

УДК 674.05:621.185

А. В. Алифанов, доктор технических наук, профессор (БарГУ); **Н. В. Бурносков**, кандидат технических наук, доцент (БГТУ); **А. М. Милюкова**, кандидат технических наук, заведующая лабораторией МФГС (ФТИ НАН Беларуси); **В. В. Цуран**, аспирант (БарГУ)

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ НОЖЕЙ РУБИТЕЛЬНЫХ МАШИН

Исследованы основные технологические свойства сталей производства России, Германии, Чехии и др. Собраны образцы ножей, из которых изготовлены шлифы. Исследования механических свойств (твердость, вязкость), химического состава более 20 марок сталей позволили разработать рекомендации по выбору материалов для производства ножей рубительных машин.

The investigation is made of the main technological properties of steels produced in Russia, Germany and Czechia, etc. The collected samples of knives were used for preparing metallographic sections. The investigation of mechanical properties such as hardness and viscosity as well as of chemical compositions of more than 20 grades of steels made it possible to make recommendations for selection of materials used for production of knives for chipping machines.

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

В настоящее время за рубежом при производстве ножей для рубительных и стружечных машин разработаны специальные стали марки chipper (DIN1.3355, 1.3343, 1.2379, 1.2631, 1.2362) (Германия). Такие стали обеспечивают твердость режущей кромки 52–58 HRC. В других странах (Финляндия, Австрия, Чехия, Япония) применяют стали своего производства.

Эти сложеннолегированные 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 данным литературы [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, резьбовых калибров, протяжек, мет-

чиков, 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 обработке – сталь 6ХВ2С.

Для изготовления ножей рубительных машин в России используется качественная сталь по ГОСТ 1435–99; легированная инструментальная сталь по ГОСТ 5950–2000 глубокой прокаливаемости, сталь для штампового инструмента, для ударного инструмента и шарикоподшипниковая сталь [2, 3].

Формоустойчивость, твердость, вязкость и теплостойкость высоколегированных и высококачественных сталей при соответствующей термообработке обеспечивается 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.

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

При выборе марки стали важно установить соответствие механических свойств стали основным показателям: работоспособности инструмента, технологическим свойствам, форме и способу изготовления инструмента (штампующесть, обрабатываемость), стоимости и дефицитности материала (стали). Совокупность требований к стали и инструменту удобно анализировать при помощи полярных диаграмм состояний Fe–Me. Совмещая полярные диаграммы состояний нескольких марок сталей для инструмента, легко осуществить сопоставление и совокупную оценку выбранных показателей.

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, обеспечивающих высокие эксплуатационные свойства изделий.

Исследование свойств сталей, из которых изготовлены ножи для рубки щепы. На деревообрабатывающих предприятиях Республики Беларусь (ОАО «Ивацевичдрев», ОАО «Минскдрев», ЗАО «Холдинговая компания «Пинскдрев», ОАО «Барановичдрев», ОАО «Фандок», ОАО «Витебскдрев», ЗАО «Молодечно-мебель» и др.) подобраны образцы (20 шт.) отработавших рубильных ножей импортного производства (Германия, Чехия, Иран, Россия) для рубительных машин, используемых при получении технологической щепы.

Из полученных ножей электроэрозионным методом вырезаны образцы с целью изготовления шлифов для металлографических и дюраметрических исследований. Проведен химический анализ образцов и установлены марки сталей, из которых они изготовлены (табл. 1). Исследованы механические свойства образцов (твердость, ударная вязкость) по стандартным методикам [4, 5] в УО «Барановичский государственный университет».

Таким образом, задаваемая твердость может быть достигнута с помощью оптимизации химического состава, термообработки (режим закалки выбирается в зависимости от балла зернистого перлита), правильного выбора температуры и продолжительности отпуска.

Одной из важных характеристик инструментальных сталей является вязкость, характеризующая сопротивление образованию трещин и разрушению под действием ударных нагрузок (обычно выражается величиной ударной вязкости, МДж/м²).

Метод испытания на ударный изгиб при температуре от минус 100 до плюс 1200°С распространяется на черные и цветные металлы и сплавы и основан на разрушении образца с концентратором посередине одним ударом маятникового копра. Концы образца располагают на опорах. В результате испытания определяют полную работу, затраченную при ударе (работу удара), или ударную вязкость. Под ударной вязкостью следует понимать работу удара, отнесенную к начальной площади поперечного сечения образца в месте концентратора.

При высокой вязкости в сочетании с высокой прочностью предупреждается образование сколов (выкрашивание) и трещин. Наряду с определенными внешними факторами на вязкость сталей влияет множество внутренних факторов: химический состав, загрязняющие примесные компоненты, количество и качество включений; степень пластической деформации; величина зерен аустенита, количество, распределение, дисперсность карбидов и других фаз; внутренние напряжения. Это значит, что на вязкость сталей, помимо термообработки, существенно изменяющей структуру, важное влияние оказывает технология их изготовления, а также способ выплавки и горячего деформирования.

Для проверки способности материала сопротивляться ударным нагрузкам и выявления склонности к хрупкому разрушению проводят испытания на удар.

Стали, применяемые для изготовления деталей, работающих при динамических нагрузках, должны иметь ударную вязкость не менее 8–10 Дж/см² [3].

Ударные испытания на изгиб проводятся на маятниковых копрах. В работе использовался маятниковый копер модели ИО 5003-0,3 с номинальным запасом энергии в 300 Н·м (ЗАО «Атлант БСЗ», г. Барановичи).

В табл. 2 и 3 представлены результаты проведенных испытаний.

При сравнении результатов испытаний, представленных в табл. 2 и 3, можно сделать вывод, что для сталей, подвергнутых высокотемпературной термомеханической обработке (ВТМО), ударная вязкость повышается в 0,7–2,0 раза, причем твердость при этом или сохраняется, или несущественно снижается на 1–3 единицы HRC по сравнению с образцами, подвергнутыми только термообработке (табл. 4).

На основании литературы [1] и проведенных исследований подобраны аналоги сталей для изготовления отечественных ножей для рубки щепы.

Таблица 2

Результаты испытаний образцов на ударную вязкость, подвергнутых термической обработке (закалке) с низким отпуском

№ образца	Марка стали	Работа, затрачиваемая на разрушение образца, Дж/см ²
1	X12MФ	10,5
2		12,8
1	У8А	6,0
2		8,5
1	9ХС	4,7
2		5,6
1	ХВГ	9,8
2		11,5
1	65С2ВА	12,6
2		14,8

Таблица 3

Результаты испытаний образцов на ударную вязкость, подвергнутых ВТМО с низким отпуском

№ образца	Марка стали	Работа, затрачиваемая на разрушение образца, Дж/см ²
1	X12MФ	16,5
2		19,9
1	У8А	12,9
2		10,7
1	9ХС	4,5
2		4,4
1	ХВГ	9,2
2		12,5
1	65С2ВА	27,3
2		17,4

Таблица 4

Результаты измерения твердости опытных образцов

Марка стали	Твердость образцов с применением ТО (HRC)	Твердость образцов с применением ТМО (HRC)
X12MФ	57–59	56–57
У8А	58–60	56–59
9ХС	60–61	54–56

Окончание табл. 4

Марка стали	Твердость образцов с применением ТО (HRC)	Твердость образцов с применением ТМО (HRC)
ХВГ	58–60	55–56
65С2ВА	58–60	56–58

Заключение. 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 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. Это позволит значительно снизить валютные затраты на закупку ножей за рубежом, обеспечить улучшение экономических показателей.

Литература

1. Марочник сталей и сплавов / В. Г. Сорочкин [и др.]. М.: Машиностроение, 1989. 640 с.
2. Прутки, полосы и мотки из нелегированной стали. Общие технические условия: ГОСТ 1435–99. Введ. 01.09.2001. Минск, 2001. 21 с.
3. Прутки, полосы и мотки из инструментальной стали. Общие технические условия: ГОСТ 5950–2000. Введ. 01.01.2002. Минск, 2002. 40 с.
4. Метод измерения твердости по Роквеллу: ГОСТ 9013–59. Металлы. Введ. 01.01.1969. М.: Гос. комитет СССР по стандартам, 1989. 11 с.
5. Металлы. Метод испытания на ударный изгиб при пониженных, комнатной и повышенных температурах: ГОСТ 9454–78. Введ. 01.01.1979. М.: изд-во стандартов, 1989. 9 с.

Поступила 27.02.2014