

УДК 621.924.24

К. : . Rbey_ \ , кандидат технических наук, доцент
Ижевский государственный технический университет

АНАЛИЗ УСТОЙЧИВОСТИ И ПРИЧИН СБЕГА ШЛИФОВАЛЬНОЙ ЛЕНТЫ В ЗОНЕ КОНТАКТА ШЛИФОВАЛЬНОЙ ЛЕНТЫ С ПОВЕРХНОСТЬЮ ШКИВА*

Jkfhlgj_gu mkehby hklb_gby mklhcqbhh ihch_gby ZjZabghc e_glu ijb hfZhd_ ^ -
lZe_c , ihaheyxb_ mijZeylv dZq_klhf ih_joghklb , ihurZlv j_ismx kihkhghklv b klhc -
dhklv ZjZabguo e_gl .

Ключевые слова: машиностроение, шлифование, абразивная лента, устойчивость, шкив

Значимым препятствием, сдерживающим применение лент для шлифования фасонных и длинномерных нежестких деталей, является ее неустойчивость в поперечном направлении (сбег с валов или осцилляция ленты по валам), обусловленная ее деформируемостью по контуру шлифуемой детали, а также податливостью обрабатываемых нежестких деталей, результатом чего служит непостоянство силового фактора воздействия инструмента на деталь, а также деформация самой детали, нарушение и снижение точности обработки. Применение дополнительных приспособлений в виде люнетов, опорных плит и роликов не дает необходимого эффекта и увеличивает металлоемкость самого шлифовального станка.

Как показали исследования [1–3 и др.], одним из факторов производительной работы ленты является ее устойчивое положение относительно приводных роликов в процессе обработки. С целью достижения устойчивого положения ленты при обработке деталей применяются бочкообразные ролики или ролики с ребрами на концах во избежание сбег абразивной ленты.

Тем не менее, все авторы придерживаются мнения об определенном эффекте удержания ленты на роликах шлифовальных устройств за счет смещения осей роликов в горизонтальной или вертикальной плоскостях.

Как показывают исследования, поперечная устойчивость ленты связана с конструктивными особенностями систем шлифовальных механизмов, неравномерностью распределения сил натяжения по ширине и вызванные ими неравномерные напряжения основы ленты [4, 6].

Таким образом, единого мнения о причинах, вызывающих поперечную неустойчивость абразивных лент, нет, хотя большинство авторов отмечают неоднородность распределения механических свойств абразивной ленты по ширине самой ленты.

Эффективным технологическим приемом повышения режущей способности абразивных лент, их стойкости и управления качеством является соответствующий подбор роликов лентопротяжных механизмов. Роликами осуществляется управление движением бесконечных лент в лентопротяжных механизмах ленточно-шлифовальных и полировальных станков.

Устойчивость направления движения бесконечных лент обеспечивается в основном формой роликов, массой и их взаимным расположением в пространстве.

© Шияев С. А., 2011

*Статья подготовлена при выполнении работ по государственному контракту (шифр 1010-218-02-259) «Организация высокотехнологичного производства конденсаторов нового поколения».

Анализ существующих станков показал, что наиболее распространенными являются цилиндрические, бочкообразные и двухконусные ролики.

Ролики цилиндрической формы просты в изготовлении, но движение по ним бесконечной ленты неустойчиво. Лента часто сходит с роликов. Увеличение устойчивости ленты требует повышения точности взаимного расположения осей роликов по параллельности. Цилиндрическую форму рекомендуется применять в лентопротяжных механизмах только для контактных роликов.

Бочкообразные ролики более сложны в изготовлении, но при монтаже и работе допускают большую непараллельность осей роликов лентопротяжных механизмов.

Двухконусный ролик имеет форму двух усеченных конусов, сложенных большими основаниями. Лента, деформируясь в поперечном направлении, плотно прилегает к рабочей поверхности ролика и обладает хорошей устойчивостью.

Для увеличения устойчивости движения ленты на некоторых станках цилиндрические, двухконусные и бочкообразные ролики с краев снабжаются ребрами. Ребра ограничивают осевое смещение в пределах ширины ленты, но их применение (часто неоправданно) существенно снижает период стойкости инструмента.

Устойчивость движения ленты достигается также соответствующей наладкой лентопротяжного механизма. Наибольшие сечения бочкообразных и двухконусных роликов должны лежать в одной плоскости, и оси роликов должны быть взаимно параллельны. Поэтому для наладки лентопротяжного механизма необходимо обеспечить роликам четыре степени свободы (рис. 1).

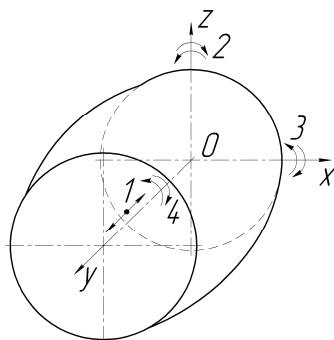


Рис. 1. Степени свободы ролика: 1–4 – направления перемещений

Первую степень свободы – поступательное перемещение вдоль оси NY – для совмещения небольших сечений бочкообразных и двухконусных роликов с базовой плоскостью ведущего ролика. Вторую и третью – вращательные движения вокруг осей NO и OZ – для обеспечения взаимной параллельности осей роликов. И четвертую степень свободы – рабочее вращение ролика вокруг оси NY , являющееся функциональным движением станка, обеспечивающим рабочее движение ленты. Остальные степени свободы необходимы только для настройки движения ленты на роликах лентопротяжных механизмов.

Из анализа движения бесконечных лент на бочкообразных и двухконусных роликах следует, что ввиду разности диаметров точек вдоль образующей отдельные точки ролика A , B , C и другие движутся с разными линейными скоростями $V_A \neq V_B \neq V_C$ (рис. 2), численные значения которых определяются по уравнению

$$V = \frac{\pi D_i n}{6 \cdot 10^4}, \quad (1)$$

где D_i – диаметр ролика в соответствующей точке образующей, мм; n – частота вращения, об/мин.

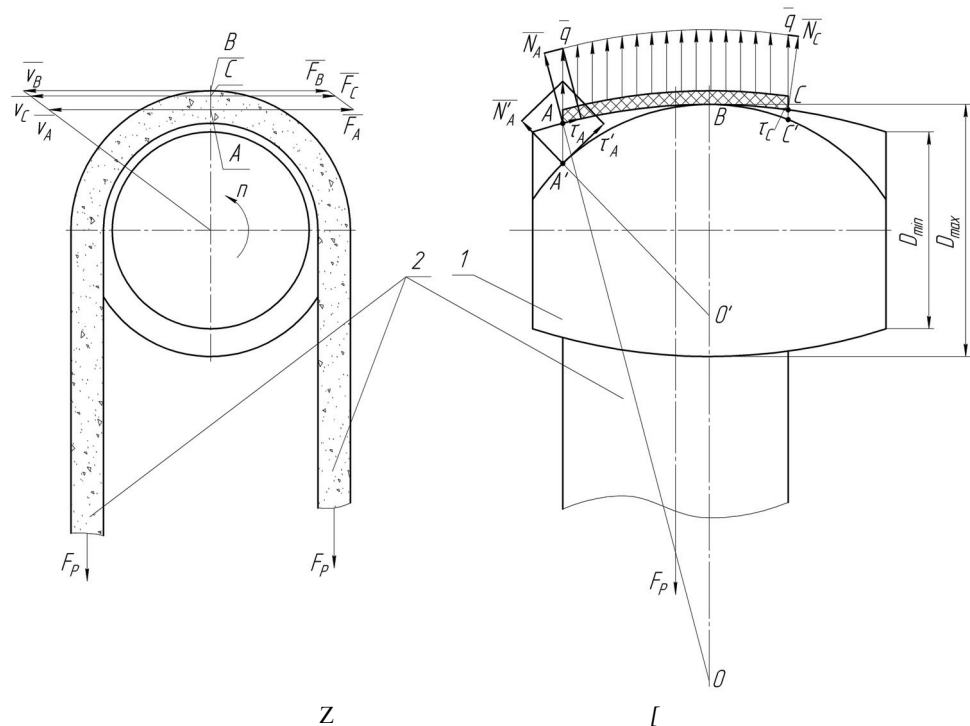


Рис. 2. Анализ движения бесконечных лент на бочкообразных роликах: Z – план скоростей точек образующей ролика 1 и их проскальзывания относительно ленты 2; I – разложение сил реакции ролика на ленту

Соответствующие же точки ленты перемещаются с постоянной скоростью $V_L = V_B$. В результате образуется разница скоростей точек ролика и ленты. В этих точках возникает проскальзывание ролика относительно ленты. Скорость проскальзывания равняется разности скоростей ленты и соответствующих точек ролика. Например, скорость проскальзывания ведущего ролика в точке А: будет $\Delta V_A = V_L - V_A$, точки В: $\Delta V_B = V_L - V_B$, точки К: $\Delta V_C = V_L - V_C$. Проскальзывание возрастает с увеличением бочкообразности или конусности роликов, оно ускоряет изнашивание ленты и роликов. Максимум проскальзывания приходится на края ленты, минимум – в точке С (рис. 2). Обратные, натяжные и другие ролики, которые приводятся во вращение бесконечной лентой 2 (рис. 2), испытывают проскальзывание и в точке С, которое определяется потерями энергии на трение в подшипниках ролика и его массой.

Уменьшение проскальзывания и изнашивания ленты за счет уменьшения бочкообразности или конусности роликов нецелесообразно, так как в этом случае снижается устойчивость направления движения ленты. Внешние силы, действующие на абразивную ленту, которая вращается на бочкообразном ролике со скоростью $V_{\text{л}}$ и растянута с некоторым усилием G , могут быть представлены в виде эпюра распределенной нагрузки по ширине ленты (рис. 2). Разложив результирующую силу q на нормальную N и тангенциальную τ составляющие, замечаем, что векторы тангенциальных составляющих τ всегда направлены в сторону наименьшей точки $\angle$, и лента под действием этих сил стремится переместиться с меньшего диаметра ролика на больший. Поэтому направление движения ленты на бочкообразном и двухконусном ролике будет устойчиво, если сумма элементарных касательных сил τ на дуге охвата $\angle$ будет равна сумме сил на дуге $\angle K$, т. е.

$$\sum_{i=1}^n \tau_{\angle} = \sum_{i=1}^m \tau_K \quad (2)$$

При равенстве сил лента будет располагаться симметрично относительно плоскости симметрии $\angle$ ролика 1 (рис. 2). Равенство сил является необходимым условием устойчивости направления движения бесконечных лент на роликах лентопротяжных механизмов. С увеличением бочкообразности и конусности роликов повышается устойчивость направления движения ленты; в то же время в первом случае (бочкообразности роликов) увеличивается проскальзывание ленты в точках $\angle$ и K (рис. 2).

Нарушение устойчивости движения ленты происходит за счет возмущающих сил, которые возникают из-за колебаний в силе резания, отклонения от параллельности осей роликов лентопротяжных механизмов, набегания шва на рабочую поверхность ролика, периодических ударов места склейки и т. д. Действие возмущающих сил проявляется в осциллирующих перемещениях ленты по образующим роликов в осевом направлении. Поэтому для стабилизации направления движения ленты следует увеличивать бочкообразность или конусность обкатных роликов. В этом случае для уменьшения изнашивания краев ленты и повышения периода ее стойкости рекомендуется применять многосекционные ролики на подшипниках качения, где каждая секция может, независимо друг от друга, вращаться на ступице со скоростью, близкой к скорости ленты. В частности, анализ рис. 2 показывает, что по мере увеличения бочкообразности обкатных роликов повышаются тангенциальные составляющие τ силы, действующие на дугах контакта ленты с роликом, тем больше, чем больше бочкообразность роликов. При этом их сумма на дуге $\angle K$ будет больше суммы сил, действующих на дуге ABC , т. е.

$$\left(\sum_{i=1}^n \tau_{\angle} + \sum_{i=1}^m \tau_K \right) > \left(\sum_{i=1}^n \tau + \sum_{i=1}^m \tau \right), \quad (3)$$

и движение ленты становится менее чувствительно к действию постоянно изменяющихся возмущающих сил [5].

Для определения силы, уравнивающей ленту на бочкообразном ролике, рассмотрим следующие явления. При обработке бунтовой проволоки возникает сила резания P_x , которая направлена вдоль оси проволоки. В результате воздейст-

вия этой силы лента смещается в ту же сторону, что движется проволока. В результате имеем следующее условие равновесия ленты на роликах $r_A = r_C + P_x$.

Путем преобразований была получена зависимость силы, уравнивающей ленту на бочкообразном ролике с учетом ширины и смещения ленты:

$$r_A = \frac{1}{2} q \left(\frac{L_H}{2} + y \right) \sin \left(\frac{\frac{L_H}{2} + y}{r} \right), \quad (4)$$

где L_H – ширина ленты; y – смещение ленты.

Результаты расчета по указанной зависимости представлены на рис. 3.

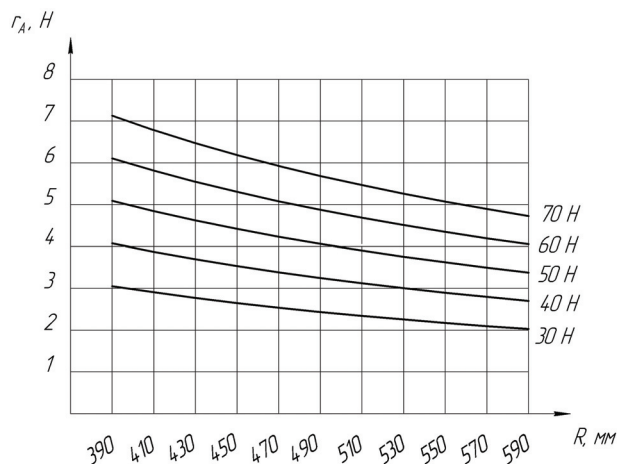


Рис. 3. График зависимости уравнивающей силы от радиуса кривизны и нагрузки на ролик при ширине ленты 160 мм

В результате проведенных исследований устойчивости и причин сбег шлифовальной ленты в зоне контакта шлифовальной ленты с поверхностью шкива было выявлено следующее:

- В процессе ротационного ленточного шлифования существует два устойчивых состояния абразивной ленты: во время холостого хода (без подачи проволоки) и во время обработки (с подачей проволоки). Во время холостого хода влияние на устойчивость оказывают усилия, возникающие в результате реакции бочкообразного ролика на абразивную ленту и натяжного ролика, ось которого установлена под углом к оси обрабатываемой проволоки. Во время обработки за счет действия силы резания лента смещается, при этом смещение будет происходить до тех пор, пока сила резания не будет компенсирована реакцией натяжного ролика на ленту.

- Для обеспечения наилучшей устойчивости шлифовальной ленты в зоне контакта ленты с поверхностью шкива во время обработки от силы резания J_x следует принять для натяжного ролика цилиндрический профиль, а для ведущего ролика – бочкообразный.

Список литературы

1. <_j_am[<, G. Шлифование абразивными лентами. – М. : Машиностроение, 1972. – 104 с.
2. Bgh\ X . B., Ghkh\ G. <. Эффективность и качество обработки инструментами на гибкой основе. – М. : Машиностроение, 1985. – 88 с.
3. Emjv_ =. ; . Шлифование абразивными лентами : учеб. пособие для проф.-техн. училищ. – М. : Высш. шк., 1980. – 48 с. – (Профтехобразование. Обработка резанием).
4. Fblj_bq D. K. Шлифование сталей и жаропрочных сплавов абразивными лентами // Высокопроизводительное шлифование : сб. науч. тр. / ред. Е. Н. Маслов ; Акад. наук СССР. Ин-т машиноведения. – М. : Изд-во АН СССР, 1962. – С. 149–161.
5. Izvdh\ E. : ., Dhklbg G. <. Обработка инструментами из шлифовальной шкурки. – Л. : Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1988. – 236 с.
6. Xgmkh\ N. K. Формообразование сложнопрофильных поверхностей шлифованием. – М. : Машиностроение, 1987. – 248 с.

S. A. Shilyaev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Izhevsk State Technical University

Stability Analysis and Reasons of Runout of a Griniding Belt in the Area of Its Contact With the Pulley Surface

The conditions providing stability of the abrasive belt while processing parts, control of the surface quality, increase of the cutting ability and endurance of the abrasive belts are considered.

Keywords: mechanical engineering, grinding, abrasive belt, stability, pulley

Получено: 30.03.11