

УДК 681.7.023.72

ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ОБРАБОТКИ КОНИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ОПТИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Козерук А.С., Диас Гонсалес Р.О., Кузнечик В.О., Богданович Д.А.

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь*

Теоретические исследования обработки конической поверхности сводились к оптимизации наладочных параметров технологического оборудования с точки зрения достижения максимальных значений качества поверхности и производительности процесса (в нашем случае минимальных значений относительных расхождений путей трения $\Delta l_{отн}$ и максимальных средних арифметических их значений $l_{ср}$ соответственно). При оптимизации первоначально назначали средние значения $v_{и} = 5,0 \text{ с}^{-1}$, $v_2 = 4,0 \text{ с}^{-1}$, $e = 0,01 \text{ м}$, $L = 0,04 \text{ м}$, $v_к = 3,0 \text{ с}^{-1}$ и определяли значение отношения $v_{пл}/v_{и}$, при котором достигалось минимальное значение $\Delta l_{отн}$. Используя выявленное оптимальное значение $v_{пл}/v_{и}$ и средние v_2 , e , L , $v_к$, оптимизировали частоту вращения инструмента $v_{и}$, и т.д. до получения оптимальных значений всех наладочных параметров технологического оборудования. Результаты расчетов приведены на рисунке 1, а их анализ – в таблице 1. Из таблицы следует, что при оптимальном отношении частот $v_{пл}/v_{и}$ средних $v_{и}$, v_2 , e , L , $v_к$ параметр $l_{ср}$ достигает значения 2,2 м при удовлетворительном параметре качества $\Delta l_{отн} = 16 \%$. Такой режим обработки целесообразно назначать на операциях предварительного (грубого) и основного (среднего) шлифования абразивной суспензией микропорошков М40 и М20 соответственно. Для окончательного (мелкого) шлифования абразивной суспензией микропорошка М10 можно рекомендовать режим обработки на оптимальных $v_{пл}/v_{и}$, $v_{и}$ и средних v_2 , e , L , $v_к$. При этом $l_{ср} = 1,3 \text{ м}$, а $\Delta l_{отн} = 6,7 \%$. Заключительную стадию обработки – полирование – следует выполнять при оптимальных $v_{пл}/v_{и}$, $v_{и}$, v_2 , L и средней скорости конуса $v_к$. В этом случае $l_{ср} = 0,8 \text{ м}$, а $\Delta l_{отн} = 4,1 \%$, т.е. качество обеспечивается максимальное из возможного.

Кроме отмеченного, из анализа рисунка 1 следует, что параметр e практически не влияет как на точность обработки, так и на производительность процесса (горизонтальное расположение зависимостей 4 на рисунках 1, а и 1, б). Это значит, что обсуждаемый наладочный параметр можно не задействовать, т.е. обработку проводить без смещения планшайбы относительно инструмента вдоль оси симметрии выходного звена исполнительного механизма технологического оборудования.

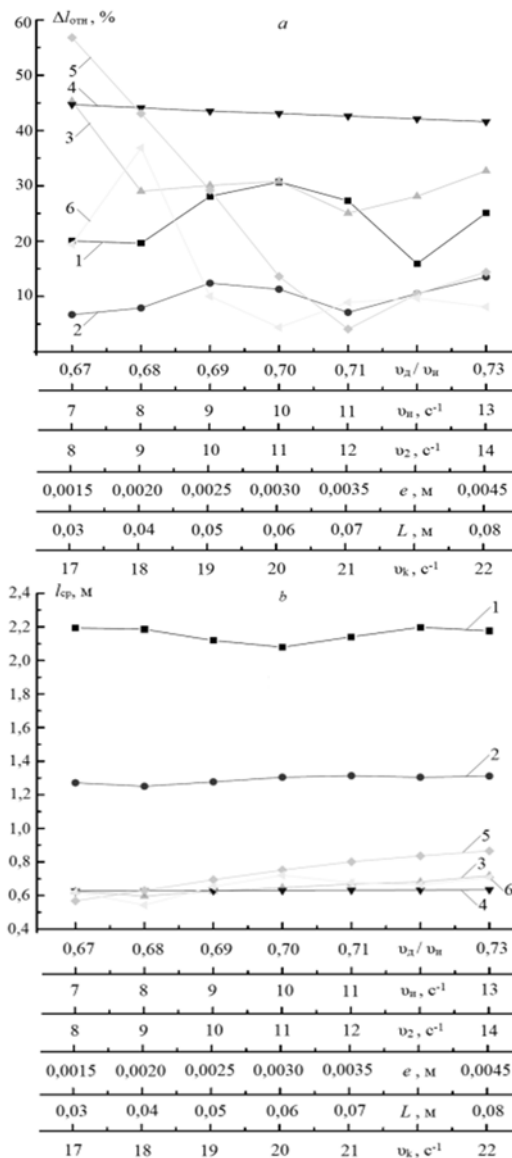


Рисунок 1 – Закономерности изменения относительного расхождения $\Delta l_{отн}$ (а) и среднего арифметического значения $l_{ср}$ (б) путей трения при обработке боковой поверхности конической линзы в зависимости от величины $v_{пл}/v_{и}$ при $v_{и} = 5,0 \text{ с}^{-1}$, $v_2 = 4,0 \text{ с}^{-1}$, $e = 0,01 \text{ м}$, $L = 0,04 \text{ м}$, $v_к = 3,0 \text{ с}^{-1}$ (1); $v_{и}$ при $v_{пл}/v_{и} = 0,72$ и прежних v_2 , e , L , $v_к = 3,0 \text{ с}^{-1}$ (2); v_2 при $v_{пл}/v_{и} = 0,72$, $v_{и} = 0,7 \text{ с}^{-1}$ и прежних e , L , $v_к$ (3); e при $v_{пл}/v_{и} = 0,72$, $v_{и} = 0,7 \text{ с}^{-1}$, $v_2 = 1,2 \text{ с}^{-1}$ и прежних L , $v_к$ (4); L при $v_{пл}/v_{и} = 0,72$, $v_{и} = 0,7 \text{ с}^{-1}$; $v_2 = 1,2 \text{ с}^{-1}$, $e = 0,002 \text{ м}$ и прежней $v_к$ (5); $v_к$ при $v_{пл}/v_{и} = 0,72$, $v_{и} = 0,7 \text{ с}^{-1}$, $v_2 = 1,2 \text{ с}^{-1}$, $e = 0,002 \text{ м}$, $L = 0,07 \text{ м}$ (6)

Таблица 1 – Результаты анализа рисунка 1

Наладочный параметр	Номер кривой на рис. 2	Оптимальное значение наладочного параметра	Минимальное значение $\Delta l_{\text{отн}}$, %	$l_{\text{ср}}$, м	Предлагаемая технологическая операция
$v_{\text{пл}}/v_{\text{н}}$	1	$v_{\text{пл}}/v_{\text{н}} = 0,72$	16	2,2	грубое и среднее шлифование
$v_{\text{н}}$	2	$v_{\text{н}} = 0,7 \text{ с}^{-1}$	6,7	1,3	мелкое шлифование
v_2	3	$v_2 = 1,2 \text{ с}^{-1}$	25	0,7	
L	5	$L = 0,07 \text{ м}$	4,1	0,8	полирование
$v_{\text{к}}$	6	$v_{\text{к}} = 2,0 \text{ с}^{-1}$	4,4	0,7	

Для проверки результатов расчета, изложенных на рисунке 1 и в таблице 1, выполнено ряд экспериментальных исследований, которые сводились к шлифованию боковой поверхности конической детали из стекла К8 с теми же геометрическими параметрами, что и в случае теоретических исследований. Шлифование выполнялось абразивной суспензией микропорошка М10 концентрации Т: Ж = 1:5 (Т – твердая фаза – абразивный порошок, Ж – жидкая фаза – вода). Обработка выполнялась на серийном шлифовально-полировальном станке мод. ЗШП-350.

При обработке конической поверхности детали определяли закономерности изменения ее стрелки прогиба в зависимости от времени обработки. Результаты этих экспериментов приведены на рисунке 2 и 3, причем первый из них отображает качество обработки, а второй – производительность.

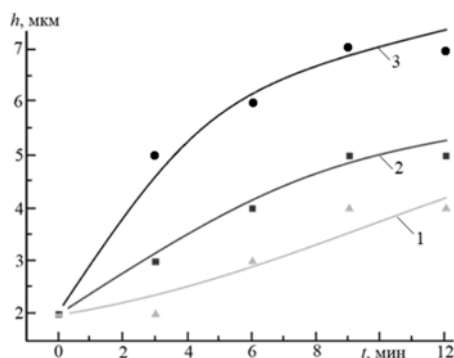


Рисунок 2 – Закономерности изменения исходной стрелки прогиба $h = 0,002 \text{ мм}$ боковой поверхности конической линзы в зависимости от времени шлифования t при: $v_{\text{д}}/v_{\text{н}} = 0,72$, $v_{\text{н}} = 5,0 \text{ с}^{-1}$, $v_2 = 4,0 \text{ с}^{-1}$, $e = 0,004 \text{ мм}$, $L = 0,04 \text{ м}$, $v_{\text{к}} = 3,0 \text{ с}^{-1}$ (1); $L = 0,07 \text{ м}$, $v_{\text{к}} = 2,0 \text{ с}^{-1}$, $v_{\text{д}}/v_{\text{н}} = 0,8$, $v_{\text{н}} = 5,0 \text{ с}^{-1}$, $v_2 = 4,0 \text{ с}^{-1}$, $e = 0,004 \text{ мм}$ (2); $v_{\text{д}}/v_{\text{н}} = 0,72$, $v_{\text{н}} = 1,1 \text{ с}^{-1}$, $v_2 = 1,2 \text{ с}^{-1}$, $e = 0,004 \text{ мм}$, $L = 0,07 \text{ м}$, $v_{\text{к}} = 3,0 \text{ с}^{-1}$ (3)

На стадии исследования качества обработки в каждой серии экспериментов использовали исходную коническую заготовку с отклонением образующей ее боковой поверхности от прямолинейности $h = 0,002 \text{ мм}$, а в случае изучения производительности исходное отклонение h составляло $0,015 \text{ мм}$.

Из анализа рисунка 2 следует, что если использовать средние значения наладочных пара-

метров $v_{\text{н}}$, v_2 , e , L , $v_{\text{к}}$ и оптимальное отношение $v_{\text{пл}}/v_{\text{н}}$, то за 12 мин шлифования отклонение образующей конуса от прямолинейности с исходных $0,002 \text{ мм}$ увеличится до $0,005 \text{ мм}$ (кривая 1 на рисунке 2), а в случае средних L , $v_{\text{к}}$ и оптимальных $v_{\text{пл}}/v_{\text{н}}$, $v_{\text{н}}$, v_2 , e – до $0,007 \text{ мм}$ (кривая 2 на рисунке 2). Если же применять оптимальные $v_{\text{пл}}/v_{\text{н}}$, $v_{\text{н}}$, v_2 , e , L и среднюю частоту вращения конуса $v_{\text{к}}$, то исходная погрешность непрямолинейности увеличится только на $0,002 \text{ мм}$ (кривая 3 на рисунке 2). Эти результаты согласуются с теоретическими исследованиями (кривые 1,4,5 на рисунке 1а соответственно).

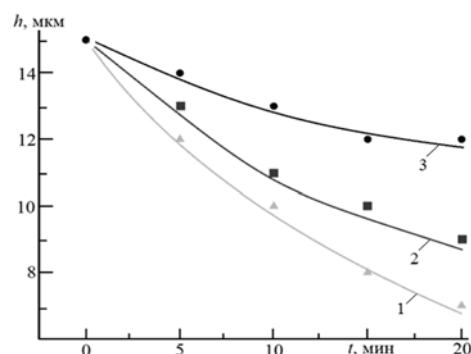


Рисунок 3 – Закономерности изменения исходной стрелки прогиба $h = 0,015 \text{ мм}$ боковой поверхности конической линзы в зависимости от времени шлифования t при: $v_{\text{д}}/v_{\text{н}} = 0,72$, $v_{\text{н}} = 5,0 \text{ с}^{-1}$, $v_2 = 4,0 \text{ с}^{-1}$, $e = 0,004 \text{ мм}$, $L = 0,04 \text{ м}$, $v_{\text{к}} = 3,0 \text{ с}^{-1}$ (1); $v_{\text{д}}/v_{\text{н}} = 0,72$, $v_{\text{н}} = 1,1 \text{ с}^{-1}$, $L = 0,04 \text{ м}$, $v_{\text{к}} = 3,0 \text{ с}^{-1}$; $v_2 = 4,0 \text{ с}^{-1}$, $e = 0,01 \text{ мм}$ (2); $v_{\text{д}}/v_{\text{н}} = 0,72$, $v_{\text{н}} = 1,1 \text{ с}^{-1}$, $v_2 = 1,2 \text{ с}^{-1}$, $e = 0,004 \text{ мм}$, $L = 0,07 \text{ м}$, $v_{\text{к}} = 2,0 \text{ с}^{-1}$ (3)

Анализ результатов производительности обработки показывает, что этот показатель достигает максимального значения при оптимальном отношении частот $v_{\text{пл}}/v_{\text{н}}$ и средних значениях $v_{\text{н}}$, v_2 , e , L , $v_{\text{к}}$ (кривая 1 на рисунке 3), когда за 20 мин обработки исходная стрелка прогиба величиной $0,015 \text{ мм}$ уменьшилась до $0,007 \text{ мм}$. Если же назначить оптимальные $v_{\text{пл}}/v_{\text{н}}$ и $v_{\text{н}}$, а v_2 , e , L и $v_{\text{к}}$ средние, то за тот же промежуток времени h уменьшится до $0,009 \text{ мм}$ (кривая 2 на рисунке 3). В случае использования наладочных параметров всех из области оптимальных значений, то исходная стрелка прогиба уменьшится только на $0,003 \text{ мм}$ (с $0,015$ до $0,012 \text{ мм}$, кривая 3 на рисунке 3).