

УДК 621.923.5

В. А. ОГОРОДОВ

УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ АЛМАЗНОГО ХОНИНГОВАНИЯ

Приведены результаты исследований по повышению точности отверстия при алмазном хонинговании посредством управления скоростью резания в процессе обработки. *Алмазное хонингование; точность геометрической формы; управление скоростью резания*

Развитие современного автоматизированного производства требует разработки управляемых технологических процессов и методов обработки, позволяющих обеспечить высокое качество деталей и изделий.

Одним из самых эффективных методов окончательной обработки высокоточных цилиндрических поверхностей является процесс алмазного хонингования, обеспечивающий достижение высоких показателей точности формы и качества поверхностного слоя цилиндрических поверхностей. Однако возможности управления процессом хонингования изучены недостаточно, что снижает эффективность применения данного способа обработки.

В этой связи приобретает актуальность исследование закономерностей формообразования обрабатываемых отверстий при хонинговании.

Для проведения таких исследований автором разработан метод расчета радиальных сил резания, действующих в контакте хонинговальных брусков с обрабатываемой поверхностью, от которых зависит съём припуска в различных точках обрабатываемой поверхности, а также износ поверхности брусков.

Обрабатываемая поверхность представляется дискретным множеством сопряженных между собой участков квадратной или прямоугольной формы. Число участков определяется требованиями точности к расчетам. На каждом участке свойства обрабатываемой поверхности и, в частности, величина отклонения от формы, были приняты постоянными.

Хонинговальный брусок также представляется дискретным множеством зерен, режущие свойства которых являются усредненными для своего участка поверхности бруска. Расположение (координаты) зерен отвечает наиболее их равномерному распределению по поверхности бруска.

Толщина срезаемого слоя с каждого участка зависит от величины усилия контактного взаимодействия между этим участком и соответствующим зерном, проходящим через этот участок, и прямо пропорциональна длине пути через этот участок.

От указанных факторов зависит и износ каждого зерна. При этом режущая способность каждого зерна, являющегося как бы «представителем» определенного участка бруска, считается постоянной в процессе обработки.

Наиболее сложно обеспечить достижение высокой точности отверстия при обработке глухого отверстия, поэтому исследование возможностей управления процессом хонингования изучалось на примере обработки глухого отверстия, имеющего исходное отклонение формы в виде овальности.

Исследования выполняли на образце с диаметром обрабатываемого отверстия 38,2 мм, его длиной — 75 мм и исходной овальностью $\delta_{\text{ов}} = 0,01$ мм (рис. 1), которую требуется уменьшить до величины 0,001 мм. Отверстие обрабатывали хонинговальной головкой с четырьмя алмазными брусками шириной 6 мм и различной длины l . Коэффициент режущей способности зерна, объединяющего режущие свойства соответствующего участка бруска, был принят равным $5 \cdot 10^{-4}$ мкм/(Н·мм), а его износ $5 \cdot 10^{-6}$ мкм/(Н·мм). Радиальная подача брусков принята жесткой дискретной. Остальные параметры процесса хонингования варьировались в процессе исследований.

На рис. 2 приведены результат расчетов по обработке отверстия в течение $t = 60$ с брусками различной длины: $l = 75$ мм (равна длине отверстия); $l = 57$ мм (три четверти длины отверстия); $l = 39$ мм (половина длины отверстия). Результаты получены для слеющего режима обработки: осевая скорость

$v_{oc} = 3$ м/мин; окружная скорость $v_{ок} = 6$ м/мин; время задержки брусков у краев отверстия при смене направления движения $\tau = 0,25$ с; радиальная подача брусков $s_p = 0,5$ мкм/дв. ход.

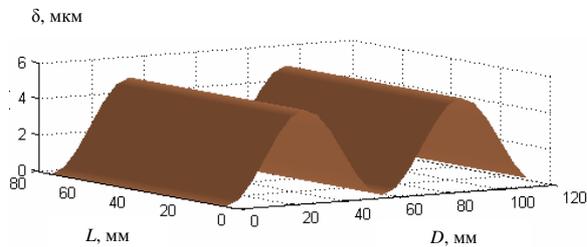


Рис. 1. Форма исходной поверхности обрабатываемого отверстия (δ — отклонение формы, L — координата по длине отверстия, D — координата по окружности отверстия)

Как видно из рис. 2, применение брусков любой длины не обеспечивает достижение требуемой точности обработки. В дальнейшем для исследований были выбраны бруски длиной 39 мм, так как для них были получены худшие результаты по точности обработки (как самого неблагоприятного случая хонингования).

Изучение возможностей таких конструкторских решений, как применение брусков трапецевидной формы или уменьшение рабочей длины бруска у дна обрабатываемого отверстия [1], при тех же исходных данных, что и в предыдущем случае, показало, что эти конструкторские решения тоже не обеспечивают достижения требуемой точности обработки (рис. 3). При этом наилучшие результаты обработки достигнуты брус-

ками трапецевидной формы, что можно объяснить участием большего числа режущих зерен в обработке поверхности у дна отверстия.

В результате исследования влияния периодичности (частоты) радиальной подачи на достигаемое отклонение формы глухого отверстия установлено, что уменьшение частоты радиальной подачи приводит к некоторому снижению величины отклонения формы отверстия. Но даже в отсутствие радиальной подачи (в условиях притирки-доводки) требуемая величина отклонения формы отверстия достигнута не была.

Значительно лучшие результаты по точности обработки были получены за счет увеличения времени задержки брусков у дна отверстия (рис. 4). Однако анализ полученных данных показывает, что зависимость точности формы отверстия от времени задержки брусков является экстремальной. Поэтому увеличение времени задержки свыше оптимального приводит только к увеличению овальности и отклонения профиля продольного сечения. Кроме того, вследствие задержки брусков при смене направления осевого движения, угол скрещивания следов зерен у краев отверстия уменьшается до нуля, что неблагоприятно сказывается на износостойкости поверхности.

Таким образом, в результате выполненных исследований установлено, что ни одно из известных технологических и конструкторских решений не в состоянии обеспечить выполнение заданных требований к точности формы глухого отверстия при хонинговании.

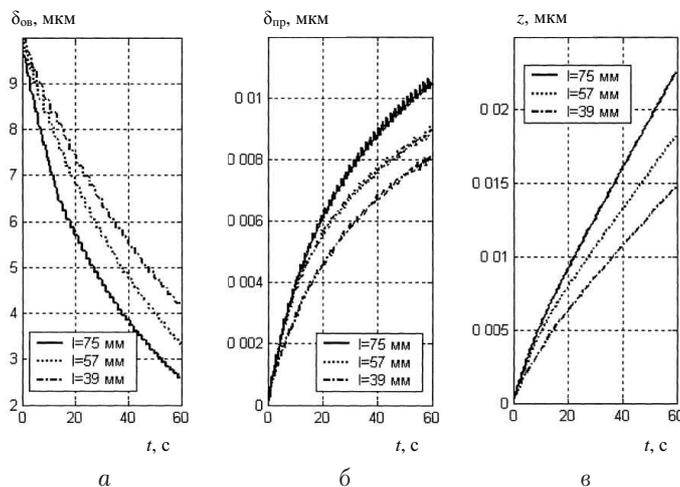


Рис. 2. Влияние длины бруска на овальность $\delta_{ов}$ (а), отклонение профиля продольного сечения $\delta_{пр}$ (б) и сьем припуска z (в) при $l = 75$ мм, $l = 57$ мм и $l = 39$ мм (t — время обработки)

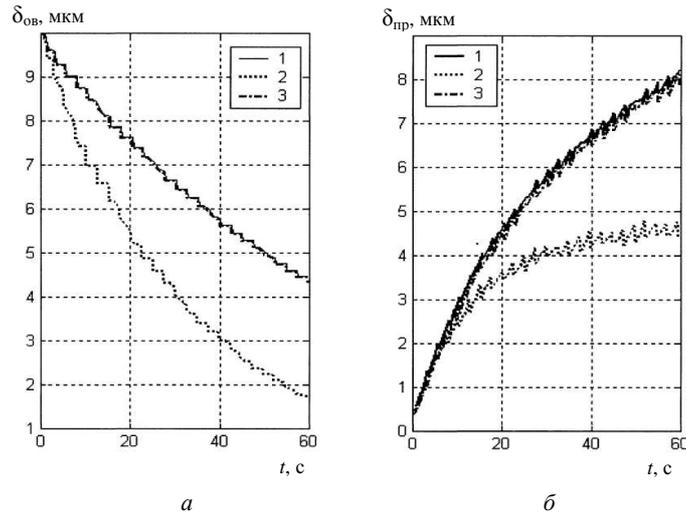


Рис. 3. Изменение овальности $\delta_{ов}$ (а) и отклонения профиля продольного сечения $\delta_{пр}$ (б) при обработке: 1 – стандартными брусками; 2 – трапецевидной формы; 3 – изменяемой длины (t – время обработки)

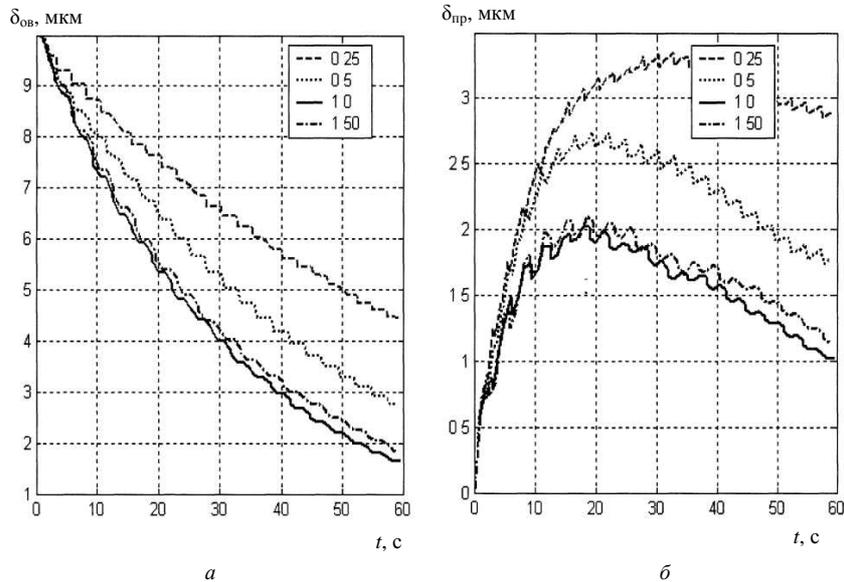


Рис. 4. Зависимость овальности $\delta_{ов}$ (а) и отклонения профиля продольного сечения $\delta_{пр}$ (б) от времени t обработки и времени задержки брусков у дна отверстия: $\tau = 0,25$ с; $\tau = 0,5$ с; $\tau = 1,0$ с $\tau = 1,25$ с

Это можно объяснить тем, что вследствие отсутствия выбега брусков за край отверстия со стороны дна, число зерен, обрабатывающих участки поверхности, прилегающих ко дну отверстия, значительно меньше, чем для остальных. В результате у дна отверстия величина срезаемого слоя меньше. На рис. 5 приведена поверхность обработанного притиркой (без радиальной подачи) отверстия брусками длиной $l = 75$ мм.

Из рис. 5 видно, что у дна отверстия исправление исходного отклонения формы произошло недостаточно. В результате вместо овальности в процессе хонингования было

сформировано отклонение профиля продольного сечения.

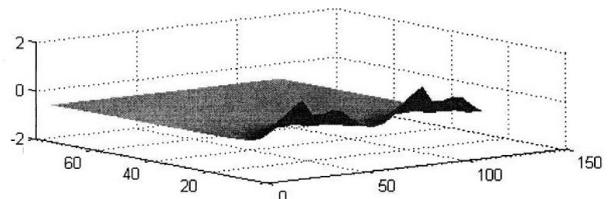


Рис. 5. Форма поверхности отверстия после обработки методом доводки-притирки ($l = 75$ мм)

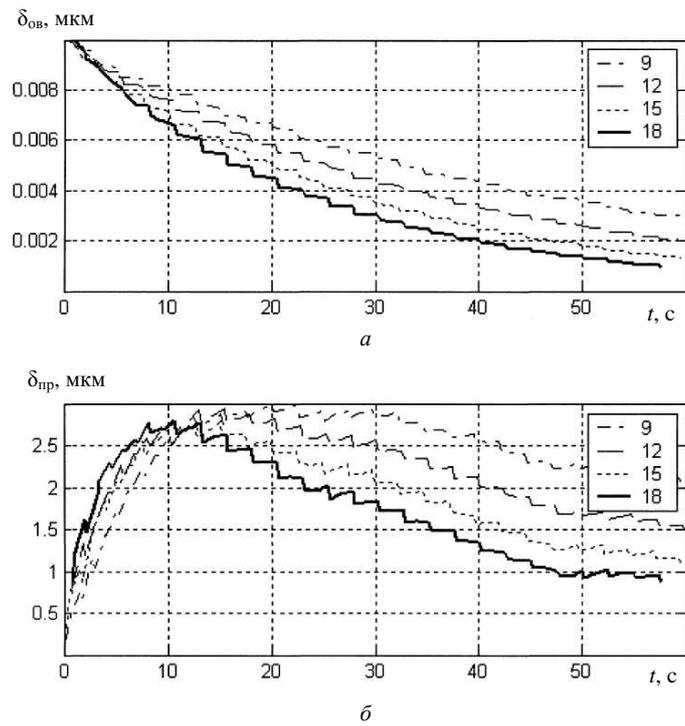


Рис. 6. Зависимость овальности $\delta_{ов}$ (а) и отклонения профиля продольного сечения $\delta_{пр}$ (б) от окружной скорости $v_{ок}$ (9; 12; 15 и 18 м/мин) брусков у дна отверстия (t — время обработки)

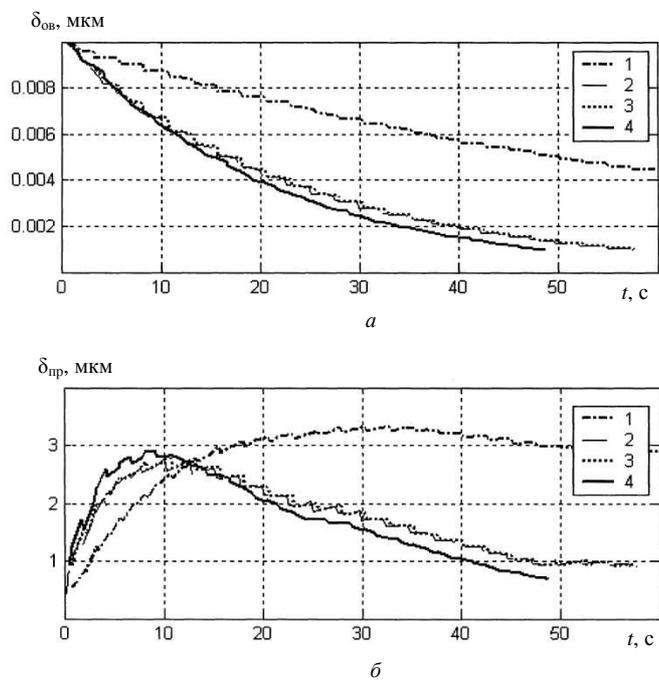


Рис. 7. Зависимость овальности $\delta_{ов}$ (а) и отклонения профиля продольного сечения $\delta_{пр}$ (б) после обработки: 1 — брусками обычной конструкции без изменения окружной скорости; 2–4 — при изменении окружной скорости (2 — брусками обычной конструкции; 3 — брусками изменяемой длины; 4 — брусками трапецевидной формы)

Следовательно, одним из направлений повышения эффективности хонингования глухих отверстий является обеспечение таких условий, при которых поверхность у дна отверстия обрабатывается как можно большим числом зерен.

Этого можно достичь, например, увеличивая окружную скорость хонинговальной головки у дна отверстия. В результате, за один и тот же отрезок времени участки поверхности у дна отверстия обработают большее число зерен, нежели без увеличения скорости.

На рис. 6 приведены результаты исследования влияния увеличения окружной скорости брусков при движении ко дну отверстия на отклонение формы обработанного отверстия, которые получены при следующих исходных данных: окружная скорость брусков у открытого края отверстия $v_{ок} = 6$ м/мин; осевая скорость брусков $v_{ос} = 3$ м/мин; $s_p = 0,5$ мкм/10 дв. ход; $\tau = 0,25$ с.

Из рис. 6 видно, что увеличение окружной скорости у дна обрабатываемого отверстия приводит к уменьшению величины отклонения формы отверстия, а при окружной скорости $v_{ок} = 18$ м/мин у дна отверстия хонингование даже обеспечивает достижение заданного отклонения формы отверстия 1 мкм за время менее 60 с.

На рис. 7 приведены результаты обработки отверстия брусками различной конструкции при изменении окружной скорости $v_{ок}$ до 18 м/мин и при радиальной подаче брусков $s_p = 0,5$ мкм/10 дв. ход. Для сравнения на этом же рисунке приведена зависимость изменения отклонений формы обрабатываемого отверстия без изменения окружной скорости. Из него видно, что бруски трапецевидной формы обеспечивают получение наилучших результатов за время, меньшее 50 с. Форма поверхности отверстия при этом практически идеальная цилиндрическая (рис. 8).

Изменение окружной скорости при изменении брусков обычной конструкции и изменяемой длины дает одинаковый результат, поскольку при малой длительности задержки брусков у дна отверстия преимущества последних не проявляются в нужной степени. Применение обеих конструкций брусков обеспечивает получение требуемой точности обработки за время чуть менее 60 с.

Лучшие результаты применения брусков трапецевидной формы по сравнению с брусками изменяемой длины объясняются большим числом зерен со стороны бруска, обрабатывающего отверстие у его дна. У брусков изменяемой длины наиболее нагружена

нижняя часть, поэтому она изнашивается в наибольшей степени, что снижает исправляющую способность процесса хонингования.

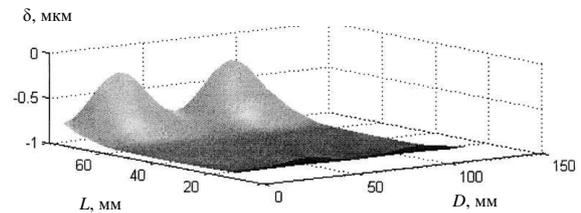


Рис. 8. Форма поверхности отверстия после обработки трапецевидными брусками с изменением окружной скорости

Возможность управления процессом хонингования за счет изменения окружной скорости брусков была также изучена при обработке сквозного отверстия диаметром 38,2 мм и длиной 100 мм, имеющего исходное отклонение формы в виде овальности $\delta_{ов} = 0,01$ мм, хонинговальной головкой, оснащенной 4 брусками длиной $l = 75$ мм и шириной 5 мм, при радиальной подаче $s_p = 0,5$ мкм/дв. ход, осевой скорости $v_{ос} = 6$ м/мин. При постоянной окружной скорости $v_{ок} = 10$ м/мин за время обработки $t = 60$ с были достигнуты овальность $\delta_{ов} = 0,0018$ мм и отклонение профиля продольного сечения 3,8 мкм. Увеличение окружной скорости $v_{ок}$ к краям отверстия до 18 м/мин позволило уменьшить овальность до 0,5 мкм, а отклонение профиля продольного сечения — до 2,1 мкм.

Таким образом, проведенные исследования доказывают, что управление окружной скоростью брусков является эффективным средством повышения точности формы обрабатываемого отверстия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Огородов, А. В.** Хонинговальная головка / А. В. Огородов : А. с. 1781014 СССР, МКИ В24В 33/08 ; Опубл. 15.12.92 ; Бюл. № 46.

ОБ АВТОРЕ



Огородов Владимир Алексеевич, доц. каф. автоматиз. технол. процессов. Дипл. инж.-мех. по технол. машиностр., металлореж. станкам и инстр. (УАИ, 1975). Канд. техн. наук по технол. произв. ЛА (КАИ, 1985). Иссл. в обл. хонингования.