

УДК 621.9; 621.715.2

А. В. Алифанов¹, А. М. Милюкова², В. В. Цуран¹¹Барановичский государственный университет²Физико-технический институт Национальной академии наук Беларуси**РАЗРАБОТКА ИМПОРТОЗАМЕЩАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ
ИЗГОТОВЛЕНИЯ РУБИЛЬНЫХ НОЖЕЙ
И ПРОВЕДЕНИЕ ИХ ШИРОКОМАСШТАБНЫХ ИСПЫТАНИЙ**

Рубильные ножи подвергаются большим ударным нагрузкам и поэтому должны обладать оптимальным сочетанием твердости и вязкости. В качестве базовых выбраны марки сталей 6ХВ2С и У8А, которые в результате ранее проведенных исследований структуры и механических свойств различных легированных сталей показали наилучшие результаты. Были изготовлены опытные партии рубильных ножей для проведения производственных испытаний. Результаты проведения производственных испытаний рубильных ножей на ОАО «Ивацевичидрев», ЗАО «Молодечномобель», «Вилейская мебельная фабрика», ПУП «Мебельная фабрика «Пинскдрев-Адриана», ОАО «Минскдрев», ЗАО «Холдинговая компания «Пинскдрев», ОАО «Витебскдрев», а также в Российской Федерации на ООО «Инпласт» (г. Волгодонск), изготовленных из сталей 6ХВ2С и У8А, позволяют их рекомендовать к промышленному использованию на соответствующих деревообрабатывающих предприятиях Республики Беларусь, а также Российской Федерации.

Ключевые слова: рубильные ножи, структура, механические свойства, производственные испытания, термообработка, термомеханическая обработка, магнитно-импульсная обработка.

A. V. Alifanov¹, A. M. Miliukova², V. V. Tsuran¹¹Baranovichi State University²Physical-Technical Institute of National Academy of Sciences of Belarus**THE DEVELOPMENT OF IMPORT-SUBSTITUTING TECHNOLOGIES
OF CHIPPING KNIVES PRODUCTION AND CONDUCTING
OF THEIR LARGE-SCALE TESTS**

Chipping knives are subject to greater impact and therefore should have the optimum combination of hardness and toughness. Steels 6HV2S and U8A were selected as basic that according to previous studies of the structure and mechanical properties of various alloy steels, showed the best results. Experimental batches of chipper knives for production testing were made. The results of the testing of chipper knives at JSC "Ivatsevichidrev", JSC "Molodechnomebel", JSC "Molodechnomebel", "Vileika Furniture Factory", Company "Furniture Factory "Pinskdrrev-Adriana", JSC "Minskdrrev", JSC "Holding Company "Pinskdrrev", JSC "Vitebskdrrev", as well as in the Russian Federation at LLC "Inplast" (Volgodonsk) made of steel 6HV2S and U8A allow to recommend them to the industrial use on the corresponding wood enterprises of the Republic of Belarus and the Russian Federation.

Key words: chipping knives, structure, mechanical properties, production testing, heat treatment, thermo mechanical processing, magnetic pulse treatment.

Введение. Организация производства отечественных ножей для рубки щепы на соответствующих предприятиях республики имеет большое практическое значение для деревообрабатывающей промышленности, так как в настоящее время почти вся номенклатура используемых ножей приобретает за рубежом, на что тратятся крупные суммы валютных средств.

В соответствии с поручением Первого заместителя Премьер-министра Республики Беларусь Семашко В. И. (Протокол № 34/12 пр. от 02.06.2012) и приказом Государственного комитета по науке и технологиям Республики Беларусь № 140 от 26.03.2013 в Физико-техническом институте НАН Беларуси и Барановичском государственном университете разрабатываются

прогрессивные импортозамещающие технологические процессы изготовления ножей для рубки технологической щепы, применяемой в гидролизно-целлюлозно-бумажном и мебельном производстве, а также в виде топлива.

К качеству щепы, применяемой для производства целлюлозы, предъявляются очень высокие требования [1]: она должна иметь определенные размеры по длине, ширине и высоте, все поверхности щепы должны быть гладкими и цельными, категорически не допускаются разрывы, искривления и другие дефекты древесных волокон щепы, которые впоследствии негативным образом отражаются на качестве получаемой из щепы целлюлозы. Соответственно и к ножам, применяемым для

получения такой щепы, предъявляются повышенные требования.

Еще одной важной задачей является разработка рубильных ножей для производства технологической щепы, применяемой при изготовлении древесно-стружечных плитных материалов, широко используемых в мебельной промышленности. В Беларуси функционирует большое количество мебельных предприятий, чья продукция, в частности, пользуется спросом и за рубежом. К качеству такого рода технологической щепы также предъявляются высокие требования в части ее однородности по размерам. Не допускается наличие в однородной щепе отдельных крупных кусков, которые резко ухудшают качество получаемых древесностружечных плит. Выполнение этого требования возможно только за счет высокой остроты лезвия ножа.

Достаточно большой спрос в Беларуси имеет топливная щепка, которая производится из отходов деревообрабатывающего производства, а также из обрезных веток и сучьев разнообразных деревьев. К такой щепе особенных требований не предъявляется. Поэтому и ножи, применяемые для получения топливной щепы, изготавливаются, как правило, из более дешевых, средне- или малолегированных сталей. Основное требование к этим ножам – не сохранение высокой остроты лезвия во время эксплуатации, а обеспечение прочностных свойств. В ФТИ НАН Беларуси имеются образцы таких ножей, радиус закругления режущей кромки которых в процессе эксплуатации достигает нескольких миллиметров, в то время как у рубильных ножей, применяемых для производства вышеуказанной технологической щепы, радиус закругления режущей кромки в процессе эксплуатации не должен превышать 15–20 мкм.

Главным препятствием для организации производства рубильных ножей на белорусских предприятиях является отсутствие необходимых знаний и опыта для проведения качественной термо- (ТО) или термомеханической обработки (ТМО) легированных инструментальных сталей, обеспечивающей необходимые эксплуатационные свойства изделий (высокие показатели твердости, ударной вязкости, периода стойкости и др.). В литературных и коммерческих источниках сведения о режимах ТО и ТМО, считающихся «ноу-хау», не приводятся. В связи с этим производителям технологической щепы приходится приобретать ножи за рубежом.

Зарубежные изготовители ножей для рубильных машин используют высоколегированные стали отличного качества, имеющие гораздо более высокую стоимость, чем, например, аналогичные стали, выпускаемые в России. При

получении таких ответственных изделий, как рубильные ножи, подвергающиеся большим ударным нагрузкам, каждая фирма разрабатывает свои специальные методы термо- или термомеханической обработки, благодаря чему добиваются получения в готовых изделиях мелкодисперсной, однородной структуры. Все это и позволяет изготавливать рубильные ножи с высокими эксплуатационными характеристиками.

Для решения поставленной задачи (разработки технологий изготовления рубильных ножей) коллективом специалистов ФТИ НАН Беларуси и УО БарГУ были проведены исследования структуры и механических свойств импортных рубильных ножей, на их основе выбраны стали-аналоги российского производства, разработаны режимы термической обработки ножей, обеспечивающие заданные эксплуатационные характеристики, а также методы дополнительного упрочнения магнитно-импульсным воздействием и термомеханической обработкой.

Краткие результаты исследований импортных рубильных ножей и выбор базовых сталей для изготовления опытных партий отечественных ножей. Из результатов проведенных исследований структуры и механических свойств импортных рубильных ножей можно сделать вывод, что для изготовления ножей с заданными эксплуатационными характеристиками необходимо использовать высоколегированные стали и определенные режимы термической или термомеханической обработки, обеспечивающие в готовых изделиях мелкодисперсную, однородную структуру и необходимое соотношение аустенита, мартенсита и карбидных включений. Это необходимо для обеспечения высокой прочности ножей в условиях ударных нагрузок и, что очень важно, сохранения высокой остроты режущего лезвия ножа в процессе эксплуатации.

Импортные ножи для рубки технологической щепы изготавливаются, как правило, из высоколегированных сталей, содержащих вольфрам, молибден, хром и небольшие добавки ванадия и никеля. Твердость ножей находится в пределах 52–60 HRC, а ударная вязкость – 12–19 Дж/см².

Из российских сталей, поставляемых на белорусский рынок, к вышеуказанным сталям по своим свойствам (твердости и ударной вязкости) наиболее близки стали марки 5ХНВС, 6ХВ2С, которые можно рекомендовать для изготовления опытных партий рубильных ножей, предназначенных для производственных испытаний на соответствующих деревообрабатывающих предприятиях республики. Для изготовления опытных партий ножей была выбрана

высоколегированная сталь 6ХВ2С, а также более дешевая углеродистая сталь У8А.

Упрочняющая обработка рубильных ножей. Закалку ножей из стали 6ХВ2С производили на нижний бейнит с температуры 980°C в селитровую ванну (расплав 55% KNO₃ + 45% NaNO₂ + (0,2–0,3)% воды) с температурой 170–190°C. Твердость 58–60 HRC.

Закалку ножей из стали У8А производили с температуры 780°C. Твердость 58–62 HRC.

Часть ножей из стали 6ХВ2С подвергалась термомеханической обработке (нагрев до температуры 1160–1180°C, ковка в интервале температур 1180–800°C, отжиг от температуры 500°C). Твердость 56–60 HRC.

При термомеханической обработке повышение прочности стали объясняется тем, что в результате деформации из деформированного аустенитного зерна образуются более мелкие пластинки мартенсита. Кроме того, при деформации дробится блочная структура аустенита и углерод выделяется в виде дисперсных карбидов.

Часть ножей из стали У8А подвергалась магнитно-импульсной упрочняющей обработке (МИО) с величиной энергии в импульсе 6 кДж, в результате которой образовался упрочненный мелкодисперсный слой толщиной до 80 мкм.

Производственные испытания опытных партий рубильных ножей на деревообрабатывающих предприятиях республики. Производственные испытания опытных партий рубильных ножей, изготовленных в Физико-техническом институте НАН Беларуси и филиале ЗАО «Атлант» – БСЗ (г. Барановичи) по технологиям, разработанным в ФТИ НАН Беларуси и УО БарГУ, проводились на следующих белорусских деревообрабатывающих предприятиях: ОАО «Ивацевичдрев», ЗАО «Молодечномебель», «Вилейская мебельная фабрика», ЧПУП «Мебельная фабрика «Пинскдрев-Адриана», ОАО «Минскдрев», ЗАО «Холдинговая компания «Пинскдрев», ОАО «Витебскдрев», а также в Российской Федерации на ООО «Инпласт» (г. Волгодонск).

Производственные испытания проводились в соответствии с требованиями ГОСТ 17342–81 [2] на операции рубки технологической щепы по программе и методике ФТИ 0.316 ПМ «Ножи для рубки щепы».

На рис. 1, а–ж показаны ножи, изготовленные для проведения испытаний.

В результате проведения испытаний установлено, что все ножи, изготовленные из стали 6ХВ2С с применением как термообработки, так и ТМО, соответствуют требованиям производства и обеспечили получение технологической щепы в соответствии с ГОСТ 15815–83 [3]. При

этом период стойкости всех испытанных ножей составил не менее 400 мин, что выше установленного периода стойкости при переработке окоренной древесины хвойных пород без металлических и минеральных включений влажностью не ниже 50% при температуре не ниже –10°C и составляющего 380 мин.

Рубка велась до затупления режущей кромки ножа. По мере затупления ножей весь комплект, установленный на конкретной рубильной машине, демонтировался и подвергался перезаточке. Все комплекты опытных партий ножей подвергались перезаточке не менее 5 раз. Результаты испытаний ножей заносились в протоколы и акты испытаний.

Анализ результатов проведенных исследований износа ножей также показывает, что изготовление рубильных ножей с применением ТМО позволяет снизить интенсивность износа и затупления режущих кромок ножей по сравнению с ножами, изготовленными с применением только термообработки, до 20–30%.

Однако на некоторых ножах, изготовленных с применением ТМО, в процессе испытаний образовались сколы, исключающие дальнейшее их использование. Характер сколов говорит о наличии в лезвиях ножей остаточных внутренних напряжений, появившихся в результате термомеханической обработки, осуществляемой на филиале ЗАО «Атлант» – БСЗ (г. Барановичи) методомковки из прутка. Целесообразнее использовать деформацию через валковый стан заготовок ножей из полосы, в результате чего можно уменьшить степень деформации и повысить однородность ее воздействия.

Признано целесообразным, до приобретения заводом-изготовителем валкового стана, изменить технологию изготовления ножей, исключить ТМО, оставив только термообработку, обеспечивающую твердость ножей ФТИ5.001.1671 длиной 460 мм в пределах 52–54 HRC, а ножей ФТИ5.001.1675 длиной 700 мм в пределах 50–52 HRC, чтобы свести к минимуму вероятность образования сколов на лезвиях ножей. После приобретения заводом-изготовителем валкового стана можно вернуться к процессу изготовления ножей с применением ТМО.

Представляют большой практический интерес результаты испытаний ножей на ОАО «Минскдрев», где испытывались ножи как изготовленные из стали 6ХВ2С с применением ТО, так и ножи, изготовленные из более дешевой (в 5 раз!) углеродистой стали У8А, подвергнутой после ТО магнитно-импульсной упрочняющей обработке. Результаты испытаний показали, что ножи из стали У8А, упрочненные МИО, по стойкости не уступали ножам из стали 6ХВ2С.

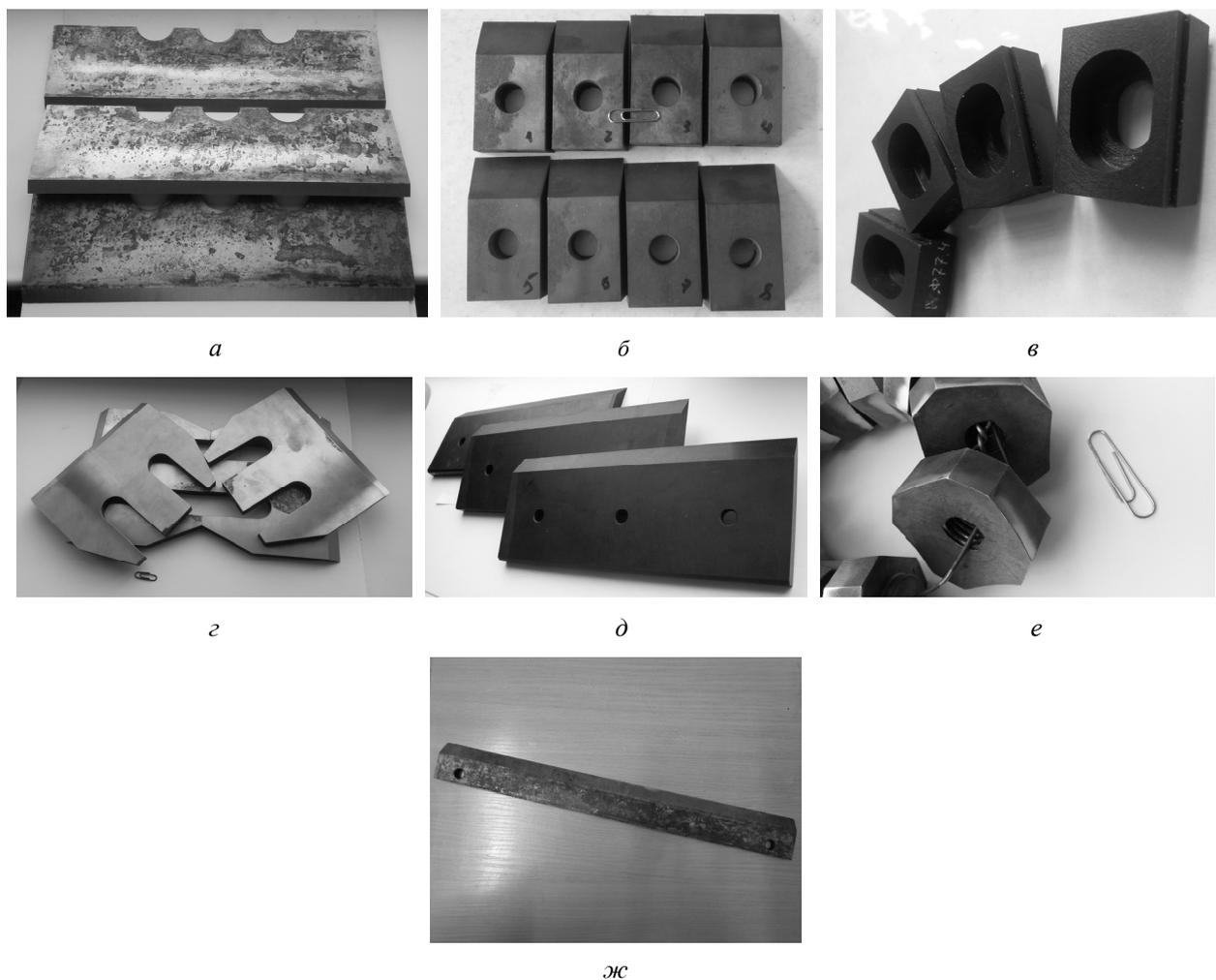


Рис. 1. Опытные образцы рубильных ножей:
a – ножи для ОАО «Минскдрев»; *б* – ножи для ОАО «Ивацевичдрев»; *в* – ножи для ЗАО «Молодечномобель»;
г – ножи для ЗАО «Холдинговая компания «Пинскдрев»;
д – ножи для ЗАО «Молодечномобель» «Вилейская мебельная фабрика»;
е – ножи для ПУП «Мебельная фабрика «Пинскдрев-Адриана»; *ж* – ножи для ОАО «Витебскдрев»

Учитывая, что процесс МИО обладает достаточно большой производительностью и очень малой энергозатратностью, можно сделать вывод о целесообразности применения рубильных ножей из стали У8А, упрочненных МИО, и на других деревообрабатывающих предприятиях республики, что позволит получить дополнительный экономический эффект (за счет отказа от приобретения за валюту импортных ножей и за счет применения для изготовления отечественных ножей относительно дешевой углеродистой стали У8А).

По заказу российской фирмы ООО «Инпласт» (г. Волгодонск) магнитно-импульсной упрочняющей обработке была подвергнута опытная партия рубильных ножей, таких же, как показаны на рис. 1, *б*, но изготовленных из стали 60С2А.

Опытная партия ножей (в количестве 24 шт.) была установлена 08.01.2015 на рубильную

машину МРР8-50ГН для использования на операции рубки технологической щепы из древесных материалов и проработала до 21.01.2015.

За период испытаний опытные ножи показали стойкость, равную стойкости аналогичных ножей, изготовленных из стали 6ХВ2С. При этом экономический эффект от внедрения ножей из стали 60С2А, подвергнутых магнитно-импульсной обработке, взамен ножей из стали 6ХВ2С при равной стойкости достигается за счет более низкой стоимости (по данным за 2014 г. цена 1 т листового проката 60С2А составила 57–58 тыс. руб. РФ, а стали 6ХВ2С–125–128 тыс. руб. РФ).

Полученные результаты позволяют рекомендовать практическое применение способа магнитно-импульсной обработки, разработанного в ФТИ НАН Беларуси и УО БарГУ, для упрочнения рубильных ножей, изготавливаем-

мых на ООО «Инпласт», а также рекомендовать рассмотреть вопрос о модернизации магнитно-импульсного установкой с целью расширения возможностей упрочняющей обработки ножей различных размеров.

Заключение. В процессе выполнения работы проведены исследования структуры и механических свойств рубильных ножей импортного производства, позволившие выбрать базовые стали 6ХВ2С и У8А для дальнейших исследований.

Разработаны импортозамещающие технологии изготовления рубильных ножей различных конфигураций, включающие оптимальные режимы термической обработки, а также термо-механической и магнитно-импульсной упрочняющих обработок.

По разработанным технологиям ТО, ТМО и МИО изготовлены опытные партии ножей для

различных рубильных машин и проведены их производственные испытания на различных деревообрабатывающих предприятиях Республики Беларусь, производящих технологическую щепу.

Результаты испытаний показали, что все испытанные ножи соответствуют эксплуатационным требованиям и могут быть рекомендованы для промышленного использования на соответствующих деревообрабатывающих предприятиях республики.

По заказу российской фирмы ООО «Инпласт» (г. Вологодск) была подвергнута упрочняющей магнитно-импульсной обработке опытная партия рубильных ножей из дешевой стали 60С2А, испытания которых при рубке щепы показали стойкость, равную стойкости ножей, изготовленных из гораздо более дорогой стали 6ХВ2С.

Литература

1. Щепы технологическая. Технические условия: ГОСТ 15815–83. М.: Изд-во стандартов, 1983. 11 с.
2. Ножи для рубильных машин. Технические условия: ГОСТ 17342–81. М.: Госкомитет СССР по стандартам, 1983. 8 с.
3. Щепы технологическая. Технические условия: ГОСТ 15815–83. М.: Изд-во стандартов, 1983. 11 с.

References

1. GOST 15815–83. Technological chips. Technical conditions. Moscow, Publishing house of standards, 1983. 11 p. (In Russian).
2. GOST 17342–81. Knives chipper. Technical specifications. Moscow, State Committee of the USSR for standards, 1983. 8 p. (In Russian).
3. GOST 15815–83. Technological chips. Technical conditions. Moscow, Publishing house of standards, 1983. 11 p. (In Russian).

Информация об авторах

Алифанов Александр Викторович – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры оборудования и автоматизации производства. Барановичский государственный университет (225404, г. Барановичи, ул. Войкова, 21, Республика Беларусь). E-mail: alifanov_aav@mail.ru

Милюкова Анна Михайловна – кандидат технических наук, заведующая лабораторией МФГС. Физико-технический институт НАН Беларуси (220141, г. Минск, ул. Ак. Купревича, 10, Республика Беларусь). E-mail: annart@mail.ru

Цуран Владимир Владимирович – аспирант, преподаватель (совместитель) кафедры оборудования и автоматизации производства инженерного факультета. Барановичский государственный университет (225404, г. Барановичи, ул. Войкова, 21, Республика Беларусь), заместитель начальника ОГТ ОАО «БААЗ». E-mail: curan85@mail.ru

Information about the authors

Alifanov Alexander Viktorovich – D. Sc. Engineering, professor, Department Equipment and Automation of Production. Baranovichi State University (21, Voikov str., 225404, Baranovichi, Republic of Belarus). E-mail: alifanov_aav@mail.ru

Miliukova Anna Mikhailovna – Ph. D. Engineering, head of laboratory. Physical-Technical Institute of National Academy of Sciences of Belarus (10, Kuprevich str., 220141, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: annart@mail.ru

Tsuran Vladimir Vladimirovich – graduate student, lecturer (part-time), Department of Equipment and Automation of Production. Baranovichi State University (21, Voikov str., 225404, Baranovichi, Republic of Belarus), deputy head of the CMP ОАО «BAAZ». E-mail: curan85@mail.ru

Поступила 20.02.2015