

УДК 621.923

**Ф.В. Новиков, А.Н. Ковальчук**

*Харьковский национальный экономический университет*

## **Исследование закономерностей изменения упругого перемещения в технологической системе при шлифовании**

*Приведены результаты экспериментальных исследований закономерностей изменения упругого перемещения в технологической системе при шлифовании.*

Точность обработки деталей типа вал на операциях шлифования во многом обусловлена упругими перемещениями, возникающими в технологической системе под действием силы резания. Их изучению в технологии машиностроения уделено достаточно большое внимание, в результате чего разработаны эффективные автоматизированные высокопроизводительные циклы круглого наружного шлифования, позволяющие уменьшить отрицательную роль упругих перемещений в процессе обработки. Вместе с тем, в полном объеме проблема не решена, что требует проведения дальнейших исследований [1,2]. Поэтому целью работы являются экспериментальные исследования величины упругого перемещения на переходах чернового шлифования и выхаживания операций круглого наружного врезного шлифования валов из закаленных сталей.

Экспериментальные исследования выполнялись на круглошлифовальном станке мод. 3У143МВ с применением абразивного круга 1А1 400х80х203 24А 40 СМ1 К6 по схеме круглого наружного врезного шлифования с режимом:  $V_{кр} = 35$  м/с;  $V_{дет} = 13,2$  м/мин. Обработывался вал из стали 45 диаметром 35 мм. Для поддержания высокой режущей способности абразивного круга периодически производилась его механическая правка алмазным карандашом «Славутич», черновая правка с режимом:  $t = 0,4$  мм;  $S_{прод} = 1$  м/мин, чистовая правка:  $t = 0,2$  мм;  $S_{прод} = 0,5$  м/мин.

Первоначально проводились экспериментальные исследования по определению влияния скорости радиальной подачи  $V$  на величину упругого перемещения  $\delta$  в технологической системе при съеме припуска  $P$ , равного 0,5 мм на сторону, рис. 1. Как следует из рис. 1, величина  $\delta$  с увеличением  $V$  изменяется примерно по линейной зависимости. Это подтверждает аналитическую зависимость  $\delta = B \cdot V$ , со-

гласно которой связь между величинами  $\delta$  и  $V$  линейная. Здесь

$$B = \frac{\sigma \cdot F}{c \cdot K_{ш} \cdot V_{кр}}$$

– постоянная времени образования упругого перемещения в технологической системе, с;  $\sigma$  – условное напряжение резания при шлифовании, Н/м<sup>2</sup>;  $K_{ш} = P_z/P_y$  – коэффициент шлифования;  $P_z/P_y$  – соответственно тангенциальная и радиальная составляющие силы резания при шлифовании, Н;  $c$  – приведенная жесткость технологической системы в радиальном направлении, Н/м;  $V_{кр}$  – скорость круга, м/с;  $F$  – площадь обрабатываемой поверхности, м<sup>2</sup>.

– постоянная времени образования упругого перемещения в технологической системе, с;  $\sigma$  – условное напряжение резания при шлифовании, Н/м<sup>2</sup>;  $K_{ш} = P_z/P_y$  – коэффициент шлифования;  $P_z/P_y$  – соответственно тангенциальная и радиальная составляющие силы резания при шлифовании, Н;  $c$  – приведенная жесткость технологической системы в радиальном направлении, Н/м;  $V_{кр}$  – скорость круга, м/с;  $F$  – площадь обрабатываемой поверхности, м<sup>2</sup>.

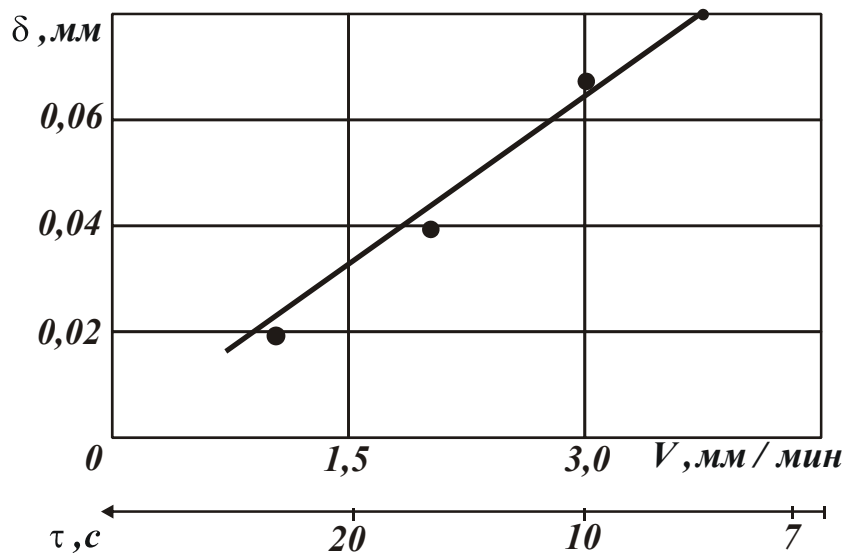


Рис. 1. Зависимость величины упругого перемещения  $\delta$  от  $V$  (времени  $\tau$ )

Параметр  $B$  в данном случае выполняет роль коэффициента пропорциональности и равен  $B = 1,2 \dots 1,28$  с. На рис. 1 показана шкала изменения времени обработки  $\tau = \Pi/V$ , направленная в сторону, противоположную скорости радиальной подачи  $V$ , т.е. чем меньше  $\tau$ , тем больше упругое перемещение  $\delta$ .

Были проведены экспериментальные исследования по определению характера изменения величины упругого перемещения  $\delta$  с течением времени выхаживания, т.е. при шлифовании с отключенной радиальной подачей. Для этого в технологической системе был создан начальный натяг величиной 0,08 мм. Как следует из рис. 2, с течением времени обработки  $\tau$  величина натяга (упругое перемещение  $\delta$ ) непрерывно уменьшается и через 10с съём обрабатываемого металла практически прекращается (отсутствует искрообразование в зоне резания). Из рис. 2 вытекает, что зависимость  $\delta - \tau$  подчиняется экспоненциальному закону.

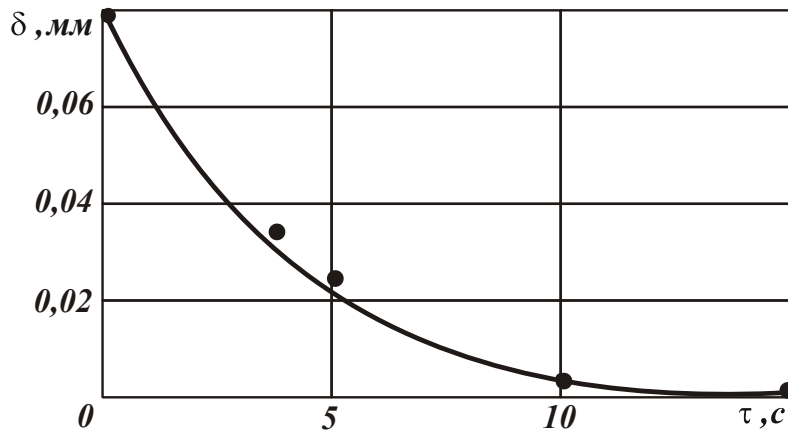


Рис. 2. Зависимость величины упругого перемещения  $\delta$  от времени обработки  $\tau$  при выхаживании

Располагая экспериментальными данными времени обработки  $\tau$  на переходах врезного шлифования (рис. 1) и выхаживания (рис. 2), можно определить суммарное время обработки  $\tau_{\text{сум}}$  в зависимости от скорости радиальной подачи  $V$ , рис. 3. Для этого необходимо задать точность размера обрабатываемой поверхности. Например, равную  $\delta = 0,003$  мм, что достигается через 10 с шлифования по схеме выхаживания, рис. 2. Как следует из рис. 3, с увеличением  $V$  суммарное время обработки  $\tau_{\text{сум}}$  уменьшается в связи с нелинейностью зависимости  $\delta - \tau$  (рис. 2), т.е. при съеме припуска по схеме выхаживания требуемая точность обработки достигается за меньшее время. Следовательно, чем большая часть припуска будет удаляться по схеме выхаживания, тем меньше время обработки.

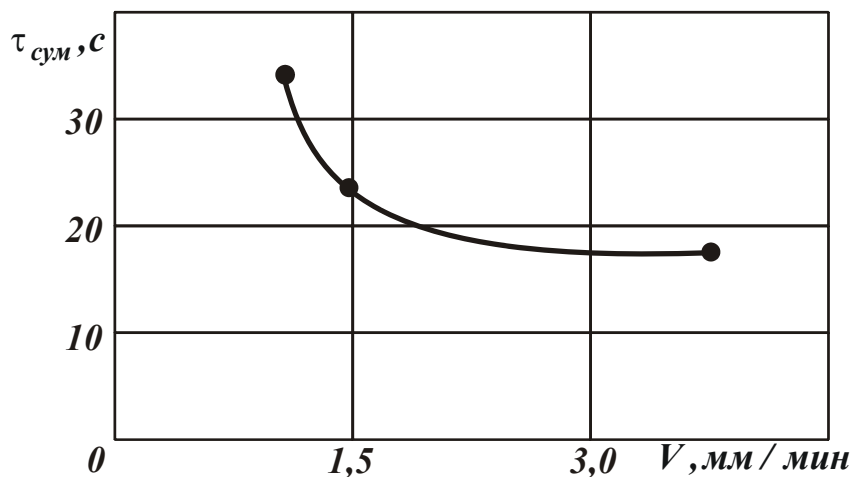


Рис. 3. Зависимость суммарного времени обработки  $\tau_{\text{сум}}$  от  $V$

С целью оценки режущей способности круга были проведены измерения эффективной мощности врезного шлифования  $N$  в зависи-

мости от  $V$ . Как следует из рис. 4, с увеличением скорости  $V$  эффективная мощность шлифования  $N$  увеличивается почти по линейной зависимости, принимая значения на уровне 1...2 кВт. Было определено также влияние  $V$  на твердость HRB и шероховатость  $Ra$  обработанной поверхности. Измерения твердости проводились на твердомере Роквелла в единицах HRB. Затем по таблицам перевода определялась твердость в единицах HB (например, для  $V = 1,5$  мм/мин – HB = 163...167, для  $V = 3,75$  мм/мин – HB = 169...171). В результате установлено, что с увеличением скорости радиальной подачи  $V$  твердость несколько увеличивается, рис. 5. Это свидетельствует о том, что в процессе шлифования происходит упрочнение обрабатываемого металла, т.е. преобладает силовой фактор. Роль температурного фактора незначительна, поскольку в противном случае наблюдалось бы уменьшение твердости обработанной поверхности. Таким образом, показано, что скорость радиальной подачи  $V$  не является ограничением с точки зрения температурного фактора, приводящего к снижению качества обработки.

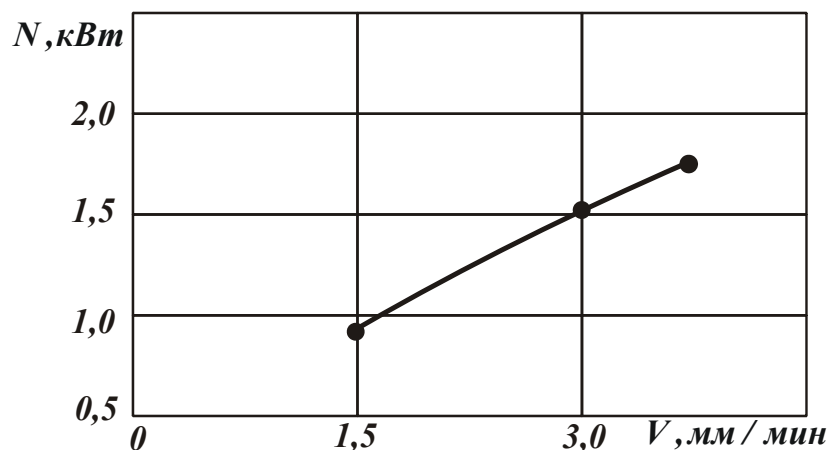


Рис. 4. Зависимость эффективной мощности шлифования  $N$  от  $V$

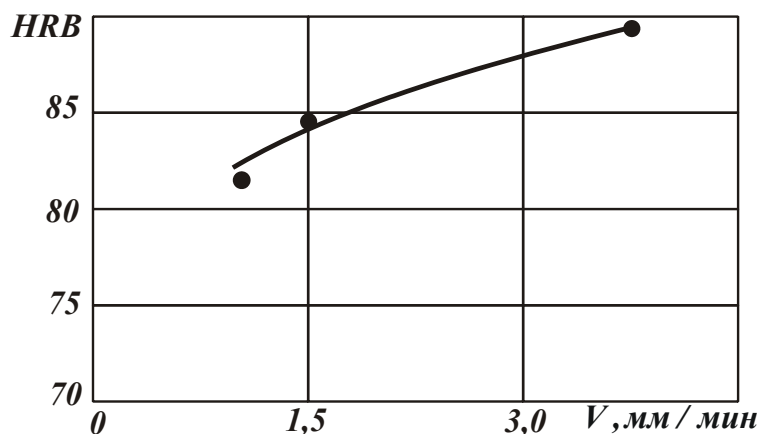


Рис. 5. Зависимость твердости поверхности HRB (по Роквеллу) от  $V$

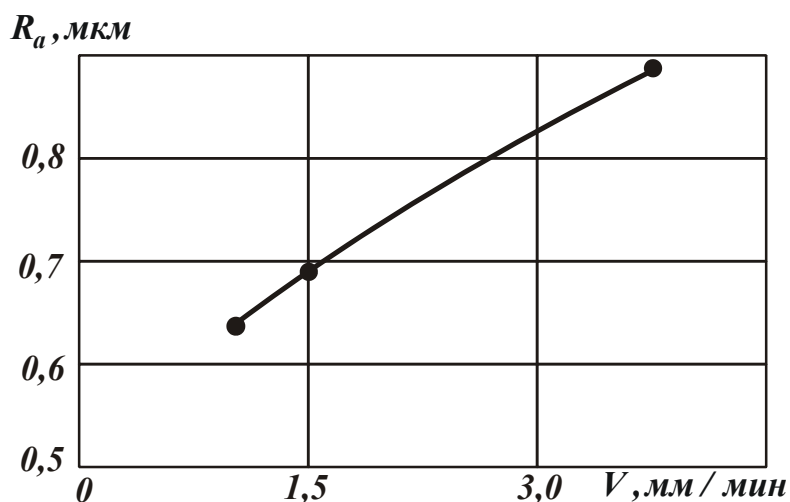


Рис. 6. Зависимость параметра шероховатости обработки  $R_a$  от  $V$

На рис. 6 показан характер изменения параметра шероховатости обработки  $R_a$  от скорости радиальной подачи  $V$ . Как видно, параметр  $R_a$  принимает достаточно большие значения, что связано со спецификой круглого наружного врезного шлифования. Как известно, при круглом наружном продольном шлифовании параметр  $R_a$  принимает меньшие значения. Применение выхаживания уменьшает значения  $R_a$ , однако не столь существенно – лишь до уровня 0,3 мкм. Результаты исследований использованы при разработке и внедрении эффективных операций круглого наружного шлифования ответственных валов приводов шахтных конвейеров в ОАО Харьковский машиностроительный завод «Свет шахтера».

1. Физико-математическая теория процессов обработки материалов и технологии машиностроения / Под общ. ред. Ф.В. Новикова и А.В. Якимова. В десяти томах. – Т. 10. "Концепции развития технологии машиностроения" – Одесса: ОНПУ, 2005.– 565с.

2. Ковальчук А.Н. Исследование параметров точности обработки при круглом врезном шлифовании. – Труды 13-й Международной научно-технической конференции, 19-20 апреля 2007г. – Харьков: ХНПК "ФЭД", 2007. – С. 236-247.