

**СТРУКТУРА ТА ВЛАСТИВОСТІ СТАЛІ МАРКИ 7ХНМФБ ДЛЯ
ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕРЕВОРІЗАЛЬНИХ ПИЛ****З. С. СІРКО**, кандидат технічних наук**О. В. СТОРОЖ**, кандидат сільськогосподарських наук**С. М. ОХРІМЕНКО, Д. П. ТОРЧИЛЕВСЬКИЙ, Є. А. СТАРИШ,****Л. М. ШЕВЧУК, Н. Л. ЦІРЕНЬ***Український державний науково-дослідний інститут «Ресурс»*

E-mail: z.sirko@ukr.net

Heinrich Nickel*Altendorf GmbH & Co KG Maschinenbau*[https://doi.org/10.31548/dopovidi4\(104\).2023.013](https://doi.org/10.31548/dopovidi4(104).2023.013)

***Анотація.** У статті висвітлені питання, пов'язані із розробленням нової вітчизняної інструментальної легованої сталі марки 7ХНМФБ для виготовлення дереворізальних пил. Зазначено, що названі пили раніше виготовляли із інструментальних легованих сталей марок 9ХФ та 9ХФМ, які виплавлялись у російській федерації та із них виготовляли дереворізальні пили. Із набуттям незалежності ці пили стали дефіцитними і виникло питання розроблення вітчизняної інструментальної легованої сталі для виготовлення названих пил. За основу були взяті відомі леговані інструментальні сталі та до їхнього хімічного складу додатково були введені такі елементи як ніобій, кальцій, алюміній та рідкоземельні елементи. Отримали нову вітчизняну леговану інструментальну сталь марки 7ХНМФБ, яка у порівнянні із відомими сталями має ряд суттєвих переваг. До них можна віднести значне зниження вмісту шкідливих домішок сірки та фосфору, що досягається як технологією виплавлення та введенням у склад сталі додаткових елементів. Введення алюмінію приводить до зміни і якості і форми розподілу неметалічних включень, що підвищує пластичні характеристики та збільшує опір в'язкості руйнування. Сталь нової марки відрізняється більш високим значенням ударної в'язкості (особливо за від'ємних температур), опором виникнення та розповсюдження тріщин.*

***Ключові слова:** інструментальна легована сталь, хімічний склад, структура, властивості, експлуатація*

Постановка проблеми. Основна маса дереворізальних інструментів виготовляється із інструментальних легованих сталей. Зазначені сталі мають покращену різальну здатність унаслідок наявності у їхньому складі таких легувальних елементів як

молібден, ванадій, хром, вольфрам, кремній, титан, мідь, кобальт, ніобій, цирконій і т. і. [1-3]. Незважаючи на приведену велику кількість легувальних елементів для дереворізального інструменту найчастіше застосовують марганець,

Сірко З. С., Сторож О. В., Охріменко С. М., Торчиловський Д. П., Стариш Є. А., Шевчук Л. М., Цірень Н. Л., Heinrich Nickel

хром, ванадій, вольфрам, молібден, нікель та титан. В розплавлену сталь із шихти або пічних газів потрапляють також такі елементи як сірка та фосфор, які вважаються шкідливими домішками. В залежності від вмісту всіх легувальних елементів сталі поділяються на низьколеговані (вміст елементів не більше 2,5 %), середньо леговані (вміст елементів в інтервалі від 2,5 до 10,0 %) та високолеговані (вміст елементів більше 10 %). Всі вони знайшли застосування у виготовленні дереворізальних інструментів. Це такі сталі як 9ХФ, 9ХФМ, 6ХС, 9ХС, Х6ВФ, 9Х5ВФ, 8Х6НФТ, 6Х6В3СМФ, 8Х4В4ФІ та інші [4, 5]. Основна кількість дереворізальних інструментів із даних сталей виготовлялась у російській федерації, що спонукало певний дефіцит в Україні. Постала проблема розробити свою вітчизняну інструментальну леговану сталь для таких основних видів інструменту, як рамні пилки, стрічкові пилки та круглі пилки. У співдружності з Українським науково-дослідним інститутом «Спецсталь» (м. Запоріжжя) була розроблена сталь для зазначених видів інструментів марки 7ХНМФБ.

Мета дослідження – визначити структуру та властивості сталі марки 7ХНМФБ.

Методика досліджень. Для порівнянь взяли дві марки легованих сталей 9ХФ і 9ХФМ, які широко

застосовуються для виготовлення дереворізальних пил. Хімічний склад сталей визначали за допомогою рентгенофлуоресцентного спектрометра XRF в інституті електрозварювання ім. Є. Патона НАН України. Рентгенофлуоресцентний аналіз – це один з не багатьох неруйнівних методів. Розмір зразків сталі 25x25 мм або круг діаметром 25 мм.

Результати досліджень. Під час розроблення сталі марки 7ХНМФБ вона була легована наступними елементами в %: вуглець – 0,78; марганець – 0,45; хром – 1,0; ванадій – 0,2; молібден – 0,25; нікель – 1,1; ніобій – 0,2. Вуглець сприяє термічному зміцненню, за рахунок чого тимчасовий опір та твердість значно підвищуються. Введення нікелю від 1 до 5 % знижує холодноломкість сталі та збільшує температурний запас в'язкості. Марганець за своїм впливом подібний до нікелю, але значно дешевший. Хром позитивно діє на механічні характеристики уже в кількості 2 % від загального обсягу. Ванадій збільшує твердість сталі, її пластичність та покращує гартування. Молібден підвищує теплостійкість сталі, але він досить дорогий. Ніобій вводять для зниження відпускнуї крихкості сталі.

Після виплавлення сталі марки 7ХНМФБ на металургійному комбінаті ПАТ «Запоріжсталь» був

Сірко З. С., Сторож О. В., Охріменко С. М., Торчиловський Д. П., Стариш Є. А., Шевчук Л. М., Цірень Н. Л., Heinrich Nickel

визначений її хімічний склад та з метою порівняння такі дослідження провели для сталей марок 9ХФ та

9ХФМ. Результати дослідження хімічного складу сталей наведені у таблиці.

Результати дослідження хімічного складу сталей 7ХНМФБ, 9ХФ, 9ХФМ

Назва елементів	Масова доля елементів, % в сталях марок		
	9ХФ	9ХФМ	7ХНМФБ
Вуглець	0,80 – 0,90	0,80 – 0,90	0,68 – 0,78
Кремній	0,15 – 0,35	0,15 – 0,35	0,15 – 0,35
Марганець	0,30 – 0,60	0,30 – 0,60	0,25 – 0,50
Хром	0,40 – 0,70	0,40 – 0,70	0,30 – 0,60
Молибден	—	0,15 – 0,30	0,10 – 0,20
Ванадій	0,15 – 0,30	0,15 – 0,30	0,15 – 0,30
Нікель	—	—	0,20 – 0,40
Сірка, не більше	0,03	0,03	0,01
Фосфор, не більше	0,03	0,03	0,015
Інші елементи			Ніобій 0,15 – 0,30

У сталь 7ХНМФБ вводили також кальцій із розрахунку 0,01 % маси сплаву та алюміній – 0,05 % маси сплаву.

Відмінною особливістю нового складу сталі є значне зниження вмісту шкідливих домішок сірки та фосфору, що досягається як технологією виплавлення так і введенням кальцію та рідкоземельних елементів. Введення також алюмінію приводить до зміни і якості і форми розподілу неметалічних включень, що приводить до підвищення пластичних характеристик та збільшення опору в'язкості руйнування.

Суттєвим в особливості хімічного складу нової марки сталі є зниження вмісту вуглецю, а також введення нікелю та ніобію. Сталь нової марки відрізняється більш високим значенням ударної в'язкості

(особливо за від'ємних температур), опором виникнення та розповсюдження тріщин. Сталь 7ХНМФБ перевершує також показники сталей 9ХФ і 9ХФМ за в'язкістю руйнування та довговічністю під час циклічного вигину з обертанням. Вибір схеми легування забезпечує в сталі нової марки за однакової твердості практично однакові межі міцності та плинності зі сталями 9ХФ і 9ХФМ.

Висновки.

1. Розроблена в Україні нова інструментальна легована сталь для виготовлення дереворізальних пил.
2. Суттєвим в особливості хімічного складу нової марки сталі є зниження вмісту вуглецю, а також введення нікелю та ніобію.
3. Сталь марки 7ХНМФБ відрізняється більш високими

Сірко З. С., Сторож О. В., Охріменко С. М., Торчильський Д. П., Стариш Є. А., Шевчук Л. М., Цірень Н. Л., Heinrich Nickel

значеннями ударної в'язкості та в'язкістю руйнування та опором виникнення та довговічністю під час циклічного розповсюдження тріщин, перевершує вигину. показники сталей 9ХФ і 9ХФМ за

Список використаних джерел

1. Кірик М.Д. Механічне оброблення деревини та деревних матеріалів. Львів: ТзОВ «Кольорове небо», 2006. 412 с.
2. Кірик М.Д. Інструмент для оброблення деревини та деревних матеріалів. Коломия: ВМЦ Коломийського механіко-технологічного коледжу, 1999. 190 с.
3. Сірко З.С. Стрічкопилкові верстати та лінії на їх основі: Монографія. Київ: «Освіта України», 2012. 232 с.
4. Сірко З.С. Експлуатація лісопиляльних рам: Монографія. Київ: «Центр учбової літератури», 2017. 208 с.
5. Білецький М.О., Сірко З.С., Пінчевська О.О., Головач В.М., Марченко Н.В., Буйських Н.В. Ресурсозберігаюча технологія розпилювання низько товарної деревини круглопилковими верстатами. Київ: «Центр учбової літератури», 2016. 144 с.

References

1. Kiryk M.D. (2006). Mekhanichne obroblynya derevyny ta derevnych materialiv. Lviv: TzOV «Kolorove nebo», 412 s.
2. Kiryk M.D. (1999). Instrument dlya obroblynya derevyny ta derevnych materialiv. Kolomyya: VMTS Kolomyiskogo mekhaniko-tekhnologichnogo koledzhu, 190 s.
3. Sirko Z.S. (2012). Strichkopylkovi verstaty ta linii na ikh osnovi: Monografiya. Kyiv: «Osvita Ukrainy», 232 s.
4. Sirko Z.S. (2017). Ekspluatatsiya lisopylyalnykh ram: Monografiya. Kyiv: «Tsentr uchbovoi literatury», 208 s.
5. Biletskyi M.O., Sirko Z.S., Pinchevska O.O., Golovach V.M., Marchenko N.V., Buyskikh N.V. (2016). Resursozberigaiucha tekhnologiya rozpyliuvanya nyzko tovarnoii derevyny kruglopylkovymy verstatamy. Kyiv: «Tsentr uchbovoi literatury», 144 s.

STRUCTURE AND PROPERTIES OF STEEL GRADE 7XHMФБ FOR MANUFACTURING WOOD CUTTING SAWS

Z. Sirko, O. Storozh, S. Okhrimenko, D. Torchilevsky,
E. Starish, L. Shevchuk, N. Tsiren

Abstract. *The article covers issues related to the development of a new domestic tool alloy steel of the 7XHMФБ brand for the manufacture of wood-cutting saws. It is noted that the aforementioned saws were previously made from alloyed tool steels of the 9XФ and 9XФМ grades, which were smelted in the Russian Federation, and wood-cutting saws were also made from them in the Russian Federation. With the acquisition of independence, these saws became scarce, and the question arose of developing domestic tool alloy steel for the manufacture of these saws. The purpose of the research is to determine the structure and properties of steel grade 7XHMФБ. Well-known alloyed tool steels were taken as a basis and such elements as niobium, calcium, aluminum and rare earth elements were added to their chemical composition. We received a new domestic alloyed tool steel of the 7XHMФБ brand, which, in comparison with known steels, has a number of significant advantages. These include*

Сірко З. С., Сторож О. В., Охріменко С. М., Торчилевський Д. П., Стариш Є. А., Шевчук Л. М., Цірень Н. Л., Heinrich Nickel

a significant reduction in the content of harmful sulfur and phosphorus impurities, which is achieved both by smelting technology and by introducing additional elements into the steel composition. The introduction of aluminum leads to a change in the quality and shape of the distribution of non-metallic inclusions, which increases the plastic characteristics and increases the resistance to fracture viscosity. The steel of the new brand is distinguished by a higher value of impact strength (especially at negative temperatures), resistance to the occurrence and propagation of cracks. Steel 7XHMФБ also surpasses the indicators of steels 9XФ and 9XФМ in terms of fracture toughness and durability during cyclic bending with rotation. The choice of the alloying scheme ensures that the new brand of steel, with the same hardness, has almost the same strength and yield strength as 9XФ and 9XФМ steels.

Keywords: *tool alloy steel, chemical composition, structure, properties, operation*