

Шорнікова С.В.

Український науково-дослідний інститут спеціальної техніки та судових експертиз
Служби безпеки України

Кузьменко Т.М.

Український науково-дослідний інститут спеціальної техніки та судових експертиз
Служби безпеки України

ВИБІР МАТЕРІАЛУ КЛИНКА ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ ХОЛОДНОЇ ЗБРОЇ

Одним із найважливіших факторів, притаманних для холодної зброї є матеріал, з якого виготовляють ножі. Стаття присвячена саме вибору матеріалу клинка для виготовлення бойової, армійської, рибальської або мисливської зброї. Будь-яка людина з юних років знає, що ножі виготовляють із заліза, а точніше, із сплаву заліза з вуглецем, тобто сталі. Чим більше процентне відношення вуглецю в сплаві, тим більш пружна і тверда (після термообробки) наша сталь. Зрозуміло, що для виготовлення клинків годиться тільки високовуглецева сталь, яка в результаті термообробки набуває пружності та твердості. В ідеальному варіанті кількість домішок в сплаві повинна дорівнювати нулю – така сталь буде мати максимально можливі переваги. Але в природі абсолютної чистоти не буває, і різні речовини, потрапляючи в сплав, надають йому, в реалії реаліт, ряд властивостей, які відрізняються від еталонних. В статті визначено характер дії домішок присутніх в сплаві, розкрито позитивні та негативні моменти впливу їх на якість металу. Доречно підкреслити, що умовно домішки ділять на «шкідливі та корисні». З точки зору збройної справи, фосфор та кремній не просто шкідливі, а, насправді, є «отрутою» для сталі, бо підвищують ламкість та сипкість. Але існують речовини, які однозначно підвищують механічні властивості сталей (їх називають легуючими). Як правило, легуючих домішок достатньо десятої або й сотої долі відсотка, щоб різко підвищити твердість, пластичність, здатність протистояти ударам, тертю, стисненню та розтягуванню, високим та низьким температурам і агресивним середовищам. Всі ці моменти детально розглянуто в цій статті.

Також визначено найважливіші критерії придатності сталі та доведено, що головним параметром при виборі клинка є твердість, яка досягається загартуванням металу. Цифри нижче 50HRC нас не влаштовують. Але якщо сталь відповідає даному параметру, (>50HRC) то інші властивості настільки тісно пов'язані з процесами кування, загартування, відпуску та ін., що сумніватися в хімічному складі металу немає ніякого сенсу.

Також в статті розглянуто та проаналізовано методи загартування металів при виготовленні клинків, що є цікавими і актуальними.

Ключові слова: *твердість, високовуглецева сталь, легована сталь, металургія, легуючі домішки, холодна зброя.*

Постановка проблеми. Тисячоліттями в світі виробляли з металу зброю: мечі, клинки, ножі. З того часу технології весь час коригувалися та вдосконалювалися. В наш час металурги вже прийшли до «порошкової металургії», тобто високовуглецевої легової сталі. Ця сталь успішно використовується для виготовлення бойових, армійських, рибальських або мисливських ножів. Вони користуються попитом, оскільки є максимально гострими та добре тримають заточку. Перевагою такої технології є те, що метал для ножів легко обробляти, і не залишається відходів: Залишки завжди можна переробити на порошок і відновити цикл. Але реалії

сучасного життя показують, що звичні перевірені на ділі марки сталі (та ж 65Г) виявляються непридатними для виготовлення клинків через катастрофічні порушення технології варки. Відповідно майстрам треба дуже прискіпливо підбирати сталь для виготовлення клинків.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженням проблемних питань матеріалознавства та металознавства займалися Гуляев А.П., Лахтін Ю.М., В.П.Леонтьев [8; 9] та багато інших вітчизняних та зарубіжних вчених.

Розглянуто багато наукових праць та статей щодо матеріалів для виготовлення холодної зброї та інструменту [1–8].

Водночас, незважаючи на значну кількість наукових публікацій, присвячених проблемам вибору матеріалу для тієї чи іншої холодної зброї, необхідно пояснити читачеві важливість якості матеріалу не тільки на предмет твердості, а й на наявність легуючих елементів (домішок), які відіграють важливу роль у покращенні властивостей готового матеріалу й текстуру збройової сталі, завдяки чому вироби стають міцнішими та твердими.

Постановка завдання. На американських та європейських сайтах в числі параметрів, які вказують продавці або виробники дуже рідко зустрічається такий параметр, як твердість сталі. Законодавством цей параметр ніяк не регулюється. Вважається, що це не потрібно звичайному недовідченному покупцю. Але в процесі придбання бойової та мисливської зброї необхідно мати поняття про твердість металів. Зрозуміло, що різні матеріали мають різну твердість і, в залежності від цієї твердості володіють певними властивостями. Для реалізації поставленої цілі в статті детально описаний історичний шлях обробки металів починаючи з кам'яних клинків; дійшовши до пластичної міді (з якої завдяки одному лише куванню отримували тонкі й гострі леза); та прийшовши до порошкової металургії завдяки модернізації та оптимізації технологічних процесів і автоматизації виробництва.

Власне, ця стаття знайомить зброярів з основними властивостями матеріалів, які використовуються для виготовлення клинків, обґрунтовує необхідність правильного його підбору а також знайомить з таким поняттям як твердість металу. В наші дні металургія пропонує широкий асортимент легованих сталей, які перевищують вуглецеві сталі по всім показникам і майже всі з них є нержавіючими. Але не потрібно нехтувати перевіркою твердості у спеціальних акредитованих лабораторіях (в разі відсутності сертифіката із вказанням твердості металу).

Виклад основного матеріалу дослідження

Твердість – це здатність матеріалу протистояти деформації під дією іншого матеріалу з більш високими характеристиками пружності [4].

Поняття **твердості металів** раніше було відомо лише випускникам технічних вузів, робітникам машинобудівних заводів та майстрам ковальської справи. В сучасний побут цей термін увійшов разом з необхідністю сертифікації холодної зброї, де приведені ознаки, на підставі яких ніж може бути віднесений до холодної зброї. Однією з обов'язкових ознак, згідно яких той чи інший

ніж (виріб) може відноситись до холодної зброї є твердість сталі, з якої виготовлений клинок ножа (бойова частина зброї) [10]. І, починаючи з цього моменту зброярі почали цікавитися довідниками, в яких приведені характеристики різних сталей, даються пояснення відмінностей різних порошкових та ламінованих сталей, та, звичайно, вказуються показники твердості сталі (саме те HRC).

Всім відомо, що чим вище процентний склад вуглецю в сплаві металу, тим більш пружна та твердіша буде сталь. Однак людство великий відрізок своєї історії користувалось кам'яними, а пізніше бронзовими клинками [5]. Той, хто думає, що кам'яні ножі були примітивними та убогими – помиляється. Насправді кам'яні інструменти можуть перевершувати сучасні матеріали та виявляти чарівні властивості в самих несподіваних областях. Цим вони зобов'язані надвисокій твердості, в силу чого ріжуча кромка не здатна затупитися, зберігаючи довгий (по суті необмежений) час ступінь гостроти, недоступну для металу. Ясна річ, в хід йде не бруківка, а для виготовлення якісного кам'яного ножа необхідно мати щось склоподібне. Найкращою сировиною вважається вулканічне скло (обсидіан) та кремій (мінеральне утворення, що складається з кристалічного і аморфного кремнезему – опалу, халцедону або кварцу). Експериментально доведено, що ці матеріали здатні давати кромку молекулярної товщини, тобто її гострість абсолютна. Треба сказати, що хірургічні операції з використанням кам'яних лез увінчалися тріумфом (різані операційні рани зростаються набагато швидше, утворюючи тонкі малопомітні рубці).

Не дивно, що сучасні зброярі активно експериментують з керамічними клинками різного складу, як правило, це карбіди, які мають надзвичайно високу твердість.

Суттєвим недоліком каменя є його крихкість, втім, вона ніяк не заважає при нормальному експлуатуванню ножа. Але, зважаючи на цей недолік кам'яні ножі не бувають достатньо довгими. Саме з цієї причини історія так і не побачила кам'яного меча.

З історичних фактів відомо, що пізніше почали користуватися бронзовими клинками [1]. Це досить м'який метал: погано тримає форму та гостроту леза. Тому мідь незабаром витіснив більш міцний сплав міді та олова – бронза. Бронзові сплави постають в неабиякому різноманітті, однак відкинемо досягнення сучасної металургії. Та бронза, якою користувалися в давню епоху – простий двокомпонентний сплав необхідних

частин міді та олова. Змінюючи процентний склад, можна змінювати механічні властивості кінцевого продукту. В цілому залежність така: чим більше міді, тим бронза м'якша, і навпаки. Необхідно підкреслити, що давні майстри проникли в немислимі тонкощі свого ремесла і користувалися технологічними секретами невідомими (вірніше загубленими) сьогодні. На відміну від процесу виготовлення сталюї зброї, бронзова виливалась в готові форми, відразу ж набуваючи кінцевих контурів. Але боротися такими мечами, як і різати ножем, було зарано – до цього треба було вміло та неквапливо кувати весь клинок, а особливо ріжучі кромки, ущільнюючи кристалічну структуру металу, надавши йому додаткову пружність. Кращі з відомих на сьогоднішній день бронзових виробів мало в чому поступаються сталюим (якщо не брати до порівняння унікальні екземпляри). На протязі тривалого історичного періоду бронзова та сталюа зброя складала конкуренцію одна одній, а досконала технологія бронзи часто перевершувала архаїчну технологію заліза. Нехай час та прогрес взяли своє, але не можна вважати бронзову зброю другорядною [5].

Залізо навчилися обробляти пізніше. Чому? По-перше, мідь і бронза добре піддаються холодному куванню, а залізо потрібно було кувати в розпеченому стані. По-друге, де взяти сировину? В Японії, наприклад, залізний вік почався тільки в VII столітті нової ери: земля була бідна металами. В Європі – набагато раніше. Ще до нашої ери тут знайшли поклади залізної руди. Вперше залізо стали використовувати для виготовлення зброї в Азії, в XII сторіччі до нашої ери. Що ж таке сталь? Це сплав заліза з вуглецем. Завдяки останньому її можна гартувати. Сталь для меча кують при температурі від 850 °C до 1300 °C. Але якщо зараз виробництво дозволяє автоматично контролювати температурний режим і витримувати час загартування, то як із цим справлялися в давнину, щоб кувати мечі? Не повірите, температуру визначали на око – за кольором розжарювання металу [5]. Тому в приміщенні кузні було темно. Наприклад, вишневий відтінок означав, що температура плавлення сталі досягає 800 °C, темно-жовтий – понад 1000 °C, сліпучо білий – більше 1250 °C.

Майстри стежили й за температурою відпуску металу. Тут також є свої нюанси та кольорова градація. Склад збройової сталі в різні часи був різним.

Пізніше до сталі для виготовлення шаблі й меча почали додавати різні добавки – хром, молібден, ванадій, кобальт, вольфрам, нікель та ін.

Вони покращують властивості готового матеріалу й текстуру збройової сталі, вироби стають міцнішими та твердими.

Хром робить сталь стійкою до корозії, молібден перешкоджає ламкості, вольфрам підвищує твердість, ванадій посилює міцність, а кобальт – ріжучі властивості. Головне завдання при виготовленні сплаву – знайти оптимальне поєднання елементів [7]. Ці знання нам доступні сьогодні, а майстри ковальської справи домагалися виплавки ідеальної зброї методом проб і помилок.

Вони стежили за тим, як сталь реагує на зміну температури під час кування клинка. Якщо її розігріти й охолодити повільно, – метал вийде м'яким. Охолодити швидко, зануливши до холодної води, – набуде нечуваної твердості. Недокалити – зламається. Складно? Ще б пак! Але їм це вдавалося.

Отже, практично всі легуючі елементи (домішки) – це метали (хром і ванадій, молібден і вольфрам, марганець, титан, алюміній та цілий ряд інших, більш рідких та вишуканих присадок) і додавання їх в скрупкульозних пропорціях породжує дивовижні феномени.

Розглянемо виготовлення багатошарових клинків з легованої сталі. Виявляється, що це дуже складний процес, оскільки легована сталь не бажає зварюватись ковальським способом, які б вишукані флюси не застосовувались. Тільки звичайний коваль здатен витягнути пластину а потім загартувати в маслі майже готовий виріб. Говорячи про «ковалю» ми самі визначаємо кордони поза якими говорити про клинки не доречно, бо будь-який нормальний клинок ножа, шаблі або меча повинен бути кованим і тільки кованим. Подібної проблеми не існувало ще сто років назад, але тепер, в епоху процвітання прокатних станів, легше відшукати сталюий лист заданої товщини, ніж звичайну кузню [6].

В принципі, катана сталь аналогічна кований – обтиснута в розжареному стані з обох сторін заготовка ущільнюється та набуває майже потрібної структури, але цього замало. З листового прокату можна виготовити пружний та твердий клинок, однак він ніколи не дотягне до кованого. Справа в тому, що, на відміну від прокатного стану концентровані удари молота більш інтенсивно деформують кристалічну структуру, очищуючи її від шкідливих домішок, які ніби «вибиваються» геть. Крім того, із листової заготовки сучасний майстер вимушений тим чи іншим способом вирізати профіль контуру виробу та домогтися певного перерізу за допомогою фрезерування або обдирки

на абразивних кругах. Тобто майстер прибирає залишки металу, залишаючи потрібну частину. Принципово по-іншому вчиняє коваль – він не видаляє залишки, а вбиває їх в клинок, потоншуючи його у напрямленні до леза ножа. Виріб формується із початкової порції металу за рахунок його ущільнення. В результаті ковані клинки, якщо порівняти їх з вирізаними виявляються більш пружними та твердими, легше приймають та довше зберігають заточку, не ламаються та довго не ржавіють. Тому і говориться, що по справжньому якісний ніж повинен мати індивідуально кований клинок.

Окрім цього сучасна традиційна технологія передбачає нагрів заготовок у великих газових печах в печі вогняного факела. Нічим не прикриті сталіні заготовки лежать, розжарюються та стрімко втрачають вуглець, який вигорає. В результаті замість початкового, наприклад 1% – ми отримуємо 0,5%, що не є придатним для якісної бойової зброї. В той же час методика відпалювання металу деревним вугіллям не тільки не випалює вуглець, а навпаки – у верхніх шарах відбувається інтенсивне насичення металу вуглецем. Таким чином, навіть із звичайної «залізчатки» можна отримати якісну сталь. Саме так віками вчиняли ковалі-зброярі, збільшуючи відсотковий склад вуглецю поступово доводячи його до бажаного [5].

Ще одним вагомим недоліком технічного прогресу є повсюдне витіснення деревного вугілля кам'яним, а також коксом. Кам'яне вугілля, а особливо кокс при всій своїй здатності швидко розвивати та довго утримувати високу температуру вмщує стільки сірки, що сталь, при цьому стає непридатною для клинків.

Тепер перейдемо до обговорення марок сталей. Отже для виготовлення ножів, колючих та ріжучих предметів підходить тільки інструментальна або інша «спеціальна» сталь високої якості. Досягнення балансу характеристик процес складний і непередбачуваний для необізнаних. Кожен виробник досягає його по-своєму. Наприклад, м'якість означає, що клинок буде постійно втрачати гостроту, хоча буде добре точитися. Надтверді сплави будуть крихкими. Складні хімічні сполуки та високотехнологічні процеси потягнуть за собою підвищення кінцевої вартості.

Розглянемо як хімічний склад впливає на якість сталі [3].

Вуглець – найважливіший елемент. Він збільшує твердість та пружність, але підвищує крихкість та знижує корозійну стійкість сплава. Нор-

мальний склад заліза в сталі – не менше 45%, вуглецю – від 0,02% . Сталь, в якій вуглецю від 0,6% до 2,14% називається високовуглецевою. Це тверда сталь. Якщо вуглецю в сплаві буде більше 2,14% – отримаємо не сталь, а чавун

Хром – значно підвищує антикорозійні властивості, але значна його кількість приводить до підвищення крихкості. В помірних дозах цей елемент присутній практично у всіх марках нержавіючої сталі.

Марганець – забезпечує хорошу опірність та зношування. Без його використання не обходиться ні одна сучасна марка сталі.

Молібден – відповідає за формування карбідів, які запобігають крихкості та ламкості сталей та забезпечують міцність, як у звичайних умовах, так і при високих температурах. Підвищує корозійну стійкість, твердість та ударну в'язкість і робить сталь зручнішою в обробці.

Нікель – здатний підвищити показники міцності, ударної в'язкості та корозійної стійкості.

Кремній – підвищує міцність та стійкість до зношування.

Ванадій – сприяє формуванню структури карбідів, що підвищує зношування та забезпечує багаторічне використання холодної зброї.

Кожний із компонентів виконує свою роль. Різні хімічні елементи («Корисні домішки») у необхідних пропорціях допомагають наділити ножову сталь необхідними властивостями.

Нижче приведені найбільш популярні марки сталей, які використовуються у виробництві: **вуглецеві** – У7 ÷ У13 ; **леговані** – 40Х13, 65Х13, 95Х18, 65Г, Р6М5, Х12МФ, ХВ5; **високолеговані** – 20Х17Н2, 12Х18Н10Т, Р6М5, Р18, Р14Ф4 .

Однозначно придатні всі типи ресорно-пружинних та жаростійких сталей, але під питанням всі типи конструкційних сталей. Достатньо сказати, що дагестанські зброярі на початку ХХ століття кращим матеріалом для своїх знаменитих клинків вважали пружини для локомотива, які відслужили свій строк.

Висновки. Хороший бойовий ніж це поєднання багатьох складових, в числі яких можна згадати такі важливі елементи як загальний дизайн та конструкція, форма клинка та його заточка. Без сумніву, одним із найважливіших параметрів є матеріал, з якого виготовлений ніж.

Сталі, які використовують як зброярі, так і промисловість, яка цим займається, дуже різноманітні. Джерела інформації мають безліч маркувань, які означають той чи інший сорт, виготовлений в тій або іншій країні. Цей факт пояснюється

тим, що у кожній країні-виробника історично склались свої власні традиції та технології металообробки і створення сталевих сплавів. Не менш частою причиною різноманітності існуючих на ринку сталей є і маркетинг. Адаже в умовах жорсткої конкуренції між виробниками, необхідно наповнювати всі наші ринки якомога більшим асортиментом продукції, яка заздалегідь є способом виживання тої чи іншої торгової марки. При спробі дізнатися побільше щодо різних сортів сталі, необхідно розуміти, що ділення марок сталі на хороші і не дуже тут не доречно. Характерис-

тики кожного сплава є поєднанням певного переліку властивостей, співвідношення яких визначають цілі, які необхідні виробнику в кожному конкретному випадку. На ті чи інші якості чергового сорту сталі в рівній мірі можуть впливати, як наявність тих чи інших матеріалів та технологій у виробника, так і галузь використання нового продукту. Створення сталевих сплавів – це пошук компромісів та балансу, оскільки ідеалів просто не буває, а максимальні показники – це не зовсім те, що підходить для практичного використання та продажу холодної зброї.

Список літератури:

1. Все о холодном оружии. *Материал клинка*. URL: https://stilet.pp.ua/korotko-o-nozhax/26-klinki_2/404-material-klinka.html
2. Марки стали. URL: <https://metinvestholding.com/ua/products/steel-grades>
3. Вітчизняні сталі для ножів. *Рекламно-інформаційне видання Фортуна*. URL: https://fortuna-gazeta.com.ua/articles/metal_kupit/#:~:
4. Что такое твердость клинка и HRC? URL: <https://x-gear.com.ua/cto-takoe-tverdost-klinka-i-hrc>
5. Мечі, ножі, клинки: загартування збройової сталі. URL: <https://metinvestholding.com/ua/media/article/hardening-weapon-steel>
6. Енциклопедія сучасної України. *Інструментальні сталі*. URL: https://esu.com.ua/search_articles.php?id=12375
7. Склад сталі, її властивості і класифікація. URL: <https://iron-group.com.ua/uk/articles/sostav-i-vidy-stali>
8. *Металознавство*. Гуляев А.П. М., 1986.
9. *Матеріалознавство*. Ю.М. Лактін, В.П. Леонт'єв. М. : Машинобудування, 1972. С. 510.
10. Кузьменко Т.М. Сертифікація холодної зброї. *Вчені записки Таврійського університету імені Вернадського, серія: Технічні науки*, том 33(72) № 1, 2022.

Shornikova S.V., Kuzmenko T.M. CHOICE OF MATERIAL CLICK WHEN MANUFACTURING MOLDED WEAPONS

One of the important factors inherent in edged weapons is the material from which knife blades are made. The article is specifically about the choice of blade material for the manufacture of military, army, fishing, or hunting weapons. Any person from a young age knows that knives are made of iron, or rather, an alloy of iron and carbon, that is, steel. And the greater the percentage of carbon in the alloy, the more elastic and hard (after heat treatment) our steel. It is clear that only high-carbon steel is suitable for the manufacture of blades, which, as a result of heat treatment, acquires elasticity and hardness. Ideally, the amount of impurities in the alloy should be zero – such a steel will have the maximum possible advantages. But in nature, absolute purity does not exist, and different substances, getting into the alloy, give it, in the end, a number of properties that differ from the reference ones.

The article defines the nature of the action of impurities present in alloys, reveals the positive and negative aspects of their impact on the quality of the metal. It is appropriate to emphasize that conventionally impurities are divided into “useful and harmful”. From the point of view of weaponry, phosphorus and silicon are not only harmful, but in fact are a “poison” for steel, because they make it brittle and brittle. But there are substances that uniquely improve the mechanical properties of steel (they are called alloying). As a rule, alloying impurities are enough tenth or even a hundredth of a percent to dramatically improve hardness, ductility, resistance to impact, friction, squeezing and stretching, high and low temperatures and aggressive environments. All these points are discussed in detail in this article. Also, the most important criteria for the suitability of steel are determined and it is proved that the main parameter when choosing a blade is hardness, which is achieved by heat treatment of the metal. Numbers below 50HRC do not suit us. But if the steel meets this parameter (>50HRC), then the other properties are so closely related to the processes of forging, heat treatment, annealing, etc. that there is no point in doubting the chemical composition of the metal. The article also discusses and analyzes the methods of heat treatment of metal in the manufacture of edged weapons, which is interesting and relevant.

Key words: *hardness, carbon steel, alloy steel, metallurgy, alloying impurities, edged weapons.*