

УДК 629.91+629.11.04

Мельникова Е.П., Быков В.В., Боднар С.В.

Автомобильно-дорожный институт государственное высшее учебное заведение «Донецкий национальный технический университет», ул. Кирова 51, г. Горловка, Украина, 84627

РАСЧЕТ ШЕРОХОВАТОСТИ РАБОЧИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ТОРМОЗНЫХ ДИСКОВ АВТОМОБИЛЕЙ ПРИ ИХ ВОССТАНОВЛЕНИИ НА МОБИЛЬНОМ ТОКАРНОМ СТАНКЕ С ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ СТАБИЛИЗАЦИИ СИЛ РЕЗАНИЯ

Для тормозных дисков существует необходимость обеспечения требуемых эксплуатационных свойств, которые определяются как параметрами геометрической точности, так и качеством поверхностного слоя. Именно поэтому в условиях эксплуатации необходимо обеспечить наряду с заданной геометрической точностью обработки комплекс параметров, характеризующих поверхностный слой. Шероховатость поверхности является важнейшим показателем качества, так как величина и характер микронеровностей определяют усталостную прочность металла поверхностного слоя детали.

Математический расчёт шероховатости при обработке рабочих поверхностей тормозного диска при заданных геометрических параметрах режущего инструмента, физико-механических свойствах обрабатываемого материала, размерах обрабатываемых поверхностей позволит определить режимы резания, обеспечивающие заданную шероховатость поверхностного слоя.

В общем случае на образование шероховатости при механической обработке лезвийным инструментом оказывают влияние следующие факторы [1]: геометрия режущей части инструмента и кинематика его рабочего движения относительно обрабатываемой поверхности, колебательные перемещения инструмента относительно обрабатываемой поверхности, упругие и пластические деформации обрабатываемого материала заготовки в зоне контакта с рабочим инструментом, шероховатость рабочей части инструмента, вырыв частиц обрабатываемого материала.

В зависимости от условий обработки степень влияния каждого из этих факторов на образование шероховатости поверхности будет различной. Первые четыре фактора вызывают образование систематической составляющей профиля шероховатости, которая может быть описана математически. Пятый фактор вызывает образование случайной составляющей профиля и определяет разброс или дисперсию параметров шероховатости. Систематическая составляющая профиля шероховатости R_z при точении определяется равенством:

$$R_z = h_1 + h_2 + h_3 + h_4, \quad (1)$$

где h_1, h_2, h_3, h_4 — составляющие профиля шероховатости, соответственно обусловленные геометрией и кинематикой перемещения режущей части инструмента, колебаниями инструмента относительно обрабатываемой поверхности, пластическими деформациями материала в зоне контакта с инструментом, шероховатостью рабочих поверхностей инструмента [1, 2].

При соблюдении условия $\varphi \geq \arcsin \frac{S}{2r}$ и $\varphi_1 \geq \arcsin \frac{S}{2r}$ воспользуемся выражением для определения высоты микронеровностей при обработке тормозного диска [1]:

$$h_1 = \frac{S^2}{8r}. \quad (2)$$

В результате расчёта по формуле (2) приведены зависимости, позволяющие определить влияние подачи S и радиуса при вершине резца r на формирование высоты микронеровностей h_1 при обработке тормозного диска. Установлено, что при обработке с увеличением подачи S высота микронеровностей h_1 увеличивается, а при увеличении радиуса резца r — уменьшается. Также установлено, что при обработке тормозного диска влияние радиуса резца r на изменение высоты микронеровностей h_1 значительное, и при точении резцом с $r = 0,5$ мм при увеличении подачи S высота микронеровностей h_1 увеличивается интенсивнее, чем при $r = 1,5$ мм.

Полученные результаты позволяют выполнить сравнительную оценку изменения высоты микронеровностей h_1 при точении поверхностей тормозного диска. При увеличении подачи S от 0,08 до 0,16 мм/об, высота микронеровностей h_1 увеличивается от 5,3 до 64 мкм.

При увеличении подачи S и уменьшении радиуса при вершине резца r в наибольшей степени увеличивается высота микронеровностей h_1 при точении тормозного диска.

Известно, что при увеличении подачи шероховатость обрабатываемой поверхности увеличивается. Поэтому при колебаниях подач резцов в процессе функционирования гидравлической системы стабилизации сил резания шероховатость поверхности становится неоднородной.

Для анализа влияния различных факторов технологического процесса на формирование геометрических микронеровностей определим влияние изменения подачи на величину h_1 [3]:

$$\Delta h_1 = \frac{S_x}{8r} \Delta S_2, \quad (3)$$

где $\Delta S_2 = |s_2 - s_1|$ — максимальная разница в величинах мгновенных подач резцов.

Величину ΔS_2 определим из выражения (3), что позволит определить изменение шероховатости поверхности диска Δh_1 , а она связана с изменением

мгновенных подач резцов в результате работы системы стабилизации сил резания. Максимальное значение Δh_1 будет определять суммарную высоту геометрических микронеровностей [3]:

$$\Delta h_1 = S^2 / (8n^2 r) + [S / (2rn)] \cdot \Delta S_{n \max} ; \quad (4)$$

$$h_1 = \frac{S}{8r} \cdot \left(\frac{S}{2} + S_a^{\max} \right). \quad (5)$$

В результате расчёта по формуле (5) приведены зависимости, позволяющие определить влияние подачи S и радиуса при вершине резца r на формирование высоты микронеровностей h_1 при обработке тормозного диска.

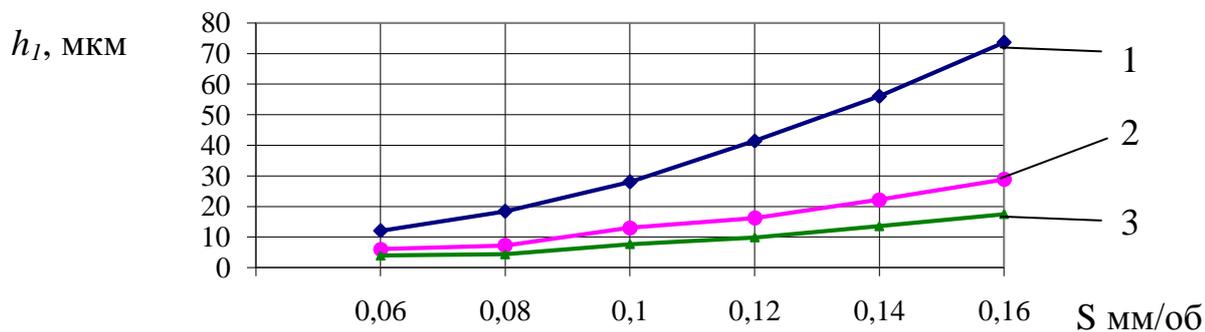


Рис. 1. Зависимость расчётной высоты микронеровностей h_1 от подачи S и радиуса резца r при точении диска. 1 – $r = 0.5$ мм, 2 – $r = 1$ мм, 3 – $r = 1.5$ мм. ($\varphi = 35^\circ$, $\varphi_1 = 65^\circ$)

Составляющая профиля шероховатости h_2 определяется амплитудой колебаний вершины инструмента относительно обрабатываемой поверхности при его прохождении по выступу или впадине исходной шероховатости и неравномерностью твёрдости заготовки на различных участках обрабатываемой поверхности [1]:

$$h_2 = \frac{C_y S^{y_{py}} v^{z_{py}} \left(HB_{\max}^n t^{x_{py}} - HB_{\min}^n (t - R_{zuuc})^{x_{py}} \right)}{H_c^n J_{TOC}}, \quad (6)$$

где C_y , Y_{py} , Z_{py} – коэффициенты; v – скорость резания; t – глубина резания; R_{zuuc} – исходная средняя высота профиля шероховатости обрабатываемой поверхности; HB_{\max} и HB_{\min} – колебания твердости тормозного диска; J_{TOC} – жесткость технологической системы.

Пластическое оттеснение обрабатываемого материала в зоне резания приводит к увеличению высоты образующейся шероховатости на величину h_3 , которая при точении поверхностей резцом рассчитывается по следующим формулам [1]. При соблюдении условия $\varphi \geq \arcsin \frac{S}{2r}$ и $\varphi_1 \geq \arcsin \frac{S}{2r}$

$$h_3 = \frac{b_{\text{cdв}}(2S + b_{\text{cdв}})}{32r}. \quad (7)$$

В результате расчёта по формуле (7) установлено, что при точении с увеличением подачи S составляющая h_3 увеличивается.

Составляющая высоты шероховатости h_4 при лезвийной обработке определяется средней высотой профиля шероховатости на вершине резца, т.е. $h_4 = Rz_{\text{в.р.}}$ и зависит от технологии заточки и режимов резания [4, 5]. При использовании мелкозернистых твёрдых сплавов с хорошим качеством заточки при чистовом точении величина $Rz_{\text{в.р.}}$ не превышает 20% от h_1 .

В результате анализа полученных расчётных данных установлено, что наибольший вклад в формирование шероховатости при чистовом точении поверхностей тормозного диска вносит составляющая h_1 . Степень влияния остальных составляющих в сравнении с h_1 следующая $h_1:h_2:h_3:h_4 = 1:0,12:0,11:0,2$, тогда:

$$R_z = \frac{S}{8r} \cdot \left(\frac{S}{2} + S_{\text{af}}^{\text{max}} \right) + \frac{C_y S^{y_{\text{py}}} v^{z_{\text{py}}} \left(HB_{\text{max}}^n t^{x_{\text{py}}} - HB_{\text{min}}^n (t - R_{\text{ucx}})^{x_{\text{py}}} \right)}{H_c^n J_{\text{ТОС}}} + \frac{b_{\text{cdв}}(2S + b_{\text{cdв}})}{32r} + R_{z_{\text{BP}}} \quad (8)$$

При токарной обработке [1, 2]:

$$Ra = 0,2Rz \quad (9).$$

В результате расчёта по формуле (8) и (9) установлено, что при точении рабочих поверхностей тормозного диска на автомобиле при увеличении подачи S параметр шероховатости Ra увеличивается, что общеизвестно и зависит в основном от геометрии резца. Однако интенсивность увеличения шероховатости при увеличении подачи от 0,06 до 0,2 мм/об в 1,7 раза ниже при применении гидравлической системы стабилизации сил резания.

Литература:

1. Суслов А. Г. Научные основы технологии машиностроения / А. Г. Суслов, А. М. Дальский. - М. : Машиностроение, 2002. - 684 с.
2. Суслов А. Г. Инженерия поверхности деталей. / А. Г. Суслов, В. Ф. Безъязычный, Ю. В. Панфилов. - М. : Машиностроение, 2008. - 320 с.
3. Луців І. В. Основи створення багатолезового оснащення з міжінструментальними зв'язками для обробки поверхонь обертання: дис. доктора техн. наук: 05.03.01 / Луців Ігор Володимирович. - Тернопіль, 2006. - 448 с.
4. Матвеев В. В. Размерный анализ технологических процессов / В. В. Матвеев, М. М. Тверской, Ф. И. Бойков. - М. : Машиностроение, 1982. - 264 с.
5. Митрофанов С. П. Групповая технология машиностроительного производства / С. П. Митрофанов. - Л.: Машиностроение, 1983. - 786 с.