УДК 621.19

Ю.Г. Гуревич

ИНСТРУМЕНТ ИЗ ИНДИЙСКОГО ВУТЦА

Теперь твердо установлено, что булат - это материал, содержащий железо и углерод, по составу близкий к современной высокоуглеродистой стали. Булат не содержит никаких легирующих элементов и минимально загрязнен такими примесями, как сера, марганец и кремний.

Булат (булатная сталь, дамаск) готовилась и обрабатывалась специальными способами и отличалась от всех известных раньше и теперь сплавов железа с углеродом особой структурой и видом своей поверхности, имеющей природный узор. Иногда узор выявлялся на готовых изделиях уже после шлифовки, чаще всего для выявления узора шлифованную поверхность протравливали соками растений или растворами минеральных кислот.

Узоры на поверхности булатной стали являлись результатом ее внутреннего строения, поэтому характеризовали свойства стали. Внутреннее строение стали было неоднородно: твердые участки металла чередовались со сравнительно мягкими. Такая структура обеспечивала стали твердость, высокую стойкость, остроту лезвия, хорошую упругость.

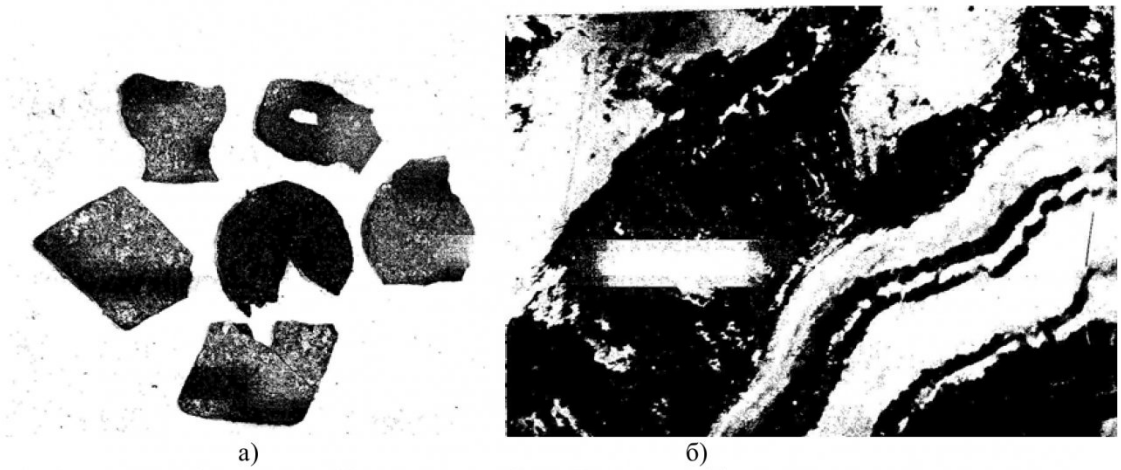
Известно, что в древности существовало много сортов булата, но легендарными свойствами обладал только индийский вутц – лучший булат своего времени [1]. Не так давно на месте цитадели Тамерлана были произведены раскопки [2]. При раскопках археологи расчистили помещение, в котором найдены более 2000 деталей доспехов, мечей и прочих железных предметов. К сожалению, на первый взгляд, железо было очень сильно окислено, превратилось в окалину и поэтому его качество установить было невозможно.

В окисленных деталях кольчуги были найдены крошки сохранившегося металла, которые оказались достаточными для их металлографического исследования. Приготовленные шлифы с крупинками стали после полировки покрывались темной пленкой, но длительным травлением поверхности шлифа 3 %-м раствором азотной кислоты удалось выявить структуру металла. На шлифах под микроскопом наблюдалась полощатая структура металла. Ширина полос составляла 150—200 мкм.

На рис. 1 показана микрофотография крупицы стали, найденной внутри детали "доспеха Тимура". Под микроскопом хорошо видны три структурных составляющих: светлая, светло-серая и темно-серая. Светлая составляющая представляет собой однофазную структуру с микротвердостью 1850…1450 HV. Такая высокая твердость характерна для ледебурита, в состав которого входит первичный цементит. Ледебурит, как известно, является структурой, характерной для белого чугуна.

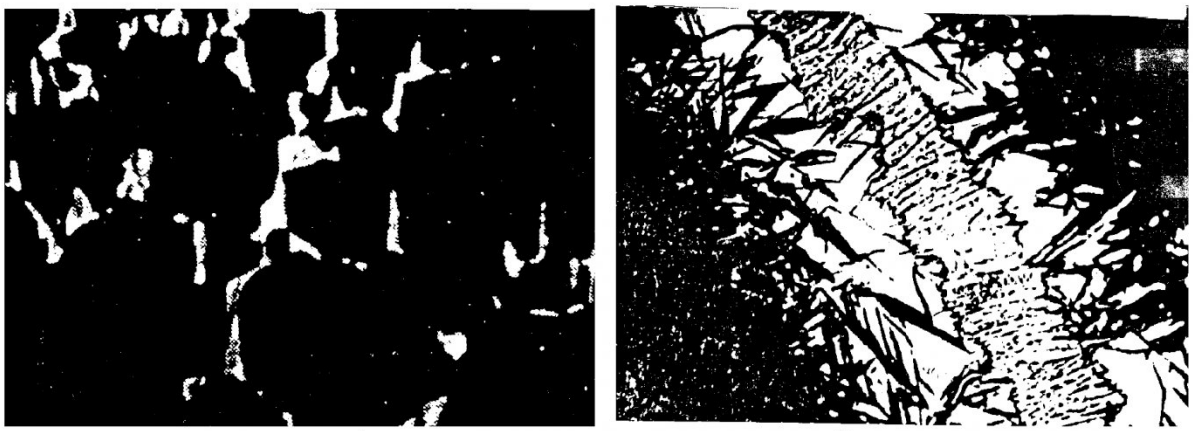
Светло-серая структура была многофазной, ее микротвердость составляла 925…720 HV. Можно предполагать, что это высокоуглеродистая сталь, в структуре которой имелись включения цементита.

Темно-серая составляющая с микротвердостью 420…400 HV могла представлять собой эвтектоидную или заэвтектоидную сталь. Ледебуритная фаза составляла 30…40 % поверхности шлифа, светло-серая и темная - 70…60 %. Таким образом, «кольчуга Тамерлана» была изготовлена из композиционного материала, являющегося лучшей сталью того времени и названного позже дамасском или булатом. Причем, по-видимому, это был лучший литой индийский булат, известный под названием "вутц".



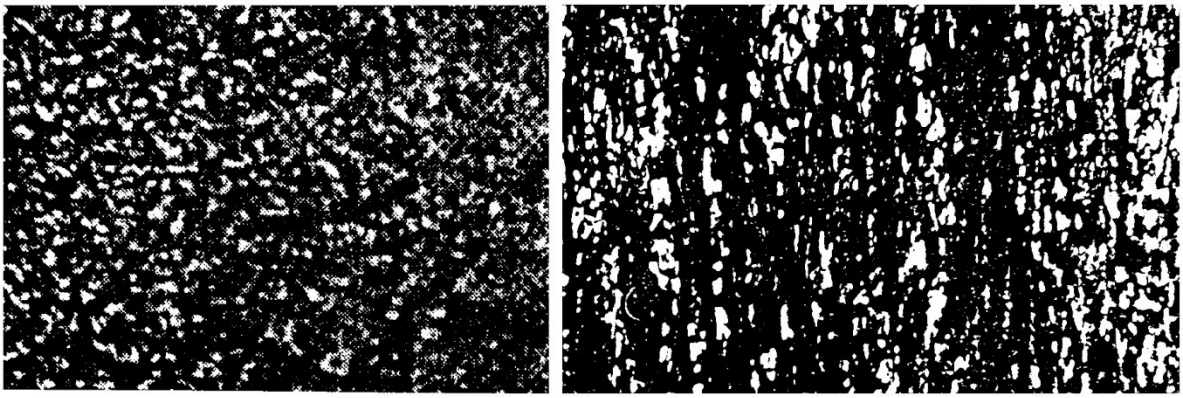
а) б)

Рис. 1. *Фрагменты доспехов, найденные в цитадели Тамерлана (а) и микроструктура крупицы металла из деталей доспехов (б), х 200*



а) *б)*

Рис. 2. Микроструктура слитка индийского вутца: а – х 500; б – х1000



а) *б)*

Рис. 3. Макро(а)- и микроструктура (б) индийского вутца после ковки, х200

При раскопках городища Ахсикет в Северной Фергане (IX-начало XIII века нашей эры) был найден инструмент напоминающий современный напильник [3]. На стальном основании из стали, которое хорошо сохранилось, была прикреплена пластина из какого-то сплава, который также оказался полностью окисленным.). Исследованием было установлено, что основание представляло собой углеродистую сталь с содержанием углерода 0,37 %. После травления стали была выявлена структура среднеигольчатого мартенсита с небольшим количеством остаточного аустенита.

В сильно окисленной «рабочей» части «напильника» были найдены капли металла, микроисследование которых показало структуру и свойства материала подобного тому, из которого была сделана «кольчуга Тамерлана».

Под микроскопом в крупинке из рабочей части инструмента были видны частички меди. Таким образом, как и в современном производстве, в древности «твердый сплав» припаивался к стальной пластинке медью. Результаты исследования дают основания предполагать, что индийский вутц отличался от всех других видов литых булатов тем, что в его структуре самой твердой составляющей был ледебурит, содержавший первичный цементит. Такой цементит образует монокристаллы, обладающие самой высокой твердостью и износостойкостью.

Результаты исследований свидетельствуют о том, что древний инструмент также как и «кольчуга Тамерлана» был сделан из композиционного материала, в котором частицы стали перемешаны с частицами белого чугуна. Таким образом, был сделан вывод о том, что лучший булат древности- индийский вутц- являлся композиционным материалом сталь-белый чугун [4,5].

Теоретически ледебурит образуется в сплавах железо- углерод, содержащих более 2% углерода. На практике в вутце могло быть и меньше углерода. Следовательно, древние металлурги использовали особые способы выплавки сплава, которые обеспечивали сохранение ледебурита в структуре стали

Таким образом, вутц получали простым, неэнергоемким и высокопроизводительным способом: смесь мелких кусочков железа и чугуна нагревали в специальном тигле до 1250 – 1280°С. При этой температуре чугун плавился, а железо – нет. При появлении жидкой фазы тигель с металлом быстро охлаждали.

Вот почему, в частности, вутц представлял собой лепешку небольшого диаметра и толщиной всего

один сантиметр: сплав должен был быстро охлаждаться, чтобы получился белый чугун.

Разработанная нами на описанном принципе технология производства вутца позволила получать слитки с ярко выраженной ледебуритной неоднороднстью [6].

Способ изготовления вутца основан на том, что при определенных температурных условиях ледебурит сохраняется в расплаве, а особым режимом охлаждения слитка его можно фиксировать в твердой фазе.

На рис.2 показана микроструктура полученного нами слитка литого булата, представляющего собой композиционный материал железо-цементит. (общее содержание углерода в сплаве - 1,69%). В стали хорошо просматриваются включения ледебурита (первичного цементита.

После ковки и слитка получены поковки, имеющие сетчатый узор. Макро- и микроструктура структура поковок показана на рис. 3. Первичные карбиды вытянулись в строчки и раздробились. Твердость поковок после отжига - 32-36 HRC, после закалки и низкого отпуска-61-64 HRC.

Из поковок полученного нами вутца были вырезаны пластины размером 50х20 мм^2, толщиной 5 мм.

Удельная работа сопротивления износу этих пластин оказалась 9,53 Дж/мг, соизмеримая с удельной работой сопротивления износу карбида чугуна (10,25 Дж/мг) и карбидостали (12,00 Дж/мг) [8].

Пластины были напаяны медью на фрезу. Аналогичные пластины были сделаны для изготовления сверл и резцов.

Режущий инструмент из индийского вутца «держал лезвие» при обработки дерева значительно дольше, чем твердый сплав ВК8.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1.*Гуревич. Ю.Г.* Булат. Структура, свойства и секреты изготовления. Курган: Курганский государственный университет. 2006.157 с.

2. *Гуревич Ю.Г.* Кольчуга Тамерлана / Ю.Г. Гуревич, О.А. Папахристу // Металлург. 1992. №4. С. 28-30.

3. *Гуревич Ю.Г.* Производство тигельной стали в Северной Фергане в 1Х-начале Х111 веков / Ю.Г. Гуревич, О.А. Папахристу // Металлург. 1992. №3. С. 36-38

4. *Гуревич Ю.Г.* Булат. Структура, свойства, секреты изготовления. Курган: Изд-во КГУ, 2006. С.157.

5. *Гуревич Ю.Г.* Структурные особенности булата с позиций современной науки // Сталь. 1997. с. 72-75.

6. Патент. 2051184 Россия. Способ изготовления булатной стали / Гуревич Ю.Г. // Открытия. Изобретения. 1996. № 3. С.34-38.

7. Г*уревич Ю.Г., Анциферов Н.В., Савиных Л.А. и др*. Износостойкие композиционные материалы. / Ю.Г. Гуревич, Н.В. Анциферов, Л.А. Савиных и др. - Екатеринбург. РАН УО. 2005. С. 216.

Автор статьи:

Гуревич
Юрий Григорьевич
- докт.техн.наук, проф. каф. инноватики и менеджмента качества
(Курганский гос. университет),
email: ygg@rambler.ru