



УДК 620.162; 620.181

Поступила 02.02.2015

ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ РУБИЛЬНЫХ НОЖЕЙ ЗАРУБЕЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА

INVESTIGATION OF CHEMICAL COMPOSITION AND MECHANICAL PROPERTIES CHIPPERS BLADES OVERSEAS PRODUCTION

А. В. АЛИФАНОВ, В. В. ЦУРАН, Учреждение образования «Барановичский государственный университет», г. Барановичи, Беларусь, А. М. МИЛЮКОВА, Государственное научное учреждение «Физико-технический институт НАН Беларуси», г. Минск, Беларусь

A. ALIFANOV, V. TSURAN, Baranovichi State University, Baranovichi, Belarus, A. MILJUKOVA, Physical and Technical Institute of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus

Приведены результаты исследований марок сталей, применяемых для изготовления импортных рубильных ножей. Даны рекомендации по выбору марок сталей из стран СНГ, подобных импортным по свойствам. Для изготовления опытных партий ножей для рубки щепы выбраны марки сталей 5ХНВС, 6ХВ2С, предназначенных для испытаний на деревообрабатывающих предприятиях республики.

The paper presents the results of researches of steels used for the manufacture of imported chipper knives. Recommendations on the choice of steel grades from the CIS countries, similar on the properties of the imported knives. For the manufacture of pilot batches of blades for cutting wood chips were selected steels 5XNBC, 6XB2C, intended for testing of the woodworking enterprises of the Republic of Belarus.

Ключевые слова. Рубильные ножи, образцы, микроструктура, твердость, сталь, химический состав.

Keywords. Chipping knives samples, microstructure, hardness and steel, the chemical composition.

Введение. С целью сокращения валютных средств, затрачиваемых на приобретение рубильных ножей, используемых на деревообрабатывающих предприятиях для получения технологической щепы, правительством Республики Беларусь было дано указание разработать отечественную прогрессивную технологию изготовления рубильных ножей и организовать их производство. Для осуществления поставленной задачи были проведены исследования материалов и их свойств, применяемых для изготовления рубильных ножей.

Анализ материалов, из которых изготовлены импортные ножи для рубительных машин

При производстве ножей для рубки, дробления древесных отходов и других древесных материалов применяются стали, обладающие как высокой твердостью, так и высокой вязкостью с целью предотвращения скалывания и поломки ножа при ударных нагрузках.

В настоящее время за рубежом для производства ножей для рубительных и стружечных машин разработана специальная сталь chipper (DIN1.3355, 1.3343, 1.2379, 1.2631, 1.2362) (Германия). Такая сталь обеспечивает твердость режущей кромки 52–58 HRC. Эти сложнелегированные специальные стали близки по химическому составу, но обладают различным содержанием вольфрама и молибдена, имеют высокое содержание хрома и небольшие добавки ванадия и никеля (табл. 1).

Согласно литературным данным [1], стали, производимые в СНГ и имеющие маркировки по ГОСТ 1435, в основном предназначены для производства:

- пневматических зубил, штампов небольших размеров, рубильных ножей для деревообработки – сталь 6ХС;
- измерительного и режущего инструмента, для которого повышенное коробление не допустимо, резбовых калибров, протяжек, метчиков, длинных разверток, технологической оснастки – сталь ХВГ;

- сверл, разверток, метчиков, плашек, гребенок, фрез, машинных штемпелей, клейм – сталь 9ХС;
- накатных роликов, волочильных валков, матриц и штампов холодного выдавливания – сталь Х12М;
- молотовых штампов паровоздушных машин и молотов – сталь 5ХНВС;
- ножей холодной рубки металла, резбонакатных плашек, пуансонов и обжимных матриц при холодной работе – сталь 6ХВ2С.

Таблица 1. Химический состав импортных сталей

Страна-изготовитель	Химический состав стали, %							
	С	Mn	Si	Cr	W	Ni	V	Mo
Финляндия	0,50	0,30	0,90	8,50	1,42	0,21	0,28	1,30
Австрия	0,53	0,26	0,75	8,30	1,14	0,12	0,12	1,21
Чехия	0,60	0,47	1,09	8,50	—	0,3	—	0,71
Япония	0,70	0,70	0,80	7,0	—	—	—	1,0

Для изготовления ножей рубительных машин в России используется качественная сталь по ГОСТ 1435-99¹; легированная инструментальная сталь по ГОСТ 5950-2000² глубокой прокаливаемости, сталь для штампового инструмента, ударного инструмента и шарикоподшипниковая сталь.

Формоустойчивость, твердость, вязкость и теплостойкость высоколегированных и высококачественных сталей при соответствующей термообработке обеспечиваются введением определенных легирующих элементов, таких, как хром (Х), кремний (С), марганец (Г), молибден (М), ванадий (Ф) и других с общим содержанием легирующих элементов свыше 5,5%. Окончательные свойства стали определяются совместным действием всех легирующих элементов.

Углерод (С). Известно [1], что при уменьшении содержания углерода снижается твердость, также уменьшается склонность к хрупкому разрушению, повышается ударная вязкость.

Кремний (Si). Кремний способствует сохранению малого зерна при нагреве, увеличивает прокаливаемость. В сочетании с алюминием снижает кислород в стали.

Марганец (Mn). Марганец повышает прокаливаемость и ударную вязкость. Особенно это хорошо проявляется совместно с никелем. В сочетании Mn с Mo образуется мелкодисперсная структура при закалке и увеличивается твердость по сечению ножа.

Хром (Cr). Хром увеличивает прочность, образуя карбиды, и хорошо сочетается с С, Ni, Ti, В и Мо.

Молибден (Mo). Молибден влияет на теплостойкость, заменяет W и в сочетании с Cr повышает прокаливаемость.

Ванадий (V). Ванадий улучшает равномерность распределения химических элементов. Введение ванадия с алюминием и азотом приводит к изменению природного зерна до 9–12 баллов за счет образования дисперсных частиц карбонитридов ванадия и нитридов алюминия. Для уменьшения стоимости стали нужно стремиться к уменьшению содержания V.

Вольфрам (W). Вольфрам влияет на теплостойкость и вместе с Ni увеличивает ударную вязкость, а вместе с Cr повышает прокаливаемость. Mo и W взаимозаменяемы по соотношению $Mo=W/2$.

При выборе марки стали предполагается наличие определенной связи между ее свойствами и показателями работоспособности инструмента. Важно установить соответствие механических свойств стали основным показателям: работоспособности инструмента, технологическим свойствам, форме и способу изготовления инструмента (штампуемость, обрабатываемость), стоимости и дефицитности материала (стали).

Ножи российского производства (ООО «СТАРКРАНД», ЗАО «СИМ», «Сервис-СТМ» (г. Москва), ООО «Туллэнд» (г. Химки), «Станки и инструменты» (г. С.-Петербург) и др.) из стали марок 6ХС, 6ХВ2С, 55Х7ВСМФ и 55Х6В3СМФ, прошедшие специальную, ступенчатую термическую обработку, должны обладать оптимальным сочетанием твердости, прочности и вязкости, исключающим неравномерный прогрев и отпускную хрупкость.

Исследование свойств сталей, из которых изготовлены зарубежные ножи для рубки щепы

На деревообрабатывающих предприятиях Республики Беларусь (ОАО «Ивацевичдрев», ОАО «Минскдрев», ЗАО «Холдинговая компания «Пинскдрев», ОАО «Барановичдрев», ОАО «ФандОК»,

¹ ГОСТ 1435-99. Прутки, полосы и мотки из нелегированной стали. Общие технические условия.

² ГОСТ 5950-2000. Прутки, полосы и мотки из инструментальной стали. Общие технические условия.

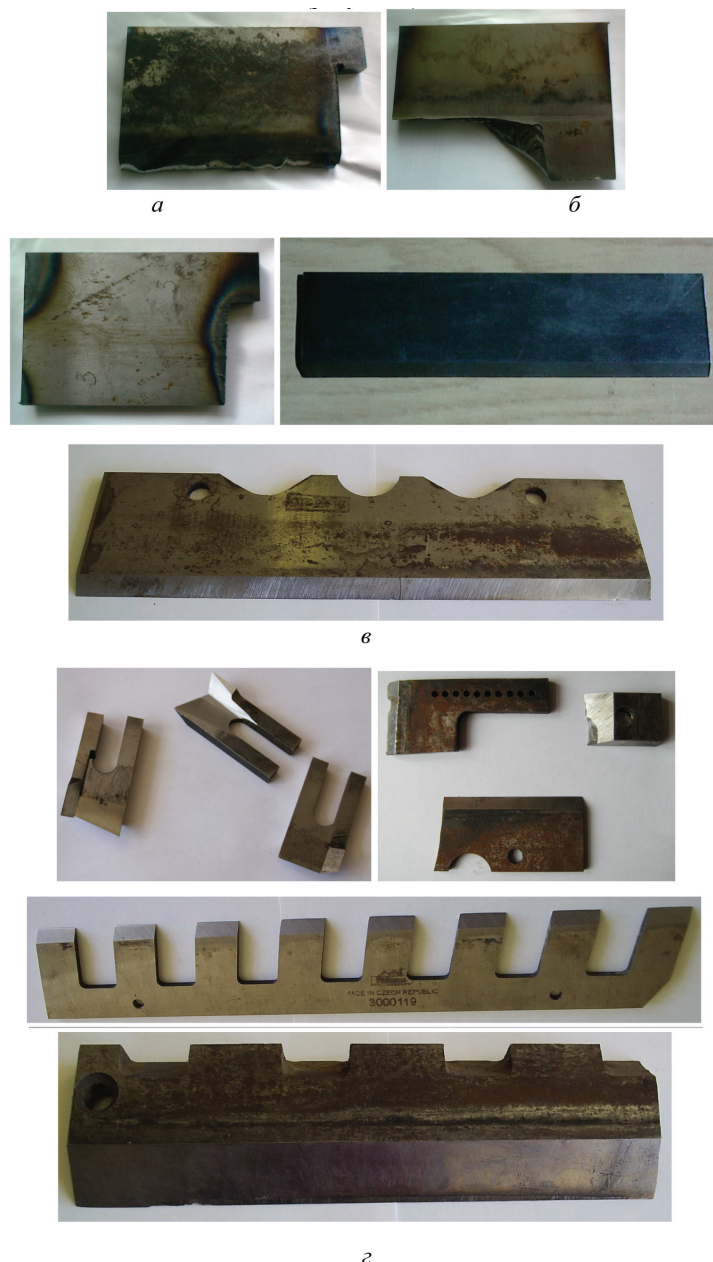


Рис. 1. Образцы отработавших ножей для рубки щепы импортного производства:
а – Германия; *б* – Иран; *в* – Россия; *г* – Чехия

ОАО «Витебскдрев», ЗАО «Молодечномебель» и др.) подобраны образцы (20 шт.) отработавших рубильных ножей импортного производства (Германия, Чехия, Иран, Россия) для рубительных машин, используемых при получении технологической щепы (рис. 1).

Из полученных ножей методом электроэрозионной резки вырезаны образцы (рис. 2) для изготовления шлифов для металлографических и дюраметрических исследований. Проведен химический анализ изготовленных образцов, по которому установлены марки стали, из которых они изготовлены (табл. 2). Исследованы механические свойства образцов (твердость, ударная вязкость) по стандартным методикам¹ в организации УО «Барановичский государственный университет».

Твердость в основном зависит от содержания углерода, дисперсионного твердения, количества остаточного аустенита и др. Таким образом, задаваемая твердость может быть достигнута с помощью оптимизации химического состава, термообработки (закалка в зависимости от балла зернистого перлита), правильного выбора температуры и продолжительности отпуска.

¹ ГОСТ 9013-59. Металлы. Метод измерения твердости по Роквеллу. ГОСТ 9454-78. Металлы. Метод испытания на ударный изгиб при пониженных, комнатной и повышенных температурах.

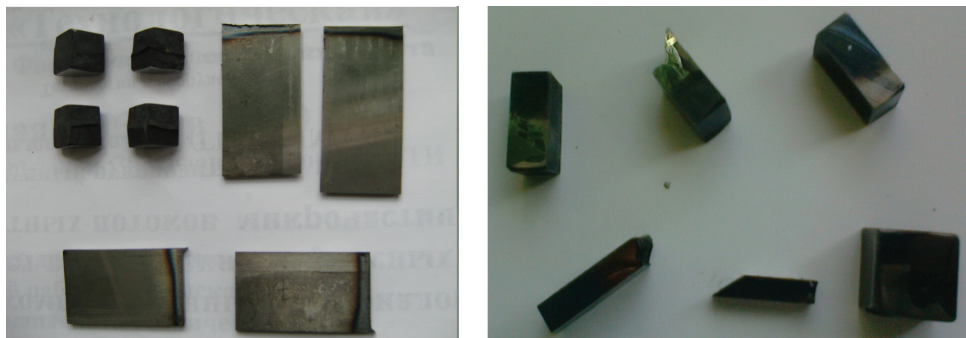


Рис. 2. Образцы, вырезанные из отработавших ножей импортного производства

На основании [1] и проведенных исследований подобраны аналоги зарубежных сталей для изготовления отечественных ножей для рубки щепы (табл. 2–9).

Таблица 2. Химический состав и механические свойства сталей, из которых изготовлены импортные ножи рубительных машин

Номер образца	Страна-производитель, фирма	Марка стали	Аналогичная марка стали (заменитель)	Массовая доля легирующих элементов, %										Твердость HRC	Ударная вязкость, Дж/см ²
				C	Si	Mn	Cr	Cu	Ni	S	P	Mo	W		
1, 11	Германия	Din, 1.3355	X6ВФ	0,48	0,82	0,46	7,96	0,07	0,26	–	0–0,025	1,10	–	52,0–54,0	17
2, 16	Чехия, Pilana	Din 1.3355	7X3 8X3 6XC 75XM 75XCMФ75XMФ	0,65–0,80	1,09	0,47	3,88	–	0,28–0,3	–	–	0,71	–	59,0–60,0	19
3, 17	Россия	65Г	70, У8А, 70Г 60С2А 9ХС 50ХФА 60С2 55С2 Din66Mn4	0,71	0,28	1,04	0,08	0,07	0,04	–	–	–	–	54,0–56,0	16
4, 18	Иран	Din 1.2344	4X5MФC	0,39	0,84	0,41	7,56	0,07	0,23	–	–	1,20	–	52,0–54,8	18
5, 19	Россия	У8А	Din 1.1525 C80W1	0,75–0,84	0,28	0,17–0,28	0,23	0,17	0,12–0,25	0–0,018	0–0,025	0,02	–	57,0–59,0	19
6	Россия, ГМЗ	65С2ВА	60С2А 60С2ХА PN65S2WA	0,61–0,69	1,7	0,7–1	0,30	0,20	0–0,2	0–0,025	0–0,025	–	0,9	59,0–60,0	15
7	Россия	ХВГ	9ХС, ХГ, 9ХВГ ХВСГ ШХ15СГ Din 1.2419 WNr 105WCr6	0,9–1,05	0,1–0,4	0,8–1,1	0,9–1,2	0,30	0–0,35	0–0,03	0–0,03	0,2	1,33	57,0–59,0	11
8	Россия	9ХС	ХВГ ХВСГ WNr 150Cr14 90CrSi	0,85–0,95	1,2–1,6	0,3–0,6	0,95–1,25	0,20	0–0,35	0–0,03	0–0,03	–	0,1	59,0–60,0	15
9	Россия	X12MФ	X6ВФ X12Ф1 X12BM Din 1.2379	1,48	0,40	0,33	11,8	0,26	0,30	–	–	0,53	–	56,0–58,0	13
10, 13	Россия, Станкодеталь	6ХС	Din 60MnSi4	0,6–0,7	0,6–1	0,15–0,45	1–1,3	до 0,3	до 0,4	до 0,03	до 0,03	до 0,2	до 0,2	60,0–61,0	13
12, 15	Россия	5ХНВС	Din55NiCrMoV6	0,5–0,6	0,6–0,9	0,3–0,6	1,3–1,6	до 0,3	0,8–1,2	до 0,03	до 0,03	–	–	52,0–54,0	18
13, 14	Россия	6ХГМНФГ	–	0,5–0,6	0,6–0,9	0,3–0,6	1,3–1,6	до 0,3	0,8–1,2	до 0,03	до 0,03	–	–	59,0–60,0	19
20	Россия	6ХВ2С	6Х3ФC 5ХВ2СФ DIN17350 WNr 60WCrV7 55WCrV8	0,55–0,65	0,5–0,8	0,15–0,45	1–1,3	до 0,3	до 0,4	до 0,03	до 0,03	0,6–0,9	2,2–2,7	60,0–63,0	20

Таблица 6. Зарубежные аналоги стали инструментальной 9ХС

Германия
DIN, WNr
150Cr14
90CrSi
90CrSi5

Таблица 7. Зарубежные аналоги стали инструментальной 8ХФ

Германия	Болгария	Польша	Чехия
DIN, WNr	BDS	PN	CSN
62SiMnCr4	8ChF	NCV1	19419
80CrV2			
86CrMoV7			

Таблица 8. Зарубежные аналоги стали инструментальной У8А

США	Германия
–	DIN, WNr
W108	1.1525
	C80W1

Таблица 9. Зарубежные аналоги стали инструментальной 6ХВ2С

США	Германия	Англия	Евросоюз	Италия	Испания	Венгрия	Польша	Чехия	Австрия
–	DIN, WNr	BS	EN	UNI	UNE	MSZ	PN	CSN	ONORM
T41901	60WCrV7								
		BS1	55WCrV8	55WCrV8KU	60WCrSi8	W6	NZ3	19733	BOHLERK455

На основании проведенных исследований можно сделать вывод, что 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 указанным выше сталям по своим свойствам (твердости и ударной вязкости) наиболее близки стали марки 5ХНВС, 6ХВ2С, которые можно

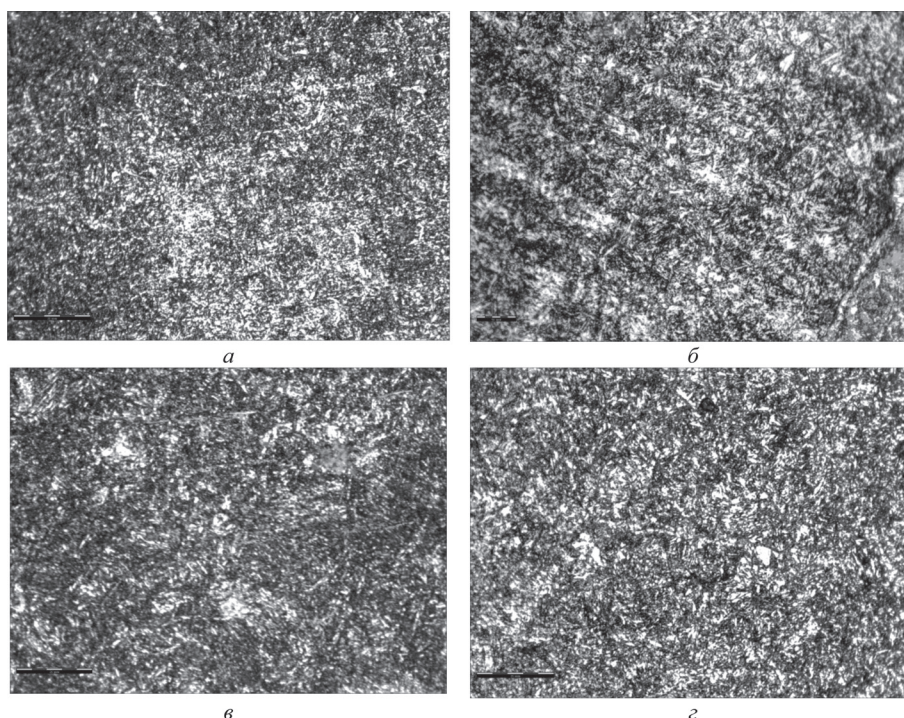


Рис. 3. Микроструктура образцов сталей, полученных из отработавших импортных ножей: а – образцы № 1, 11 (сталь Din 1.3355); б – образцы № 2, 16 (сталь Din 1.2379); в – образцы № 3, 17 (сталь 65Г); г – образцы № 4, 18 (сталь Din 1.2344)

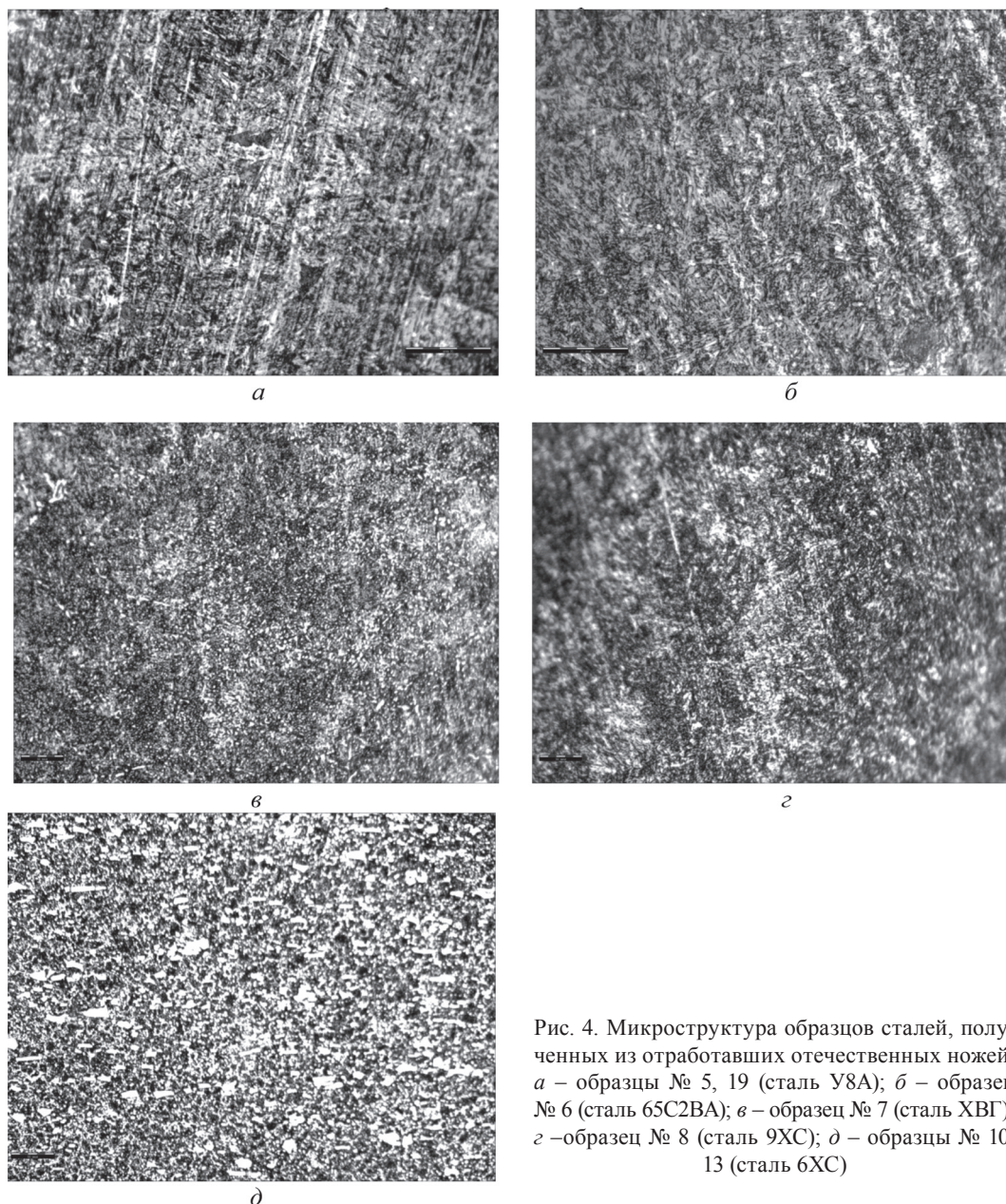


Рис. 4. Микроструктура образцов сталей, полученных из отработавших отечественных ножей: *a* – образцы № 5, 19 (сталь У8А); *б* – образец № 6 (сталь 65С2ВА); *в* – образец № 7 (сталь ХВГ); *г* – образец № 8 (сталь 9ХС); *д* – образцы № 10, 13 (сталь 6ХС)

рекомендовать для изготовления опытных партий рубильных ножей, предназначенных для производственных испытаний на соответствующих деревообрабатывающих предприятиях республики.

Проведен металлографический анализ образцов, полученных из импортных рубильных ножей, микроструктуры которых показаны на рис. 3, 4. Стали находятся в термообработанном состоянии (закалка и низкотемпературный отпуск). Образцы стали № 1–8, 11, 16–19 имеют структуру мартенсита отпуска с различной долей выделившихся карбидов в зависимости от легирующих элементов и их количества. В стали Х12МФ (образец № 9) с перлитной основой выделилось большое количество карбидов различной величины.

Из рисунков видно, что микроструктура образцов импортных ножей имеет мелкодисперсный, однородный характер, обеспечивающий высокие прочностные свойства данных изделий. Такую микроструктуру можно получать путем применения специальных режимов термической обработки для каждой марки стали.

Выводы

Твердость является важнейшей характеристикой инструментальных сталей, однако не всегда следует добиваться ее очень высоких значений, поскольку при росте твердости зачастую снижаются прочность и вязкость металла. При высокой вязкости в сочетании с высокой прочностью предупреждается

образование сколов (выкрашивание) и трещин. На вязкость сталей, помимо термообработки, существенно изменяющей структуру, важное влияние оказывает технология изготовления. Стали, не обладающие достаточной вязкостью, нельзя использовать для изготовления инструмента, работающего при значительных динамических нагрузках (например, при рубке мерзлой древесины).

Анализ номенклатуры ножей для рубительных машин, работающих на предприятиях концерна «Беллесбумпром», показал, что конструкция и типоразмеры ножей напрямую зависят от используемого оборудования. Габаритные размеры ($L \times H \times S$): $L = 40\text{--}930$ мм, $H = 40\text{--}360$ мм, $S = 4\text{--}25$ мм. Количество ножей в комплекте достигает 82 шт. Установлено, что импортные ножи (PILANA, NMZ GEDUMEX и др.) изготавливаются из высоколегированных сталей, содержащих вольфрам, молибден, хром и небольшие добавки ванадия и никеля (DIN1.3355, 1.3343, 1.2379, 1.2631, 1.2362 и др.). Твердость ножей находится в пределах 52–60 HRC, а ударная вязкость – 12–19 Дж/см². Из сталей, поставляемых на белорусский рынок из стран СНГ, к указанным выше сталям по своим свойствам и химическому составу наиболее близки стали марок 5ХНВС, 6ХВ2С, которые можно рекомендовать для изготовления опытных партий ножей для рубки щепы, предназначенных для испытаний на деревообрабатывающих предприятиях республики.

Литература

1. Марочник сталей и сплавов / В. Г. Сорокин, А. В. Волосникова, С. А. Вяткин и др. М.: Машиностроение, 1989, 640 с.

References

1. *Marochnik stalej i splavov*. V. G. Sorokin, A. V. Volosnikova, S. A. Vjatkin i dr. Moscow. Mashinostroenie Publ., 1989, 640 p.

Сведения об авторах

Алифанов Александр Викторович, д-р техн. наук, проф., Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Беларусь, г. Барановичи, ул. Войкова, 21. E-mail: alifanov_aav@mail.ru.

Милюкова Анна Михайловна, канд. техн. наук, Государственное научное учреждение «Физико-технический институт НАН Беларуси, Беларусь, г. Минск, ул. Купревича, 10.

Цуран Владимир Владимирович, аспирант, Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Беларусь, г. Барановичи, ул. Войкова, 21. E-mail: curan85@mail.ru.

Information about the authors

Alifanov Aleksandr, Doctor of Engineering, Professor, Baranovichi State University, Baranivichi city, 21 Voikova str. E-mail: alifanov_aav@mail.ru

Milukova Anna, PhD in Engineering, Physical and Technical Institute of the Nacional Academy of Sciences of Belarus, Minsk, 10 Kuprevicha str.

Tsuran Vladimir, Ph. D. Candidate, Baranivichi State University, Baranivichi city, 21 Voikova str. E-mail: curan85@mail.ru.