

УДК 621. 941: 216. 01
674. 054. 055

А.В. Сергеевичев, А.Ю. Волков

Сергеевичев Александр Владимирович родился в 1977 г., окончил в 1999 г. С.-Петербургскую государственную лесотехническую академию, кандидат технических наук, доцент кафедры оборудования и инструментов деревообрабатывающих производств СПб ГЛТА. Имеет более 10 печатных трудов в области технологии и механики древесных материалов.



Волков Андрей Юрьевич родился в 1958 г., окончил в 1981 г. Ленинградский энергомашиностроительный институт, аспирант кафедры оборудования и инструментов деревообрабатывающих производств С.-Петербургской государственной лесотехнической академии. Имеет 3 научные статьи в области технологии и механики древесных материалов.



ИЗГОТОВЛЕНИЕ ОЦИЛИНДРОВАННЫХ БРЕВЕН И ТОЧНОСТЬ ОБРАБОТКИ

Установлены факторы, влияющие на точность оцилиндровки бревен на роторном позиционном станке, а также статические и динамические усилия, возникающие в механизме резания.

Ключевые слова: роторные оцилиндровочные станки позиционного типа, случайные и систематические погрешности, точность оцилиндровки бревен, статические и динамические усилия.

Точность изготовления оцилиндрованных бревен на позиционном роторном станке определяется его геометрическими погрешностями. Точность характеризуется величиной отклонения контролируемых размеров и формы от заданных. Отклонения, в свою очередь, зависят от точности настройки станка. Последняя связана с большим числом факторов, относящихся к станку, инструменту, обрабатываемому бревну и режимам резания.

Отклонение размеров и формы бревна от заданных размеров называют погрешностью. Погрешности подразделяют на две группы: систематические и случайные.

Систематические – это погрешности, которые остаются постоянными в пределах обработки партии бревен или изменяются по определенному закону; к ним относят постоянные (погрешности в кинематике станка, неточности элементов и приспособлений, непараллельность направляющих, неточности в элементах базирования, настройки и регулирования и др.) и переменные (износ инструментов, направляющих и приспособлений, деформация элементов станка и приспособлений, температурные деформации трущихся элементов опорных узлов и др.).

Случайные – это погрешности, которые в период обработки партии бревен изменяются без определенной закономерности; они могут быть вызваны нестабильностью припусков на обработку, нестабильностью формы бревна, поступающего на обработку, ошибками базирования (центрирование) бревен при закреплении в центрах, неоднородностью свойств обрабатываемой древесины, различными проявлениями внутренних напряжений в материале бревна, нестабильностью режимов обработки (различные скорости подачи и резания) и др.

Погрешности суммируют с учетом следующих правил:
систематические погрешности складывают алгебраически;
систематическую и случайную погрешности складывают арифметически;

случайные погрешности складывают по следующему правилу:

$$\delta = \sqrt{(K_1\delta_1)^2 + (K_2\delta_2)^2 + \dots + (K_n\delta_n)^2}, \quad (1)$$

где δ – суммарная погрешность;

$\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_n$ – составляющие погрешности;

K_1, K_2, \dots, K_n – коэффициенты, зависящие от вида кривых распределения составляющих погрешностей.

Если погрешности подчиняются одному и тому же закону $K_1 = K_2 = \dots = K_n$, то суммарную погрешность определяют по формуле

$$\delta = K\sqrt{\delta_1^2 + \delta_2^2 + \dots + \delta_n^2}. \quad (2)$$

В большинстве случаев погрешности носят случайный характер и подчиняются закону нормального распределения [2].

К характерным случаям образования систематических погрешностей относят:

наличие непараллельности направляющих каретки ротора оси бревна; из-за этого возникает угол между осью бревна и осью вращения ротора;

наличие несоосности крепления бревна к торцам; между осью бревна и осью центров образуется угол перекоса;

наличие смещения оси бревна относительно оси центров; между осями бревна и центров возникает смещение, постоянное или переменное по длине бревна;

наличие перекоса бревна в центрах; оси бревна и центров пересекаются под углом.

Во всех отмеченных случаях обработки ось вращения ротора совпадает с осью центров. Отмеченные погрешности приводят к тому, что глубина обработки по длине бревна и радиусу при вращении и подаче ротора и инструментами не остается постоянной.

В отдельных случаях концевые зоны бревен могут оказаться не обработанными по сплошной цилиндрической поверхности. Непостоянство глубины резания приводит к изменению сил резания от P_{\min} до P_{\max} как за оборот ротора, так и по длине бревна, что в свою очередь является причиной

возникновения динамических нагрузок и колебаний в станке, а также потери работоспособности механизма резания и подачи.

К характерным случаям образования случайных погрешностей при оцилиндровке бревен на роторных позиционных станках относят:

наличие неровностей на наружной поверхности бревен; ось бревна не совпадает с осью вращения ротора и осью центров; высота неровностей – переменная по радиусам и длине бревен;

наличие продольной кривизны у бревен; ось бревна – кривая, не совпадающая с осью вращения ротора и центров; наружный и внутренний радиусы – по длине бревна непостоянны;

наличие выраженной конусности бревен, локальных природных пороков древесины (сучки, местные наплывы и утолщения, местные впадины, смоляные карманы и другие); высота, шаг неровностей и механические характеристики в бревнах непостоянны; оси бревна, вращения ротора и центров совпадают (но могут и не совпадать).

Отмеченные погрешности приводят к тому, что глубина резания по длине бревна и радиусу при вращении и подаче ротора изменяется по законам случайного распределения. Из-за переменного сечения среза стружек и изменчивости прочностных свойств древесины по длине бревен силы резания непостоянны. Изменение сил резания за оборот ротора и по длине бревен приводит к возникновению вынужденных колебаний в станке. Оцилиндровка бревен во многом определяется их жесткостью на изгиб и кручение. В процессе движения ротора по длине бревен изменяется их податливость: она меньше в зоне центров и больше в средней зоне. Для уменьшения прогиба бревен в станках используют подвижной люнет.

Механизм резания позиционного роторного станка для оцилиндровки бревен состоит из двигателя, ременной передачи и ротора с набором режущих инструментов. В механизме резания при обработке бревен, кроме статических, имеют место динамические усилия трех видов: возникающие в результате неравномерности рабочей нагрузки (усилий резания); возникающие из-за неравномерного движения его деталей (ошибки исполнения деталей, неуравновешенность деталей, неравномерный износ подшипников); возникающие при пуске и торможении.

Динамические усилия в механизме резания (привод) станка могут одновременно содержать две составляющие, вызванные как внешним динамическим усилием, так и внутренними причинами [1].

Современные исследователи рассматривают машины и механизмы как многомассовые упругие системы. При определении пусковых нагрузок обычно пользуются законом изменения скорости или избыточного момента двигателя при его разгоне. Однако это влечет за собой некоторую неточность результатов из-за того, что при разгоне двигателя возникает обратная связь: двигатель действует на систему привода механизма, а приводная система – на двигатель. В связи с этим закон не будет отражать действительного характера изменения отмеченных величин. При рассмотрении динамических

явлений в механизме резания (привод) оцилиндровочного станка целесообразно учитывать действительные пусковые характеристики двигателя [3].

Механическая характеристика короткозамкнутого асинхронного электродвигателя переменного тока при обычном исполнении ротора отличается существенной нелинейностью и рассчитана на машины, запускаемые вхолостую, так как пусковой момент $M_{п}$ у них зачастую оказывается меньше момента сопротивления $M_{с}$. При запуске под нагрузкой используют асинхронные двигатели со специальным исполнением ротора, который обеспечивает значительные пусковые моменты ($M_{п} > M_{с}$). У короткозамкнутых асинхронных двигателей момент в период разгона можно считать примерно равным среднеарифметической сумме пускового и максимального значений:

$$M_{р} = M_{ср} = \frac{M_{п} + M_{\max}}{2}. \quad (3)$$

Во время пуска и торможения механизма резания, а также при любом изменении скорости вращения ротора (при изменении сил резания в условиях переменной глубины резания) совершается работа сил инерции частей, движущихся с ускорением или замедлением. Работа сил инерции вращающихся частей при изменении скорости равна разности кинетических энергий:

$$A_g = I \frac{\omega_2^2 - \omega_1^2}{2}, \quad (4)$$

где I – момент инерции вращающегося ротора, н·м·с²;

ω_1 и ω_2 – угловые скорости в начале и конце процесса изменения скорости вращающихся частей, с⁻¹.

Если моменты инерции всех вращающихся частей привода заменить эквивалентным (приведенным) моментом инерции $I_{пр}$, то работу сил инерции можно определить по формуле

$$A_g = \frac{I_{пр} \omega^2}{2}, \quad (5)$$

где ω – угловая скорость вращения вала двигателя, с⁻¹.

Применяя $I_{пр}$, можно определить динамическую мощность $N_{д}$ по формуле

$$N_{д} = I_{пр} \omega \frac{d\omega}{dt}. \quad (6)$$

При пуске механизма резания расходуется мощность $N_{п}$, равная сумме динамической $N_{д}$ и статической $N_{с}$ мощностей:

$$N_{п} = N_{д} + N_{с}. \quad (7)$$

При торможении, когда скорость ротора изменяется от номинальной до нуля, расходуемая мощность равна разности этих мощностей:

$$N_{п} = N_{д} - N_{с}. \quad (8)$$

Динамический момент

$$M_d = \frac{N_d}{\omega} = \frac{I_{np}\omega}{\omega} \frac{d\omega}{dt} = I_{np} \frac{d\omega}{dt}. \quad (9)$$

Момент, развиваемый двигателем при пуске, равен сумме динамического и статического моментов:

$$M_n = M_d + M_c = I_{np} \frac{d\omega}{dt} + M_c, \quad (10)$$

при торможении – разности моментов:

$$M_t = M_d - M_c = I_{np} \frac{d\omega}{dt} - M_c. \quad (11)$$

Здесь M_t – статический момент двигателя, соответствующий статической мощности, потребляемой двигателем при неизменной скорости рабочего процесса резания. Одна часть статической мощности расходуется на обработку бревна резанием, другая – на преодоление сил трения в опорах валов, между воздухом и элементами ротора и передачи. Энергия, расходуемая на преодоление сил трения, преобразуется в теплоту.

Статический момент, может быть определен по следующей формуле:

$$M_c = 9750 \frac{N_c}{n}, \quad (12)$$

где N_c – статическая мощность двигателя, кВт;

n – частота вращения вала двигателя, мин⁻¹.

Таким образом, можно сделать следующие выводы.

1. Точность оцилиндровки бревен на позиционном роторном станке зависит от факторов, относящихся к станку, инструменту, обрабатываемому бревну и режиму обработки.

2. Изменения сил резания за оборот ротора и по длине бревна из-за непостоянства сечения реза и механических свойств древесины приводят к возникновению прогиба бревен и вынужденных колебаний в станке. Для ликвидации влияния на точность обработки прогиба бревен следует в конструкции станков использовать подвижный люнет, т.е. подвижную дополнительную опору для бревен.

3. В механизме резания (подача) оцилиндровочного позиционного роторного станка при обработке бревен, кроме статических, возникают динамические усилия: от неравномерности усилия резания (рабочая нагрузка); от неравномерного движения деталей; при пуске и торможении двигателя привода.

4. При оценке динамических явлений в механизме резания (привод) оцилиндровочных станков следует учитывать действительные характеристики двигателя. Наличие сравнительно небольших масс в роторной группе оцилиндровочных позиционных станков позволяет широко использовать в приводе асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором.

5. Запуск и торможение асинхронного двигателя в механизме резания оцилиндровочного позиционного роторного станка следует производить

без рабочей нагрузки, т.е. при отсутствии резания. Это связано с тем, что при обычном исполнении характеристика короткозамкнутого асинхронного электродвигателя переменного тока отличается существенной нелинейностью, а его пусковой момент зачастую меньше момента сопротивления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Кудинов, В.А.* Динамика станков [Текст] / В.А. Кудинов. – М.: Машиностроение, 1967. – 359с.
2. *Манжос, Ф.М.* Точность механической обработки древесины [Текст] / Ф.М. Манжос. – М.: ГЛБИ, 1959. – 262с.
3. *Михайлов О.П.* Динамика электромеханического привода металлорежущих станков [Текст] / О.П. Михайлов. – М.: Машиностроение, 1990. – 304с.

С.-Петербургская государственная
лесотехническая академия

Поступила 13.04.05

A.V. Sergeevichev, A.Yu. Volkov

Production of Cylinderized Logs and Processing Accuracy

The factors influencing the accuracy of logs' cylinderizing on the rotary positional machine are set as well as statistical and dynamic efforts occurring in the cutting mechanics.
