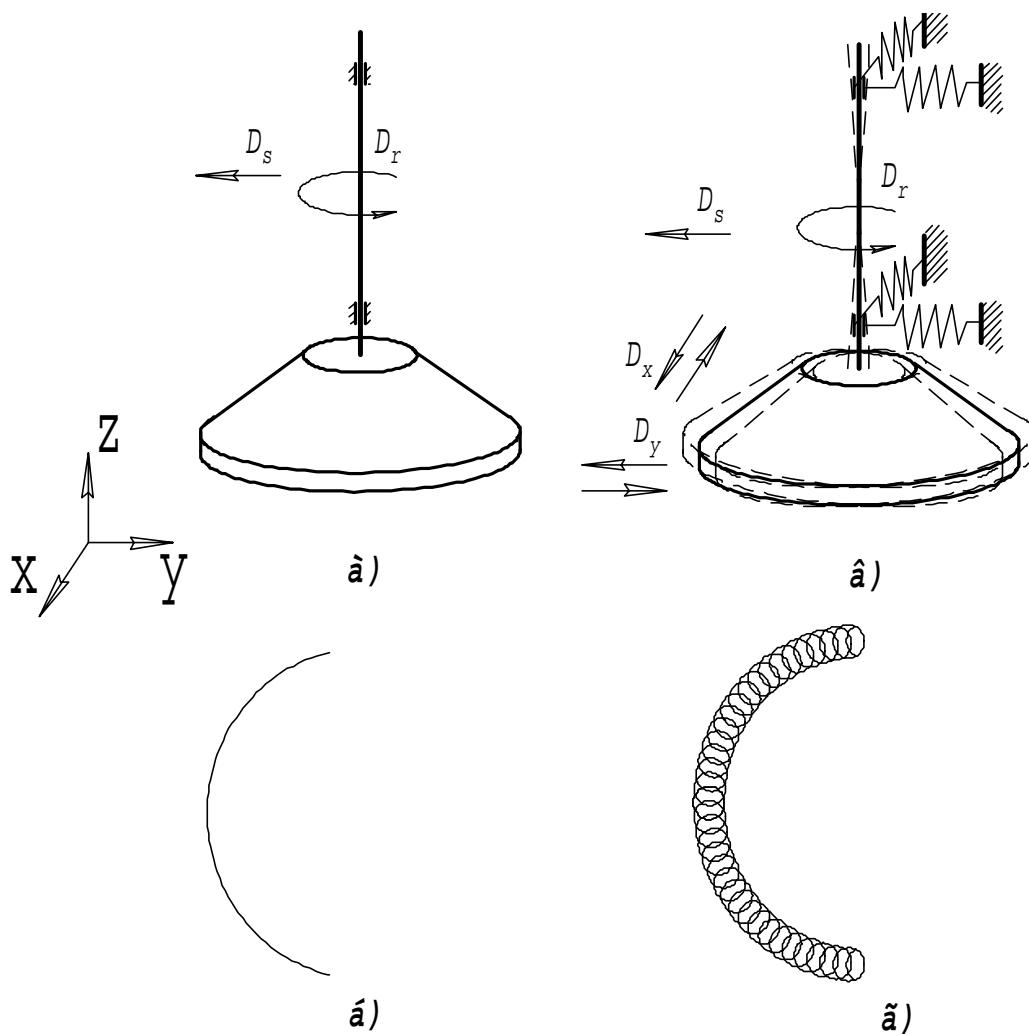


Рис.1. Движения, совершаемые абразивным кругом (а - обычная обработка, в – с дополнительной прецессией) и форма царапины одиночного зерна на обработанной поверхности (б - обычная обработка, г – с дополнительной прецессией).

Таким образом, и сила резания также будет случайной функцией, а стандартный вид дифференциального уравнения в этом случае будет описывать динамическую систему со случайным возмущением.

Колебания силы резания можно использовать как источник автоколебаний шлифовального круга [5]. Для реализации этих колебаний необходимо ослабить жесткость установки подшипников шпинделя станка. Это возможно при наличии в опорах подшипника шпинделя сенсоров МСУ, которые и являются упругими элементами. За счет наличия упругих связей в подшипниковых узлах (рис. 1в) круг получит возможность совершать дополнительные движения прецессии: D_x – вдоль оси X и D_y – вдоль оси Y. Форма царапины одиночного зерна станет более

сложной и упрощенно показана на рис. 3г. За счет наличия этих движений срезаются верхушки микронеровностей сформированных соседними зернами

Таким образом, повышение эффективности шлифования природного и синтетического камня возможно за счет снижения:

1. Себестоимости обработки облицовочного природного камня можно путем уменьшения числа технологических операций необходимых для достижения требуемого качества поверхности.

2. Макронеровностей обработанной поверхности, путем уменьшения неравномерности усилий резания, за счет создания мехатронных устройств с адаптивной системой управления.

3. Шероховатости обработанных поверхностей, используя автоколебания режущего инструмента и придания ему дополнительного прецессирующего движения.

Литература

1. Gorobez I., Golubov M. Adaptronsysteme in der Werkzeugmaschine für die spanabhebende Formung – Entwicklungsmethoden und Entwicklungsprozesse im Maschinenbau. 5 Magdeburger Maschinenbau-Tage.- Berlin, Logos-Verl.,2001,-S.45-51
2. Горобец И.А, Голубов Н.В., Борель О.А. Разработка конструкции мехатронных систем фрезерных станков –Сб.трудов Междунар. науч.-техн.конференции «Современные технологии, качество, реструктуризация» ТМСR-2001 в г.Кишиневе 23-25 мая 2001 – Кишинев, 2001, Вып.1, с.382-386.
3. Зайцев Г.И. Алмазное шлифование керамики с наложением высокочастотных колебаний на стандартные чашечные круги. – «Алмазы и сверхтвердые материалы» - Киев .:Наука, 1980 - №8. – С.13-14.
4. Михайлов А.Н., Калафатова Л.П. Особенности формирования дефектного слоя при абразивной обработке конструкционных изделий из материала на основе стекла – в кн. Прогрессивные технологии и системы в машиностроении: Международный сборник научных трудов. – Донецк: ДонГТУ. 2000. Вып. 17. С. 90-93.
5. Шепелев А. А., Пасичный О. О., Целина В. В., Дуброва А. Е. Высокоэффективное алмазное флифование прецессирующим шлифовальным кругом – в кн.Прогрессивные технологии и системы машиностроения: Международный сб. научных трудов. – Донецк: ДонГТУ, 2002. Вып. 22. С. 184-189.

Поступила в редакцию 15.12.2003.