

УСЛОВИЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФИНИШНОЙ АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ

При обработке ответственных деталей машин и систем постоянно возникает проблема уменьшения параметров шероховатости поверхности R_a и R_{max} в связи с необходимостью обеспечения заданных эксплуатационных характеристик деталей (износостойкости и т. д.), в особенности при изготовлении прецизионных деталей. Шероховатость обрабатываемых поверхностей данных деталей формируется на финишных операциях, которые осуществляются, как правило, с использованием различных абразивных инструментов (шлифовальных кругов, хонинговальных головок, притиров и т.д.). Как показывает практика, наилучшие результаты достигаются на операциях доводки свободным абразивом (алмазной пастой и алмазным мелкозернистым порошком) и полирования. В настоящее время накоплен большой опыт эффективного применения процессов финишной абразивной обработки. Вместе с тем, все возрастающие требования к показателям шероховатости поверхности при финишной абразивной обработке деталей из труднообрабатываемых материалов предопределяют необходимость поиска новых технологических решений. В связи с этим в работе теоретически обоснованы условия уменьшения высоты микронеровностей на обрабатываемой поверхности при финишной абразивной обработке на основе полученной аналитической зависимости:

$$R_{max} = \sqrt{\frac{\bar{X}}{2 \cdot \operatorname{tg} \gamma \cdot k \cdot V_{инстр} \cdot \tau}}, \quad (1)$$

где \bar{X} – размер абразивного зерна, м; k – поверхностная концентрация зерен, штук/м²; γ – половина угла при вершине конусообразного зерна; $V_{инстр}$ – скорость инструмента, м/с; τ – время обработки, с.

Как видно, уменьшить параметр шероховатости поверхности R_{max} можно уменьшением \bar{X} и увеличением параметров γ , k , $V_{инстр}$ и τ , причем за счет увеличения времени обработки τ можно уменьшить параметр R_{max} вплоть до нуля. Однако при этом необходимо исключить перемещение обрабатываемой детали в радиальном направлении, в противном случае шероховатость поверхности с увеличением τ будет уменьшаться лишь до определенной величины, после чего будет оставаться неизменной или увеличиваться. Это вытекает из зависимости (1) с учетом того, что время τ формирования шероховатости поверхности не бесконечно, а ограничено перемещением обрабатываемой детали по нормали к рабочей поверхности круга на величину R_{max} , т.е. $\tau = R_{max} / S_{рад}$ (где $S_{рад}$ – скорость радиальной подачи обрабатываемой детали, м/с). После преобразований зависимость (1) выразится:

$$R_{max} = \sqrt[3]{\frac{\bar{X} \cdot S_{pad}}{2 \cdot tg\gamma \cdot k \cdot V_{инстр}}} \quad (2)$$

В данном случае параметр R_{max} определяется режимом обработки и характеристиками инструмента и не зависит от времени τ , т.е. является ограниченной величиной. Чем меньше S_{pad} , тем меньше R_{max} . Следовательно, достижение небольших значений R_{max} требует снижения производительности обработки. В связи с этим, эффективно на окончательном этапе обработки (при формировании шероховатости поверхности) использовать схему выхаживания, согласно которой сьем обрабатываемого материала происходит лишь под действием упруго-восстанавливающей силы с уменьшающейся во времени скоростью радиальной подачи. Это позволит обеспечить заданную шероховатость поверхности без существенного снижения производительности обработки.

Необходимо отметить, что добиться уменьшения шероховатости поверхности можно при обработке как свободным, так и связанным абразивом. Однако во втором случае зернистость абразивных зерен больше, поэтому трудно изготовить абразивные инструменты (шлифовальные круги, притиры и т. д.) малой зернистости. Естественно, обработка более крупными зернами приводит к увеличению высоты микронеровностей на обрабатываемой поверхности. В этом случае уменьшить шероховатость поверхности можно, например, за счет создания на шлифовальном круге плосковершинных зерен путем обтачивания круга алмазным карандашом. При шлифовании по жесткой схеме абразивным или алмазным кругом с плосковершинными зернами высота микронеровностей на обрабатываемой поверхности может быть уменьшена в 10 и более раз. Эффект достигается за счет резания плосковершинными зернами, имеющими приблизительно одинаковую высоту выступания над уровнем связки. При этом в резании может участвовать небольшое количество зерен, т. е. формирование шероховатости поверхности может происходить за один проход круга, что позволяет существенно увеличить производительность обработки. При обработке свободным абразивом в формировании шероховатости поверхности должно участвовать значительно большее количество зерен, что предполагает более низкие показатели производительности обработки.

Экспериментально установлено, что наибольший эффект от создания площадок на вершинах режущих зерен достигается при шлифовании алмазными кругами на высокопрочных металлических связках. В этом случае за счет прочного удержания зерен в связке на их вершинах в процессе обтачивания круга алмазным карандашом образуются значительные по размерам площадки, что ведет к уменьшению высоты микронеровностей на обрабатываемой поверхности в процессе шлифования. Данный вывод вытекает из зависимости:

$$R_{max} = \frac{1}{2 \cdot tg\gamma} \cdot \left(\frac{B}{n} - a_s \right), \quad (3)$$

полученной из условия: $n \cdot (2 \cdot tg\gamma \cdot R_{max} + a_s) = B$, где n – количество работающих зерен; B – ширина обработки, м; a_s – длина площадки на вершине зерна, м.

Практика показывает, что при обработке свободным абразивом появление в общей массе зерен буквально одного зерна, по размеру и форме отличного от остальных, приводит к существенному изменению отношения R_{max} / R_a . Оно может изменяться в широких пределах (от 4 до 33 [2]), хотя параметр шероховатости R_a при этом почти не изменяется, а изменение R_{max} / R_a происходит за счет увеличения параметра R_{max} . В этих условиях уменьшить шероховатость поверхности можно за счет снижения разброса размеров абразивных зерен и их зернистости (1/0,8...0,2/0) на основе применения нанотехнологий.



Рисунок 1 – Структурная схема условий уменьшения высоты микронеровностей на обрабатываемой поверхности при абразивной обработке

Как следует из зависимости (3), с увеличением a_s параметр шероховатости поверхности R_{max} может уменьшаться вплоть до нуля (даже при небольшом количестве зерен n). Уменьшить R_{max} можно также увеличением количества зерен n за счет применения относительно мягких связок, обеспечивающих "утопание" зерен в связку при шлифовании и примерно одновысотное выступание вершин зерен [2]. К ним можно отнести органическую связку, которая применяется при изготовлении алмазных кругов (рис. 1). Несомненно, при шлифовании (даже алмазными кругами с плосковершинными зернами) невозможно обеспечить такие низкие значения шероховатости поверхности, которые достигаются при доводке абразивным порошком и абразивном полировании.

Список литературы: 1. Шкуруний В.Г. Підвищення ефективності технології фінішної обробки світловідбиваючих поверхонь деталей із тонкого листа і стрічок: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.02.08 "Технологія машинобудування" / В.Г. Шкуруний. – Одеса: ОНПУ, 2006. – 21 с. 2. Новиков Ф.В. Условия формирования шероховатости поверхности при алмазно-абразивной обработке / Ф.В. Новиков, В.П. Ткаченко // Резание и инструмент в технологических системах. – Харьков: ХГПУ, 2001. – Вып. 60. – С. 171-176.