

Л.В. Кремлева, В.И. Малыгин, Н.А. Пестов

Филиал «Севмашвтуз» С.-Петербургского государственного морского технического университета

Кремлева Людмила Викторовна родилась в 1967 г., окончила в 1989 г. Севмашвтуз, доктор технических наук, зав. кафедрой автоматизированных систем технической подготовки производства филиала «Севмашвтуз» С.-Петербургского государственного морского технического университета. Имеет около 50 научных работ в области математического моделирования физических процессов при резании и автоматизации проектирования средств технологического оснащения.

E-mail: rector@sevmashvtuz.edu.ru



Малыгин Владимир Иванович родился в 1952 г., окончил в 1979 г. Университет дружбы народов им. П. Лумумбы, доктор технических наук, профессор, действительный член АИН РФ, проректор по научной работе филиала «Севмашвтуз» С.-Петербургского государственного морского технического университета. Имеет более 180 научных работ в области математического моделирования физических процессов при резании.

E-mail: xvt@sevmashvtuz.edu.ru



Пестов Николай Александрович родился в 1970 г., окончил в 1994 г. Севмашвтуз, кандидат технических наук, заведующий кафедрой технологии металлов и машиностроения филиала «Севмашвтуз» С.-Петербургского государственного морского технического университета. Имеет около 30 научных работ в области машиностроительных технологий.

E-mail: rector@sevmashvtuz.edu.ru



МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОЙ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ОРИЕНТАЦИИ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ЗАГОТОВОК С БОЛЬШИМИ ОТКЛОНЕНИЯМИ ФОРМЫ И РАЗМЕРОВ

Предложена методика автоматизированного расчета оптимальной технологической базы при поштучном центрировании фанерного кряжа со значительными отклонениями формы и размеров на лущильных станках, позволяющая увеличить объем получаемого шпона, в том числе при переработке некондиционной части лесоматериалов, используемых в фанерном производстве.

Ключевые слова: фанерный кряж, отклонения формы, технологическая база, оптимальная ориентация, лущеный шпон.

Задача определения оптимальной пространственной ориентации цилиндрических заготовок с большими отклонениями формы и размеров часто возникает при центрировании фанерного кряжа на лущильных станках. Точность базирования заготовок при этом во многом определяет качество и объем получаемого шпона. Центрирование цилиндрических чураков с помощью центровочно-загрузочных устройств (ЦЗУ) лущильных станков осложняется разнообразием формы поперечного сечения и наличием существенной кривизны оси заготовок по их длине. Следует отметить, что по отношению к форме заготовки необходимо различать совокупность всех ее отклонений, т. е. не только отклонений от цилиндричности, но и от круглости поперечных сечений, наклон или кривизну образующей заготовки.

Цель работы – увеличение полезного выхода лущеного шпона, в том числе при переработке некондиционной части лесоматериалов, используемых в фанерном производстве.

Фирмой «Raute» (Финляндия) предложен автоматизированный способ базирования фанерных чураков в ЦЗУ по технологии поштучной ориентации Smart Scan XY*, позволяющий существенно повысить полезный выход шпона и в автоматизированном режиме переходить от оцилиндровки к лущению, сокращая продолжительность вспомогательных операций.

Решение задачи оптимального центрирования чурака сводится к задаче нахождения максимального диаметра вписанного цилиндра и определения положения его оси в пространстве. Использование программируемых контроллеров в системах управления ЦЗУ приводит к

© Кремлева Л.В., Малыгин В.И., Пестов Н.А., 2012

* Электронный ресурс: <http://www.raute.ru/ru/index.php>

необходимости разработки специализированного программного обеспечения, позволяющего в автоматизированном режиме определять координаты центров заготовки и формировать команды на корректировку технологической оси заготовки исполнительным органам ЦЗУ.

Для практического решения задачи разработана методика расчета оптимальной осевой технологической базы цилиндрических заготовок с большими отклонениями формы поперечных сечений и кривизной оси.

Исходными данными для расчета являются результаты замера формы N поперечных сечений заготовки с помощью лазерных сканирующих дальномеров относительно произвольно выбираемой предварительной измерительной базы (ось OZ , рис. 1).

При сканировании поверхности чурака в N сечениях по длине получаем массив значений радиусов профиля чурака относительно измерительной осевой базы – $R(i, j)$, где $i = 1 \dots N$ – номер поперечного сечения; j – индекс измеренных точек в i -м сечении; $j = 0 \dots K$. Сформированный в результате измерений массив является основой для выполнения дальнейших расчетов. Количество точек K , приходящееся на сечение, зависит от принятой угловой частоты дискретизации аналого-цифрового преобразователя измерительной системы и угловой скорости вращения заготовки при измерении.

Для расчета основной технологической оси, которая пространственно ориентирует заготовку по отношению к станочной системе координат при обработке,

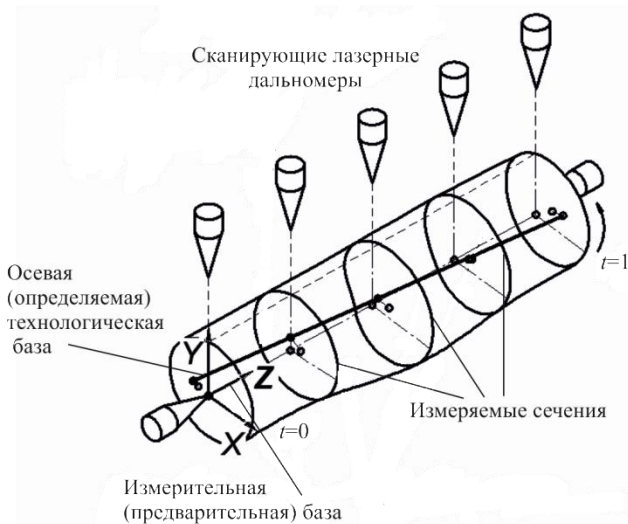


Рис. 1. Схема измерения формы края

определяют центр тяжести i -го поперечного сечения по отношению к измерительной системе координат XOZ по следующим

формулам:

$$X_{ц}(i) = \frac{\sum_j \left[\frac{R_{cp}(j)}{2} \right]^3 \sin\left(\frac{\Delta_\phi \pi}{360}\right) \sin\left((\Delta_\phi(j-0,5)) \frac{\pi}{180}\right) \frac{2}{3}}{\sum_j R_{cp}^2(j) \Delta_\phi}; \quad (1)$$

$$Y_{ц}(i) = \frac{\sum_j \left[\frac{R_{cp}(j)}{2} \right]^3 \sin\left(\frac{\Delta_\phi \pi}{360}\right) \cos\left((\Delta_\phi(j-0,5)) \frac{\pi}{180}\right) \frac{2}{3}}{\sum_j R_{cp}^2(j) \Delta_\phi},$$

где $X_{ц}(i)$ и $Y_{ц}(i)$ – координаты центра тяжести i -го поперечного сечения

$$R_{cp}(j) = \frac{R(j) + R(j+1)}{2};$$

Δ_ϕ – частота угловой дискретизации (рис. 2).

Определение оптимальной ориентации заготовки при центрировании на станке сводится к нахождению коэффициентов параметрического уравнения технологической оси центров в измерительной системе координат:

$$\begin{cases} x(t) = A + Bt; \\ y(t) = C + Dt; \\ z(t) = Lt, \end{cases} \quad (2)$$

где A, B, C и D – коэффициенты уравнения оси;

t – скалярный нормированный параметр прямой ($0 \leq t \leq 1$);

L – длина заготовки.



Рис. 2. Расчетная схема определения оптимальной оси центров заготовки с большими отклонениями формы

Параметр

$t(i)$, определяющий положение измеренного сечения вдоль оси заготовки, связан с его номером следующей зависимостью: $-1)/(N-1)$.

Начальная и конечная точки искомой осевой технологической базы принадлежат торцевым сечениям заготовки и определяются параметрами $t(1) = 0$ и $t(N) = 1$ соответственно.

Коэффициенты уравнений (2) определены с помощью метода наименьших квадратов, минимизирующего сумму квадратов расстояний от точек пересечения определяемой оси центрирования заготовки с плоскостями поперечных сечений до центров тяжести соответствующих сечений (рис. 2):

$$\sum_i \left\{ (X_{ц}(i)^2 + Y_{ц}(i)^2) - [x^2(t(i)) + y^2(t(i))] \right\} \rightarrow \min. \quad (3)$$

После подстановки уравнений (2) в условие (3) и нахождения частных производных по неизвестным коэффициентам A, B, C и D получаем следующую систему уравнений:

$$\begin{cases} A \sum_i (1-t(i))^2 + B \sum_i (1-t(i)) \cdot t(i) - \sum_i X_{ц}(i)(1-t(i)) = 0; \\ C \sum_i (1-t(i))^2 + D \sum_i (1-t^2(i)) - \sum_i Y_{ц}(i)(1-t(i)) = 0; \\ A \sum_i (1-t^2(i)) + B \sum_i t(i)^2 - \sum_i X_{ц}(i)t(i) = 0; \\ C \sum_i (1-t^2(i)) + D \sum_i t(i)^2 - \sum_i Y_{ц}(i)t(i) = 0. \end{cases} \quad (4)$$

Решение системы уравнений (4) относительно неизвестных коэффициентов определит параметрическое уравнение (2) оси оптимального центрирования заготовки. При этом искомые коэффициенты

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{\sum_i t^2(i) \sum_i X_{ц}(1-t(i)) - \sum_i (1-t^2(i)) \sum_i X_{ц} t(i)}{\sum_i t^2(i) \sum_i (1-t(i))^2 - \sum_i (1-t^2(i))}; \\
 B &= \frac{\sum_i (1-t(i))^2 \sum_i X_{ц} t(i) - \sum_i (1-t^2(i)) \sum_i X_{ц}(1-t(i))}{\sum_i t^2(i) \sum_i (1-t(i))^2 - \sum_i (1-t^2(i))}; \\
 C &= \frac{\sum_i t^2(i) \sum_i Y_{ц}(1-t(i)) - \sum_i (1-t^2(i)) \sum_i Y_{ц} t(i)}{\sum_i t^2(i) \sum_i (1-t(i))^2 - \sum_i (1-t^2(i))}; \\
 D &= \frac{\sum_i (1-t(i))^2 \sum_i Y_{ц} t(i) - \sum_i (1-t^2(i)) \sum_i Y_{ц}(1-t(i))}{\sum_i t^2(i) \sum_i (1-t(i))^2 - \sum_i (1-t^2(i))}.
 \end{aligned}
 \tag{5}$$

Координаты левого и правого технологических центров относительно измерительной системы координат $(X_{лев}, Y_{лев})$ и $(X_{прав}, Y_{прав})$ имеют следующий вид:

$$\begin{aligned}
 X_{лев} &= A; \quad Y_{лев} = C; \\
 X_{прав} &= A + B; \quad Y_{прав} = C + D.
 \end{aligned}
 \tag{6}$$

Блок-схема алгоритма оптимизации представлена на рис. 3.



Рис. 3. Блок-схема алгоритма расчета оптимальной осевой технологической базы фанерного кряжа

В качестве примера на рис. 4 рассмотрена оптимизация пространственной ориентации чураков, имеющих сложную кривизну оси и некруглость поперечных сечений.

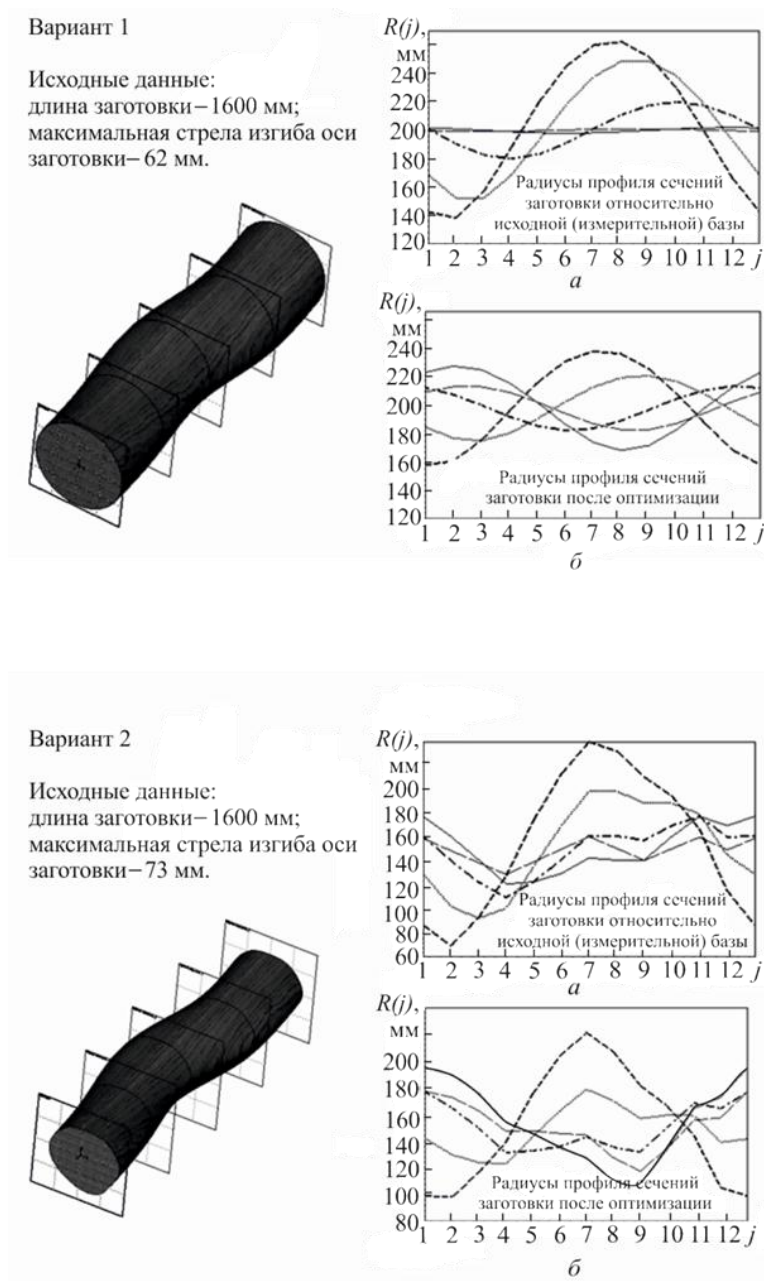


Рис. 4. Исходные данные и результаты расчета оси центров цилиндрических заготовок с большими отклонениями формы:

a – относительно исходной базы, b – после оптимизации

Результатом оптимизации явились следующие координаты оптимальных положений центров центрирующего устройства на торцевых сечениях заготовки относительно исходной измерительной базы:

в первом варианте: $X_{\text{лев}} = -23,7$ мм; $Y_{\text{лев}} = -18,1$ мм; $X_{\text{прав}} = -12,2$ мм; $Y_{\text{прав}} = -11,9$ мм;
во втором варианте: $X_{\text{лев}} = -16,7$ мм; $Y_{\text{лев}} = -30,2$ мм; $X_{\text{прав}} = -17,1$ мм; $Y_{\text{прав}} = -17,2$ мм.

При этом прогнозируемый радиус оцилиндровки увеличился на 19 и 31 мм соответственно.

Полученные результаты позволяют сделать вывод об эффективности предложенного подхода к решению задачи определения пространственной ориентации цилиндрических заготовок с большими отклонениями формы. Рассмотренная методика проста в реализации, не требует предварительного гармонического анализа формы поперечных сечений заготовок и не предъявляет никаких требований к выбору исходной измерительной базы.

Поступила 03.03.11

Method of Determination of Optimum Spatial Orientation of Cylindrical Purveyances with the Large Rejections of Form

A mathematical vehicle, method, algorithm of calculation and optimization of spatial orientation of axial technological base of the veneered ridge, is resulted with the large rejections of form and sizes, allowing to increase the useful output of lead. The got results allowed to draw conclusion about efficiency of the developed method of determination of spatial orientation of cylindrical purveyances with the large rejections of form and sizes and possibility of application of the developed algorithm in the systems of the automated management the technological complexes of woodworking productions.

Keywords: veneered ridge, rejections of form, technological base, optimum orientation, lead.
