

Рис. 7. График изменения относительной величины $\Delta\rho$ в зависимости от угла α'_0

Чтобы получить более конкретное представление о порядке величины $\Delta\rho$ в абсолютных единицах, вычислим его значение при $\rho_0 = 75$ мм, $\alpha'_0 = 5^\circ$. Воспользовавшись таблицей 1, получим:

при $\alpha'_0 = 5^\circ$, $\frac{\Delta\rho}{\rho_0} = 0,000952$, откуда $\Delta\rho = 0,000952 \cdot \rho_0 = 0,000952 \cdot 75 = 0,0714 \approx 0,07$ мм,

где $\rho_0 = 75$ мм – радиус реального несущего цилиндра устройства.

Согласно ГОСТ 17432-87 «Технические требования к рубильным ножам» отклонение от прямолинейности не должно превышать 0,2 мм на всей длине ножа (в нашем случае $l=300$ мм). Рубильные ножи выбранного типа и размеров имеют углы заострения $\alpha_1 = 29^\circ 42'$, $\alpha_2 = 34^\circ 42'$, т.е. разность углов равна 5° , а отклонение $\Delta\rho$ составляет 0,07 мм на длине 300 мм, что значительно меньше регламентированной погрешности 0,2 мм.

В данной работе рассматривались реальные геликоидальные ножи длиной 300 мм, применяемые при производстве технологической щепы.

Следовательно, рассмотренный механизм заточки удовлетворяет требованиям ГОСТ и может быть использован в производстве в процессах шлифования режущей кромки геликоидальных ножей.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Корн, Г. Справочник по математике для научных работников и инженеров / Г. Корн, Т. Корн. – М.: Изд-во «Наука», 1974. – 831 с.

Материал поступил в редакцию 27.10.14

ALIFANOV AV., RUSAN S.I., TSURAN V.V. The oretical analysis of the possibility of setting at (limit) points mechanism for sharpening knife blade chipper

A scheme of the device and the method of its settings for sharpening the cutting edge chipping helical blade length 300 mm, used for wood processing enterprises of the Republic of Belarus for the production of wood chips. Theoretical analysis of the possibility of setting the device to the extreme points of the blade showed that the error of the grinding is 0,07 mm along the length of the blade at the margin of error of 0,2 mm. Consequently, our method settings can be recommended for use on relevant woodworking factories.

УДК 531.16

Алифанов А.В., Милюкова А.М., Цуран В.В.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ РУБИЛЬНЫХ НОЖЕЙ С УЧЕТОМ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ МОДЕЛЬНЫХ ОБРАЗЦОВ, И ПРОВЕДЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ИСПЫТАНИЙ НОЖЕЙ

Введение. Стоимость сырья всегда имеет тенденцию к увеличению. Щепа для производства древесных гранул переживает настоящий бум спроса. Цена на нее утроилась за последние 10 лет. Соответственно, изменилось и отношение деревообрабатывающих предприятий к тому, что еще недавно называлось отходами лесопиления: к опилкам, стружке, щепе [1]. Все эти предприятия оснащены рубильными машинами иностранного производства, рубильные ножи для которых также приходится приобретать за рубежом, используя для этого немалые бюджетные средства. Правительство Республики поставило перед учеными и специалистами задачу разработать технологию и освоить производство рубильных ножей на отечественных предприятиях.

Главным препятствием для организации производства рубильных ножей на белорусских предприятиях является отсутствие необходимых знаний и опыта для проведения качественной термической обработки легированных инструментальных сталей, обеспечивающей необходимые эксплуатационные свойства изделий (высокие показатели твердости, ударной вязкости, периода стойкости и др.) [2].

Разработка режимов термообработки для рубильных ножей, изготовленных из различных сталей. С целью изготовления ножей для рубки щепы на различных рубильных машинах в Физико-техническом институте НАН Беларуси разработана конструкторская документация на наиболее применяемые на деревообрабатывающих

предприятиях Беларуси рубильные ножи. Также разработаны технологические процессы их изготовления совместно с Барановичским государственным университетом.

В зависимости от разновидности рубильных машин, на которых используются ножи, для изготовления некоторых ножей предложено использовать инструментальную легированную сталь марки 6ХВ2С ГОСТ 5950–73, из которой обычно изготавливают ножи для холодной резки металла, резьбонакатные плашки, пуансоны и обжимные матрицы при холодном деформировании, штампы сложной формы, работающие с повышенными ударными нагрузками; для других ножей – сталь марки У8А ГОСТ 1435–74, применяемую для инструмента, работающего в условиях, не вызывающих разогрева режущей кромки: фрез, зенковок, топоров, стамесок, долот, пил продольных и дисковых, накатных роликов, кернеров, отверток, комбинированных плоскогубцев, боковых кусачек; а также сталь марки 9ХФ ГОСТ 5950–73, применяемую для производства рамных, ленточных, круглых строгальных пил; штемпелей при холодной обработке металла; ножей для холодной резки металла, обрезных матриц и пуансонов при холодной обрезке заусенцев; кернеров [3].

Инструментальная легированная сталь марки 6ХВ2С относится к сталям повышенной прокаливаемости. Режимы термической обработки применительно к этой стали определяются ГОСТ 5950–73: (оптимальная температура закалки 860–900 °С, среда закалки – масло) и

обеспечивают твердость в пределах HRC 57–62. Рекомендуемая термическая обработка (ТО) также пригодна для изотермической закалки, что позволяет осуществлять прокаливание до 50–60 мм.

Сталь марки У8А относится к углеродистым сталям, но по значению предела упругости после закалки она не уступает легированным сталям. К недостаткам следует отнести низкую прокаливаемость; из-за низкой устойчивости переохлаждаемого аустенита закалку даже деталей малого сечения следует осуществлять при значительных скоростях охлаждения. Это может привести к образованию высоких остаточных напряжений. Закаленные углеродистые стали отличаются малой устойчивостью против отпуска, поэтому повышенные температуры отпуска для увеличения пластических свойств и более полного снятия остаточных напряжений приводят к сильному понижению прочностных свойств. Эти стали характеризуются повышенным значением температурного коэффициента модуля упругости и отличаются низкой теплостойкостью.

Режимы термической обработки применительно к стали марки У8А определяются ГОСТ 1435–74 (оптимальная температура закалки 780–800 °С, среда закалки – вода) и обеспечивают твердость не менее HRC 60–63.

Сталь 9ХФ относится к низколегированным. Благодаря ее химическому составу сохраняются преимущества углеродистых сталей и снижаются их недостатки: низкая закаливаемость и чувствительность к перегреву. Для предупреждения низкой закаливаемости она легируется Mn и Cr. Вторым недостатком уменьшается при легировании Cr и V. Из-за лучшей закаливаемости эта сталь по сравнению с углеродистой имеет более однородную твердость в тонких сечениях.

Режимы термической обработки применительно к стали 9ХФ определяются ГОСТ 5950 – 73 (оптимальная температура закалки 850–880°С, среда закалки – масло) и обеспечивают твердость не менее HRC 61.

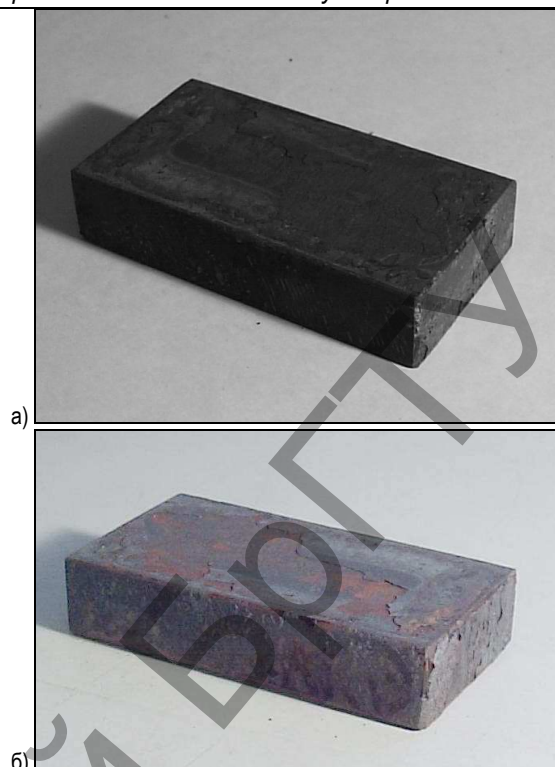
Исследование влияния режимов ТО на остаточную деформацию модельных образцов ножей для рубки щепы. В связи с тем, что процесс изготовления готовых рубильных ножей отличается большой трудоемкостью и, соответственно, немалой стоимостью, для выполнения поставленной задачи было принято решение изготовить модельные образцы исследуемых рубильных ножей, у которых будут одинаковые с оригиналами габаритные размеры и марки сталей. В некоторых случаях модельные образцы изготавливались в двух экземплярах из альтернативных марок сталей, которые могут быть использованы для получения некоторых рубильных ножей.

Модельный образец ножа ФТИ 5.001.1670 (77x44x15). Модельные образцы были изготовлены из сталей 6ХВ2С и У8А с соответствующей этим сталям термообработкой (для стали 6ХВ2С – максимальная температура нагрева – 880 °С, для стали У8А – 800 °С).

Сталь У8А была выбрана в виде альтернативы стали 6ХВ2С из-за ее значительно меньшей стоимости и хороших эксплуатационных характеристик при изготовлении из нее режущих элементов для сельскохозяйственной техники.

После осуществления термической обработки модельных образцов в соответствии с требованиями для каждой стали были проведены измерения габаритных размеров образцов, а также отклонение от плоскостности (далее прогиб h) их опорных поверхностей с помощью индикатора часового типа, закрепленного на магнитной стойке.

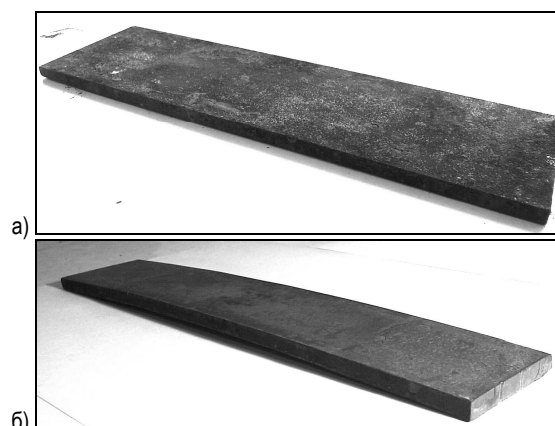
Измерения показали, что после проведенной термической обработки образцов как из стали 6ХВ2С, так и из стали У8А (рисунок 1), все измеряемые размеры, а также неплоскостность находятся в допустимых пределах в соответствии с ГОСТ 17342-81 [4]: разнотолщинность ножа не более 0,1 мм. Неравномерность ширины ножа не более 0,5 мм на всей длине. Допуск прямолинейности режущей кромки и нижней поверхности 0,3 мм на всей длине ножа. Допуск плоскостности передней и опорной поверхностей 0,3 мм на всей длине ножа, но не более 0,1 мм на 100 мм длины. Допуск перпендикулярности торцевых поверхностей ножа относительно нижней поверхности равен допуску на длину ножа.



а – образец из стали 6ХВ2С после ТО, б – образец из стали У8А после ТО

Рис. 1. Модельный образец ножа ФТИ 5.001.1670 (77x44x15)

Модельный образец ножа ФТИ 5.001.1671 (460x85x10). Для изготовления образцов использовались стали 6ХВ2С и У8А. Температура нагрева составляла для стали 6ХВ2С – 860°С, для стали У8А – 780°С. Величина прогиба h определяет максимальное отклонение плоскости образца от горизонтали в модельных образцах после термообработки. Прогиб h у образца из стали 6ХВ2С составил 1,8 мм, а из стали У8А – 3,3 мм. Меньшее значение величины h у образца из стали 6ХВ2С объясняется влиянием легирующих элементов, обладающих повышенными жаростойкими свойствами. Для устранения дефекта в виде прогиба модельные образцы рихтовались: нагревались до температуры отпуска (200 – 220 °С) и под давлением $P = 15$ тс на гидравлическом прессе ПД-476 выдерживались между стальными плитами до полного охлаждения образцов.



а – образец из стали 6ХВ2С до ТО, б – образец из стали 6ХВ2С после ТО

Рис. 2. Модельный образец ножа ФТИ 5.001.1671 (460x85x10)

Модельный образец ножа ФТИ 5.001.1674 (300x85x6). Для изготовления модельных образцов выбраны стали 6ХВ2С и 9ХФ.

Сталь 9ХФ применяется для изготовления некоторых почворезущих элементов сельскохозяйственных машин и проявляет устойчивость к ударным нагрузкам, отличается невысокой стоимостью и поэтому выбрана в качестве альтернативы стали 6ХВ2С.

Для образцов из стали 9ХФ с учетом их небольшой толщины (6 мм) температура нагрева составила 850 °С. Для образцов из стали 6ХВ2С из тех же соображений (малая толщина) температура нагрева выбиралась по минимально рекомендуемой для этой стали – 860 °С. После термической обработки в модельных образцах обнаружилась остаточная деформация в виде прогиба. Величина h прогиба составила для стали 6ХВ2С – 2,8 мм, а для стали 9ХФ – 4,3 мм. Для устранения прогибов также используется метод рихтовки на гидравлическом прессе.



а – образец из стали 6ХВ2С до ТО, б – образец из стали 6ХВ2С после ТО

Рис. 3. Модельный образец ножа ФТИ 5.001.1674 (300x85x6)

Проведение исследования модельных образцов рубильных ножей позволили определить влияние габаритов ножей на проявление остаточной деформации, проявляющейся в виде прогиба. Установлено также, что прогибы образуются в относительно тонких и длинных образцах, а для их устранения необходимо нагреть образцы до температуры отпуска (200... 220 °С) и произвести рихтовку на гидравлическом прессе до полного охлаждения образца.

Полученные результаты были использованы при разработке технологических процессов изготовления рубильных ножей различной конфигурации для проведения их производственных испытаний.

Проведение производственных испытаний. Рубильные ножи, изготавливаемые для проведения испытаний, должны соответствовать ГОСТ 17342-81 [5]. Перед проведением испытаний древесное сырье должно тщательно проверяться на отсутствие минеральных, металлических и других включений. Через каждые 2 часа работы необходимо проводить контроль состояния рубильных ножей на наличие трещин, забоин, сколов, замеры величины износа режущей кромки (радиуса режущей кромки по всей длине не менее, чем в трех сечениях методом слепков). В результате испытаний рубильные ножи должны обеспечивать получение технологической щепы, соответствующей ГОСТ 15815-83 [6]. Установленный период стойкости ножей при переработке окоренной древесины хвойных пород без металлических и минеральных включений, влажностью не ниже 50%, при температуре не ниже – 10°С должен составлять не менее 360 мин. Процесс рубки щепы ведется до затупления режущей кромки ножей. По мере затупления весь комплект ножей демонтируется и подвергается переточке в цехе предприятия. Результаты испытаний ножей (отработанное время до очередной переточки, радиус изношенной режущей кромки) необходимо внести в протокол, где учитывается и количество переработанной древесины.

В соответствии с договором с ОАО «Минскдрев» №2013/119 от 30.05.13. проведены предварительные испытания опытных образцов ножей ФТИ5.001.1674 (1 комплект), которые были изготовлены на опытном производстве в Физико-техническом институте НАН Беларуси по разработанной в институте конструкторской и технологической документации (КТД).

В результате испытаний ножи обеспечили получение технологической щепы по ГОСТ 15815-83 [6], период стойкости при переработке окоренной древесины хвойных пород (сосны) без металличе-

ских и минеральных включений влажностью не ниже 50% при температуре не ниже минус 10 °С составил около 400 мин. Рубка велась до затупления режущей кромки ножа.

По мере затупления ножей весь комплект демонтировался и подвергался переточке в цехе предприятия. Всего было произведено 4 переточки.

Результаты испытаний ножей ФТИ 5.001.1674 (300x85x6) позволяют рекомендовать их к использованию на деревообрабатывающих предприятиях.

В соответствии с договором с ЗАО «Холдинговая компания «Пинскдрев» №2013/122 от 18.06.13. проведены предварительные испытания опытных образцов ножей ФТИ5.001.1685 (1 комплект) для рубильной машины ДО-51, которые также были изготовлены на опытном производстве в Физико-техническом институте НАН Беларуси (рис. 4).



Рис. 4. Опытные образцы ножей для рубки щепы ФТИ5.001.1685

Испытания проводились в цехе рубки щепы по программе и методике ФТИ 0.316 ПМ «Ножи для рубки щепы».

По мере затупления ножей весь комплект демонтировался и подвергался переточке в цехе предприятия. Было произведено 5 переточек. Результаты испытаний ножей заносились в протокол. Средний период стойкости до переточки составил более 420 мин, что превышает установленный период стойкости (360 мин).

Результаты испытаний позволяют рекомендовать их к использованию на деревообрабатывающих предприятиях.

Износ и затупление дереворежущих ножей в процессе производственных испытаний. В результате проведения испытаний в соответствии с разработанной методикой и обработки полученных результатов были установлены численные значения и зависимости исследуемых величин, изучен характер и величина износа ножей, изготовленных из стали 6ХВ2С.

В качестве контролируемых параметров были выбраны: радиус округления режущей кромки δ и линейный износ l , а также количество обработанного древесного материала в погонных метрах.

Измерения радиуса износа режущей кромки ножа проводились на инструментальном микроскопе ММИ-2 с радиусной головкой ОГР23, линейный износ – на микроскопе УИМ-23.

Начальный радиус округления режущей кромки дереворежущих ножей перед началом испытаний равнялся 5...10 мкм.

Полученные зависимости износа и затупления характеризуются двумя фазами: прирабочной и монотонной. Износ и затупление ножей из стали 6ХВ2С протекают наиболее интенсивно при обработке первых 1000 м. п. (прирабочный износ). За этот период радиус округления режущей кромки ножей возрастает с 10 до 12–14 мкм. Линейный износ достигает 39 мкм. Изменение данных параметров идет не монотонно, особенно в начальном этапе работы. В некоторых случаях происходят микрообломы лезвия. Большая интенсивность износа в прирабочный период связана с проявлением дефектного состояния прикромочной зоны и значительным напряжением в остро заточенном лезвии. При воздействии сил резания в этих местах происходит микроаварийный облом сравнительно больших блоков металла. С укорочением лезвия количество циклов нагружения до очередного микрооблома и отделения частицы лезвия увеличивается.

Величина радиуса возрастает на 4–6 мкм в среднем на каждые 1000 м.п. Линейный износ увеличивается при обработке каждых 1000 м.п. на 12 мкм и в конце периода достигает 84...95 мкм (после обработки 6000 м.п. древесного материала).

Анализ результатов проведенных исследований износа и затупления инструмента при обработке древесных материалов позволяют сделать следующие выводы.

Основными параметрами износа являются радиус округления и величина линейного укорочения по передней поверхности. Значения этих двух параметров определяют число перезаточек и величину объема металла, снимаемого при перезаточке ножа, следовательно эти параметры влияют на энерго- и материалопотребление при подготовке ножа к работе.

Заключение. Для проведения экспериментальных исследований влияния температурных режимов на остаточную деформацию образцов ножей изготовлены модельные образцы рубильных ножей из сталей марок 6ХВ2С (базовой), У8А и 9ХФ, каждый из которых по своим размерам полностью соответствует своему аналогу (готовому ножу). ТО проведена по режимам, рекомендованным для этих сталей.

Результаты экспериментальных исследований показали, что образцы с небольшими размерами и относительно большой толщиной после ТО не имеют никаких остаточных деформаций. Образцы, относительно тонкие и длинные (длиной более 300 мм), после ТО имеют остаточную деформацию в виде прогиба. При этом величина прогиба тем больше, чем меньше отношение толщины образца к его длине и ширине. Установлено, что образцы, изготовленные из стали марки 6ХВ2С, имеют величину прогиба меньшую, чем образцы из стали марок У8А и 9ХФ.

Устранить выявленные дефекты в виде прогибов удается путем разогрева искривленных образцов до температуры отпуска и последующей выдержки между стальными плитами на гидравлическом прессе под нагрузкой до остывания заготовки.

Из стали 6ХВ2С, поставляемой на белорусский рынок из России, на опытном производстве в Физико-техническом институте НАН Бе-

ларуси, с учетом полученных результатов экспериментальных исследований модельных образцов, было изготовлено несколько комплектов опытных образцов рубильных ножей, предназначенных для испытаний в производственных условиях на деревообрабатывающих предприятиях республики (ОАО «Минскдрев», ЗАО «Холдинговая компания «Пинскдрев»).

Производственные испытания всех рубильных ножей, изготовленных по технологиям, разработанным в ФТИ НАН Беларуси и БарГУ, показали их соответствие производственным требованиям, а также требованиям ГОСТов, что позволяет рекомендовать их для широкого внедрения на деревообрабатывающих предприятиях, специализирующихся на производстве технологической щепы.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Новости деревообработки // Газета №1 (157). – 2014. – С. 1.
2. Алифанов, А.В. Определение оптимальных режимов термической и термомеханической обработки рубильных ножей / А.В. Алифанов, А.М. Милюкова, В.В. Цуран // Журнал Вестник БарГУ. Сер. Технические науки – 2014. – Вып. 2. – С. 17–22.
3. Жарский, И.М. Технологические методы обеспечения надежности деталей машин / И.М. Жарский, И.Л. Баршай, Н.А. Свидунович, Н.В. Спиридонов. – Мн.: Вышэйшая школа, 2010. – 336 с.
4. Ножи для рубильных машин. Технические условия: ГОСТ 17342-81. – Введ. 11.03.1981. – М.: Госкомитет СССР по стандартам, 1983. – 8 с.
5. Ножи для рубильных машин. Технические условия: ГОСТ 17342-81. – Введ. 11.03.1981. – М.: Госкомитет СССР по стандартам, 1983. – 8 с.
6. Щепя технологическая. Технические условия: ГОСТ 15815-83. – Введ. 01.01.1983. – М.: Изд-во стандартов, 1983. – 11 с.

Материал поступил в редакцию 10.12.14

ALIFANOV AV., MILYUKOVA A.M., TSURAN V.V. Development of manufacturing techniques of rubilny knives taking into account results of pilot studies of model samples, and carrying out production tests of knives

As a result of the conducted pilot studies of model samples it is established that samples the rubilnykh of knives with small sizes and rather big thickness after THAT have no residual deformations. Thinner samples of a rectangular shape (length more than 300 mm), after THAT have residual deformation in the form of a deflection. Thus the size of a deflection of subjects is more, than the sample thickness relation to its length and width is less. It is established that the samples made of brand 6ХВ2С steel have deflection size smaller, than samples from steel of the У8А and 9HF brands.

On pilot production at the NAN Physics and technology institute of Belarus, some sets of prototypes the rubilnykh of the knives intended for tests under production conditions at the woodworking enterprises of the republic were made (JSC Minskdrrev, JSC Pinskdrrev Holding Company).

Production tests of all skilled knives made according to the technical processes developed at the NAN Physics and technology institute of Belarus and BARGU showed their compliance to production requirements, and also requirements of state standard specifications that allows to recommend them for widespread introduction at the woodworking enterprises specializing on production of technological spill.