

УДК 621.922.3

## ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЛЕНТОЧНОГО ШЛИФОВАНИЯ НА ТОКАРНЫХ СТАНКАХ.

Коротков В.А., к.т.н., доцент

Видяев М.П., ст. учебн. мастер, магистрант гр. МСм-201, II курс  
Кузбасский государственный технический университет  
имени Т.Ф. Горбачева,  
г. Кемерово

**Введение.** При изготовлении ступенчатых валов в условиях мелкосерийного производства часто возникает потребность в реализации операции круглого шлифования непосредственно на токарных станках без снятия заготовок после точения. В случаях, когда изделие относительно несложное и шлифуется только по отдельным цилиндрическим поверхностям, то возможно применить съёмный модуль для ленточного шлифования, либо произвести обработку требуемых поверхностей шлифовальной лентой вручную, используя вращение шпинделя токарного станка. Последний вариант является малопроизводительным и потенциально травмоопасным. Тем не менее, при отсутствии, либо полной загрузке на производстве круглошлифовальных станков, такие варианты обработки нередко используются. В подобных случаях создание и применение съёмных модулей для ленточного шлифования на токарных станках является наиболее целесообразным.

В представленной работе оценена на практике эффективность применения различных съёмных модулей для ленточного шлифования на токарно-винторезном станке модели 1К62, которые реализуют три схемы ленточного шлифования – с неподвижным упором, с прижатием заготовки к вращающемуся ролику и шлифование «свободной ветвью» шлифовальной ленты. В работе определена оптимальная схема ленточного шлифования на токарных станках, найдены рациональные режимы обработки.

**Теоретические положения.** Типовая технология изготовления деталей типа «вал» включает токарные операции лезвийной обработки с последующей термообработкой и чистовым шлифованием по ответственным присоединительным поверхностям (шейки под подшипники, шестерни и шкивы). Конструкции валов, которые не подвергаются термообработке (например, валы некоторых редукторов) целесообразно и возможно изготовить за один установ на токарных станках или токарно-фрезерных обрабатывающих центрах, где в качестве чистовой операции может использоваться, например, шлифование либо чистовое точение. Для обычных универсальных токарных станков нормальной точности более предпочтительна, в этом контексте, операция ленточного шлифования.

### **Конструкции и результаты испытания шлифовальных модулей.**

Расширение технологических возможностей токарных станков за счёт создания съёмных шлифовальных модулей, как правило, реализуется с использованием готового привода (например, угловых шлифовальных машинок, и др.) и его адаптации под конкретный станок посредством создания станочных приспособлений. Возможен также более сложный, но и более эффективный по параметрам жесткости и точности обработки вариант конструирования шлифовальных модулей «с нуля», где на съёмной опорной плите, закрепляемой в резцедержателе токарного станка, устанавливается специально сконструированный шпиндельный узел с электроприводом.

В представленной работе для реализации ленточного шлифования на токарном станке модели 1K62 первоначально была использована и адаптирована ручная ленточно-шлифовальная машина (ЛШМ) модели «Dexter DX900». Машина предназначена для обработки, в основном, плоских поверхностей и имеет 2 ролика (приводной и натяжной), а также плоский стальной упор, расположенный между ними.

Для закрепления ЛШМ в резцедержателе токарного станка использованы 2 штатных отверстия диаметром 8 мм на передней рукоятке и на корпусе машины. Схема крепления и базирования реализовывалась за счёт 2-х прутков-шестигранников с резьбовыми оконцовками М8 и М12, зажимаемых в резцедержателе станка. На один из шестигранников (с оконцовкой М8) ленточная машина закреплялась за переднюю рукоятку, а второй (М12) обеспечивал две дополнительные связи посредством металлических пластин и резьбовых соединений с передней рукояткой и корпусом ЛШМ (рис. 1). Первоначальная схема крепления ЛШМ обеспечивала ленточное шлифование по схеме обработки с неподвижным плоским упором.



Рис. 1. Внешний вид съёмного модуля для ленточного шлифования на токарном станке 1K62 по схеме с неподвижным плоским упором.

При проведении испытаний оценивались:

- коэффициент шлифования ленты, как отношение массы сошлифованного материала к массе износа инструмента;
- эффективная мощность резания, Вт;
- температура заготовки после шлифования;
- диаметр обработанной заготовки по 4 сечениям.

Для измерения массы ленты использовались электронные весы с ценой деления 0,01 г., а для контроля температуры заготовки применялся оптический пирометр с пределом измерения 950 °С. Масса сошлифованного металла рассчитывалась через диаметры и объём заготовки до и после испытаний. Для проведения испытаний использовались заготовки из стали 45, предварительно обточенные до диаметра 30 мм, с длиной шлифуемой части 180 мм. Шлифование производилось при минимальном визуальном фиксируемом прижатии инструмента к заготовке двумя продольными проходами (прямой и обратный). Скорость шлифовальной ленты была выбрана максимально возможной для применённой ЛШМ и составляла 8 м/с, частоте вращения заготовки – 25 об/мин и продольная подаче инструмента – 0,61 мм/об. При испытаниях использовалась лента с маркой абразива 14AP120. Средний размер зёрен составлял 100 мкм.

При проведении испытаний установлено, что средний коэффициент шлифования инструмента составлял 12,39, эффективная мощность резания – 80 Вт, температура нагрева заготовок после испытаний составляла 31°С (исходная – 22,4°С). Внешний вид обработанной заготовки (рис. 2) продемонстрировал существенное снижение шероховатости по сравнению с нешлифованной точёной поверхностью.



Рис. 2. Заготовка в процессе ленточного шлифования на токарном станке 1К62 по схеме с неподвижным плоским упором.

К существенным недостаткам опробованной схемы обработки следует отнести то, что средняя толщина снимаемого слоя металла за 1 цикл составляла порядка 0,2 мм на диаметр со значительными отклонениями в

разных точках заготовки (до  $\pm 0,1$  мм от среднего диаметра). То есть жесткость и точность базирования при данной схеме обработки не обеспечивала условиям геометрической точности изделий при чистовом шлифовании. Кроме того, после испытаний были обнаружены следы локального износа на стальном упоре под лентой, что в совокупности обусловило целесообразность переналадки и переноса точки контакта заготовки и инструмента на ролик.

Схема ленточного шлифования с прижатием заготовки к вращающемуся ролику была реализована за счёт изменения угла наклона ЛШМ и изменения межосевых расстояний в связях резьбовых соединений её креплений на резцедержателе токарного станка (рис. 3).



Рис. 3. Модуль для ленточного шлифования на токарном станке 1К62 по схеме с прижатием заготовки к вращающемуся ролику.

В качестве прижимного здесь использовался натяжной ролик ЛШМ. Для обеспечения геометрической точности при шлифовании потребовалось заменить штатный прижимной ролик бочкообразной формы с интегрированным игольчатым подшипником (с максимальным наружным диаметром 17 мм) на ролик цилиндрической формы, в качестве которого был применён комплект из 10 радиально-упорных подшипников с наружным диаметром 19 мм (рис. 4).



Рис. 4. Взаимное расположение прижимного ролика ЛШМ и заготовки.



При ленточном шлифовании по схеме с прижатием заготовки к вращающемуся ролику установлено, что средний коэффициент шлифования инструмента составлял 22,03, эффективная мощность резания – 57 Вт, температура нагрева заготовок после испытаний составляла 27°C (исходная – 22,4°C). Таким образом, применение данной схемы обработки по сравнению с предыдущей, позволило существенно снизить износ инструмента (в 1,8 раза), эффективную мощность резания (на 29%), а также температуру нагрева заготовок. Тем не менее, такая схема с прижатием заготовки к вращающемуся ролику также не позволила добиться необходимого уровня размерной точности. Как и в предыдущем случае, средняя толщина снимаемого слоя металла за 1 цикл обработки (прямой и обратный проход при минимально фиксируемом прижатии между инструментом и заготовкой) составляла порядка 0,2 мм. Для чистового шлифования нормальными величинами съёма металла могут считаться 0,01-0,03 мм за 1-2 прохода инструмента. В связи с этим представилось целесообразным реализовать и оценить эффективность схемы ленточного шлифования «свободной ветвью».

Для реализации указанной схемы использована угловая шлифовальная машина с установленным ленточно-шлифовальным устройством для зачистки труб и прутков. Такие съёмные устройства используются для зачистки ржавчины, окалины, лакокрасочных покрытий и сварных швов в коммунальном хозяйстве. Конструкция устройства включает три ролика, один из которых (ведущий) навинчивается на шпиндель УШМ, а два других (один из которых – подпружиненный натяжной) располагаются на раме, закрепляемой на фланце УШМ вместо защитного кожуха. Замена штатной рукоятки УШМ на шестигранник позволяет закрепить её в резцедержателе токарного станка и использовать по новому назначению – для круглого ленточного шлифования валов (рис. 5).



Рис. 5. Модуль для ленточного шлифования на токарном станке на основе УШМ-125, работающий по схеме прижатия свободной ленты к заготовке.

Для регулирования скорости вращения ленты в электрическую цепь УШМ был включен диммер (регулятор напряжения). Испытания проводились

при рабочих скоростях 6 м/с и 13 м/с. Частота вращения заготовок составляла 31,5 об/мин и продольная подача 0,61 мм/об.

Результаты испытаний показали, что средний коэффициент шлифования инструмента составлял 51,07, эффективная мощность резания – 7,5 Вт, средняя температура нагрева заготовок после испытаний составляла 26,2 °С. Средняя толщина снимаемого слоя металла за 1 цикл обработки составляла 0,01 мм при минимальном фиксируемом прижатии между инструментом и заготовкой, либо при натяге 0,5 мм на диаметр по лимбу поперечного перемещения резцедержателя. При натяге 2,5 мм между заготовкой и инструментом толщина снимаемого слоя металла за 1 цикл обработки составляла 0,02 мм. Таким образом, схема ленточного шлифования валов «свободной ветвью» (свободной лентой) на токарных станках полностью соответствует критериям точности чистового шлифования и может быть рекомендована к практическому использованию.

Сравнение эффективности обработки при различных частотах вращения заготовок (16, 25, 31,5 и 40 об/мин), показало, что следует выбирать частоты вращения 31,5 или 40 об/мин (для диаметра заготовки порядка 30 мм). При меньших частотах обработка идет чрезвычайно медленно. Продольную подачу при ленточном шлифовании на токарных станках следует выбирать из наибольшего диапазона подач. В рассматриваемых случаях сравнивались подачи 0,1, 0,3 и 0,61 мм/об. Наилучшей оказалась подача 0,61 мм/об. Скорость ленточного шлифования также следует выбирать наибольшей из рекомендуемого диапазона, с учетом жесткости и виброустойчивости оборудования. В рассматриваемом случае рациональная скорость шлифования составляла 13 м/с.

### **Выводы:**

1. В представленной работе созданы и испытаны конструкции съёмных модулей для ленточного шлифования на токарно-винторезном станке модели 1К62, которые реализуют три схемы ленточного шлифования – с неподвижным упором, с прижатием заготовки к вращающемуся ролику и шлифование «свободной ветвью» шлифовальной ленты.
2. Установлено, что по критериям точности обработки, износа инструмента, энергозатратам и теплонапряжённости процесса шлифования оптимальной является схема ленточного шлифования на токарных станках «свободной ветвью» шлифовальной ленты.
3. Определены рациональные режимы ленточного шлифования (для рассматриваемой шлифовальной ленты) на токарных станках: скорость шлифования 13 м/с, частота вращения заготовок 31,5 об/мин, продольная подача 0,61 мм/об.

### Список литературы

1. Основы проектирования и технология изготовления абразивного и алмазного инструмента / под ред. А.М. Ковальчука. – М.: Машиностроение, 1984. – 288 с.
2. Коротков, А. Н. Повышение эксплуатационных возможностей шлифовальных инструментов : монография / ГУ КузГТУ. – Кемерово, 2005. – 232 с.
3. Коротков, В. А. Повышение эксплуатационных возможностей отрезных шлифовальных кругов: монография. – М.: Машиностроение, 2009. – 178 с.
4. Абразивные материалы и инструменты. Каталог / под. ред. В. Н. Тыркова. – М.: ВНИИТЭМР, 1986. – 358 с.
5. Ваксер, Д. Б. Пути повышения производительности при шлифовании. – М.: МВТУ им. Н. Э. Баумана, 2001. – 448 с.
6. Абразивная и алмазная обработка материалов. Справочник / под ред. А. Н. Резникова. – М.: Машиностроение, 1977. – 391 с.
7. Коротков, В. А. Изготовление и результаты испытаний экспериментальных кругов с применением в качестве связки эпоксидной смолы / В. А. Коротков, В. В. Мельников // Научно-технический прогресс: Актуальные и перспективные направления будущего: Сборник VI междунар. науч.-практ. конференции, 18.08.2017. – Кемерово: ЗапСибНЦ, 2017. – Т 2., С. 117 – 120.