

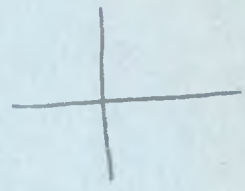
674
10-85

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО, СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
И ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ БССР

БЕЛОРУССКИЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
ИМЕНИ С. М. КИРОВА

Аспирант Ю. И. ЮРЬЕВ

674.053:621.933.6



ВЛИЯНИЕ СТЕПЕНИ ВАЛЬЦОВКИ НА ЖЕСТКОСТЬ РАМНЫХ ПИЛ

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

МИНСК — 1960

674

10-85

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО, СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
И ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ БССР

БЕЛОРУССКИЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
ИМЕНИ С. М. КИРОВА

Аспирант Ю. И. ЮРЬЕВ

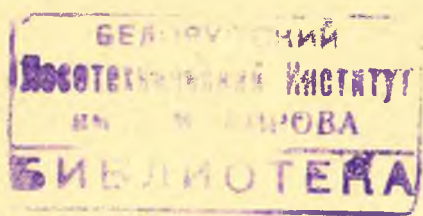
На правах рукописи

ВЛИЯНИЕ СТЕПЕНИ ВАЛЬЦОВКИ
НА ЖЕСТКОСТЬ РАМНЫХ ПИЛ

1581-а/б.

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

*Научный руководитель
кандидат технических наук,
доцент П. И. ЛАПИН*



МИНСК—1960

Работа выполнена в Архангельском ордена Трудового
Красного Знамени Лесотехническом институте имени
В. В. Куйбышева

Автореферат разослан 1960 г.

Защита состоится 1960 г.

АТ 01337

15/IV-60 г.

Заказ 688

Тираж 180.

Типография издательства БГУ им. В. И. Ленина
Минск, Кирова, 24.

ВВЕДЕНИЕ

Решение задач, поставленных перед лесопильной промышленностью XXI съездом КПСС, требует всемерного повышения производительности действующих предприятий. В успешном осуществлении этих ответственных задач важное значение приобретает использование резервов производства и, в частности, широкое внедрение рациональных методов подготовки режущего инструмента, как одного из факторов повышения производительности оборудования и качества выпускаемой продукции.

Основным станком в лесопилении, определяющим производительность технологического потока и лесозавода в целом в настоящее время, является лесопильная рама. В комплексе мер по подготовке рамных пил большое значение имеет обработка их вальцовкой с целью обеспечения наибольшей жесткости пил в работе. Увеличение жесткости кромок полотен пил путем вальцовки, с одной стороны, позволяет улучшить качество обработки при распиловке на лесопильных рамах существующих конструкций, и, с другой стороны, благодаря возможности снижения силы натяжения пил при сохранении необходимой жесткости — позволяет уменьшить вес пильной рамки, создавая условия для повышения производительности лесопильной рамы.

Вопросы, связанные с обработкой полотна рамной пилы вальцовкой, исследованы еще недостаточно и мало освещены в научно-исследовательских работах. В первую очередь к ним относится наиболее важный для практики вопрос об оптимальных значениях величин степени вальцовки, обеспечивающих наибольшую жесткость кромок полотна пилы. Отсутствие обоснованных нормативов степени вальцовки рамных пил не позволяет использовать этот метод с наибольшей эффективностью. Также недостаточно выяснен характер влияния вальцовки на жесткость кромок полотна пилы. Совершенно не освещен вопрос о характере влияния вальцовки на механические свойства стали пилы — вопрос, который приобрел большое значение в связи с широким внедрением прогрессивного

способа уширения пропила плющением зубьев вместо применявшегося ранее развода. В связи с этим настоящая работа ставит целью восполнить имеющийся пробел в изучении указанных выше вопросов, что и предопределило основные задачи исследования:

1. На основе анализа имеющихся научных и практических данных и постановки специальных исследований выявить характер влияния вальцовки на жесткость рамных пил.

2. На основе исследования влияния степени вальцовки на жесткость рамных пил разработать нормативы степени вальцовки пил, обеспечивающие наибольшую жесткость рамных пил при прочих равных условиях.

3. Исследовать характер влияния вальцовки на механические свойства стали рамных пил.

Диссертационная работа состоит из трех частей. В первой части дается обзор и критический анализ научно-исследовательских работ, связанных с исследованием жесткости рамных пил.

Во второй части излагается методика исследований. В третьей—приведены результаты исследований и даны общие выводы по основным вопросам исследования.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЯ

1. Характер влияния вальцовки на жесткость пил

Анализ существующих гипотез о характере влияния вальцовки на жесткость кромок натянутого полотна пилы, а также рассмотрение явлений, происходящих в полотне в результате вальцовки, показывают, что разделяемая рядом авторов гипотеза об увеличении жесткости натянутого вальцованного полотна в результате неравномерного распределения нормальных напряжений от растягивающей силы при установке пилы в раму, вследствие разницы длин крайних и средних частей вальцованного полотна по ширине, является упрощенной и не раскрывает сущности влияния вальцовки на жесткость кромок полотна рамной пилы.

Изменение жесткости кромок натянутого вальцованного полотна рамной пилы следует объяснить результатом взаимодействия осевых остаточных напряжений, возникающих в полотне после вальцовки, с нормальными напряжениями, вызванными приложением растягивающей силы.

Процесс появления осевых остаточных напряжений в результате вальцовки можно представить следующим образом.

Средняя часть полотна, находящаяся в зоне действия линий вальцовки с большим усилием нажима валков, вслед-

ствие вытяжки металла пилы в процессе прокатки, получает вместе с ними остаточное удлинение. Края полотна, прилегающие к зоне действия линий вальцовки с меньшим усилием нажима получают удлинения соответственно меньшие. Однако, вследствие непрерывности среды и упругой связи крайних и средних зон полотна, края полотна дополнительно растянутся, но уже упруго. После вальцовки пластически растянутая середина не даст возможности упруго растянутым краям вернуться в исходное положение. Последние же, стремясь к этому, будут сжимать середину и, таким образом, средняя, более удлиненная часть полотна, будет испытывать напряжения сжатия, а крайние части—напряжения растяжения.

Эпюра нормальных напряжений по ширине полотна пилы от действия растягивающей силы может быть определена с помощью формул сопротивления материалов, что доказано опытами А. Э. Грубэ и М. Н. Орлова, поэтому методика исследования первого вопроса предусматривала определение величины и характера распределения осевых остаточных напряжений по ширине полотна рамной пилы.

В связи с тем, что остаточные напряжения могут возникнуть в процессе предшествующих вальцовке технологических операций изготовления пилы, измерение остаточных напряжений производилось отдельно:

а) в полотне, прошедшем все стадии изготовления до операции насечки зубьев и вальцовки;

б) в насеченном невальцованном полотне ($t=24$ мм, $h=20$ мм);

в) в ненасеченном вальцованном полотне ($f=0,2$ мм).

В качестве опытных пил применялись пилы, изготовленные Горьковским металлургическим заводом, по ГОСТ 5524-55. Определение осевых остаточных напряжений в полотне пилы производилось согласно методическим положениям, данным Н. Н. Давиденковым. Полотно пилы по длине 100 мм размечалось на 10 равных полосок, на каждую из которых наклеивался датчик. Разрезка полотна по линиям разметки производилась сначала по длине его, а затем по ширине дисковой фрезой толщиной 1,5 мм. Измерение остаточных напряжений осуществлялось электрическим методом с помощью проводочных датчиков сопротивления и регистрирующего устройства. Параметры датчиков: база 20 мм, сопротивление 180 ом, проволока константановая диаметром 30 мк. Регистрирующим устройством служила мостовая схема с питанием постоянным током. Замер величины изменения сопротивления датчиков производился методом нулевого измерения. В качестве прибора для регистрации тока, проходящего через измерительную диагональ моста, принят зеркальный гальванометр типа ГЗП-47. Показания регистрирующего прибора снимались для каждого датчика до разрезки и после разрезки. Величина осе-

вых остаточных напряжений определялась на тарировочном графике по разности между каждым предыдущим и последующим показаниями прибора. Схема обеспечивала точность измерений напряжений до 0,1 кг/мм².

2. Влияние степени вальцовки на жесткость пил

Для решения поставленной задачи проведены исследования по определению влияния на жесткость натянутых рамных пил степени вальцовки в зависимости от основных факторов, связанных с размерами пилы и установкой ее в раме.

Переменными факторами являлись:

толщина полотна—1,65; 1,75; 1,95; 2,13; 2,42 мм;

ширина полотна—80, 100, 120, 140, 160 мм;

свободная длина—800, 900, 1000 мм;

эксцентricность линии натяжения—0; 0,1В; 0,2В; 0,3В,

где В—ширина полотна пилы, мм.

Сила натяжения—от 1000 до 5000 кг с градацией через 1000 кг;

Степень вальцовки полотна—от 0 до максимальной величины с градацией через 0,05 мм. Максимальной величиной степени вальцовки принималась величина, при которой полотно получало продольную волнистость.

При исследовании применялись полотна рамных пил, изготовленные Горьковским металлургическим заводом по ГОСТ 5524-55, прошедшие все стадии обработки, за исключением насечки зубьев и вальцовки.

Характеристика опытных пил

Условный номер	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Толщина, мм	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13	1,65	1,75	1,95	2,42
Ширина мм	80	100	140	160	160	160	160	160	160
Длина полотен пил	1250 мм								

Критерием жесткости натянутой пилы принята лицевая величина бокового отклонения кромки в середине свободной длины пилы при заданной боковой нагрузке в этой точке пилы. Для замера величины отклонения кромки пилы применялся стрелочный индикатор часового типа с ценой деления шкалы 0,01 мм. Величина боковой нагрузки составляла 2 кг. Жесткость передней и задней кромок полотна определялась в середине свободной длины натянутой пилы на расстоянии 5 мм от кромок по формуле:

$$K = \frac{Q}{x},$$

где K —жесткость натянутой пилы, кг/мм;

Q —боковая нагрузка, кг;

x —величина отклонения полотна пилы в точке приложения нагрузки, мм.

Натяжение полотен пил при определении их жесткости производилось в пыльной рамке. Величина силы натяжения определялась с помощью гидравлического динамометра, помещенного в специальной обойме, соединенной с нижним захватом пилы. Изменение свободной длины полотна достигалось изменением положения струбцин по высоте. Ширина захватов для пил составляла 80 мм. Вальцовка пил в ходе опытов производилась на вальцовочном станке конструкции АЛТИ с гидравлическим динамометром, встроенном в механизм прижима валков для замеров усилий, передаваемых полотну в процессе вальцовки. Параметры валков: диаметр 60 мм, радиус закругления 60 мм. Скорость прокатки при опытах была равна 7,15 м/мин.

Контроль степени вальцовки полотен пил осуществлялся индикаторной линейкой конструкции автора при продольном изгибе полотна в специальном шаблоне, обеспечивающем постоянный радиус кривизны ($R \cong 1,5$ м) на проверяемой длине полотна. Замер степени вальцовки осуществлялся в 10 точках по длине в обеих сторон полотна. Величина отклонения степени вальцовки не допускалась более $\pm 0,02$ мм.

Всего при исследованиях в лабораторных условиях сделано 12700 наблюдений. Результаты опытов обработаны методом вариационной статистики, сделана оценка ошибок, допускаемых при измерении критерия жесткости. Коэффициент точности при наблюдении критерия жесткости не превышал 2%.

3. Влияние вальцовки на механические свойства рамных пил

При решении поставленной задачи исследовались:

- а) влияние вальцовки на пластичность металла в зоне контакта валков с пилой;
- б) влияние вальцовки на прочность пилы, в части сопротивления ее разрыву;

Исследование влияния вальцовки на пластичность стали производилось косвенным методом, путем сравнения микротвердости прокатанной и непрокатанной зон полотна пилы. Образцы для прокатки изготавливались из рамных пил, отвечающих требованиям ГОСТ 5524-55. Размеры образцов: толщина 1,66 мм, ширина 25 мм, длина 300 мм. Величина усилия нажима при прокатке образцов в вальцовочном станке изменялась от 500 до 2000 кг с градацией через 500 кг. Для каждого значения величины усилия нажима были взяты три образца. Также три образца были прокатаны с усилием нажима 1000 кг дважды. Линия прокатки совпадала с продольной осью образцов.

После прокатки из каждого образца готовился шлиф. Микротвердость определялась на приборе ПМТ-3 в середине зоны контакта валков с образцом и на расстоянии 10 мм от этого сечения в зоне непрокатанного металла. Число твердости подсчитывалось по формуле:

$$H = \frac{1,854 P}{d^2},$$

где H —число твердости, кг/мм²,

P —нагрузка, кг;

d —диагональ отпечатка, мм.

Исследование влияния вальцовки на прочность производилось на образцах сечением $F_0=1,8 \times 20$ мм и расчетной длиной $l_0=5,65 \sqrt{F_0}$, изготовленных из рамных пил. Форма образцов и соотношение размеров соответствовали требованиям ГОСТ 1947—42. Условия прокатки образцов сохранялись такими же, как и в предыдущих опытах. Для каждого значения усилия нажима было взято 5 образцов.

После прокатки образцы подвергались испытаниям на разрыв в машине марки ИМЧ-30. Критерием прочности принималась величина нагрузки в кг, разрушающая образец.

Обработка результатов опытов методом вариационной статистики показала, что коэффициент точности наблюдений не превышал в первом случае 2%, во втором—3%.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

А. Влияние технологических операций изготовления и подготовки пилы на характер распределения осевых остаточных напряжений по ширине полотна

Осевые остаточные напряжения имеются в полотне рамной пилы до вальцовки. Характер распределения их по ширине полотна до операции насечки зубьев и вальцовки следует считать случайным, так как он зависит от многих переменных, факторов: наличие напряжений до термической обработки, дефекты термической обработки и т. д.

Насечка зубьев вызывает появление остаточных напряжений сжатия у кромки полотна, несущей зубья. Возникновение нежелательных, с точки зрения жесткости, напряжений сжатия на рабочей кромке полотна после насечки зубьев обуславливает необходимость обязательной последующей вальцовки полотен пил.

Результаты опытов по определению характера распределения остаточных напряжений по ширине вальцованного полотна подтверждает предполагаемый характер распределения остаточных напряжений в результате вальцовки.

Полученные результаты позволяют также установить, что:

а) усилия нажима валков на пилу для расположенных рядом линий прокатки не должны резко отличаться друг от друга (разница не должна превышать 20%);

б) оптимальное расстояние крайних линий прокатки до кромок полотна находится в пределах 15—20 мм.

Увеличение расстояния снизит эффект вальцовки вследствие выхода крайних зон полотна за пределы влияния полосы прокатки;

в) приближенная формула, предложенная А. Э. Грубэ для определения величины и характера распределения остаточных напряжений по ширине полотна от вальцовки

$$\sigma = \frac{2\pi\eta'}{nl},$$

не отражает действительного характера распределения напряжений, так как предопределяет величину напряжений на краях равную нулю (при $\eta'=0$).

Б. Влияние степени вальцовки на жесткость рамных пил

Проведенные исследования дали возможность установить:

1. Зависимость жесткости пил от $\sigma = \frac{P}{F}$ выражается кри-

вой гиперболического характера, смещенной от оси ординат при асимптотическом приближении к оси абсцисс. Однако в диапазоне изменения силы натяжения от 100 кг и выше зависимость практически может быть принята прямолинейной.

2. Разница величин жесткости пил, определенных экспериментально с величинами жесткости для этих пил, определяемых формулой М. А. Дешевого, указывает, что формула не отражает полностью физико-механического комплекса явлений, происходящих при сопротивлении пилы отклонению боковой силой, так как не учитывает влияния собственной жесткости полотна пилы.

3. Жесткость невальцованных полотен рамных пил в зависимости от основных факторов изменяется в среднем следующим образом:

а) с увеличением толщины полотна пилы на 0,1 мм возрастает на 8%;

б) с уменьшением ширины полотна на 20 мм снижается на 5%;

в) с уменьшением свободной длины полотна на 100 мм увеличивается на 11%;

г) с увеличением эксцентриситета линии натяжения на 0,1 ширины полотна жесткость рабочей кромки возрастает и, соответственно, жесткость задней кромки снижается на 24%;

д) с увеличением силы натяжения на 1000 кг, в диапазоне изменения ее от 1000 кг и выше, жесткость возрастает на 50%.

4. Жесткость пил с увеличением степени вальцовки до оптимальной величины увеличивается в среднем на 16—24% в зависимости от размеров полотна, что совпадает с результатами опытов А. Э. Грубэ и, таким образом, подтверждает их.

Оптимальная величина степени вальцовки характеризует допустимую максимальную величину остаточных напряжений на кромках полотна пилы. Дальнейшее увеличение степени вальцовки приводит к нарушению плоскостности полотна, которое выражается в корытообразном искривлении и продольной волнистости полотна. Обработка полотна рамных пил вальцовкой позволяет снизить силу натяжения пилы в среднем на 650 кг при обеспечении необходимой жесткости $K=6$ кг/мм.

4. Оптимальная величина степени вальцовки зависит только от одного фактора—толщина полотна пилы, она возрастает с увеличением толщины полотна.

Результаты опытов подтверждают вывод В. Д. Колобова и А. И. Чернышева о необходимости уменьшения степени вальцовки для тонких пил, сделанный ими на основе опыта распиловки пилами толщиной 1,6 и 1,8 мм. С точки зрения приведенной выше гипотезы о характере влияния вальцовки на жесткость рамных пил, результаты опытов могут быть объяснены тем обстоятельством, что для тонких пил, собственная жесткость которых мала, нарушение плоскостности полотна происходит при достижении меньшей разницы положительных и отрицательных остаточных напряжений, характеризуемой степенью вальцовки, чем для пил с большей собственной жесткостью, т. е. более толстых.

Для определения оптимальной величины степени вальцовки рамных пил может быть предложено уравнение

$$f = 0,193 S - 0,142,$$

где f —оптимальная величина степени вальцовки, мм;

S —толщина полотна пилы, мм (в диапазоне 1,6—1,8 мм).

5. При исследовании влияния степени вальцовки на жесткость полотна в зависимости от величины эксцентриситета линии натяжения установлено, что особенно значительно влияние вальцовки сказывается на жесткости задней кромки полотна пилы при увеличении положительного эксцентриситета линии натяжения (при $a=0,3V$ жесткость задней кромки полотна пилы повышается на 60%). Резкое увеличение жесткости задней кромки вальцованной пилы при больших значениях может быть объяснено следующим. В натянутом певальцованном полотне при больших значениях «а» на задней кромке возникают напряжения сжатия, в результате чего сопротивление отклонению этой кромки становится незна-

чительным. Остаточные напряжения растяжения на кромках полотна, возникшие в результате вальцовки, суммируясь с напряжениями сжатия, вызванными приложением растягивающей силы, обеспечивают в итоге растяжение кромки, что резко повышает сопротивление задней кромки отклонению в сравнении с невальцованной пилой.

В. Влияние вальцовки на механические свойства рамных пил

В результате исследований было установлено, что влияние вальцовки на изменение твердости металла пилы незначительно: в среднем твердость прокатанной зоны пилы повышается на 4%. Закономерности изменения твердости металла прокатанной зоны по толщине не обнаружено. Сопротивление образцов разрыву в результате вальцовки снижается в среднем на 5%. Уменьшение прочности вальцованных образцов следует объяснить созданием в результате вальцовки переменности механических свойств металла в сечении образца. Для тел, обладающих переменными механическими свойствами, наибольшая прочность будет иметь место в случае совпадения поля напряжений, характеризуемого эпюрой напряжений от внешней нагрузки поля сопротивления, характеризующего переменность механических свойств тела. Таким образом, если для невальцованного образца указанное совпадение существует, то после вальцовки, вследствие изменения механических свойств металла, в зоне контакта валков с образцом совпадения эпюр поля напряжений и поля сопротивлений не будет, и прочность образца уменьшается.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. В результате проведенной работы выявлен и экспериментально подтвержден характер влияния вальцовки на жесткость натянутого полотна рамной пилы. Установлено, что конечной целью вальцовки является создание остаточных напряжений растяжения на кромках полотна. Сущность влияния вальцовки на жесткость полотна рамной пилы заключается во взаимодействии остаточных напряжений в полотне пилы, создаваемых вальцовкой, с нормальными напряжениями, возникающими в полотне в результате приложения растягивающей силы при установке пилы в пильную рамку. Необходимость обязательной вальцовки пил обусловлена также созданием остаточных напряжений сжатия на рабочей кромке полотна пилы после насечки зубьев.

2. Исследованиями установлено, что вальцовка полотен рамных пил от оптимального значения степени вальцовки, повышая их жесткость в среднем на 16—24%, в зависимости от

размеров полотна, позволяет снизить силу натяжения на 14—27%.

Оптимальная величина степени вальцовки, отражающая допустимую максимальную величину остаточных напряжений на кромках полотна, зависит от одного фактора — толщины полотна пилы. Закономерности изменения жесткости пил в зависимости от степени вальцовки и других факторов, связанных с размерами пилы и способом установки ее в раму, представлены в виде аналитических и графических зависимостей.

3. На основе результатов опытов предложены нормативы степени вальцовки рамных пил (табл. 1), а также конструкции индикаторной линейки и шаблона для контроля степени вальцовки пил.

Таблица 1

Ширина полотна пилы, мм	80—160					
Толщина полотна пилы по ГОСТ						
5224—55, мм		1,6	1,8	2,0	2,2	2,4
Оптимальное значение степени вальцовки, мм ($R \approx 1,5$)		0,15	0,2	0,25	0,3	0,35

Проверка рекомендаций в условиях работы лесопильно-деревообрабатывающего комбината № 4 Архангельского совнархоза подтвердила эффективность их применения.

4. Установлено влияние вальцовки на механические свойства рамных пил:

а) твердость металла в зоне контакта валков с пилой увеличивается после прокатки в среднем на 4%;

б) сопротивление полотна пилы разрыву после вальцовки снижается вследствие создания неравномерности механических свойств металла в сечении пилы в результате вальцовки.

Краткое содержание диссертации отражено в следующих опубликованных материалах:

1. Индикаторная линейка для замера степени вальцовки рамных и ленточных пил. Бюллетень технико-экономической информации Архангельского совнархоза, № 1, 1958.

2. О нормативах вальцовки рамных пил. Бюллетень технико-экономической информации Архангельского совнархоза, № 2, 1959.

3. О вальцовке рамных пил. Известия высших учебных заведений «Лесной журнал», № 4, 1959.

4. Влияние вальцовки на механические свойства рамных пил. Известия высших учебных заведений «Лесной журнал», № 2, 1960.

