

ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ОБРАБОТКИ ПРИ КРУГЛОМ ШЛИФОВАНИИ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ДЕТАЛЕЙ

Иванов И.Е., канд. техн. наук

(Приазовский государственный технический университет, г. Мариуполь)

Обоснованы условия повышения производительности обработки при круглом шлифовании крупногабаритных деталей из труднообрабатываемых материалов на основе оптимизации режимов резания

Введение и постановка задачи. Повышение производительности обработки при шлифовании деталей из труднообрабатываемых материалов является важнейшей задачей машиностроения. Это связано с тем, что такие материалы как твердые сплавы, технические керамики, наплавочные материалы твердостью HRC 60...63 обрабатываются исключительно шлифованием. Процесс протекает с высокой силовой и тепловой напряженностью, что снижает производительность и качество обработки [1-4]. В особой мере это относится к процессу круглого шлифования контактных поверхностей крупногабаритных деталей металлургического назначения с износостойкими наплавленными материалами твердостью свыше HRC 60. Поэтому изыскание новых технологических возможностей шлифования деталей из труднообрабатываемых материалов требует проведения дальнейших теоретических экспериментальных исследований по установлению новых физических эффектов обработки.

Цель работы – обоснование путей повышения производительности обработки при круглом шлифовании крупногабаритных деталей из труднообрабатываемых материалов на основе оптимизации режимов резания.

Результаты исследований. В общем случае производительность обработки Q при круглом шлифовании определяется зависимостью

$$Q = S_{\text{дл}} \cdot V_{\text{дл}} \cdot t, \quad (1)$$

где $S_{\text{дл}}$ – продольная подача, м/об; $V_{\text{дл}}$ – скорость детали м/с; t – глубина шлифования, м.

Очевидно, увеличить Q можно увеличением всех входящих в данную зависимость параметров. Однако, как показывает практика, увеличить беспрельдно производительность Q нельзя, она имеет конечное значение, обусловленное проявлением различных по природе факторов: износа круга, образования в технологической системе упругих перемещений и колебаний (которые могут привести к остановке электродвигателя или поломке станка); тепловыделения в зоне резания и образование на обрабатываемых поверхностях прижогов и других температурных дефектов и т.п. Поэтому производительность обработки Q должна быть ограничена. При глубинном шлифовании основным ограничивающим фактором следует рассматривать предельную толщину среза, обу-

словленную прочностными свойствами рабочей поверхности круга (прочностью зерен и связки). Естественно, для каждого обрабатываемого материала предельная толщина среза различна. В работе [5] получены аналитические зависимости для определения максимально возможной производительности обработки Q и реализующей ее скорости детали $V_{\ddot{a}\ddot{a}\ddot{d}}$ при круглом наружном шлифовании с учетом ограничения по предельной толщине среза a_z :

$$Q = \frac{tg\gamma \cdot k_0 \cdot B \cdot a_z^3 \cdot V_{\dot{e}\ddot{d}}}{b} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot t}{\rho}}; \quad (2)$$

$$V_{\ddot{a}\ddot{a}\ddot{d}} = \frac{Q}{B \cdot t} = \frac{tg\gamma \cdot k_0 \cdot B \cdot a_z^3 \cdot V_{\dot{e}\ddot{d}}}{b} \cdot \sqrt{\frac{2}{t \cdot \rho}}, \quad (3)$$

где γ – половина угла при вершине конусообразного режущего зерна; k_0 – количество зерен, расположенных на единице площади рабочей поверхности круга, шт/м²; b – высота выступания режущего зерна над уровнем связки круга, м; B – ширина шлифования, м; t – глубина шлифования, м; $\rho = 1/R_{\dot{e}\ddot{d}} + 1/R_{\ddot{a}\ddot{a}\ddot{d}}$; $R_{\dot{e}\ddot{d}}, R_{\ddot{a}\ddot{a}\ddot{d}}$ – соответственно радиусы круга и детали, м; $V_{\dot{e}\ddot{d}}$ – скорость круга, м/с.

Как видно, максимально возможная производительность обработки Q тем больше, чем больше параметры γ , k_0 , B , a_z , t и меньше b . Скорость детали $V_{\ddot{a}\ddot{a}\ddot{d}}$, в отличие от производительности обработки Q , с увеличением глубины шлифования t уменьшается. Следовательно, применение глубинного шлифования позволяет в максимальной степени реализовать прочностные свойства рабочей поверхности круга, обобщенно определяемые предельной толщиной среза.

При многопроходном шлифовании в условиях небольших глубин шлифования и увеличенных (по сравнению с глубинным шлифованием) значениях скорости детали $V_{\ddot{a}\ddot{a}\ddot{d}}$ ограничение по предельной толщине среза может иметь место при высокой жесткости технологической системы. При низкой жесткости системы (в условиях образования значительных упругих перемещений), как показано в работе [6], существует значение упругого перемещения $\acute{o}_{\acute{o}\ddot{n}\ddot{d}}$, при котором процесс шлифования стабилизируется во времени (по проходам n , рис. 1). В этом случае основным ограничивающим фактором процесса следует рассматривать величину упругого перемещения (начального натяга в технологической системе)

или радиальную составляющую силы резания $D_{\acute{o}}$ (радиальное усилие).

Исходя из работы [6], величина $\acute{o}_{\acute{o}\ddot{n}\ddot{d}}$ определяется зависимостью

$$\acute{o}_{\acute{o}\ddot{n}\ddot{d}} = \frac{\sigma \cdot Q}{\tilde{n} \cdot \hat{E}_{\phi} \cdot V_{\dot{e}\ddot{d}}} \quad \text{или} \quad (4)$$

$$D_{\acute{o}} = \tilde{n} \cdot \acute{o}_{\acute{o}\ddot{n}\ddot{d}} = \frac{\sigma \cdot Q}{\hat{E}_{\phi} \cdot V_{\dot{e}\ddot{d}}}, \quad (5)$$

где \tilde{n} – жесткость технологической си-

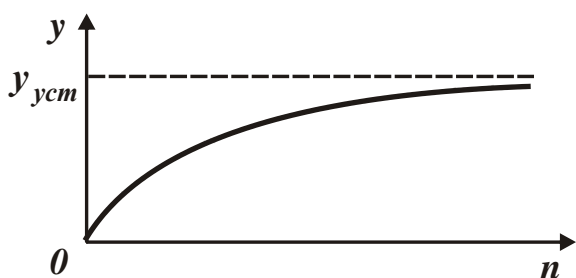


Рис. 1. Характер изменения величины упругого перемещения y в зависимости от количества проходов n .

стемы, Н/м; $\hat{E}_\phi = P_z / P_y$ – коэффициент шлифования; P_z – тангенциальная составляющая силы резания, Н; σ – условное напряжение резания, Н/м².

Задавая значения $\acute{o}_{\phi\tilde{n}\delta}$ или D_ϕ из зависимостей (4) или (5) несложно установить максимально возможную производительность обработки Q :

$$Q = \frac{c \cdot \hat{E}_\phi \cdot V_{\acute{e}\delta} \cdot \acute{o}_{\phi\tilde{n}\delta}}{\sigma} \quad \text{или} \quad (6)$$

$$Q = \frac{\hat{E}_\phi \cdot V_{\acute{e}\delta} \cdot D_\phi}{\sigma}. \quad (7)$$

В данном случае максимально возможная производительность обработки Q тем больше, чем больше параметры \tilde{n} , \hat{E}_ϕ , $V_{\acute{e}\delta}$, $\acute{o}_{\phi\tilde{n}\delta}$ и меньше σ или, исходя из зависимости (7), чем больше радиальное усилие D_ϕ . В итоге пришли, по сути, к упругой схеме шлифования, поскольку роль величины начального натяга в технологической системе $\acute{o}_{\phi\tilde{n}\delta}$ выполняет радиальное усилие D_ϕ – за счет которого и создается начальный натяг $\acute{o}_{\phi\tilde{n}\delta}$.

Как видно, производительность обработки при шлифовании по жесткой схеме в зависимости от ограничивающего фактора описывается различными аналитическими зависимостями (2) и (7). В условиях низкой жесткости технологической системы производительность обработки Q всецело определяется радиальным усилием D_ϕ согласно зависимости (7). Параметры режима шлифования: глубина шлифования t , продольная подача $S_{i\delta\grave{a}\grave{a}}$ и скорость детали $V_{\acute{a}\acute{a}\delta}$ в зависимость (7) не входят. Это позволяет рассматривать данную жесткую схему шлифования как упругую схему шлифования. С этой точки зрения жесткая и упругая схемы шлифования равносильны. Для практической реализации жесткой схемы шлифования необходимо в технологической системе создать начальный натяг $\acute{o}_{\phi\tilde{n}\delta}$ и в процессе шлифования его постоянно поддерживать. Глубину шлифования t на каждом проходе круга необходимо устанавливать в соответствии с зависимостью

$$t = \frac{Q}{B \cdot V_{\acute{a}\acute{a}\delta}} = \frac{\hat{E}_\phi \cdot V_{\acute{e}\delta} \cdot D_\phi}{\sigma \cdot B \cdot V_{\acute{a}\acute{a}\delta}} \quad (8)$$

для заданных значений B , $V_{\acute{a}\acute{a}\delta}$ и $D_\phi = \tilde{n} \cdot \acute{o}_{\phi\tilde{n}\delta}$.

При низкой жесткости технологической системы величина $\acute{o}_{\phi\tilde{n}\delta}$ может многократно превышать глубину шлифования t , тогда как при увеличенной жесткости технологической системы $\acute{o}_{\phi\tilde{n}\delta} < t$.

Производительность обработки Q может быть также представлена

$$Q = \pi \cdot D_{\acute{a}\acute{a}\delta} \cdot S_{i\delta} \cdot t, \quad (9)$$

где $D_{\acute{a}\acute{a}\delta}$ – диаметр детали, м; $S_{i\delta}$ – скорость продольной подачи, м/с.

При круглом шлифовании крупногабаритной детали заданную производительность обработки Q в связи с увеличенным диаметром детали $D_{\acute{a}\acute{a}\delta}$ можно

обеспечить за счет существенного уменьшения $S_{i\delta i\ddot{a}}$. Скорость детали $V_{\ddot{a}\ddot{a}\delta}$ в этом случае не входит в зависимость (9) и, следовательно, не влияет на Q : она может изменяться в широких пределах, выполняя чисто технологические функции. Например, обеспечивать необходимую продольную подачу на оборот детали $S_{i\delta i\ddot{a}}$. Тогда

$$V_{\ddot{a}\ddot{a}\delta} = S_{i\delta} \cdot \frac{\pi \cdot D_{\ddot{a}\ddot{a}\delta}}{S_{i\delta i\ddot{a}}} . \quad (10)$$

В данной зависимости все три параметра заданы, что позволяет вполне однозначно определить $V_{\ddot{a}\ddot{a}\delta}$.

На основе описанного подхода к определению условий обработки при шлифовании с низкой жесткостью технологической системы разработан и реализован на практике технологический процесс круглого шлифования контактных поверхностей крупногабаритных деталей металлургического назначения (малых и больших конусов и чаш засыпных аппаратов доменных печей) с износостойкими наплавленными материалами [7]. Процесс осуществляется с применением крупнозернистых абразивных кругов, работающих в режиме интенсивного износа и самозатачивания, что обеспечивает высокую режущую способность круга и возможность стабильного протекания во времени процесса шлифования.

Вместе с тем, как показывает производственный опыт, трудоемкость процесса шлифования остается достаточно высокой, поскольку приходится удалять значительный припуск – 5...7 мм на сторону. Попытки увеличения производительности обработки за счет увеличения начального натяга в технологической системе $\delta_{\delta\ddot{a}\delta}$ положительных результатов не дает, т.к. при этом, во-первых, увеличивается износ круга до неприемлемого уровня. Во-вторых, в технологической системе возникают интенсивные вибрации, что ухудшает процесс съема припуска и нарушает стабильность протекания процесса шлифования. Это требует проведения дальнейших исследований по определению путей устранения колебаний в технологической системе и снижения интенсивности износа круга в условиях высокопроизводительного шлифования.

Выводы. Теоретически определены условия повышения производительности обработки при круглом шлифовании с учетом ограничения по предельной толщине среза отдельным зерном круга и с учетом ограничения по величине начального натяга в технологической системе при шлифовании с низкой жесткостью системы. Доказано, что во втором случае по уровню производительности обработки жесткая и упругая схемы шлифования равносильны. При этом производительность определяется главным образом начальным натягом в технологической системе и соответственно величиной радиального усилия. Полученные теоретические решения позволяют обосновать закономерности устойчивого протекания процесса шлифования во времени и правильно определить наивыгоднейшие режимы резания при шлифовании. Результаты исследований использованы в производстве для совершенствования технологического процесса круглого шлифования контактных поверхностей крупногабаритных деталей металлургического назначения с износостойкими наплавленными материалами.

Список литературы

1. Якимов А.В. Абразивно-алмазная обработка фасонных поверхностей / А.В. Якимов. – М.: Машиностроение, 1984. – 212 с.
2. Алмазно-абразивная обработка материалов: справочник / Под ред. проф. А.Н. Резникова. – М.: Машиностроение, 1977. – 390 с.
3. Попов С.А. Алмазно-абразивная обработка металлов и твердых сплавов / С.А. Попов, Н.П. Малевский, Л.М. Терещенко. – М.: Машиностроение, 1977. – 263 с.
4. Рыбицкий В.А. Опыт внедрения алмазного шлифования деталей с защитными покрытиями / В.А. Рыбицкий. – К.: Общество ”Знание” УССР, 1987. – 23 с.
5. Новиков Ф.В. Физические и кинематические основы высокопроизводительного алмазного шлифования: автореф. дис. на соискание научн. степени докт. техн. наук: спец. 05.03.01 “Процессы механической обработки, станки и инструменты” / Ф.В. Новиков. – Одесса, 1995. – 36 с.
6. 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.
7. Андилахай В.А. Выбор оптимальной схемы шлифования контактных (наплавленных) поверхностей крупногабаритных изделий металлургического назначения / В.А. Андилахай // Труды 16-й Международной научно-технической конференции. Физические и компьютерные технологии. – Харьков: ХНПК “ФЭД”. – 2010. – С. 119-124.

Анотація

Підвищення продуктивності обробки при круглому шліфуванні великогабаритних деталей

Обґрунтовано умови підвищення продуктивності обробки при круглому шліфуванні великогабаритних деталей з важкооброблюваних матеріалів на основі оптимізації режимів різання

Abstract

Increase of the productivity of treatment at the round polishing of krupnogabaritnykh details

The terms of increase of the productivity of treatment at the round polishing of krupnogabaritnykh details are Grounded from hard-processing materials on the basis of optimization of the cutting modes