

УДК 621.78.011

А. В. Алифанов¹, доктор технических наук, доцент, А. М. Милюкова², кандидат технических наук, В. В. Цуран¹

¹ Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

² Государственное научное учреждение «Физико-технический институт Национальной академии наук Беларуси», Минск

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ РУБИЛЬНЫХ НОЖЕЙ, МЕТОДОМ ТРЁХТОЧЕЧНОГО ИЗГИБА

Представлены результаты исследований влияния термических и термомеханических обработок на механические свойства образцов, изготовленных из различных легированных сталей, применяемых при изготовлении ножей для рубки технологической щепы. По результатам исследований на трёхточечный изгиб наилучшие результаты показали образцы, подвергнутые высокотемпературной термомеханической обработке, в частности, образцы У8А с пределом прочности при поперечном изгибе σ_A^E , равным 2 866,4...3 238,1 МПа, и прогибом в диапазоне 0,57...1,18 мм; 65С2ВА с пределом прочности при поперечном изгибе σ_A^E , равным 1 725,2...2 350,9 МПа, и прогибом в диапазоне 0,48...0,67 мм; 6ХВ2С с пределом прочности при поперечном изгибе σ_A^E , равным 1 959,9...2 445,9 МПа, и прогибом в диапазоне 0,54...0,79 мм. Данные стали рекомендованы для изготовления из них рубильных ножей на соответствующих белорусских предприятиях.

Ключевые слова: сталь, образец, трёхточечный изгиб, термическая обработка, термомеханическая обработка, испытания, прогиб.

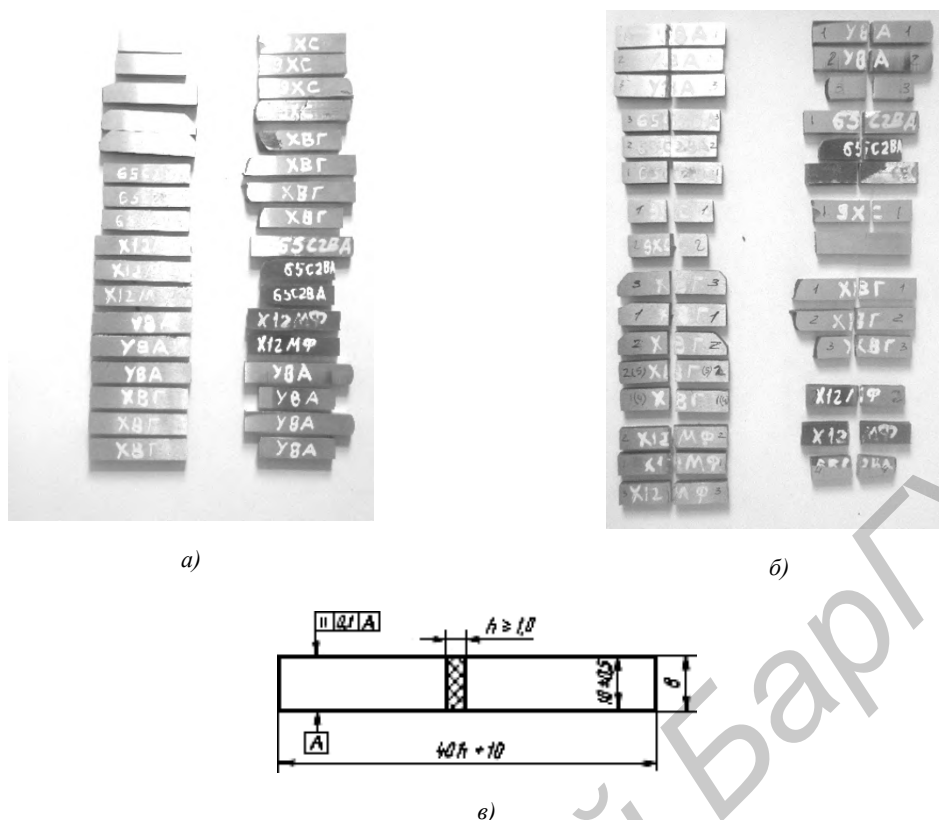
The article presents the results of studies of the effect of thermal and thermomechanical treatment on the mechanical properties of the specimens made of different alloy steels used in the manufacture of blades for cutting of wood chips. According to the research on the three-point bend specimens showed the best results, subjected to high-temperature thermomechanical treatment, in particular samples U8A with a tensile strength in transverse bending = 2866.4...3238.1 MPa and a deflection in the range of 0.57...1.18 mm; 65S2VA with a tensile strength in transverse bending = 1725.2...2350.9 MPa and a deflection in the range of 0.48...0.67 mm; 6HV2S with a tensile strength in transverse bending = 1959.9...2445.9 MPa and a deflection in the range of 0.54...0.79 mm. These are recommended for steel production of these chipper knives on the relevant Belarusian enterprises.

Key words: steel sample, three-point bending, heat treatment, mechanical treatment, testing, deflection.

Введение. Повышение стойкости дереворежущих инструментов способствует увеличению производительности деревообрабатывающих станков, повышению качества обработки изделий, снижению трудоёмкости при подготовке инструментов к работе. При повышении стойкости инструментов стремятся главным образом увеличить твёрдость и прочность режущей части, а также улучшить качество рабочих поверхностей. Для изготовления ножей с заданными эксплуатационными характеристиками необходимо использовать высоколегированные стали и определённые режимы термической (далее — ТО) или термомеханической (далее — ТМО) 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.

Главным препятствием для организации производства рубильных ножей на белорусских предприятиях является отсутствие необходимых знаний и опыта для проведения качественной ТО или ТМО легированных инструментальных сталей, обеспечивающей необходимые эксплуатационные свойства изделий (высокие показатели твёрдости, ударной вязкости, периода стойкости и др.). Для определения влияния режимов ТО и ТМО на механические свойства сталей были проведены испытания образцов из различных сталей на трёхточечный изгиб.

Основная часть. Испытания на трёхточечный изгиб образцов проводились согласно ГОСТ 14019-80 «Металлы. Методы испытания на изгиб». Для проведения испытаний на предприятии ОАО «БААЗ» (Барановичи) были изготовлены опытные образцы (рисунок 1). Для их изготовления применялась как ТО, так и высокотемпературная термомеханическая обработка (далее — ВТМО). Образцы исследуемых сталей подвергались нагреву выше точки C_3 , а именно для Х12МФ — 1 070°C; для У8А — 780°C; для 9ХС — 870°C; для ХВГ — 850°C; для 65С2ВА — 820°C, для 6ХВ2С — 820°C, с последующей деформацией на молоте пневматическом ковочном модели МВ 412 и охлаждением в масле И20А. Далее заготовки подверглись низкотемпературному отпуску, а именно для Х12МФ — 180°C; для У8А — 150°C; для 9ХС — 150°C; для ХВГ — 150°C; для 65С2ВА — 150°C; 6ХВ2С — 150°C, с выдержкой 150 мин в печи шахтной отпускной термической ПН-32 [1, с. 129].



а — вид образцов, изготовленных из различных сталей, до разрушения; б — вид образцов после разрушения; в — чертёж образца

Рисунок 1 — Опытные стальные образцы

Для проведения сравнительных испытаний были изготовлены образцы из тех же марок сталей без использования ВТМО. Они подвергались традиционным режимам ТО (таблица 1).

Испытания проводились в Государственном научном учреждении «Институт порошковой металлургии» (Минск) на универсальной испытательной машине Н 150КУ — приборе (рисунок 2) с серво-электромеханическим приводом для статических испытаний материалов на растяжение, сжатие, изгиб.

Для определения упругих свойств испытываемых образцов и максимального прогиба к образцам прикладывалась нагрузка до полного их разрушения (рисунок 3).

Методика проведения испытаний была выбрана согласно ГОСТ 25.604-82.

С помощью данного метода испытаний возможно определить: а) предел прочности при изгибе — отношение максимального изгибающего момента в момент разрушения образца к моменту сопротивления сечения при изгибе; б) модуль упругости при нагружении образца в пределах пропорциональности прогиба от нагрузки; в) зависимость прогиба от нагрузки при нагружении образца вплоть до разрушения[2; 3].

Т а б л и ц а 1 — Режимы термической обработки образцов

У8А	ХВГ	9ХС	Х12МФ	65С2ВА	6ХВ2С
Закалка — оборудование СВС (соляная электрованна: кальций хлористый технический 43...47% ГОСТ 450; соль поваренная 52...55% ГОСТ 13830)					
790...800°C	820...850°C	850...880°C	подогрев 650...700°C, закалка 1 000...1 030°C	850...870°C	850...880°C
Нагрев и выдержка 5...8 мин					
Вода (из воды на масло)	Масло	Масло	Масло	Масло	Масло
Отпуск ПН-32					
220°C	220°C	220°C	220°C	220°C	220°C
150 мин	150 мин	150 мин	180 мин	150 мин	150 мин



Рисунок 2 — Универсальная испытательная машина Н 150KU

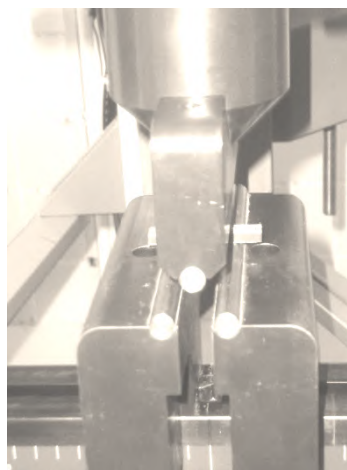


Рисунок 3 — Испытываемый образец под плавно нарастающей нагрузкой

При установлении зависимости прогиба от нагрузки образец нагружали с заданной постоянной скоростью, непрерывно записывая прогиб и нагрузку вплоть до разрушения образца. А при определении предела прочности записывали максимальную нагрузку, предшествующую разрушению образца.

Полученные результаты сведены в таблицу 2, где b , h — ширина и высота образца соответственно, мм; l — расстояние между опорами, мм; P и $F_{\max}$ — максимальная нагрузка, предшествующая разрушению образца, кг, Н, соответственно; σ_A^E — предел прочности при поперечном изгибе, МПа.

Т а б л и ц а 2 — Результаты испытаний образцов, подвергнутых ТО и ТМО, на трёхточечный изгиб

Номер образца	b		h		l		P		$F_{\max}$		σ_A^E	
	ТО	ТМО	ТО	ТМО	ТО	ТМО	ТО	ТМО	ТО	ТМО	ТО	ТМО
1. X12МФ	10,13	10,33	4,68	4,80	25	25	1 950	1060	19 129,5	10 398,6	3 233,21	1 638,41
2. X12МФ	10,24	9,52	4,70	4,74	25	25	1 950	711	19 129,5	6 974,9	3 171,31	1 222,86
3. X12МФ	10,24	—	4,67	—	25	—	1 850	—	18 148,5	—	3 047,46	—
1. У8А	10,23	10,02	4,67	4,68	25	25	1 950	1 710	19 129,5	16 775,1	3 215,33	2 866,40
2. У8А	10,08	10,01	4,67	4,69	25	25	972	1 930	9 535,3	18 933,3	1 626,57	3 224,61
3. У8А	10,10	10,02	4,67	4,69	25	25	1 530	1 940	15 009,3	19 031,4	2 555,27	3 238,09
1. ХВГ	10,87	10,34	4,67	4,68	25	25	284	777	2 786,0	7 622,4	440,71	1 262,14
2. ХВГ	10,89	10,32	4,67	4,69	25	25	788	919	7 730,3	9 015,4	1 220,58	1 489,33
3. ХВГ	11,19	10,32	4,67	4,69	25	25	309	368	3 031,3	3 610,1	465,80	596,38
4. ХВГ	10,39	—	4,69	—	25	—	225	—	2 207,3	—	362,18	—
5. ХВГ	10,41	—	4,68	—	25	—	297	—	2 913,6	—	479,20	—
1. 65С2ВА	10,17	10,34	4,66	4,68	25	25	1 100	1 320	1 0791,0	12 949,2	1 832,32	2 144,18
2. 65С2ВА	10,27	10,14	4,86	4,71	25	25	844	1 240	8 279,6	12 164,4	1 279,97	2 027,88
3. 65С2ВА	9,82	10,33	4,68	4,25	25	25	1 210	875	1 1870,1	8 583,8	2 069,58	1 725,16
4. 65С2ВА	—	10,13	—	4,70	—	25	—	1 430	—	14 028,3	—	2 350,88
1. 6ХВ2С	10,41	10,34	4,68	4,68	25	25	1 169	1 019	11 467,3	11 836,2	1 886,07	1 959,89
2. 6ХВ2С	10,34	10,24	4,69	4,68	25	25	1 188	1 491	11 654,2	14 628,6	1 921,53	2 445,92
3. 6ХВ2С	10,32	10,33	4,69	4,69	25	25	1 132	1 448	11 103,5	14 201,2	1 834,28	2 343,74
1. 9ХС	10,81	10,38	4,69	4,69	25	25	756	364	7 416,4	3 570,8	1 169,64	586,49
2. 9ХС	10,95	10,37	4,67	4,68	25	25	409	363	4 012,3	3 561,0	630,05	587,94

Проанализируем графики зависимости прогиба от нагрузки при плавном нагружении образцов из сталей X12МФ, У8А, 9ХС, ХВГ, 65С2ВА, 6ХВ2С вплоть до разрушения (рисунок 4).

При сравнении результатов испытаний (см. таблицу 2) графиков (см. рисунок 4), можно сделать вывод, что наилучшие результаты показали следующие марки сталей: У8А с пределом прочности при поперечном изгибе $\sigma_{\perp}^B$, равном 2 866,4...3 238,1 МПа, и прогибом в диапазоне 0,57...1,18 мм; 65С2ВА

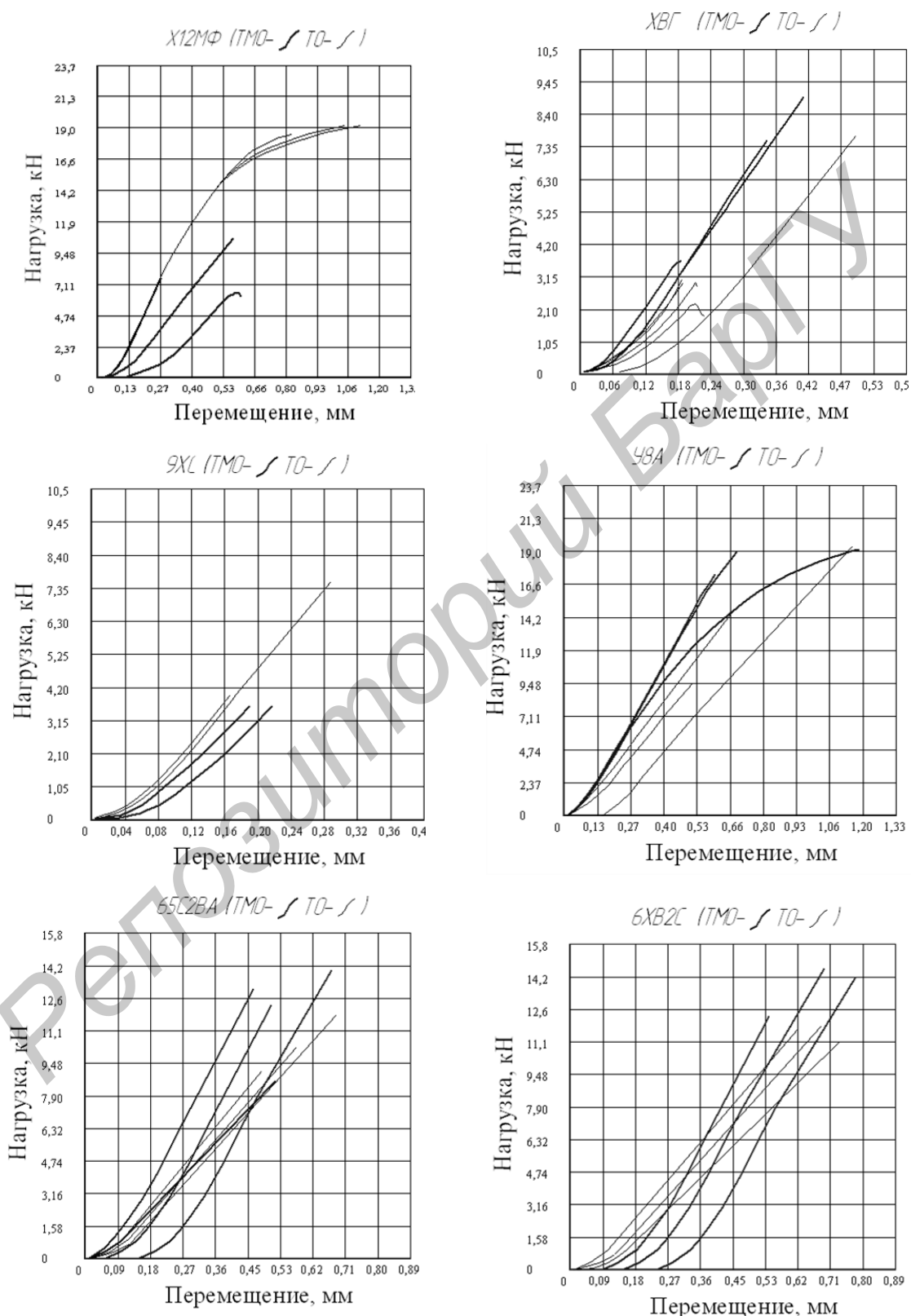


Рисунок 4 — Графики зависимости прогиба от нагрузки при плавном нагружении образца вплоть до разрушения

с пределом прочности при поперечном изгибе $\sigma_{\text{А}}^{\text{Б}}$ — 1 725,2...2 350,9 МПа и прогибом в диапазоне 0,48...0,67 мм; 6ХВ2С с пределом прочности при поперечном изгибе $\sigma_{\text{А}}^{\text{Б}}$ — 1 959,9...2 445,9 МПа и прогибом в диапазоне 0,54...0,79 мм.

Заключение. Рубильные ножи подвергаются большим ударным нагрузкам и поэтому должны обладать оптимальными сочетанием твёрдости и вязкости. Заданный уровень твёрдости можно получить с помощью дисперсионного твердения или в результате мартенситного превращения. Для этого стали должны быть легированы элементами, имеющими большее химическое сродство к углероду, чем железо (например, Mn, Cr, Mo, W, V, Ti, Nb и др.), что позволяет образовать в них соответствующие карбиды.

Исследования показали, что применение ВТМО повышает механические свойства практически всех опытных образцов по сравнению с обычной термообработкой. Однако для принятия решения о практическом применении ВТМО при изготовлении рубильных ножей необходимо соотносить стоимость ВТМО и реально получаемую стойкость ножей. Возможно, для некоторых конструкций ножей целесообразно применять ВТМО, а для других — достаточно ограничиться обычной ТО.

Список цитируемых источников

1. Алифанов, А. В. Влияние ТМО на механические свойства инструментальных сталей, применяемых при изготовлении ножей для рубки технологической щепы / А. В. Алифанов, А. М. Милукова, В. В. Цуран // Литье и металлургия. — 2013. — Вып.1(69). — С. 127—131.
2. Методы механических испытаний композиционных материалов с полимерной матрицей (композитов) : ГОСТ 25.604-82. — Введ. 01.01.1984. — М. : Гос. ком. СССР по стандартам, 1984. — 7 с.
3. Металлы. Методы испытания на изгиб : ГОСТ 14019—80. — Введ. 01.07.1980. — М. : Гос. ком. СССР по стандартам, 1980. — 8 с.

Материал поступил в редакцию 08.09.2014 г.

УДК 621.715.2

А. В. Алифанов¹, доктор технических наук, доцент, А. М. Милукова², кандидат технических наук, В. В. Цуран¹

¹ Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

² Государственное научное учреждение «Физико-технический институт Национальной академии наук Беларуси», Минск

АНАЛИЗ НОМЕНКЛАТУРЫ, ХИМИЧЕСКИХ И МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НОЖЕЙ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В РУБИТЕЛЬНЫХ МАШИНАХ НА ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ БЕЛАРУСИ

Представлены результаты анализа номенклатуры, исследования химического состава и механических свойств зарубежных ножей. Наиболее подходящие марки сталей для изготовления ножей — это высоколегированные российские стали. Рубильные ножи, изготавливаемые из них, должны иметь оптимальное соотношение твёрдости и вязкости для обеспечения высоких эксплуатационных характеристик ножей, работающих в условиях ударных нагрузок.

Ключевые слова: высоколегированная сталь, механические свойства, рубильные ножи, химический состав, вязкость, твёрдость, прочность.

The article presents the results of analysis of the nomenclature, the study of the chemical composition and mechanical properties abroad knives. The most suitable grades for the manufacture of knives — a high-alloy steel Russian. Chipper knives, made from such steels should have an optimum balance of stiffness and toughness for high-Operational characteristics of the blades operating under shock loads.

Key words: steel, high mechanical properties, chipping blades, chemical composition, viscosity, hardness, strength.

Введение. По количеству лесов, покрывающих территорию страны, Беларусь занимает одно из первых мест в Европе. Этим определяется и высокое развитие деревообрабатывающей отрасли промышленности в республике: производство мебели, столярных, специальных изделий и т. д. Однако ещё лет 25...30 тому назад различные отходы дерево- и лесопереработки (опилки, некондиционные куски) вывозились с предприятий в определённые места и сжигались. Учитывая опыт развитых европейских стран, в Беларуси было принято решение организовать из отходов деревообрабатывающей промышленности производство целлюлозы, используемой для производства бумаги, а также деревостружечных и древесноволокнистых плит и других специальных изделий. Всё оборудование для такого производства (рубильные машины) закупалось за рубежом (Россия, Чехия, Швеция, Германия). Режущими инструментами для этих машин являются рубильные ножи, изготавливаемые из высококачественных сталей и имеющие, соответственно, немалую стоимость.