

УДК 669 15-194.

НЕВІДОМІ ВЛАСТИВОСТІ БУЛАТНОЇ СТАЛІ

Назаренко В. Р

Національний технічний університет України

“Київський політехнічний інститут ”

Слава про булат ходить по світу близько двох тисячоліть. В Європі почали займатися булатною сталлю в ХІХ столітті. Великого успіху досягнув російський металург П.П.Аносов. Розроблена Аносовим технологія отримання булатної сталі не була використана через невизначеність режимів плавки, кування, термічної обробки, Але мені також, як і великому металургу російському Д.К.Чернову, дотримуючись указань П.П. Аносова, вдалося отримати булатну сталь з візерунками найвищого гатунку, за якими оцінювалась якість холодного озброєння: шабел, мечів, клинків, ножів. Підтвердженням того, що мною отримана булатна сталь, є порівняння мікро і макроструктури /візерунків/, механічних властивостей з дослідженнями грузинських учених на чолі з академіком Ф.Н.Тавадзе, які досліджували властивості булатної сталі з натурних зразків холодного озброєння. Крім того, мною підтверджено висловлення П.П.Аносова про те, що булатна сталь замінить будь-яку сталь при виготовленні виробу з гостротою лези та стійкістю. Мною розроблений склад і технологія виготовлення і застосування булатної сталі в промислових і сільськогосподарських умовах.. Хімічний склад булатної сталі, вага, %:С - 0,4 – 6,67; Mn до 0,12; Si до 0,1, в сталі присутні алюміній, церій і бор, які застосовувались як розкислювачі і модифікатори. В промислових умовах булатна сталь виготовлялась на заводі «Більшовик» міста Києва і ВАТх «Дніпроспецсталь» і «Запоріжсталь». В промислових умовах булатна сталь випробовувалась: при різці поліетиленової плівки товщиною 3 мкр. Лези з булатної сталі в 12 разів довше використовувались, ніж лези із сталі 65Х13. Пуансон з булатної сталі в 5 разів довше використовувався при висадці головки цвяхів, ніж пуансон із сталі Х12М. В польових умовах ножі фрезерного культиватора з булатної сталі втричі довше використовувалися, ніж ножі із сталі 65Г з наплавкою ріжучої частини ножа сормайттом, який має 30-35% легуючих елементів. Крім того, булатна сталь не поступається вольфрамівим сталям, якщо температура нагрівання інструменту, деталі не перевищує 300 градусів С. Так, наприклад, на взуттєвих фабриках шарошки для кошлатання шкіри в місцях склеювання виготовляються із сталі Р18 або сплаву ВК-15. Інші сталі

не витримують випробувань. Шарошки з булатної сталі з кількістю вуглецю 1,35 % не поступалися шарошкам з вольфрамкових сталей. Ще можна наводити приклади переваги булатної сталі над легованими, але моя доповідь стосується невідомим властивостям булатної сталі, про які я вже почав розказувати – зносостійкості.

Автор в 1879 році надав будову кристалічної структури зливку сталі, яка складається з трьох зон: дрібнокристалічної кірки, стовпчастих і рівноосних кристалів. Булатна сталь не має зовнішньої дрібнокристалічної кірки тому, що булатна сталь не має легуючих елементів і марганцю, які утворюють карбіди, що служать першоосною швидкої кристалізації, а карбіди заліза з температурою плавлення 1650 град.С не можуть бути зародками кристалізації тому, що карбіди заліза мають основу основного металу і не утворюють кірки, якщо вони не кристалізуються першими.

Відомо, що всі леговані і високо вуглецеві інструментальні сталі мають відбитки сталі по Батману так звані «вуси», що утворюються сполукою MnS. В булатній сталі марганцю до 0,12 %, в дослідженій сталі марганцю було 0,01. Не зважаючи на те, що сірки в сталі було 0,022 %, «вусів» не утворилось. Сірка розподілена в металі рівномірно.

В процесі роботи над булатною сталлю мені приходилось випробовувати зразки кожної плавки після різних видів термічної обробки шляхом тертя терпухом на твердість і в'язкість. Було відмічено, що найкращі результати ми отримували після термічної обробки – нормалізації. Щоб переконатись в цьому, ми додатково провели дослідження зразків після різних видів термічної обробки. Виявилось, що найкращі результати по зносостійкості показали зразки після нормалізації: однак твердість зразків після гартування у воді була висока – 872 HV, з такою твердістю можна застосовувати при статичному використанні виробів, як це випробувано при різці поліетиленової плівки. Щодо зразків після гартування у воді з відпуском, то ми мали неоднозначне значення і встановити закономірність впливу температури відпуску на знос не представляється можливим. Наші дослідження на знос металу після нормалізації підтверджуються дослідженнями автора, який досліджував властивості натурних зв'язків з булатної сталі і відмітимо, що холодне озброєння проходило лише нормалізацію.

Виготовлені заготовки-поковки на заводі «Більшовик» передавалися заводам-замовникам, які виготовляли інструмент, оснастку, деталі машин і випробовували їх на зносостійкість. При виготовленні ножа на заводі Мед апаратура міста Києва для різки лавсанової плівки з покриттям свинцевою фольгою на епоксидній смолі шліфувальний камінь замазувався темною чорною оболонкою і ковзав по заготовці. Було зроблено припущення, що булатна сталь володіє в'язкістю і що вона має

вільний вуглець /графіт/. Дослідження підтвердило наше припущення: булатна сталь має вільний вуглець /графіт/. Свердління відтулин підтвердило, що булатна сталь в'язка: свердло ковзало по поверхні і не виконувало свою роль: свердління.

Звідки в булатній сталі, яка має кремнію всього до 0,1 %, появився графіт, якщо в булатній сталі, з якого був зроблений ніж, мала кремнію 0,04 %. Автор в 1943 році опублікував свою роботу, в якій зазначив, що в особливих випадках в метастабільній системі залізо-карбід може наступити графітизація, тобто може статися частковий, а в крайньому випадку і повний перехід до стабільної системи залізо-графіт. Така графітизація може виникати в доевтектоїдних і евтектоїдних сталях при дуже тривалій термомеханічній обробці сталі, починаючи з виплавки: розкислення алюмінієм, нагрівання при термічній обробці: відпал, гартування, відпуск, кування при низьких температурах, що утворює ковальські напруги, а також пічна атмосфера, якщо в ній утримуються вуглекислота, окис вуглецю і можливо вуглеводороди внаслідок відкладення вуглецю на поверхні виробу.

Автор в 1986 році писав, що включення графіту підвищують зносостійкість при терті. Другими словами, графітні включення грають роль мастила.

В інституті металофізики НАН України були проведені дослідження зразків, які випробовувались на зносостійкість в Інституті проблем матеріалознавства після різних видів термічної обробки з кількістю вуглецю 1,36 %. В результаті досліджень встановлено, що зносостійкість булатної сталі має найкращі результати після нормалізації, яка забезпечується наявністю міцної м'якої матриці, яка утримує дрібнодисперсні карбіди заліза і не викришуються і вільних кристалів графіту, які служать як змащуючий матеріал.

При прокатці заготовок з булатної сталі з кількістю вуглецю 2,27 % ми мали утворення виступів пилки. Пояснюється це тим, що сталь з кількістю вуглецю має склад з перліту, цементу і ледебуриту. Перліт і ледебурит як «М'які» складові прокаталися більше і утворили виступи, а цемент, як твердий матеріал, залишився у впадині.

Автор відмічав, що булатна сталь має щільність 8 т/м³, що булатна сталь має більшу щільність ніж сталі X12M і У8, автор переконався, коли виготовляли штампи на заводі «Медапаратура»: після гартування вибірки в металі були менших розмірів. Щоб вони мали розміри з кресленням прийшлося вибірки пришліфовувати. При гартуванні заготовок з булатної сталі з кількістю вуглецю 1,15 % ми мали розбіжність по твердості по Роквеллу до 20 одиниць. Щоб усунути розбіжність, ми піддавали піддавали повторній обробці-гартуванню. Пояснюється це тим, що зразок

мав накопичення по вуглецю /карбиду заліза/. Ще більше накопичення вуглецю ми виявили в сталі з кількістю вуглецю 1,7 %: ми мали покульну структуру чавуну. Булатна сталь з кількістю вуглецю 6,0 % мала крім цементної і ледебуритної структури ще й ауститенітну з включеннями пересиченого графіту, якого в аустеніті було більше 2,0 %, тому що аустеніт був темний /чорний/. Мікроструктури, які розглянуті вище, підтверджують те, що булатна сталь є композиційним матеріалом. П.П. Аносов із 185 плавок отримав візерунки в 41 плавці, в тому разі і з золотистим відливом. Після П.П.Аносова ніхто не отримував візерунки з золотистим відливом. Мені також вдалося отримати візерунок з золотистим відливом в трьох плавках. Кількість вуглецю в булатній сталі повинно бути в межах 2,3 – 3,2 %, в ньому виявлена найбільша концентрація відтінків складових – перліту і цементитної евтектики, які знаходяться в межах 34 і 50 % відповідно.

Автор в трактаті, виданого в 1048 році, згадує про булат «Маджлі»; на поверхні виробу /шаблях, клинках, мечях/ були силуети /фігури/ тварин, рослин і людини. Такі вироби цінувалися дуже дорого, особливо з фігурами людини. Яким чином давні майстри здійснювали ці фігури /силуети/ автор не повідомляє. Автор доповіді пробував відтворити фігури, пам'ятаючи про те, що давні майстри в своєму користуванні мали лише залізо, сталь, золото і можливо мідь. Автор доповіді виготовляє заготовки із сталі 5 і булатної сталі, нагріваючи їх до температури 900 /950/ град.С, потім клав їх на бойок ковальського молота, на них негайно викладав фігури і наносив удар молотом /бойком молота/. Було відмічено, що сталевий загартований дріт і мідний здійснюють відбитки, а сталевий м'який, залізний і алюмінієвий дроти інкрустуються, тобто залишаються в металі після нанесення удару молотом /бойком/.

Було також виявлено, що мідний дріт, який відбивав фігуру на сталі 5 і булатній сталі з кількістю вуглецю 1,52 % мав розплющений стан після відбитку на сталі 5 і зовсім не мав розплющення після відбитку на булатній сталі, хоч вона мала втричі більше вуглецю; це підтверджує те, що булатна сталь має більшу пластичність, ніж сталь промислового виробництва – сталь 5. Причина – булатна сталь не має марганцю і кремнію. Як зазначав автор «Ці елементи значно підвищують межу текучості фериту і зменшують пластичність. Марганець утворює стабільний карбід, ізоморфний цементиту і знижує його здатність до деформації. Кремній, взаємодіючи з киснем, утворює моно окис кремнію /фактор окрихчення/».

Виготовлення булатної сталі на ВАТ «Дніпроспецсталь» має свої особливості, а саме: у зв'язку з тим, що прокатка металу здійснювалась при температурах 1210-850 С, при яких карбиди заліза розчиняються в

матриці металу, ми не отримали візерунків. Механічні властивості сталі були на рівні властивостей промислових високовуглецевих інструментальних сталей. (ВАТ «Дніпроспецсталь» виготовляє сталь з кількістю вуглецю 1,05 -1,25 %). У зв'язку з відсутністю візерунків, ми назвали цю сталь сталлю булатного типу і об означили У12Б, де буква «Б» означає булатна. До особливих властивостей сталі булатного типу необхідно віднести необхідно віднести неметалеві включення, де центральна і крапкова неоднорідність оцінюється в 0,5 бала, що менше допустимого для високо вуглецевих інструментальних сталей. Інших дефектів: ліквацій, флокенів, деформаційних тріщин, внутрішніх розривів, шиферності або чорних зламів не виявилось, а в високовуглецевих інструментальних сталях ці дефекти зустрічаються не рідко. Кількість газів в одній із плавок було наступне: O₂ -0,0047 %, N₂- 0,013 %, H₂ – 6,0 ppm, що менше ніж в високо вуглецевих сталях.

Досліджені інші властивості булатної /сталі булатного типу/ сталі: теплостійкість, механізм руйнування і склад границь зерен після різних режимів термічної обробки, вплив гартування і відпуску на межу текучості при випробуванні на стиснення, визначення ступені стиснення, деформації, критерію можливості сталі до пластичного деформування, адгезій на активність, сегрегація фосфору і вуглецю на границі зерен, вплив гарячої деформації, повільного охолодження і відпалу при високій температурі на ступінь виділення вторинного цементиту по границях зерен, дослідження зламів методом РЕМ після відпалу при 780 град. С, залежність фізико-механічних властивостей твердого металу від властивостей рідкого металу /об'ємної густини, динамічної в'язкості і поверхневого натягу.

Дослідженням встановлено, що властивості булатної /сталі булатного типу/ перевищують властивості високо вуглецевої інструментальної сталі, Так, наприклад, теплостійкість сталі У12Б дорівнює 300 С в той час як теплостійкість високо вуглецевої інструментальної сталі відповідає 250 С. Можна з певністю сказати, що ніхто ще не досліджував в такому об'ємі булатну сталь, як це дослідили ми. Виробництво булатної /сталі булатного типу/ сталі освоєно металургійними заводами України, а машинобудівні заводи вже її застосовують.

Булатна /сталь булатного типу/ сталь має такі властивості, які не виявляються в високовуглецевих інструментальних і легированих сталях.

Література

1. П.П.Аносов. Вибрані твори, Видавництво АН СРСР, 1954, Москва.
2. Д.К.Чернов, Вибрані твори по металургії і металознавству, Вид-во Наука, 1985, Москва.
3. Б.Г.Амаглобелі, Гетерогенна структура булатної сталі і можливість її одержання. Тбілісі, 1984. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук.
4. Е. ГудреМон. Спеціальні сталі, Том 1. Державне научно-технічне видавництво по чорній і кольоровій металургії. Москва, 1959, с.473-474.
5. О.П.Гуляєв. Металознавство. Москва, Металургія, 1986, с. 430.
6. Аль-Біруні. Мінералогія. Абу-р-рейхан-Мухамед ібн Ахмед ал-Біруні. Зібрання відомостей для пізнання дорогоцінностей. 1048.Вид-во АН СРСР, Москва, 1963.
7. Л.Н. Ларіков. Булат: минуле і сучасне. Журнал МОМ, Київ, №2 1995.с.58-63.