

**Прогрессивное деревообрабатывающее
оборудование и инструмент**

Progressive woodworking equipment and tool

УДК 674

А.Ф. Аникеенко, А.Ю. Тишевич
(БГТУ, г. Минск, Республика Беларусь), dosy@belstu.by

**ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ СБОРНЫХ ВИНТОВЫХ СВЕРЛ
ДЛЯ СКВОЗНОГО СВЕРЛЕНИЯ ПЛИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**FEATURES DESIGN PREFABRICATED SPIRAL DRILLS
OR DRILLING THROUGH SHEET MATERIALS**

Статья описывает особенности новых конструкций сборных винтовых сверл для сквозного сверления плитных материалов. Проведен детальный анализ рекомендуемых режимов сверления ламинированных древесно-стружечных плит. Выделены недостатки и полное отсутствие теоретических основ рассмотренных режимов. Приведена структура современной ламинированной древесно-стружечной плиты. Выделены основные слои и описаны их свойства с точки зрения обработки сверлением. Выделены пять основных этапов обработки и рассмотрены их особенности. Описаны дефекты, возникающие при сверлении ламинированной древесно-стружечной плиты как на входе в заготовку, так и на выходе. Приведено описание лабораторной установки для проведения исследований по сверлению ламинированной древесно-стружечной плиты на базе станка Rover b. 4.35. Указаны условия проведения эксперимента. Представлена схема работы лабораторной установки. Предложены режимы, позволяющие избежать появления дефектов на поверхности ламинированной древесно-стружечной плиты при сверлении. Обоснована необходимость в проектировании сборных сверл особой конструкции. Предложена новая конструкция сборных винтовых сверл, позволяющая механическим путем изменять скорость подачи при сверлении, тем самым предотвращать появление дефектов на поверхности ламинированной древесно-стружечной плиты. Предложены возможные способы использования сборных винтовых сверл.

This article describes the features of new structure prefab spiral drill bits for drilling through materials. Detailed analysis of the recommended modes of drilling of laminated chipboard. Highlighted flaws and a complete lack of theoretical bases of the considered modes. The structure of modern laminated chipboard. The main layers and their properties are described from the point of view of processing drilling. Identified five main stages of processing and their features are considered. Described defects encountered when drilling laminated chipboard as input into the workpiece, and on exit from it. The description of the laboratory setup for conducting research on drilling of laminated chipboard for the base of the machine Rover b. 4.35. Details of the conditions of the experiment. Presents the scheme of the laboratory setup. The proposed modes of avoiding the occurrence of defects on the surface of the laminated wood-shaving plate when drilling. The necessity in the design of modular drills special design. The new design prefabricated spiral drills, allowing mechanical means to change the feed rate during drilling, thereby to prevent occurrence of defects on the surface of laminated chipboard. The possible ways of using prefabricated spiral drills.

Анализируя различные литературные источники, а также рекомендации производителей дереворежущего инструмента, можно сделать вывод, что конкретных теоретически обоснованных рекомендаций по технологическим режимам сверления ламинированных древесностружечных плит нет.

Практически во всех источниках указывают только частоту вращения сверла, опуская второй не менее важный технологический параметр — скорость подачи. Производители инструмента рекомендуют режимы в довольно широких диапазонах для каждой конкретной конструкции сверла без учета материала обработки, что в корне является не верным. Более того, они чаще руководствуются критерием сохранения работоспособности сверл, упуская такие критерии, как качество обработанной поверхности и производительность. За редким исключением учитывают энергетическую составляющую при выдаче рекомендаций.

В современной ламинированной древесностружечной плите (рис. 1) можно выделить три основных слоя: ламинат (декоративное покрытие), покрывающий поверхность плиты, некоторое количество связующего и непосредственно сама плита.

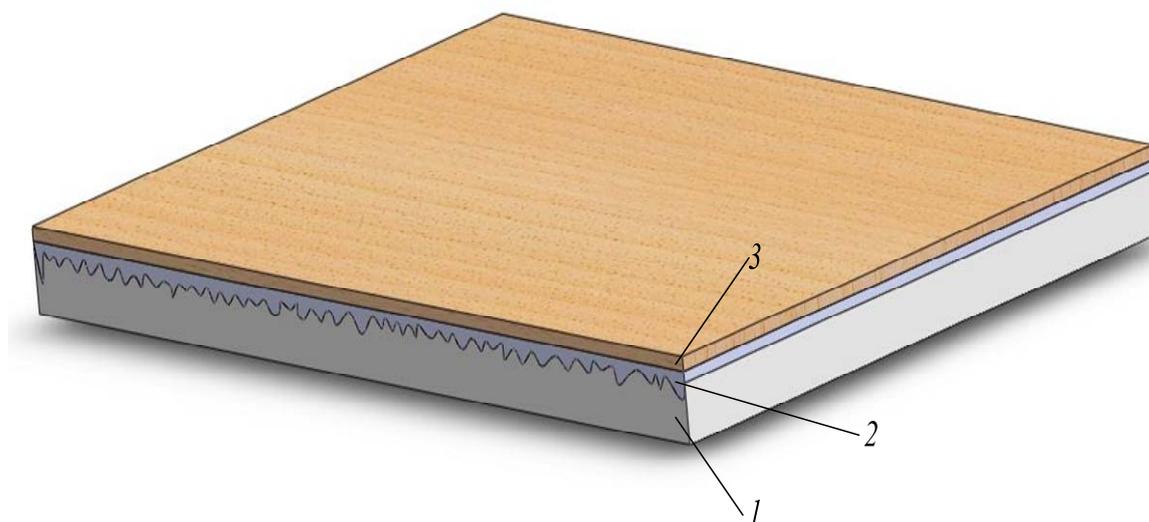


Рис. 1. Структура плиты: 1 – плита ДСтП; 2 – связующее; 3 – ламинат

В связи с тем что все три слоя отличаются физико-механическими свойствами, возникает необходимость использовать технологические режимы, удовлетворяющие качественной обработке всех трех слоев. Наиболее сложно выбрать технологические режимы для обработки хрупкого и очень твердого ламината. Неправильно выбранный режим обработки приводит к появлению сколов (рис. 2), что недопустимо. Логично использовать небольшую скорость подачи и большую скорость вращения сверла, чтобы исключить появление таких дефектов. Такой подход позволяет избавиться от брака, но крайне негативно сказывается, во-первых, на производительности, во-вторых, на периоде стойкости инструмента и, в-третьих, на энергопотреблении.

Следующим этапом обработки является слой связующего, но он настолько мал, что им можно пренебречь, после него нужно обрабатывать саму плиту, которая имеет градиент плотности по толщине (более плотные слои у поверхности плиты и менее плотные в середине). В отличие от ламината этот слой более рыхлый и менее твердый, и для его обработки логично было бы выбрать технологические режимы с высокой скоростью подачи, чтобы обеспечить наибольшую производительность.



Рис. 2. Дефект обработки сверлением

И если материал ламинирован с двух сторон, а нужно получить сквозное отверстие, то опять возникает необходимость учитывать хрупкость материала на выходе сверла. В итоге процесс сверления ЛДСтП можно разделить на несколько этапов (рис. 3).

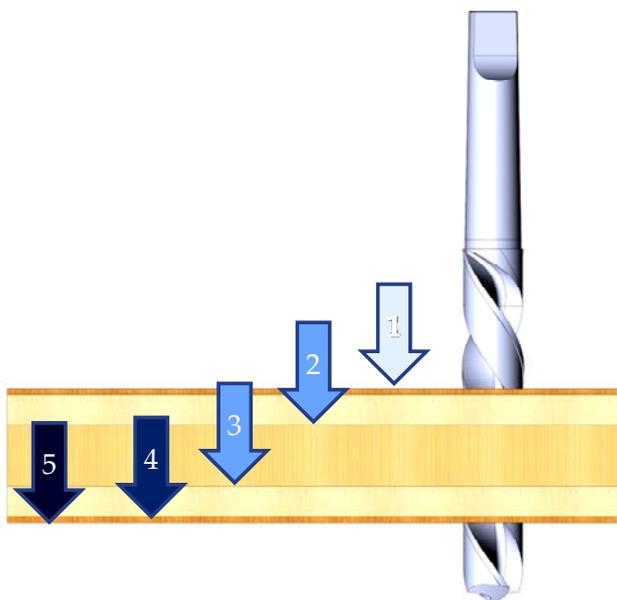


Рис. 3. Этапы сверления ЛДСтП

Исходя из всего вышесказанного, логично было бы изменять технологические режимы на каждом этапе обработки (рис. 4), тогда можно было бы добиться и высокого качества продукции без брака, и высокой производительности.

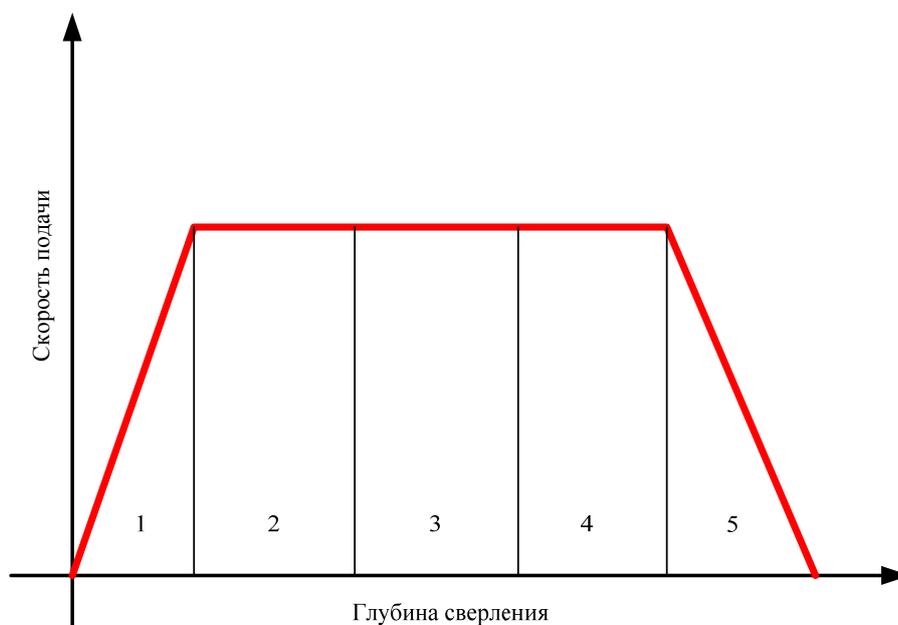


Рис. 4. График изменения скорости подачи в зависимости от этапов обработки

Для подтверждения эффективности данной методики были проведены лабораторные испытания. В качестве лабораторной установки использовали многооперационную машину с числовым программным управлением (ЧПУ) Rover b 4.35. Возможности машины позволяют программно изменять технологические режимы обработки в реальном режиме времени и измерять потребляемую мощность.

Результаты лабораторных исследований полностью подтвердили гипотезу эффективности метода динамического изменения технологических режимов.

К большому сожалению, у большинства многошпиндельных сверлильных станков, использующихся на деревообрабатывающих предприятиях, нет возможности изменять технологические режимы динамически непосредственно в процессе сверления, что делает невозможным использование такого подхода.

В случае использования обрабатывающих центров с числовым программным управлением (ЧПУ) оператор в состоянии принудительно динамически изменить режимы в процессе работы, но это превращает полностью автоматизированный процесс обработки на машинах с ЧПУ в подобие ручной обработки. Так как процесс зачастую происходит на значительном удалении от оператора, то в рамках серийного производства осуществить такого рода принудительное изменение технологических режимов практически не возможно. Логичным выходом из ситуации было бы изменение управляющей программы, но, к сожалению, не все модели станков с ЧПУ позволяют изменять эти параметры поставляемым программным обеспечением.

Выходом в данной ситуации может быть создание инструмента, позволяющего вне зависимости от технических возможностей оборудования, на котором происходит обработка, менять технологические режимы динамически.

Авторами была предложена конструкция такого инструмента (рис. 5, 6).

Сверло представляет собой сборную конструкцию, состоящую из режущей части (которая может быть любой конструкции, с подрезателями и без них) и соединенную с хвостовиком через упругий элемент, и из еще одного упругого элемента, установленного поверх режущей части. На торце внешнего упругого элемента находится защитная шайба, которая предохраняет ламинат от возможного повреждения.

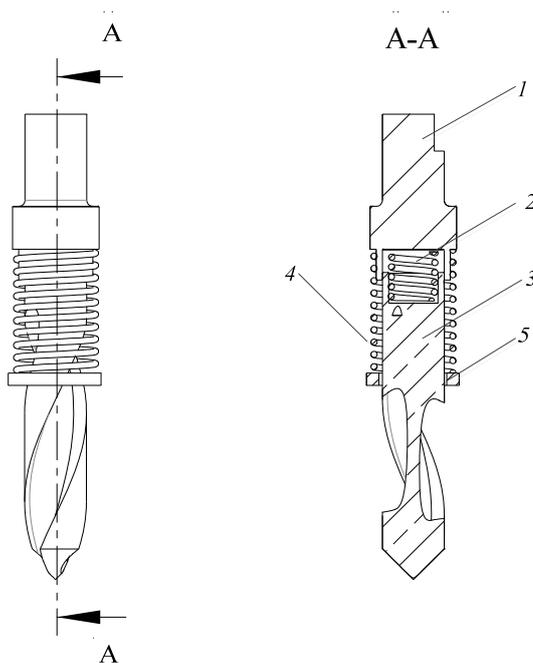


Рис. 5. Сверло сборное для сверления ЛДСтП:

1 – хвостовик, 2 – внутренний упругий элемент, 3 – режущая часть, 4 – внешний упругий элемент, 5 – предохранительный элемент (шайба)

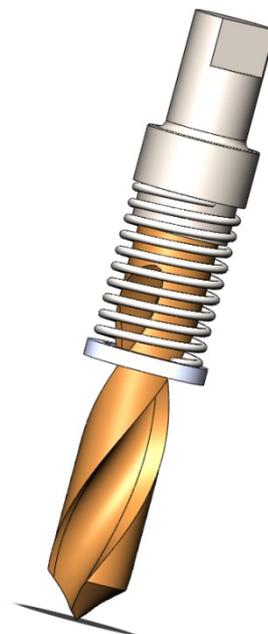


Рис. 6. Сверло сборное для сверления ЛДСтП

Внутренний упругий элемент в момент соприкосновения режущей части сверла с обрабатываемым материалом сжимается и тем самым уменьшает скорость подачи. Расчет данного упругого элемента сводится к условию, что сила упругости пружины должна быть больше силы сопротивления подаче $F_{упр} \geq F_o$ (рис. 7).

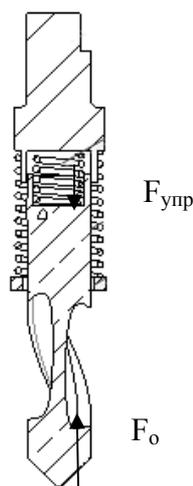


Рис. 7. Расстановка сил

Далее сверло работает как обычное, т.к. упругий элемент сжат. Внешний упругий элемент работает в момент, когда процесс завершается, т.е. когда сверло выходит из обрабатываемого материала при сверлении насквозь. Внешний элемент опирается на поверхность заготовки, что также обеспечивает снижение скорости подачи.

Для определения параметров пружины, необходимо рассчитать ее жесткость. Ввиду упрощения расчетов составим дифференциальное уравнение второго порядка. Для этого запишем второй закон Ньютона (рис. 8).

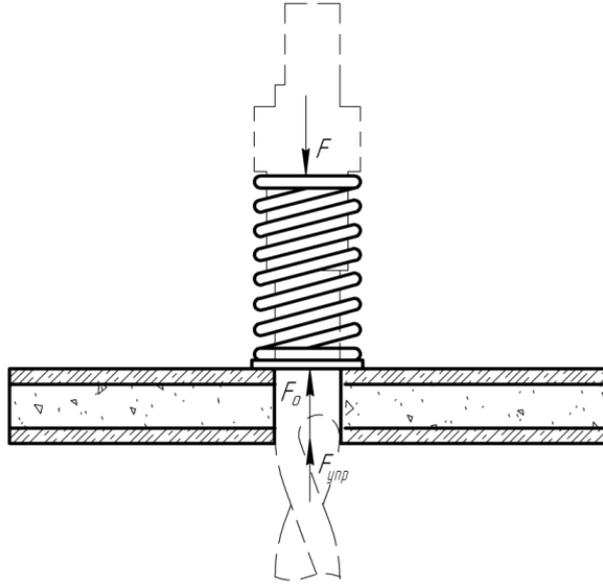


Рис. 8. Расстановка сил

$$F - F_{\text{упр}} - F_o = ma . \quad (1)$$

Так как $F_{\text{упр}} = cx$, где c – коэффициент жесткости упругого элемента, Н/м; x – деформация упругого элемента, м; а ускорение a есть вторая производная от пути, то получим следующее дифференциальное уравнение:

$$F - cx - F_o = m\ddot{x} . \quad (2)$$

Решим данное общее уравнение:

$$m\ddot{x} + cx = F - F_o , \quad (3)$$

$$\ddot{x} + \frac{c}{m}x = \frac{F - F_o}{m} . \quad (4)$$

Решение данного дифференциального уравнения в общем виде:

$$z^2 + \frac{c}{m} = 0 , \quad (5)$$

$$z_{1,2} = \pm \sqrt{\frac{c}{m}}i . \quad (6)$$

Частное решение данного уравнения ищем в виде:

$$x_1 = C_1 \cos\left(\frac{c}{m}t\right), \quad (7)$$

$$x_2 = C_2 \sin\left(\frac{c}{m}t\right). \quad (8)$$

Тогда решение примет вид:

$$x = \frac{F - F_0}{c} + C_1 \cos\left(\sqrt{\frac{c}{m}}t\right) + C_2 \sin\left(\sqrt{\frac{c}{m}}t\right). \quad (9)$$

Для нахождения постоянных интегрирования проинтегрируем выражение (9), а также зададимся начальными условиями.

Начальные условия: $x = 0$; $t = 0$; $\dot{x} = 0$.

$$\dot{x} = -C_1 \sin\left(\sqrt{\frac{c}{m}}t\right)\sqrt{\frac{c}{m}} + C_2 \cos\left(\sqrt{\frac{c}{m}}t\right)\sqrt{\frac{c}{m}}. \quad (10)$$

Таким образом, подставив начальные условия в оба выражения, получим решение:

$$\begin{cases} 0 = \frac{F - F_0}{c} + C_1 \\ 0 = C_2 \sqrt{\frac{c}{m}} \end{cases} = \begin{cases} C_1 = -\frac{F - F_0}{c} \\ C_2 = 0 \end{cases},$$

$$x = \frac{F - F_0}{c} - \frac{F - F_0}{c} \cos\left(\sqrt{\frac{c}{m}}t\right). \quad (11)$$

Таким образом, данная конструкция сверла позволит реализовать изменение скорости подачи на этапе входа и выхода инструмента из обрабатываемого материала.

Изменяя параметры упругих элементов, можно использовать данный инструмент для различных плитных материалов с разным покрытием по толщине и плотности.

Заключение

Использование данного типа инструмента при сверлении плитных материалов позволит в значительной мере сократить количество брака, увеличить производительность вместе со снижением энергопотребления. Предполагаемая стоимость изготовления подобного сверла при серийном производстве значительно меньше затрат на устранение брака или модернизацию используемого оборудования.