

**УПРАВЛЕНИЕ УПРУГИМИ ПЕРЕМЕЩЕНИЯМИ
В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ ПРИ КРУГЛОМ ШЛИФОВАНИИ
КРУПНОГАБАРИТНЫХ ДЕТАЛЕЙ С ИЗНОСОСТОЙКИМИ
НАПЛАВОЧНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ**

Новиков Ф.В., докт. техн. наук

(Харьковский национальный экономический университет им. Семена Кузнеця)

Иванов И.Е., канд. техн. наук

(ГВУЗ “Приазовский государственный технический университет”, г. Мариуполь)

В настоящее время широко используются методы упрочнения рабочих (контактных) поверхностей ответственных изделий высокотвердыми износостойкими наплавочными материалами. Это кардинальным образом решает проблему повышения ресурса и надежности их работы. Однако при этом возникает сложная проблема механической обработки данных поверхностей, обусловленная: 1) высокой твердостью наплавленных материалов (HRC 62-63); 2) необходимостью съема больших припусков – до 7 мм на сторону и более; 3) высокими требованиями по точности, шероховатости и качеству поверхностного слоя обрабатываемых изделий.

Традиционно обработка наплавленных материалов производится шлифованием абразивными кругами и резанием лезвийными инструментами из твердых сплавов и синтетических сверхтвердых материалов (СТМ). В ряде случаев оказалось эффективно применение алмазного шлифования, в особенности алмазного электроэрозионного шлифования, обеспечивающего поддержания в процессе высокой режущей способности алмазных кругов на высокопрочных металлических связках. Вместе с тем, эти методы показали хорошие результаты при обработке наплавленных материалов твердостью менее HRC 60. При обработке наплавленных материалов твердостью более HRC 60 проблема не решена. В особой мере это относится к обработке рабочих контактных поверхностей (упрочненных наплавленными материалами твердостью HRC 62-63) малых и больших конусов и чашам засыпных аппаратов доменных печей, которые изготавливаются в ПАО “Азовмаш” и Мариупольском металлургическом комбинате имени Ильича, а также других крупногабаритных изделий металлургического назначения (прокатные валки и т.д.). В настоящее время обработка поверхностей этих изделий производится методом круглого абразивного шлифования и характеризуется чрезвычайно высокой трудоемкостью (обработка длится более двух недель) в связи с необходимостью обеспечения высоких требований по точности и качеству поверхностного слоя детали при съеме значительных припусков (до 7 мм на сторону). Кроме того, имеет место большой расход абразивных кругов. Попытки применения более прогрессивного метода алмазного шлифования не дали положительных результатов, т.к. алмазные круги на прочных

металлических связках быстро затуплялись и засаливались, а организация их электроэрозионной правки оказалась малоэффективной. Также малоэффективной оказалась и лезвийная обработка в связи с интенсивным износом и разрушением режущих инструментов. Применение современных твердосплавных и алмазных резцов производства ведущих зарубежных фирм по стойкости оказалось экономически неприемлимым. Поэтому важно выработать научно обоснованную концепцию решения крупной научной и практической проблемы высококачественной и высокопроизводительной обработки указанных выше деталей и на ее основе выбрать наиболее эффективные технологические методы, схемы и условия механической обработки.

Для нормального функционирования засыпных аппаратов доменных печей необходимо обеспечить плотное прилегание контактных (рабочих) поверхностей конусов и чаш. Поэтому должна быть обеспечена высокая точность обработки их наплавленных поверхностей. При этом необходимо обеспечить главным образом точность формы обрабатываемых поверхностей, поскольку при контроле соединения чаши и конуса не должно пропускать воду. В связи с этим, проведены теоретические исследования точности обработки при шлифовании, определяемой упругими перемещениями, возникающими в

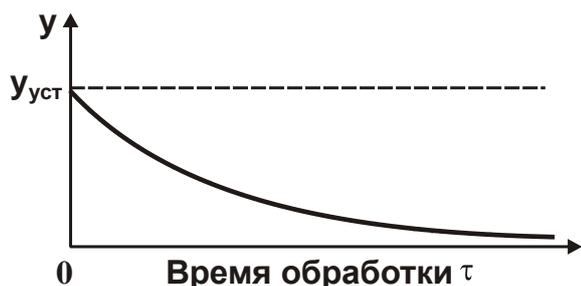


Рис. 1. Зависимость y от τ

(оптимальный цикл шлифования)

технологической системе. Установлено, что наиболее производительным циклом круглого шлифования, обеспечивающим заданную точность обработки, является цикл, включающий этап ускоренного создания в технологической системе начального натяга $y_{уст}$, а затем шлифование по схеме выхаживания (рис. 1). Основное время обработки определяется в этом случае по

зависимости [1, с. 298]:

$$\tau_{min} = \frac{\pi \cdot D_{дет} \cdot l \cdot \sigma}{c \cdot K_{ш} \cdot V_{кр}} \cdot \ln \left(\frac{y_{уст}}{y_0} \right), \quad (1)$$

где $D_{дет}$, l – диаметр и длина обрабатываемой детали, м; $y_{уст} = \frac{\sigma \cdot Q_{ном}}{K_{ш} \cdot c \cdot V_{кр}}$ –

установившееся значение величины y , м; σ – условное напряжение резания, Н/м²; $K_{ш} = P_z / P_y$ – коэффициент шлифования; P_z , P_y – соответственно тангенциальная и радиальная составляющие силы резания, Н; c – приведенная жесткость технологической системы, Н/м; $Q_{ном} = S \cdot V_{дет} \cdot t$ – номинальная производительность обработки, м³/с; S – продольная подача, м/об; $V_{дет}$ – скорость вращения детали, м/с; t – номинальная глубина шлифования, м; $V_{кр}$ –

скорость круга, м/с; y_0 – заданная погрешность обработки (после выхаживания), м.

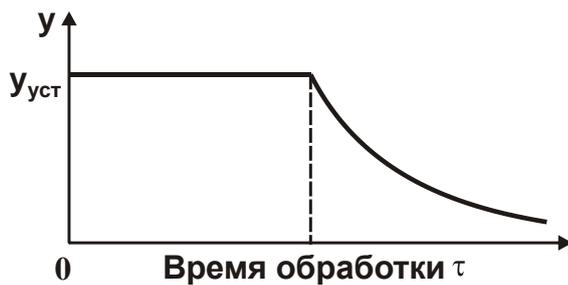


Рис. 2. Зависимость y от τ (цикл шлифования, включающий этапы чернового шлифования и выхаживания)

В случае $\Pi \gg y_{уст}$ (где Π – величина снимаемого припуска, м) целесообразно использовать цикл шлифования, показанный на рис. 2. В этом случае между $y_{уст}$ и номинальной производительностью обработки $Q_{ном}$ существует пропорциональная связь по зависимости:

$$y \approx y_{уст} = \frac{\sigma \cdot Q_{ном}}{K_{ш} \cdot c \cdot V_{кр}} \quad (2)$$

Основными условиями повышения $Q_{ном}$ с учетом ограничения по точности обработки являются (рис. 3): применение многопроходного, глубинного шлифования и шлифования по упругой схеме, поскольку, согласно (2), величина $y_{уст}$ не зависит от схемы шлифования, а определяется номинальной производительностью обработки $Q_{ном}$.



Рис. 3. Структурная схема условий повышения производительности обработки

Необходимо отметить, что создание и непрерывное поддержание в технологической системе заданного натяга $y_{уст}$ является основным направлением эффективного ведения процесса круглого шлифования рабочих контактных поверхностей (упрочненных наплавленными материалами твердостью HRC 62-63) малых и больших конусов и чаш засыпных аппаратов доменных печей, поскольку данный процесс осуществляется в условиях низкой жесткости технологической системы. Установлено, что жесткость применяемой на практике системы, созданной на базе токарно-карусельного станка, составляет всего 3000 Н/мм. Поэтому определение оптимального значения

натяга $y_{уст}$ является важной задачей. Поддержание в процессе заданного значения $y_{уст}$ позволит обеспечить равенство фактической и номинальной глубины шлифования, т.е. максимальное использование режущих свойств шлифовального круга.

Уменьшить погрешность обработки без снижения номинальной производительности обработки $Q_{ном}$ можно уменьшением условного напряжения резания (энергоёмкости обработки) σ и увеличением параметров $K_{ш}$, c и $V_{кр}$. Это достигается в первую очередь обеспечением высокой режущей способности шлифовального круга. Поскольку, как известно, при шлифовании параметр σ всегда больше, чем при резании лезвийным инструментом, то целесообразно при финишной обработке переходить от шлифования к лезвийной обработке.

Также получена аналитическая зависимость для определения погрешности формы отверстия в детали при лезвийной обработке (точении, растачивании и рассверливании) [2, с. 163-164]:

$$y_n = \frac{2 \cdot \Delta_0}{\left(1 + \frac{c \cdot K_{рез}}{\sigma \cdot S \cdot \cos \varphi}\right)^n}, \quad (3)$$

где Δ_0 – исходная погрешность обработки, м; $K_{рез} = P_z / P_y$ – коэффициент резания; φ – угол резца (сверла) в плане; n – количество проходов инструмента.

Из зависимости (3) следует, что, увеличивая n , появляется возможность уменьшения величины погрешности y_n до требуемого значения. Как видно,

при условии $\frac{c \cdot K_{рез}}{\sigma \cdot S \cdot \cos \varphi} \ll 1$ фактически нельзя устранить исходную

погрешность обработки Δ_0 , т.к. будет иметь место копирование погрешности.

Поэтому необходимо уменьшать отношение $\sigma / K_{рез}$, подачу S и увеличивать жесткость технологической системы c . Чем больше выражение в скобках знаменателя зависимости (3), тем меньше n для достижения заданной точности и соответственно меньше время обработки. Очевидно, при лезвийной обработке n будет меньше, чем при шлифовании, поскольку меньше отношение $\sigma / K_{рез}$.

Выполнить данное условие при рассверливании отверстия можно за счет определенного числа проходов сверла, увеличивая с каждым проходом диаметр сверла, т.к. при обработке сверлом с одинаковым диаметром будет происходить “разбивка” отверстия. Это принципиально новое теоретическое решение, которое согласуется с практикой сверления. Этими исследованиями показана возможность достижения требуемой точности при обеспечении высокой производительности обработки как при шлифовании, так и лезвийной обработке, что открывает новые перспективы повышения эффективности механической обработки наплавленных контактных поверхностей чаш, конусов и других крупногабаритных изделий металлургического назначения.

Список литературы: 1. Новіков Ф.В. Теоретичні основи механічної обробки високоточних деталей : монографія / Ф.В. Новіков, І.О. Рябенков. – Х. : Вид. ХНЕУ, 2013. – 352 с. 2. Новіков Ф.В. Особенности формирования погрешностей обработки при растачивании и рассверливании отверстий / Ф.В. Новіков, И.Е. Иванов // Вісник СевНТУ: зб. наук. пр. Вип. 139/2013. Серія: Машиноприладобудування та транспорт. – Севастополь: СевНТУ, 2013. – С. 161-165.