Для качественного сбора технологических параметров использованы современные датчики температуры и влажности в камере, влажности пиломатериалов. Что дает возможность точнее, и главное быстрее реагировать на смену состояния объекта автоматизации. Также произошли изменения в измерении температуры: после автоматизации значения температуры снимаются цифровыми датчиками, значение которых обрабатывается микроконтроллером, который дает высокую скорость и точности обработки информации.

Система микроконтроля, вместе с комплексом дат сбора технологических параметров, позволит проводить сушку разных пород древесины по определенным программам, которые вносятся оператором, и имеют высокую степень гибкости. Также не исключена возможность адаптации программ в зависимости от потребностей, что возникают при сушке разных пород древесины.

Следует также заметить, что при разработке системы автоматизации были применены датчики, которые позволяют осуществлять измерение значений параметров в широких пределах и с высокой точностью, которые обеспечивают качественное управление процессом и высокое качество получаемой продукции, что фактически невозможно осуществить с помощью устаревших аналоговых приборов и влияния на процесс оператором вручную.

Автоматизация процесса сушки позволяет достигать стабильно высокого качества высушиваемого пиломатериала и снижает роль «человеческого фактора» на получаемые результаты.

1. Богданов Е.С., Мелехов В.И., Кунтыш В.Б. и др. Расчет, проектирование и реконструкция лесосушильных камер. Под ред. Е.С. Богданова. – М.:Экология, 1993. -685 с.
2. Видин Ю.В., Федяев А.А. Энергосбережение при сушке текстильных материалов сложной формы // Вестн. Краснояр. гос. техн.ун-та. 1999. № 19. С. 139.
3. Гамаюнов, Н.И. Закономерности внутреннего переноса влаги и структурообразования при сушке различных материалов / Н.И. Гамаюнов, Л.И. Ильченко // Хим. пром-ть. – 1979. – № 6. – С. 344–348.
4. Емельянов А.И., Капник О.В. Проектирование систем автоматизациитехнологических процессов. Справочное пособие. 3-е изд. перераб. и доп. – М.:Энергоатомиздат, 1983. -399 с.
5. Качанов А.Н., Чукумов М.Н. Повышение качества сушки на ПМО “Арай”/ Проблемы комплексного развития регионов Казахстана. //Материалы международной научно-практической конференции. Часть 1. Алматы, КазгосИНТИ. 1996, с. 131 – 134
6. Лебедев П.Д. Расчёт и проектирование сушильных установок / М.–Л., Госэнергоиздат. 1962, с. 320.
7. Однокристалльные 8-розрядные FLASH CMOS микроконтроллерыкомпании Microchip. Перевод ООО “Микро-Чип”.М, 2002. -184с.16. Расев А.И. Сушка древесины: Учебное пособие. Изд. 4-е. – М.:МГУЛ, 2000. -178 с.
8. Федяев А.А. Энергосбережение при сушке пиломатериалов засчет кинетической оптимизации // Вестн. Краснояр. гос. ун-та. 2008.№ 1. С. 228-232.
9. Федяев А.А., Федяева В.Н., Видин Ю.В. Математическое моделирование динамики процессов тепловлажностной обработки капиллярно-пористых коллоидных материалов //. Техника и технологии. 2008. № 1. С. 68 – 75.

Суханов Д.А.

Структурообразование Индо-Персидского фосфористого булата

*АСК-МСЦ металлургия
(Россия, Москва)*

doi: 10.18411/lj-28-02-2018-46

idsp: 000001:lj-28-02-2018-46

Аннотация

Установлено, что старинный ножевой клинок принадлежит к восточной группе индо-персидских булатов с узором типа «кара-табан», что буквально означает черный-блестящий. Методами спектрального, рентгенофазового и микронзондового анализа показано, что булатный нож является высокочистой нелегированной высокоуглеродистой сталью с повышенным содержанием фосфора. Выявлено, что фосфор, обладая высоким

коэффициентом ликвации, способствует процессу сегрегации углерода в междендритных промежутках в процессе кристаллизации. Вытянутые дендритные оси и межосевые пространства, в результатековки ножевой полосы, образуют в продольном и поперечном сечении совокупность параллельных слоев, состоящих из троостита и продолговатых карбидов избыточного цементита. Выявлены основные физико-химические факторы, влияющие на морфологию структурообразования индо-персидского фосфористого булата. Установлена взаимосвязь между структурой и характером разрушения старинного булатного ножа при ударной нагрузке.

Ключевые слова: булат, дамаскская сталь, индийская сталь, wootz.

До сих пор не утихают споры об условиях образования крупного узора, видимого на полированной и протравленной поверхности индо-персидских булатных клинков, датируемых XVII – XIX веками. Трудность в разгадке секретов восточного булата заключалась в том, что исследователи древнего клинкового оружия либо не имели достаточного опытного материала, для того чтобы набрать статистические данные либо не обладали достаточной материальной базой, чтобы детально исследовать данный вопрос.

Старинные булатные клинки, наряду с красивым крупным внешним узором, по мнению знатоков и любителей холодного оружия, обладают высокой прочностью, упругостью и стойкостью лезвия к истиранию. Качественный характер определения эксплуатационных свойств древнего булата, основанный на желании подороже продать изделие, превалирует над количественными характеристиками, которые известны узкому кругу специалистов. Несмотря на все успехи современной металлургии, до сих пор бытует мнение об непревзойденности старинных восточных клинков над высококачественными современными инструментальными сталями.

Одним из первых, кто провел комплексные исследования старинных восточных булатов был австрийский металлург Zschokke (1924) [1]. Обладая хорошей исследовательской базой, он подверг химическому, механическому и металлографическому анализу два кинжала и четыре старинных сабли из восточного булата, сравнив их свойства со свойствами клинков, специально изготовленных для него в Золингене. Полученные результаты привели к парадоксальному выводу о том, что по статическим свойствам старинные булатные клинки значительно уступают промышленным клинковым сталям, вопреки распространенному мнению о превосходстве булатной стали по всем показателям механических свойств. Заниженный уровень механических свойств старинных восточных булатов Zschokke (1924) связал с особенностями химического состава. По его мнению, огромное влияние на понижение механических свойств оказывает фосфор, в значительном количестве присутствующий во всех исследуемых образцах.

На основные выводы Zschokke (1924) ссылался проф. Гаев (1956) [2], исследовавший сабельный клинок XVIII века из собрания Государственного Эрмитажа. Детально уточнили основные выводы работы [1] американские исследователи Verhoeven и Jones (1987) [3]. Огромную работу, для понимания структуры и свойств восточных булатов, провели Таганов и Калинин (2009) [4], исследовав десятки индо-персидских булатных клинков, собранных экспедициями Русского Географического общества.

Целью данной работы являлось комплексное исследование структуры, химического состава и характера разрушения булатного клинка (рис. 1), обладающего крупным узором, типичным для индо-персидского периода XVII – XIX веков. В процессе исследований решалась задача по выявлению основных физико-химических факторов, влияющих на морфологию структурных элементов булатного клинка. Ставилась задача по установлению взаимосвязи между структурой и характером разрушения булатной стали при динамической нагрузке.

Рис. 1. Фрагменты булатного ножа с узором «кара-табан».

Для исследований структуры и свойств булата использовали фрагмент острия ножа длиной 50 мм. Установить эпоху изготовления старинного ножа по фрагменту острия не представлялось возможным. По форме и крупности узора можно предположить, что клинок принадлежал к восточной группе булатов типа «кара-табан», так как после полирования и травления в 4% спиртовом растворе азотной кислоты на боковой поверхности клинка проявлялся контрастный узор с золотистым отливом (рис. 1).

Химический состав булатного фрагмента определяли с помощью оптико-эмиссионного спектрометра типа ARL 3460. Размер анализируемого образца составлял не менее 15x15x30 мм. В результате, среднее массовое содержание углерода в булатном образце составило 1,48%С. По современной классификации, булатный образец является высокоуглеродистой заэвтектоидной сталью. В образце практически отсутствуют остатки продуктов раскисления кремнием до 0,088%Si, марганцем до 0,005%Mn и алюминием до 0,004%Al. Спектральным методом химического анализа обнаружено пониженное содержание серы до 0,01%S и завышенное содержание фосфора около 0,19%P. Данный показатель по фосфору в десятки раз превышает пороговое значение для высококачественных сталей. Все остальные легирующие элементы не превышали тысячных процентов. Таким образом, исследуемый фрагмент острия булатного ножа по

современной классификации является нелегированной высокоуглеродистой сталью с повышенным содержанием фосфора.

Для облегчения упоминания по тексту статьи обозначим булатную индо-персидскую сталь как Б15П. В маркировке сплава буквы и цифры означают следующее: Б – булат, содержащий не более 0,1% марганца и кремния (каждого в отдельности); 15 – средняя массовая доля углерода (1,48 масс. %); П – фосфор с массовой долей не менее 0,1%.

Методом рентгенофазового анализа, с помощью дифрактометра ARLX'TRA, обнаружен только феррит (α -Fe) и цементит (Fe_3C) при явном преобладании дифракционных пиков феррита. Объемное соотношение между ферритом и цементитом определить не представляется возможным из-за наложения всех дифракционных линий феррита на дифракционные линии цементита. Промежуточные фазы типа фосфида железа либо остаточного аустенита, которые могут образоваться в процессе кристаллизации булатного слитка (wootz), методом рентгенофазового анализа не выявлены. Фосфор со средней массовой долей около 0,19%, способен полностью раствориться в феррите, не образуя тройной эвтектики $\{\text{Fe}-\text{Fe}_3\text{C}-\text{Fe}_3\text{P}\}$. При этом, являясь примесью внедрения, фосфор сильно искажает кристаллическую решетку, подавляя образование остаточного аустенита при термической обработке. Таким образом, *индо-персидский булат Б15П состоит из двух фаз: феррита (α -Fe) и цементита (Fe_3C).*

Исследуя микроструктуру булатного фрагмента в продольном направлении (со стороны обуха клинка) наблюдали регулярную квазислоистую структура, сформированную в процессековки ножевого клинка (рис. 2, а - б). На темном фоне матрицы видны светлые прерывистые слои толщиной от 15 мкм до 45 мкм, обогащенные продолговатыми округлыми частицами цементита. Плотность прерывистых карбидных слоев составляет от 10 до 15 штук на 1,0 мм. Толщина темных промежутков между светлыми карбидными слоями находится в диапазоне от 45 мкм до 75 мкм.

Рис. 2. Структура обуха клинка из сплава Б15П (продольное направление):
а – оптическая микроскопия; б – растровая микроскопия.

Микрозондовым спектральным анализом выявлен химический состав светлых и темных полос в булатном фрагменте Б15П (рис. 3). Темные слои соответствуют высокочистой эвтектоидной стали типа У8А. Светлые слои, по своему содержанию углерода и количеству примесей, соответствуют высокоуглеродистому белому чугуно. Распределение химических элементов в карбидных и трооститных слоях представлены на рис. 3. Анализ показал, что в карбидных слоях наблюдается повышенное содержание фосфора около 0,38% и серы около 0,14% (Spectrum3). В темных трооститных слоях количество фосфора плавно снижается до 0,2% на границе карбидо-трооститной смеси (Spectrum2) и до нуля в срединной части трооститного слоя (Spectrum1). Количественный

анализ распределения фосфора по слоям, позволяет установить основные закономерности при кристаллизации булатного слитка. Таким образом, *индо-персидский фосфористый булат Б15П* рожден с *значительной химической неоднородностью в междендритных участках в процессе кристаллизации булатного слитка.*

Spectrum	The content of chemical elements, %				
	C	Si	P	S	Fe
Spectrum 1	0,86	0,03	---	---	99,11
Spectrum 2	3,54	0,16	0,20	---	96,10
Spectrum 3	4,13	0,18	0,38	0,14	95,18

Рис. 3. Анализ темных и светлых полос в структуре булата типа Б15П

Фосфор, обладая высоким коэффициентом ликвации, способствует протеканию процесса сегрегации углерода в междендритных промежутках во время кристаллизации булатного слитка (рис. 4, а). При длительной изотермической выдержке (около 1200 °С) формируется метастабильная квазиледебуритная структура с вытянутыми избыточными фазами, которые в процессековки при температуре прогрева ниже A_{cmn} 30...50 °С превращаются в обособленные карбиды продолговатой формы (рис. 4, б).

Рис. 4. Структура булатной стали типа Б15П (фронтальное направление):
а – после кристаллизации слитка; б – послековки в ножсечную полосу.

Продолговатые избыточные карбиды по морфологическому признаку напоминают морскую овальную гальку с утолщением в средней части. Размеры карбидов в поперечном сечении составляют около 3...4 мкм, в продольном сечении не превышают 9...12 мкм, отношение осей составляет 1/3. Химический состав обособленных избыточных карбидов показал, что в них несколько завышенные значения углерода около 7,06% (Spectrum1 на рис. 5), по сравнению с цементитом (6,67%С), что указывает на несовершенство кристаллической решетки данных карбидных образований.

С помощью растровой электронной микроскопии выявлены утяжки на продолговатых карбидах, которые приводят к разделению их на равноосные

сферические части (рис. 6, а). Таким образом, избыточные карбиды продолговатой формы, вероятнее всего, являются следствием незавершенности процесса коагуляции при вторичном выделении их из аустенита во время пластической деформации ковкой.

Для выявления особенностей тонкого строения матрицы булата Б15П использовали просвечивающий электронный микроскоп FEI Tecnai G2 20 TWIN. Образцы для просвечивающей электронной микроскопии механически утоняли до толщины 90...100 мкм при помощи абразивной бумаги. На механически утоненных заготовках вышлифовывали сферические лунки с использованием абразивных паст зернистостью от 5 мкм до 1 мкм и суспензии оксида алюминия зернистостью 0,05 мкм.

Рис. 5. Микронзондовый анализ продолговатых карбидов (Spectrum1) и трооститной матрицы в карбидных слоях (Spectrum2).

По данным просвечивающей электронной микроскопии было установлено, что темная матрица булата Б15П представляет собой троостит с межпластинчатым расстоянием не более 100 нм (рис. 6, б). Как правило, пластинчатый троостит образуется в результате закалки в сгущенном воздухе либо изотермической закалкой в расплавленном свином сале. Таким образом, структура булата Б15П представляет собой троостит закалки ($\square \square = 100$ нм) с неравномерно расположенными в ней продолговатыми частицами избыточного цементита с соотношением осей 1/3.

Повышенное содержание фосфора в булатном фрагменте ножа объясняет механизм образования неоднородной структуры, видимой на фронтальной поверхности в виде узора кара-табан (рис. 7, а). Развитой структурной неоднородности способствует сегрегация примесей фосфора и углерода в межосевых участках дендритов. Вытянутые дендритные оси и межосевые пространства, в результатековки в ножевую полосу, образуют в продольном и поперечном сечении совокупность параллельных слоев, состоящих из продолговатых карбидов цементита.

В процессековки, с использованием фасонного инструмента, на фронтальной поверхности полосы образуются выпуклости и вогнутости квазислоистого металла, напоминающие топографический контур (рис. 7, б). В окрестности локального максимума (выпуклости) и локального минимума (вогнутости) контур карбидной

неоднородности приобретает эллиптические формы, а в окрестности геометрического седла контур карбидной неоднородности представляет собой совокупность гиперболических линий. После полировки и травления в 4% растворе азотной кислоты на фронтальной поверхности ножевого клинка проявляется светлый контур карбидной неоднородности на темном фоне троостита закалки, напоминающий древесный либо коленчатый узор кара-табан (блестящий-черный).

Рис. 6. Структура фронтальной поверхности булатной стали типа B15П:
а – растровая микроскопия; б – просвечивающая микроскопия.

Конструкция булатного ножа сделана так, что со стороны обуха, толщина ножа плавно утоняется от основания к краю острия от 2,0 мм до 1,5 мм. При этом, карбидные и трооститные слои сохраняют свои геометрические размеры, тогда как их количество уменьшается от 55 штук до 35 штук. По-видимому, кончик булатного ножа формировали не ковкой клинка в размер, а удалением частей полезного металла шлифованием.

Рис. 7. Коленчатый узор кара-табанбулатного ножа из стали B15П:
а – фото коленчатого узора; б – схема топографического контура.

Подобная картина также наблюдается при формировании лезвия клинка (рис. 8). Торцевая часть клинка, как и обух имеет квазислоистое строение. Ближе к острию лезвия наблюдается не более 6 штук карбидных слоев. Толщина карбидных и трооститных слоев одинакова как на обухе, так на острие лезвия. Размеры продолговатых избыточных карбидов цементита имеют соотношение, как в обухе 1/3. На лезвие клинка избыточные карбиды выходят параллельно, что конструктивно менее выгодно, возможно выкрашивание карбидов при эксплуатации. На режущей кромке образуется микропила из структурных элементов булатной стали. Режущий процесс микропилы состоит в том, что трооститный слой изнашивается быстрее карбидного, реализуя эффект самозатачивания.

Микротвердость в карбидных и трооститных слоях подтверждает эффект самозатачивания кромки лезвия. Диаграмма распределения значений микротвердости по слоям приведена на рис. 9. Широкий разброс данных по твердости в трооститном слое связан с неравномерным распределением растворенного фосфора. Являясь примесью внедрения, фосфор искажает кристаллическую решетку твердого раствора, что способствует упрочнению ферритных слоев в трооститных колониях. Наименьшая твердость наблюдается в середине трооститного слоя (390 HV), где примесь фосфора минимальна. В переходной зоне, на кромке трооститного слоя микротвердость увеличивается до критических значений, достигая почти 600 HV.

Рис. 8. Схема лезвия булатного клинка (поперечное направление).

В карбидных слоях, из-за неоднородности распределения продолговатых карбидов в трооститной матрице, твердость зависит не только от повышенного содержания фосфора, но и от эффекта продавливания и демпфирования алмазной пирамидки. Продолговатая карбидная частица способна вдавливаясь в более мягкую матрицу, показывая заниженные значения твердости. В трооститной матрице карбидного слоя отпечаток алмазной пирамидки может демпфировать, если под слоем скрыта частица карбида, что приводит к завышению данных по твердости. В результате, средняя твердость в карбидных слоях составляет 820...940 HV, что согласуется с данными работ Гаева (770...1000 HV) [2] и Таганова (средняя 800 HV) [4]. Интегральная твердость по Роквеллу на обухе ножа не превышает 48HRC, на кромке лезвия ножа достигает 54 HRC. При такой твердости булатный нож из сплава Б15П обладает максимальной упругостью и хорошей износостойчивостью в режущей кромке.

По форме излома (рис. 10, а - б), полученного при ударном разрушении булатного образца Б15П, можно идентифицировать детали ручьистого рельефа, типичные для внутризеренного скола. Ручьистый рельеф представляет собой ступеньки между различными локальными фасетками скола, направленными вдоль плоскости скольжения. Высота ступенек ручьистого рельефа указывает на связь угла удара к направлению скола внутри колонии троостита. Можно предположить, что фасетка скола, которая не содержит ручьистого рельефа, скорее всего ориентирована под прямым углом к главной оси удара. Таким образом, вид ручьистого рельефа дает нам информацию об направлении распространения трещины во время удара.

Рис. 9. Диаграмма микротвердости булатной стали Б15П.

Ручьистый рельеф видоизменяется либо меняет свою ориентацию, если на пути трещины встречается избыточные продолговатые частицы. От их морфологии и количества зависит то, как будет себя вести трещина в дальнейшем, возможно ли на пути ее роста образование локальных расслоений, обеспечивающих релаксацию напряжений.

Изменение направления скола от одной колонии до другой приводит к ветвлению трещины вдоль различных плоскостей скольжения в зависимости от продольного либо поперечного надреза. Трещина ветвится вдоль карбидных и трооститных слоев при продольном разрушении образца, снижая энергию распространения за счет разделения ее фронта (рис. 10, а). Реализуется механизм внутрислойного растрескивания, заставляя трещину продвигаться в каждом отдельном слое.

Рис. 10. Фрактограммы изломов булатного клинка Б15П:
а – ветвление трещины (продольное); б – торможение трещины (поперечное).

При поперечном разрушении образца, на пути распространения фронта трещины образуются барьеры в виде локальных расслоений, которые обеспечивают полную релаксацию напряжений (рис. 10, б). Перед магистральным фронтом трещины на поверхности раздела карбидных и трооститных слоев образуется ловушка, способная ее остановить. Для дальнейшего разрушения образца необходимо зарождение новых микротрещин на поверхности раздела слоев, что требует дополнительной энергии. В результате, *сопротивление разрушению в поперечном направлении повышается на 20...25% по сравнению с продольным направлением удара.*

Узор типа кара-табанв индо-персидской булатной стали является следствием резкой карбидной неоднородности, полученной в процессе определенного набора

технологических операций. Во-первых, в химический состав восточного индо-персидского булата умышленно либо случайно добавляли примесь фосфора (десятые доли). Сегрегация примесей фосфора и углерода в межосевых участках дендритов, образуют в продольном и поперечном сечении совокупность параллельных слоев (волокон), состоящих из продолговатых (удлиненных) карбидов цементита и высокочистых слоев (матрицы) троостита закалки.

Во-вторых, для более полного протекания процесса сегрегации примесей, булатный слиток (wootz) длительно отжигали (томили) в печи не менее 5-ти...6-ти часов при температуре 1200...1250 °С. При такой изотермической выдержке, линия солидус(АЕ), на диаграмме состояния железо-углерод, сдвигается влево вплоть до эвтектоидной точки, соответствующей 0,8% углерода. Осевые участки дендритов аустенита освобождаются от примесей до сотых и тысячных процентов, что приводит к повышению деформационной пластичности при нормальных условияхковки. Межосевые участки насыщаются избыточным углеродом и легкоплавкими фосфидными элементами, способствуя образованию квазиэвтектических соединений, схожих по своей фактуре и составу с доэвтектическим белым чугуном. Точка кристаллизации в межосевых участках снижается ниже линии ЕС, соответствующей температуре 1147 °С. Дальнейшее охлаждение булатного слитка может происходить в ускоренном режиме.

В-третьих, ковка отожженного булатного слитка (wootz) происходила при температуре выше АСМ на 30...50 °С. Доказательством данного утверждения является полное отсутствие в структуре осколков, возникающих при дроблении избыточной карбидной фазы в процессе низкотемпературнойковки. Малая скорость диффузии фосфора в аустенитной матрице способствует замедленному распаду образовавшихся сегрегаций углерода в междендритных интервалах, что позволяет значительно увеличить температуру нагрева под ковку без потери карбидной неоднородности.

Отрицательное влияние примеси фосфора на пластичность и вязкость разрушения при отрицательных температурах с увеличением содержания углерода в булатной стали широко известно. Еще в начале XIX века Персидский мыслитель Ал-Бируни писал [5], что «фулаз (булат) не выносит холода (Русских) зим и ломается при ударе». Данная цитата убедительно доказывает, что восточные кузнецы в погоне за красотой узора пренебрегали показателями конструктивной прочности боевых клинков по погодным условиям. При содержании фосфора около 0,2% большинство восточных булатов становится не только хрупкими (хладноломкими), но и красноломкими, то есть рассыпаются под молотом при попытке их перековать[6].

Сегодня на основе старинных индо-персидских фосфористых булатных клинков разрабатываются новые инструментальные сплавы ледебуритного класса типа ковкий белый чугун, очищенный от всех посторонних примесей [7 - 9]. Нелегированный ковкий белый чугун, имея в своей структуре более термостойкие эвтектические карбиды ограниченной формы по праву может считаться современным булатом, который не уступает по своим свойствам штамповым сталям типа Х12МФ и быстрорежущим сталям типа Р6М5.

Автор выражает благодарность Первому заместителю директора компании ООО «АиР» (г. Златауст) Герасимову Владимиру Юрьевичу, за предоставление фрагмента острия булатного ножа. За помощь в проведение совместных научно-исследовательских работ, автор выражают глубокую благодарность сотрудникам кафедры «Материаловедения в машиностроении» Новосибирского государственного технического университета к.т.н., доценту Н.В. Плотниковой, к.т.н., доценту А.А. Никулиной, к.т.н., доценту А.И. Смирнову.

1. Zschokke B. Du Damasse et des Lames de Damas // Rev.de Metallurgie, 1924. №21, 635 – 669.

2. Гаев И.С. Булат и современные железоуглеродистые сплавы. // Материаловедение и термическая обработка металлов, 1965. №9, 17-24.
3. Verhoeven J.D., Jones L.L. Damascus Steel, Part II: Origin of the Damask Pattern. // Metallographie, 1987. №20, 153 – 180.
4. Таганов И.Н., Калинин Б.Д. Влияние примеси фосфора на технологию булата. // Металлообработка, 2009. №2 (50), 40 – 46.
5. Ал-Бируни. Собрание сведений для познания драгоценностей (минералогия). // Изд. Академии наук СССР под. Ред. Проф. Г.Г. Леммлейна, 1963. – 518 с.
6. Суханов Д.А. Восточный фосфористый булат // Путь науки, 2018. №1 (47), 29 – 38.
7. Суханов Д.А., Архангельский Л.Б. Микроструктура булата. // Металлург, 2015. №9, 112 - 115.
8. Суханов Д.А., Архангельский Л.Б., Плотнокова Н.В. Морфология избыточной карбидной фазы в высокоуглеродистых сплавах типа булат. // Обработка металлов, 2016. №4 (73), 43 - 51.
9. Суханов Д.А., Архангельский Л.Б., Плотнокова Н.В. Природа угловатых карбидов в булатной стали. // Металлург, 2017. №1, 112 - 117.

**Smagulov Zh.K., Myrzakhmetova A.Zh., Maksutova A.M.
Inspection of the engineering infrastructure of Satpaev**

*EA Buketov Karaganda State University
(Karaganda, Kazakhstan)*

doi: 10.18411/lj-28-02-2018-47

idsp: 000001:lj-28-02-2018-47

Abstract

The purpose of the inspection was a modernization and development of water supply and water disposal systems in Satpaev. Materials of comprehensive examination are the basis for the real research: definition of physical and corrosion wear of reinforced concrete and metal designs; actual sizes of cross sections of elements of designs; drawing up repair lists and assessment of operational suitability. It is shown that technical condition of buildings and constructions is efficient on condition of carrying out capital repairs. Further, timely carrying out maintenance and also the observance of rules of technical operation of designs are necessary. Recommendations about system recovery of water supply and water disposal of the city are made.

Keywords: survey of the water supply network, equipment, engineering communication.

The Republic of Kazakhstan adopted a program for the modernization of housing and communal services until 2020. The program provides for the development and adoption of measures for the modernization of communal infrastructure. The program will restore more than 81 thousand km of engineering networks, up to 50% of communications are subject to renewal. In Satpaev, network wear is 80%. The modernization and development of water supply and water removal systems in Satpaev are offered In work. The following problems are being solved:

1. Providing a practical implementation of the system approach in the reconstruction of old and construction of new water management systems and water supply and sanitation facilities.
2. Expect a clear direction of subsequent design developments from the condition of meeting the requirements for an integrated approach when reconstructing centralized water supply systems and local wastewater systems (septic tanks), taking into account all water users.
3. Obtain preliminary basic baseline data for the development and improvement of the regulatory legal framework in the field of water supply and sanitation regulation.
4. Put a variant of reconstruction and construction of water supply and sanitation systems, taking into account the efficient and cost-effective operation of facilities in the future.