

УДК 648.4.05

DOI 10.36910/775.24153966.2023.75.38

З.С. Сірко¹, Д.П. Торчилевський¹, В.М. Грицун¹, Н.О. Толстушко², М.М. Толстушко²¹Український державний науково-дослідний інститут «Ресурс»²Луцький національний технічний університет

МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ СТАЛІ МАРКИ 7ХНМФБ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕРЕВОРІЗАЛЬНИХ ПИЛ

В статті висвітлені питання, пов'язані з дослідженнями механічних властивостей інструментальних сталей, які використовують для виготовлення дереворізальних пил (рамних, стрічкових та круглих пил). Фахівцями інституту у співдружності з Українським науково-дослідним інститутом «Спецсталь» (м. Запоріжжя) була розроблена нова вітчизняна легована інструментальна сталь марки 7ХНМФБ, яка має ряд переваг перед відомими сталями марки 9ХФ та 9ХФМ: підвищені жаростійкість, корозійна стійкість, кислотостійкість, зносостійкість та опір повзучості. Дані дослідження дають можливість прогнозувати, що дереворізальні пили, які будуть виготовлені із нової марки сталі за своїми експлуатаційними властивостями будуть перевершувати пили, що виготовляються із відомих сталей.

Ключові слова: леговані інструментальні сталі, випробування, механічні властивості, дереворізальні пили.

Z.S. Sirko, D.P. Torchylevskiy, V.M. Hrytsun, N.O. Tolstushko, M.M. Tolstushko

MECHANICAL PROPERTIES OF STEEL GRADE 7ХНМФБ FOR MANUFACTURING WOOD CUTTING SAWS

The article covers issues related to research into the mechanical properties of tool steels used for the manufacture of wood-cutting saws (frame, band and circular saws). Specialists of the institute, in cooperation with the Ukrainian Research Institute "Spetsstal" (Zaporizhzhia), developed a new domestic alloyed tool steel of the brand 7ХНМФБ, which has a number of advantages over the well-known steels of the brand 9ХФ and 9ХФМ: increased heat resistance, corrosion resistance, acid resistance, wear resistance and creep resistance. The impact toughness of steels, temporary resistance to rupture and fracture toughness were also determined. In the course of research, it was established that the new 7ХНМФБ steel grade is superior to known steels in all parameters. This applies to such important indicators as strength limit, yield limit, relative elongation and relative contraction, impact toughness and fracture toughness. Such indicators became possible thanks to the chemical composition of the new steel and the technology of its smelting. These researches make it possible to predict that wood-cutting saws, which will be made from a new brand of steel, will outperform saws made from known steels in terms of their operational properties.

Key words: alloyed tool steels, tests, mechanical properties, wood-cutting saws.

Постановка проблеми. Дереворізальні пили виготовляють із інструментальних сталей, до яких відносяться вуглецеві інструментальні сталі, леговані інструментальні сталі, швидкорізальні сталі, тверді сплави. Більшість пил виготовляють із легованих інструментальних сталей, які мають ряд переваг: жаростійкість, корозійну стійкість, кислотостійкість, зносостійкість та опір повзучості [1].

Леговані сталі мають непростий склад на основі заліза, вуглецю та різних хімічних елементів, які впливають на структурні перетворення металу на молекулярному рівні [2-4]. Процентний вміст легуючих елементів визначає фізико-хімічні властивості сталі.

Найбільш поширеними елементами для легування сталі являються: кремній, марганець, алюміній, хром, молібден, нікель, вольфрам, титан, ванадій, ніобій, мідь, кобальт, бор та рідкоземельні метали [5]. Шкідливими елементами легованих сталей є такі елементи як сірка та фосфор.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Більшість легованих сталей та дереворізальних пил із них виготовляли в Російській Федерації. В період незалежності нашої держави відчувався дефіцит у дереворізальному інструменті із легованих сталей 9ХФ та 9ХФМ. Тому виникла проблема розробити вітчизняну леговану сталь для дереворізального інструменту з покращеними фізико-хімічними властивостями.

Фахівцями інституту у співдружності з Українським науково-дослідним інститутом «Спецсталь» (м. Запоріжжя) була розроблена сталь марки 7ХНМФБ із хімічним складом в %: вуглецю – 0,78; хрому – 1,0; марганцю – 0,45; ванадію – 0,2; молібдену – 0,25; нікелю – 1,1; ніобію – 0,2; рідкоземельних елементів до 0,08. Сталь була виготовлена на металургійному комбінаті ПАТ «Запоріжсталь».

Постановка завдань. Метою роботи є визначення механічних властивостей сталі марки 7ХНМФБ для виготовлення дереворізальних пил.

Викладення основного матеріалу. Твердість сталі, межу міцності, межу плинності, відносне видовження, відносне звуження визначали в інституті проблем міцності ім. Г.С. Писаренка за стандартними методиками.

Твердість сталі HRC визначали за допомогою приладу Роквелла (ТК-2), в якому використовували діамантовий конус, що має при вершині кут 120° , який передає глибину відбитка на індикатор. За одиницю твердості приймали значення, що відповідає переміщенню наконечника (індентора) під час вдавлювання на 0,002 мм.

Для визначення величини сили, що діє на зразок до його руйнування (значення навантаження, за якого відбувається руйнування) використовували універсальну випробувальну машину УВМ-50, після чого вираховували межу міцності сталі σ_B як відношення сили до площі в МПа.

Межу плинності, що встановлює межу між пружною і пружно-пластичною зоною деформування, визначали як відношення розтягуючої сили до початкової площі перерізу зразка. Зразок повинен мати таку форму, щоб в межах заданої ділянки напружений стан був лінійним. Ця ділянка зразка називається робочою частиною. Вона являє собою стрижень з прямолінійною віссю і перерізом круглої форми постійної площі. Рівнодіюча сила з обох кінців повинна бути направлена точно вздовж осі. Для здійснення зазначених умов у випробувальній машині містяться два захоплювача, а на зразку – дві конічні головки. Випробування проводили на універсальній гідравлічній машині моделі ВМГ-30.

Відносне видовження визначали відношенням збільшення довжини тіла під час розтягу до довжини тіла до деформації. Для випробувань на видовження використовували спеціальну розривну машину INSTRON (США), що оснащена електромеханічним приводом для навантажування зразка, захватами для його фіксації, а також системою вимірювання та реєстрації даних. Для вимірювання деформації застосовували спеціальний тензометр, яким обладнана розривна машина.

Відносне звуження визначали як відношення зменшення площі поперечного перерізу в місці розриву зразка до початкової площі його поперечного перерізу та виражали у відсотках. Випробування проводили на спеціальній розривній машині INSTRON.

Експлуатаційні властивості дереворізальних пил залежать, в основному, від механічних властивостей сталі, із якої вони виготовлені. Виходячи із цього, були проведені дослідження механічних властивостей нової сталі марки 7ХНМФБ у порівнянні до відомих сталей 9ХФ та 9ХФМ. Результати досліджень механічних властивостей даних сталей після термічного оброблення на твердість HRC 50-35 наведені у табл. 1.

Табл. 1.

Результати досліджень механічних властивостей сталей 9ХФ, 9ХФМ та 7ХНМФБ

Марка сталі	Твердість, HRC	Межа міцності σ_B , МПа	Межа плинності σ_T , МПа	Відносне видовження δ , %	Відносне звуження ψ , %
9ХФ	50	950	500	5,0	8,0
	45	920	480	6,0	13,0
	40	890	450	6,5	22,0
	35	840	420	9,5	28,0
9ХФМ	50	970	520	5,5	14,0
	45	940	500	6,5	18,0
	40	900	470	8,0	27,0
	35	850	435	12,0	32,0
7ХНМФБ	50	980	540	7,0	27,0
	45	950	520	9,0	30,0
	40	910	490	12,5	40,0
	35	870	450	14,5	46,0

Загартування всіх сталей проводили за температури $850 \pm 10^\circ\text{C}$ в масло, тривалість відпуску – дві години.

Результати досліджень ударної в'язкості після термооброблення на HRC 50-35, в'язкості руйнування наведені у табл. 2.

Табл. 2.

Результати досліджень ударної в'язкості, тимчасового опору розриву та в'язкості руйнування

Марка сталі	Твердість, HRC	Ударна в'язкість, KCU кДж/м ² за температури $20 \pm 2^\circ\text{C}$	Тимчасовий опір розриву, МПа	В'язкість руйнування K_{1C} , МПа · м ^{1/2}
9ХФ	50	120	930	13,8
	45	138	700	22,0
	40	252	620	22,2
	35	323	540	24,0
9ХФМ	50	130	950	16,0
	45	195	710	23,8
	40	348	630	24,7
	35	377	550	25,2
7ХНМФБ	50	120	970	20,5
	45	144	730	24,0
	40	228	650	27,0
	35	319	570	29,0

Висновки.

1. Проведені дослідження механічних властивостей нової розробленої інструментальної легованої сталі марки 7ХНМФБ у порівнянні із відомими марками сталей 9ХФ та 9ХФМ.
2. Результати досліджень механічних властивостей сталей показали, що нова розроблена легована інструментальна сталь марки 7ХНМФБ за всіма показниками перевершує відомі сталі.
3. За результатами досліджень можна рекомендувати нову леговану інструментальну сталь марки 7ХНМФБ для виготовлення дереворізального інструменту.

Список використаних джерел

1. Кірик М.Д. Інструмент для обробляння деревини та деревних матеріалів. Коломия: ВМЦ Коломийського механіко-технологічного коледжу, 1999. 190 с.
2. Сірко З.С. Експлуатація лісопиляльних рам: Монографія. Київ: «Центр учбової літератури», 2017. 208 с.
3. Кірик М.Д. Різання деревини та деревних матеріалів. Львів: Український державний лісотехнічний університет, 2000. 218 с.
4. Инструментальные стали: справочник. Москва: «Металлургия», 1977. 168 с.
5. Выбор и эксплуатация распиловочного оборудования: практические рекомендации. Кировоград: «Астра», 2003. 88 с.

Рецензент Дідух Володимир Федорович, доктор технічних наук, професор кафедри аграрної інженерії імені професора Г.А. Хайліса Луцького національного технічного університету, Заслужений діяч науки і техніки України.