

ИСТОРИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Под словом булат каждый россиянин привык понимать металл более твердый и острый, нежели обыкновенная сталь. Наши поэты, и древние и новейшие, нередко вооружают своих героев мечами булатными: в песне о полку Игоре, сочиненной еще в XII веке между прочим видим, что воины Всеволода с булатными мечами поражали половцев; кому неизвестно также поэтическое сравнение золота с булатом Пушкина. Все это свидетельствует, что булаты в России давно были известны хотя искусство приготовления их никогда не существовало и хотя самые признаки, по которым они различаются от стали, не были народными. Родина булатов принадлежит востоку, и предки наши бывшие в частых сношениях с азиатцами, от них приобретали булаты и самые познания о достоинствах их. Но прочие европейские государства знакомы с булатами едва ли не позже России; по крайней мере история железа, образцовое в свое время сочинение шведского металлурга Ринмана, достаточно может убедить, какое отдаленное понятие имела Европа о настоящих булатах лет за 55 пред сим: Ринман и его последователи полагают, что узоры, видимые на булатах, происходят от сваривания различной твердости стали и железа и что различие узоров зависит от способов сваривания. Булат и до сих пор составляет, по моему мнению, неразгаданный металл; не только химический состав его, но и физические свойства достаточно еще не исследованы.

Поиски химиков не могли обнаружить в нем существенной разности от стали.

Это зависело впрочем не от недостатка в тщательности разложений; но главнейше от недостатка в самой науке: химия, несмотря на быстрое совершенствование, не достигла еще науки точной, и многое осталось для нее тайною природы.

Что неполнота науки может иногда приводить к ложным заключениям, то в отношении к булатам видно некоторым образом из опытов английского химика Фарадея, который, разлагая индийский булат, известный под именем вутца, нашел в нем присутствие алюминия и заключил, что сей металл составляет причину узоров в булате. Впоследствии будет упомянуто о влиянии алюминия на сталь. Наряду со многими известными учеными того времени Фарадей также занимался раскрытием "секрета" изготовления восточных булатных клинков. Новейшие химики хотя оставили мнение Ринмана, допуская, что узор в азиатском булате есть следствие кристаллования при медленном охлаждении расплавленного металла, но не могли определить зависимости свойств одного от вида и расположения самих кристаллов, несмотря на то, что не отвергают зависимости кристаллования от состава тел. Итак, если разность в кристаллизации есть вообще следствие состава тел при некоторых физических условиях, то почему же и в булате она не есть следствие той же причины? И если сталь при медленном охлаждении не получает узоров настоящего азиатского булата, то не ясно ли это доказывает, что состав булата различен от стали; а если химические разложения не обнаруживают этой разности, то остается только заключить, что они несовершенны. Попытки металлургов и художников, старавшихся приготовить булат подобный древнему, не имели также положительных успехов: европейских булатов высокого достоинства мне видеть не случалось, и все, что писано было об этом предмете, не заключает в себе удовлетворительных сведений, ибо ни в одном из трактатов о булате нет истинного основания - достижения совершенства в стали. Таким образом, с одной стороны, недостаток химических познаний, с другой - трудность приготовления хорошего булата, оставляют европейцев в недоумении относительно достоинства его.

Некоторые металлурги, упираясь на химические разложения, не хотят верить в особенное достоинство булатов: один из первоклассных металлургов нашего времени, г. Карстен в сочинении о железе заключает статью о булатах следующими словами: "Какую бы цену ни приписывали булату по узору, она ничего не доказывает в пользу качества металла: напротив того, можно утверждать, что лучшая и наиболее однородная сталь есть именно та, которая наименее способна принять узорчатую поверхность". Но в Азии булаты с незапамятных времен не выходят, так сказать, из молы, и сохраняют постоянную

ценность, подобно благородным металлам. Азиатцы, хотя отставшие от нас в просвещении, не могли ошибаться в продолжении многих веков в истинном достоинстве каждой вещи, приобретаемой за дорогую цену. Они охотно платят за лучшие клинки по 100 и более червонцев. Путешественник наш по Японии г. Головнин пишет, что у японцев булатные сабли как священные вещи переходят из рода в род и сохраняются с таким тщанием, что воин более всего заботится о сбережении своего оружия. Итак, если булаты могли сохранить постоянную ценность по настоящее время и в Японии, и в Китае, и в Индии, и в Персии, и в Бухарин, и в Турции, и в нашей Грузии, то невозможно согласиться с мнением г. Карстена. Эти соображения лет за 12 пред сим заставили меня верить более мнению о булатах, переданному нам древними, нежели точности химических разложений. Собрав несколько образцов, я старался определить относительное их достоинство различными испытаниями, посредством которых я скоро мог заметить, что при некоторых видоизменениях узоров, булат очевидно тверже, но не хрупче стали, следовательно лучше ее. С тех пор я принял намерение опытами доискиваться тайны приготовления булатов. Сначала труд этот казался мне мало важным, но чем более я знакомился с достоинством образцов, тем более убеждался, что первые успехи мои ничтожны " что переход от едва приметного узора до такой крупности, какая замечается на драгоценных клинках, составляет океан, который надлежало переплывать многие годы, не приставая к берегу и подвергаясь различным случайностям. Если мои опыты и увенчались успехом, то этот успех принадлежит не мне, а правительству: оно, дав направление моей службе, наделило и средствами к исследованиям. Этого мало, оно готовило меня к успеху другими пособиями: награды при малейших успехах по службе и милостивое ободрение при неудачах постоянно поддерживали пламенное усердие к достижению предположенной цели. Россия, богатая железными рудами различного свойства, не бедна и искусными руками: ей недоставало только совершенства в общеупотребительном материале - в стали, а это есть булат.

2. ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ О БУЛАТАХ

Булатами называется всякая сталь, имеющая узорчатую поверхность; на некоторых булатах узор виден непосредственно после полировки, а на других не прежде, как поверхность ее подвергнется действию какой-либо слабой кислоты. Сок растений или уксус, приготовляемый из пива, может заменить кислоту. Обнаруживание узоров называется вытравкою. Узоры на стали могут быть весьма различны; но не всякая сталь с узорами должна быть названа булатом. На обыкновенной стали рисовкою и травлением наводят иногда узоры, подобные булатным; но как бы тщательно они сделаны ни были, опытный глаз не затруднится распознать искусство, не зависящее от свойства стали. Такие булаты называются ложными. Другой род булатов имеет хотя искусственные узоры, но заключающиеся в самом металле, так что сколько бы раз ни повторять полировки и вытравки, они снова появляются. Эти булаты известны под именем искусственных или сварочных. Они получаются чрез многократную сварку как различного рода стали между собою, так и с железом. Достоинство сих булатов может быть различно и зависит частью от качества первых материалов, частью от искусства мастеров. Сварочные булаты, отличающиеся внутренним достоинством, приготовляются преимущественно в Азии, например, в Индии, Турции и Грузии, и в особенности теми из мастеров, которые знакомы с обработкой настоящих булатов; но европейские сварочные булаты не приобрели особенной известности, ибо внимание европейских мастеров обращено более на образование узоров, нежели на улучшение качества металла; оттого сварочные булаты, например, солингенские и клингельтальские, хотя имеют узоры, но лишены других признаков, определяющих достоинство булата. Впрочем как бы совершенны ни были сварочные булаты, они не могут равняться с хорошими настоящими; ибо будучи сплавлены, теряют узоры. Настоящий булат отличается от сварочного неподражаемым для искусства расположением узоров, происходящим от состава металла, и тем еще, что при

переплавке не теряет узоров, но претерпевает большее или меньшее изменение в расположении их, смотря по тому, как предпринята была переплавка и какое влияние имела она на изменение в составе металла. Сколько мне из собранных сведений и образцов известно, в Азии разделяют булаты на многие роды. Это разделение основано или на местности, где их готовили и готовят, или на различии способов приготовления, или на свойствах самого металла. Известнейшие из них суть: табан, каратабан, хорасан, кара-хорасан (от провинции в Персии, называемой Хорасан), гынды, кум-гынды, нейрис и шам (слово шам, по уверению капитана английской службы Эбота, есть простонародное название Сирина, почему шам означает собственно сирийский булат). Индийский вутц также принадлежит к булатам. Достоинство булатов познают азиатцы по узору, по цвету грунта или промежутков между узорами и по отливу поверхности при косвенном направлении лучей света. Азиатцы полагают: чем крупнее, явственнее узор, тем выше достоинство металла. Узор почитается крупным, когда достигает толщины нотных знаков, средним, когда не толще обыкновенного письма, и мелким, когда можно заметить его невооруженным глазом. Грунт в булатах бывает или серый, или бурый, или черный. Чем он темнее, тем выше достоинство булата. Иные булаты не имеют отлива, другие отливают красноватым, а иные золотистым цветом. Чем явственнее отлив и чем более он приближается к золотистому, тем выше достоинство металла. Достоинство булатов может быть познаваемо также по звону: чем он чище и продолжительнее, тем выше достоинство металла; но как признак сей находится в зависимости от формы и отделки изделий, то не признается верным. Лучшими булатами почитается табан, каратабан, кара-хорасан, а худшим шам, который заключает в себе преимущественно продольные узоры. Грузинские мастера уверяют, что искусство готовить табан потеряно в самой Азии около 600 лет и что прочие два рода весьма редки в настоящее время.

Слова грузинских мастеров подтверждаются историческими сведениями о дамасских клинках, сообщенными английским ученым Вилькинсоном. Он говорит (в статье о причинах образования узоров на булатах, помещенной в журнале королевского азиатского общества 1837 года): город Дамаск прославился во всем-свете мануфактурами сабельных клинков, но Тимирланг, покорив Сирию в начале XIV века, увлек в Персию всех мастеров и с того времени выделка оружия в Дамаске пришла в упадок, а потомки тех мастеров, рассеявшись по востоку, потеряли искусство. Вышеописанные признаки, как мною дознано многими сравнительными опытами, вернее определяют достоинство металла, нежели все средства, употребляемые европейскими мастерами: последние дают токмо приблизительное понятие о достоинстве стали и притом большей частью в то время, когда она находится в работе, а не в виде готового изделия, о котором остается судить по пробе, соответственной употреблению. Таким образом, при покупке готового изделия, все ручательство в достоинстве ограничивается клеймом фабриканта. Но опытный в выборе булатных изделий азиатец не ошибется в достоинстве без пробы, и, увидев кого-либо усиливающегося распознать достоинство вещи, например, сабли, кинжала, ножа, рубкой по железу или слесарской пилой, наверное улыбнется, ибо твердость может быть условна и зависеть от степени закалки. Если булат надлежащим образом вытравлен, то пробы излишни; без них видно: вязок или хрупок, тверд или мягок, упруг или слаб, остр или туп металл.

3. ОБ УСТРОЙСТВЕ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ БУЛАТОВ

Первые опыты предприняты были в малом виде. Впрочем все принадлежности устроены на тех же началах, на которых впоследствии основано устройство для дела литой стали в большом виде, описанное в сочинении моем, помещенном в № 1 "Горного журнала" за 1837 год. Вся разность заключалась в размерах внутренности печи. Для тиглей, вмещающих от 5 до 10 фунтов железа в кусках, печь в виде цилиндра имела в вышину до 10 вершков, а в поперечнике до 9 вершков. Впоследствии, когда приобретен был

некоторый успех, булаты приготавливались в печах и тиглях, употребляемых для литой стали. Почему я почитаю излишним повторять здесь в подробности об устройстве печей, о приготвлении тиглей и о предварительной прогревке их.

4. О ПЕРВОНАЧАЛЬНЫХ ОПЫТАХ

В 1828 году, когда сделались известными результаты исследований г. Фарадея и когда обретаена была платина на Урале в огромном количестве, его сиятельство министр финансов, граф Егор Францович Канкрин, поручил горному начальству повторить опыты г. Фарадея. Исполнение того поручения возложено было на меня.

Поводом к сплавлению литой стали с платиною послужило г. Фарадею следующее обстоятельство: доктор Скотт, находившийся в Бомбее, доставил в английское королевское общество несколько образцов индийского булата, или вутца, употребляемого индийцами предпочтительно пред сталью на ружейные плашки, на резцы для обточки железа, на ножницы, пилы и вообще на изделия, требующие особенной твердости. Фарадей при химическом разложении заметил в вутце присутствие алюминия и полагал, что узоры, обнаруживающиеся на нем от действий разведенной серной кислоты, происходят от сего металла. Чтоб подтвердить это предположение, он приготовил смесь, состоящую из "железа и алюминия, и через сплавление ее с английской литой сталью получил металл, похожий на вутц, который он и назвал искусственным вутцем, не упоминая впрочем о его свойствах. Потом г. Фарадей, сплавляя сталь, кроме алюминия, с серебром, родием и платиною, заметил, что все сии сплавы были тверже обыкновенной литой стали, что они имели превосходные свойства и в особенности сплавов с платиною. Не имел до того времени случая видеть производства литой стали, ни переплавлять ее, легко представить, сколько предстояло мне затруднений, чтобы хотя в некоторой мере исполнять лестное поручение начальства. Надлежало устроить печь, приготовить огнеупорные тигли, избрать способ приготовления литой стали: ибо сплавление английской стали с платиною не могло принести существенной пользы. Все руководства об этих предметах, бывшие известными мне в то время, оказывались или недостаточными по краткости, или несообразными с местностями. Оставалось прокладывать новый путь. Таким образом протекло более года, пока я в состоянии был представить на благоусмотрение начальства первые образцы платинистой литой стали. Она получена следующим образом (опыт 10-й). В тигель, предварительно прогретый, положено $4/3$ фунта рафинированной стали, 1 фунт мягкого железа, 5 золотников платины и сверху $1/2$ фунта флюса, составленного из $1/4$ фунта кирпичной глины и $1/4$ фунта толченого стекла. Плавка продолжалась 1 час 20 минут при ровном умеренном дутье. Полученная сталь вылита в форму и прокована при умеренном нагревании; по испытании она оказалась весьма твердою и годною на тонкие инструменты.

Из сравнения свойств чистой литой стали с платинистою, одинаковым образом полученных (опыты 15-й и 19-й), оказалось, что первая при большей твердости столь же удобно куется, что по вытравке слабой серной кислотой она обнаруживает узоры, различные в цвете и расположении от замечаемых на литой стали, с землистыми флюсами получаемой. Когда я увеличил количество платины до 2-х золотников на фунт стали (опыт 15-й), то узоры сделались еще явственнее, но расположение их было очевидно различно от булатных. Сии опыты привели меня к заключению, что если в платинистой стали узоры увеличиваются от прибавления платины, то и в литой стали проявление их зависит от присоединения какого-либо металла, или по замечанию г. Фарадея от алюминия, так как флюсом служила глина, смешанная со стеклом. Для определения влияния других земель на сталь я изменял флюсы и вместо глины употреблял кварцевый песок из пережженного горнового камня и известь. Я скоро мог убедиться, что с переменой флюсов и узоры изменяются как в виде, так и в цвете. Дальнейшие исследования показали (от 20 до 35), что от присоединения алюминия узоры бывают желтоваты и малоблестящи. От силиция и магния они светлее и приближаются к цвету цинка, а от кальция к серебру.

Чем слоеватее сталь в изломе и чем удобнее пленится при ковке, тем явственнее узоры, и, следовательно, тем богаче сталь сими металлами. По сравнению с платинистой сталью, в которой количество платины было мне известно, я мог приблизительно определять и количество других металлов. В последнем случае оно могло простираться до 2-х процентов в 100 частях, а при одном проценте сталь удобно может быть прокована, когда она притом не очень тверда. Все эти опыты убедили меня, что присутствие металлических оснований земель имеет вредное влияние на сталь, в каком бы малом количестве они ни находились в ней; притом как узоры от сих металлов весьма различны от булатных, то и следовало искать другой причины для произведения их. С этой целью я желал определить влияние на сталь некоторых металлов, сопровождающих железные руды, ибо вообще предмет, заключающий в себе отношение железа к другим металлам, казался мне недостаточно исследованным Ринманом, Гассенфрацом, Карстовом и другими металлургами, по крайней мере в отношении к предположенной мною цели.

5. ВЛИЯНИЕ НА СВОЙСТВА СТАЛИ НЕКОТОРЫХ МЕТАЛЛОВ

Ряд опытов, произведенных мною с целью определить влияние на сталь марганца, хрома, титана, серебра, золота и платины, привел меня к следующим результатам:

а. Примесь марганца к стали (опыты 36-й и 41-й) в малом количестве до 1/200 не производит в ней видимой перемены, которую тем труднее заметить, что сталь при одних и тех же условиях плавки бывает несколько различна и в качестве и в твердости. Но если в ней заключаться будет до 1/100 марганца, тогда она становится тверже, хрупче или вообще грубою. Зубила для насечки пил как одно из удобнейших средств для испытания стали скоро начинают выкрашиваться, на поверхности полированной и вытравленной стали появляются в первом случае едва приметные, а во втором - мелкие узоры, а грунт становится вместо серого бурым. С увеличением количества марганца до 1/50 сталь делается столь ломкою, что при ударах колется по длине, соответственно направлению слоев, ее составляющих. Эти слои имеют цвет, не свойственный стали, а подобный цинку. Последнего рода сталь по вытравке обнаруживает узоры, хотя мелкие, но явственные. Они, будучи сравниваемы с булатными, бывающими иногда столь же мелкими, оказываются от них весьма различными и по виду и по расположению. Все эти результаты достаточно, кажется, убеждают, что присутствие марганца в стали составляет более вредную нежели полезную примесь. Правило это не опровергает впрочем мнения, принятого металлургами, что для получения хорошей стали необходимы марганецсодержащие железные руды, которые получили с давнего времени название стальных руд. Но, по моему мнению, марганец полезен в железных рудах не присоединением к чугуну или стали, но другим путем, о котором я упомяну впоследствии.

б. С хромом и титаном предприняты были точно такие же опыты, как и с марганцем, прибавляя в первом случае к флюсу хромистое, а во втором - титанистое железо. Результаты сих опытов оказались во многом сходными: то же увеличение хрупкости с умножением примеси сих металлов, те же явления относительно проявления узоров, а главная разность в том, что хром и особенно титан при одинаковом количестве меньше вредят стали нежели марганец, и что сталь с хромом принимает высшую полировку. Что принадлежит до узоров, то они, различаясь от марганца, различны и между собою, но узоры от хрома красивее нежели от марганца и по расположению своему более других приближаются к булатным, что вероятно и послужило поводом французскому химику Бертье почитать хромистую сталь за булат. Грунт от хрома темный, а от титана фиолетовый, по которому присутствие титана легко узнавать можно (опыты 42-49). Вообще опыты показывают, что и марганец, и хром, и титан менее вредят стали, нежели кальций, силиций, магний и алюминий. Сии последние, находясь в стали в количестве, простирающемся до 1/50 части, навверное составят нековкий металл, но если в нем не будет вовсе заключаться углерода, тогда он будет составлять особый сплав

железа более или менее ковкий. В одном из подобных сплавков железа с силицием г. Берцелиус нашел до 19 процентов сего металла, и, несмотря на столь значительное содержание, железо удобно ковалось и по наружному "Виду не отличалось от обыкновенного. в. Сплавки стали с серебром (опыты 49-50), которого они содержали от 1/367 До 1/90, отличались от обыкновенной в особенности удобною ковкостью при значительной твердости. Сталь эта в изломе белее обыкновенной, но, будучи выполирована и вытравлена, не имеет однообразных узоров, несмотря на увеличение серебра, а токмо местами обнаруживает белые неправильные полосы, доказывающие некоторым образом, что серебро неохотно вступает в химическое соединение со сталью. Г. Фарадей замечает, что серебристая сталь менее подвержена ржавчине; мои наблюдения подтверждают также это замечание. При изделиях некоторого рода, как, например, при деле частей, принадлежащих к часам, одно это свойство может быть столь важно, что вознаградит издержки за серебро. Но сплавы с прочими металлами, о которых было упомянуто выше, скорее ржавеют, нежели чистая сталь. г. Отношение золота к стали (опыт 51-й) не показало особенных свойств кроме того, что золотистая сталь оказалась мягче обыкновенной и в ковке и в закалке. Но замечательно, что от прибавления золота в количестве до 1/200 не обнаружилось никаких видимых знаков на поверхности вытравленной стали кроме ровного желтоватого отлива. Влияние золота на сталь при большем его количестве осталось неисследованным. д. Хотя о влиянии платины были уже произведены опыты, но я счел не излишним повторить их при измененном флюсе и при улучшении самой стали, В самом деле новый опыт (52) показал, что платинистая сталь имела уже другие узоры, различные от полученной без примеси железной окалины; они были мелкие, и хотя не везде однообразные, но сохранившие цвет платины. Эта сталь принимала весьма хорошую полировку, была тверда и остра в бритвах, только некоторые из них получали трещины при калке.

6. ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВА ЖЕЛЕЗА НА СТАЛЬ

Если прибавление посторонних металлов имеет видимое влияние на сталь, то свойства ее должны зависеть и от качества самого железа, в котором всегда остаются посторонние примеси в количестве более или менее значительном, как подтверждают и химические разложения железа. В сочинении о литой стали упомянуты некоторые правила, извлеченные мною из опытов (53-62) относительно выбора железа; почему здесь буду говорить токмо о дальнейших опытах, показавших возможность: 1) обращать железо в сталь без помощи флюсов и 2) точнее определить различие в качествах железа.

а. Расплавление железа без помощи флюсов При опытах сплавления железа с флюсом заметил я, что сен последний, расплавляясь прежде металла, спускается на дно тигля, и, оставляя железо обнаженным, доставляет ему случай приобретать углерод - цементоваться. Насыщенное углеродом железо или сталь, не в состоянии будучи оставаться в твердом виде при постоянно продолжающейся высокой температуре, расплавляется и опускается по относительной тяжести на дно тигля, а шлак поднимается вверх по мере расплавления всего железа. Этот процесс объясняет всю теорию образования стали без прибавления тел, заключающих в себе углерод. Он же дал мне идею заменить флюс глиняною крышкою на тигле. Определив из опытов время, в которое остается шлак ниже металла, мне не трудно было назначить время, когда должно прекратить цементование железа и покрыть тигель крышкою (опыты 63-67). Таким образом, в короткое время введен был способ приготовления литой стали из железа без флюса в большом виде, описанный мною подробно в сочинении о стали. Причины, побудившие меня оставить первоначально избранный способ и заменить его другим, заключаются в следующем: 1) удобнее было получать более мягкой стали, нежели твердой; ибо накрытие крышкою находилось в зависимости от навыка, а расплавление и поднятие флюса от причин сложных; 2) что она вообще мягче в ковке и стойчее в зубилах, реже получает трещины при калке, чище в полировке; почему и признана лучшею

прежней и 3) что ей вообще менее свойственны узоры, нежели стали, приготовленной с флюсом и окалиною. Таким образом, с уменьшением или с уничтожением узоров казалось мне, что сталь достигла совершенства, по крайней мере в том смысле, как утверждает г. Карстен. Одно только оставалось для меня странным, что некоторые слесарские пилы из прежней стали сохраняли долее остроту; что по общему понятию должно было приписать тому, что зуб прежних пил приметнее выкрашивался и возобновлял, так сказать, остроту пилы, а выкрашивался потому, что сталь была грубее. Но из результатов всех опытов будет видно, что здесь скрывалась другая причина.

7. ВЛИЯНИЕ НА СТАЛЬ КАЧЕСТВА ЖЕЛЕЗА. ОПЫТЫ (68-73) ПОКАЗАЛИ:

Что сталеватое златоустовское железо и самое мягкое дают одинакового качества сталь, подтверждая тем, что углерод, находящийся в первом, не имеет влияния на изменение свойств ее, но в стали, приготовленной из навивного златоустовского железа, можно было заметить разность в свойствах. Она при одинаковой твердости удобнее куется, принимает лучшую полировку и по вытравке более темный грунт; но в стойкости, сравнительно со сталью из обыкновенного железа, значительной разности не представляет, а сравнительно с переплавленной рафинированною сталью ей уступает. Первые явления сообразны с ожиданием, но последнее оставалось долго непонятным. Улучшение ковкости, полировки и грунта я приписывал уменьшению в навивном железе посторонних примесей и в особенности серы, присутствие которой замечается в некоторых железных рудах Златоустовского округа: навивное железо по способу приготовления подвергается большому действию возвышенной температуры и кислорода; оно, будучи собираемо из обращенной полу-крицы, пред самую фурму, удобнее выделяет и углерод и серу. С допущением в навивном железе меньшего количества серы объясняется разность в грунте металла, а что стойкость не увеличивается, то причина сего явления могла объясниться токмо впоследствии.

8. ВЛИЯНИЕ ВОЗДУХА НА СТАЛЬ

Из первоначальных опытов (опыт 3) видно, что пока я не вымазал нагретой формы салом, выливаемая в нее сталь не ковалась. Это доказывает, что доступ воздуха изменяет свойства расплавленной стали и сближает ее с чугуном: сало, дымясь в нагретой форме, образует отчасти углекислоту, которая, наполняя форму, вытесняет воздух. Хотя это средство оказалось полезным, но нельзя утверждать, что сталь при выплавке не подвергалась совершенно влиянию воздуха; почему мною предпринимаемы были многие опыты к улучшению выливки стали, но ни один из них не мог быть введен в большом виде. Таким образом, устройство шестка, герметически запираемого во время выливки, и снабжение тигля дырою на дне с железным гвоздем не имело успеха, ибо, хотя возможно было сделать устройство для вынута гвоздя, но тигель во дне часто повреждается и металл прежде времени вытекает. Другой опыт, едва не стоивший мне жизни, также не имел успеха. Он состоял в следующем: первоначально приготовили железную форму с воронкою несколько большей в окружности, нежели окружность тигля. Форма и воронка набиты были глиной с песком, не получающей трещин при просушке; в ней отформована пустота для выливки стали. Форма эта просушивалась несколько дней в теплом месте, и оказалась не получившей трещин; также просушена была часть просеянной глины для насыпки на края тигля при выливке металла.

Когда сталь была готова, то вынутый из печи тигель поставили на теплую золу, на края его посыпали кругом сухой глины, а на нее поставили форму, обращенную воронкой вниз, которая имела впадину в глине, соразмерную тиглю. Потом и тигель и форма были захвачены особыми клещами, и мгновенно опрокинуты, так что тигель был уже над формою. В это мгновение слышен был удар, и я с рабочими очутился под дождем расплавленного металла: весь металл вылетел из формы и мелкими каплями разбрызгался над нами. К счастью, холодное время зимы не позволяло быть без теплой одежды и

перчаток, я имел еще время сдернуть одну из них с руки, на которой капля стали успела оставить следы действия своего навсегда. Предстоявшая: беда приписана была, недостаточной сухости формы. Я повторил опыт с пожженной формой и хотя успел вылить сталь, но при ковке она на поверхности получала трещины и плены, происшедшие, вероятно, от прикосновения стали к глине и песку. Сей опыт почитаю я достойным замечания в особенности потому, что на стали сохранились узоры более явственные, нежели на вылитой обыкновенным способом; что они были подобны булатным и что имели даже тот вид и расположение, какое бывает на стали, не вылитой в форму и приготовленной с помощью флюса и окалины. Сталь при опыте получена была тоже с помощью флюса и окалины.

9. О ПЕРВЫХ ОПЫТАХ ПОЛУЧЕНИЯ БУЛАТОВ

Не оставляя намерения получить булат, подобный азиатскому, я продолжал опыты. Прежде всего, я обратился к кристалловоанию стали, приготовляемой без флюса и окалины (74-78); не выливая ее в форму, я дал время остынуть в печи вместе с тиглем; но, встретив затруднение в проковке больших пудовых сплавов, я должен был уменьшить тигли. При сплавах весом в 20 фунтов, я встречал те же затруднения в проковке, особенно, когда сталь была средней твердости; одна, только самая мягкая, сталь могла проковаться в полосы. Результаты сих опытов заключаются в следующем:

а. Хотя сталь, медленно охлажденная в тигле, и имеет склонность к кристаллованию и образованию узоров, но узоры ее столь мелки, что без помощи микроскопа с трудом распознаваемы быть могут, и то не всегда. Но в стали, получаемой без крышки с помощью флюса и окалины, узоры явственнее, хотя она представляет те же затруднения в проковке.

б. Не бывший в ковке сплавов богаче узорами на дне, нежели вверху. Но как всякая литая сталь, взятая от нижнего конца, бывает лучше верхнего, разумея положение её в форме, то из этого следует, что узор может служить признаком доброты стали.

с. В прокованных сплавах узоры обнаруживались или токмо местами или совсем исчезали. Из этого следует, что неровность узоров и самое уничтожение их зависит отковки, а впоследствии увидим, что преимущественно от излишнего нагрева стали при ковке. Подобные следствия бывают и с настоящими булатами, требующими весьма осторожной обработки; между тем, узоры, происходящие от посторонних металлов, не уничтожаются ни от выливки стали в форму, ни отковки. Итак, узоры в стали, медленно охлажденной, различны от узоров, происходящих от металлов, но сходны с узорами в булатах; одна только разность в величине их чрезвычайна. Все вышеупомянутые результаты привели меня к заключению, что булат есть не смесь стали с каким-либо металлом, но смешение железа с углеродом, подобное стали, и что причины образования крупных узоров надлежит ближе всего искать в способе соединения железа с углеродом. Но сведения наши о приготовлении булатов в Азии столь ограничены, что в них нельзя найти руководства. Вот существенные из них:

а) по свидетельству шведского путешественника Шведенборга, японцы готовят сталь из железа, лежавшего долгое время в воде, а Тунберг подтверждает, что японские сабли превосходны и что ими можно перерубать весьма легко гвозди без повреждения лезвия;

б) Тавернье в путешествии по Персии упоминает, что булатная сталь получается из Голконда в виде малых хлебов, рассеченных пополам. Этот вид показывает, что голкондский булат есть сплавов, подобный полученному мною (опыт 78). Мугамет Али описал приготовление персидской булатной стали следующим образом: железо употребляют доставляемое из гор, но не известно, каким способом оно готовится: это железо сплавляют в печи. Она имеет по 4 фута в длину и ширину и от 6 до 7 футов в вышину, стены не толще 8 и 9 дюймов. В 16 дюймах от почвы делают из обтесанных камней горн, у дна которого находится отверстие для отливки расплавленного металла; уголь употребляется самый твердый и тяжелый, отличный от получаемого из дуба.

Дутье в печь производится ручным мехом.

Печь действует без остановок, и по мере накопления металла он отливается в формы. Эти сведения показывают, что способы получения булатов не одинаковы в самой Азии: ибо, очевидно, одни из них составляют медленно охлажденные сплавы, а другие металл, подобный литой стали. К числу первых принадлежит и способ приготовления Вутца, описанный Вилькинсоном.

10. О ВЛИЯНИИ НА ЖЕЛЕЗО РАЗЛИЧНЫХ ТЕЛ, СОДЕРЖАЩИХ УГЛЕРОД.

а. Растений

Хотя определение влияния различного рода растений на железо было предпринималось многими металлургами, в особенности Ринманом и Реомюром, но результаты их опытов не могли иметь прямого отношения к литой стали, ибо они относились собственно до цементования железа; это побудило меня обратить внимание на растения вообще. Клен как твердешее из всех произрастающих здесь дерев предпочтительно пред прочими подвергнут был испытаниям. Потом от самого твердого я обратился к самым мягким растениям, каковы, например, цветы, дабы тем удобнее заметить разность влияния растений на сталь, судя по различной твердости. Опыты (от 79 до 93) производились с прибавлением $1/100$ до $1/20$ кленового дерева. При $1/100$ части сталь бывает весьма мягка без признаков узоров; при $1/50$ твердость ее увеличивается, но узоры то бывают слабы, то обнаруживаются явственно и в последнем случае сходны с булатом; при $1/25$ она с трудом куется, а узоры проявляются также непостоянно. При $1/20$ части клена, когда расплавление и соединение с углеродом достигнуты совершенно, сталь перестает быть ковкою, но узоры как бы произвольно изменяются в величине. В продолжение опытов с кленом замечено только, что при некоторых из них образовалась часть шлака, и в особенности при тех, которые давали сталь с узором, более явственным. Из этого следовало заключить, что переход земель и щелочей, заключающихся в дереве, в шлак, а не присоединение к железу, способствует к образованию собственно булатных узоров, которые на иных образцах были столь явственны, что составляли булат, подобный хорасану, хотя невысокого качества. Прибавление к навивному железу (опыты 94-100) березового дерева имело следствия, подобные клену. Цветы (содержащие, кроме углерода, и азот) давали сталь также с узорами (94) и притом более светлыми, нежели сухое дерево; мука ржаная, сажа голландская хотя производят узоры, но не столь светлые, как цветы. Бакоутовое дерево имело влияние, подобное муке: из сих опытов видно, что успех в получении булатов не зависит ни от степени твердости растений, ни от количества их, но более от образа соединения углерода с железом, и от наименьшей примеси посторонних тел. Итак, понятие Бреана о причинах появления узоров в стали, основанное на одном излишестве углерода и кристаллизации стали, не может быть признано достаточным. Это подтверждается и тем еще, что явственные узоры могут быть на булате и в таком случае, когда он столь мягок, что по закалке не приобретает приметно большей твердости и хрупкости, а остается мягким подобно железу.

б. Животных тел

Опыты прибавления Животных тел к железу (101-104), как, например, рога, слоновой кости, показали, что хотя с помощью их можно получить сталь с узорами, но они никак не могут равняться с узорами настоящих булатов. При сих опытах замечено, однако же, что сырой рог лучше пожженного для проявления узоров.

с. Углерод чугуна

Далее полагал я полезным испытать сплавление чугуна с железом без доступа воздуха, смешивая их в такой пропорции, чтобы составить сталь; ибо известно, что чугун содержит в себе углерода от $3/100$ до $5/100$, а мягкая сталь до $1/100$. Опыты (от 105-107) показали, что 16 частей железа и 4 - чугуна дают сталь, которая куется удобно, но холодноломка и приготовленные из нее зубила нестойки, но что при плавке более продолжительной связью в частях несколько увеличивается. Как опыты сии не показали значительного улучшения

собственно в стали, то и не были продолжаемы без выливки.

А. Влияние ископаемых тел, углерод содержащих

Не видев возможности достигнуть удовлетворительного успеха ни помощью углерода растений, ни помощью углерода животных, мне оставалось ожидать одного в царстве ископаемых. Алмаз и графит казались мне ближайшими телами к достижению цели. Алмаз как чистейший углерод, графит как соединение того же углерода с основаниями земель. Но драгоценность первого лишала возможности предпринять подобные опыты, особенно при неуверенности в успехе; я остановился на графите. Для первых опытов я мог иметь графит посредственного качества; в нем видны были местами прослойки и зерна серного колчедана. Выбрав до 2-х фунтов, невидимому, чистого графита, я предварительно истолок его, в предположении употребить подобно флюсу. Первые опыты, (от 108 до 111) производимы были в малых тиглях, вмещавших до 5 фунтов железа, без крышки. На железо насыпано было до 5 фунта графита. Плавка шла медленнее прежнего на довольно сильном духу, ибо продолжалась 2 и более часа. При разбитии медленно охлажденных в печи тиглей корольки или сплавки казались как бы несовершенно расплавленными; ибо куски железа в некоторых местах сохраняли первоначальную происхождение от просыпавшегося в тигель графита, который, пристав к стенам тигля, не мог впоследствии подниматься вверх. Уже первый опыт увенчался большим успехом, нежели все предшествовавшие. По проковке сплава в полосу на нижнем конце ее обнаружались узоры настоящего булата, а по мере приближения к верху они становились реже и неправильнее. Из нижнего конца этой полосы приготовлен первый булатный клинок, называемый хорасаном, которого узоры к концу становились хуже. Результаты повторенных несколько раз опытов с тем же графитом оказывались сходными. Вся разность заключалась в незначительном изменении грунта и формы узоров, большею частью средней величины. Но этот успех был непродолжителен. С переменою графита или металл не плавился, или не ковался, или, наконец, терялись в нем узоры (опыты 112-129). Одним словом, отыскание потерянного продолжалось два года. Из многих сделанных в это время опытов я мог извлечь только ту пользу, что они открыли другие пути к получению булатов. Таким образом, смешивая железную руду с графитом (от 130 до 138), можно получить непосредственно из руд ковкий булат. Эти опыты заключают в себе открытие в металлургии железа, открытие, важное по многим отношениям: во-первых, потому, что до сих пор да руд в тигле никто еще не получал ковкого металла, в полном смысле этого слова; во-вторых, потому, что сим способом можно получать превосходный булат, если первые материалы будут высокого качества; в-третьих, потому, что оно ведет к предположению, что древний и потерянный более 600 лет способ приготовления булата, известного под названием табан, едва ли не состоял в сплавлении графита с железною рудою; и, наконец, оно ведет к новым открытиям, которые могут послужить и к сбережению горючего материала в доменных печах, и к улучшению качества самого чугуна в тех заводах, где графит находится близко; ибо, если он может восстанавливать железо, то он без сомнения заменит и часть угля, потребного для сей цели, а соединясь с железом, улучшит чугун и приблизит его к состоянию более ковкому или увеличит в нем вязкость, что в особенности может принести пользу при отливке орудий. Но как в Златоустовском округе и вообще на Урале не открыто еще благонадежных месторождений графита, то я остановил дальнейшие опыты над сплавлением железных руд с графитом, особенно потому, что прежде избранный мною способ сопряжен с меньшими расходами. По приискании графита, годного для приготовления булатов, я снова достиг потерянного успеха. Первый графит, годный на булаты, оказался в обломках от пассауских тиглей (опыты от 139 до 140); для сплавления его с железом необходимо прибавлять на 1 фунт до 1/4 фунта кварца, пережженного горнового камня. Плавка производилась в больших тиглях: в один раз полагалось по 12 фунтов железа и до 1 1/4 фунта графита. Плавка под крышею продолжалась от 4 до 5 часов, следовательно, долее

обыкновенной стали. При сих опытах булат получаем был преимущественно продольный, или шам, а иногда и хорасан невысокий. В это время обращали на себя общее внимание опыты директора Парижского монетного двора г. Бреана. Г. начальник штаба корпуса горных инженеров, Константин Владимирович Чевкин, во время обзора заводов, удостоив особенного внимания образцы булатов, приготовленных мною в продолжение опытов, поручил повторить и опыты Бреана. Повторение их заключалось в сплавлении навивного железа с 1/100 и 2/100 голландской сажи, с 1/100 сажи и 1/100 графита, в сплавлении мягкого чугуна с сырым, по равной части (142-145). Плавка производилась под крышею; корольки, или сплавы, получаемые при опытах, ковались хорошо, кроме последнего смешения. Узоры на нижних концах полос были подобны опытам с растительными телами, но далеки от настоящего булата. Эти опыты убедили меня, что Бреан не близок еще к цели, особенно потому, что и самые понятия его о булатах, как я имел случай заметить) выше, не вполне объясняют явления, встреченные мною при опытах. За сими опытами следовали другие, клонившиеся к сплавлению графита без обожженного кварца, так как в этом флюсе я подозревал влияние силиция на булат. Избежать кварца я считал возможным и потому что железные руды могут служить флюсом для расплавления графита и для получения самого булата. Но опыты (146-148) показали, что прибавление обожженной железной руды, или окисла железа, лишает булат узоров; между тем, как тот же графит с кварцем (149) обращал железо в булат. Зная влияние на сталь закиси железа из прежних опытов, мне нетрудно было заметить, что влияние окисла различно от влияния закиси, и это обратило меня к новым опытам (150-151). Я сплавил 10 фунтов навивного железа в тигле без крыши до совершенной жидкости, следовательно, соединил его с таким количеством углерода, какое находится, в чугуне. Сплав этот, как и предполагать было должно, не сковался и узоров не обнаружил; он составлял очищенный чугун. Для проявления узоров он переплавлен с прибавлением 1/2 фунта окалины без доступа воздуха; по сплавке королек покрыт был ноздреватым зеленым шлаком и имел некоторую степень ковкости; но только нижняя часть его могла проковаться, и то не чисто. По вытравке на пластинке оказались крупные узоры кара-хорасана. Другой опыт (152-153) повторен был с обыкновенным железом; он сопровождался подобным же результатом.

Полученный в небольшой пластинке булат, хотя также был кара-хорасан, но имел грунт серый и грубый. Эти опыты показали: 1) что булат может быть получен без графита из всякого железа, прибавляя при переплавке его окалину, и оставляя в тигле до охлаждения; 2) что навивное железо лучше, обыкновенного, ибо грунт булата выше, и 3) что проковка сих булатов тем затруднительнее, чем более заключается углерода в стали. Сравнивая сей способ с персидским, описанным Мухаметом Али, в обоих находится много общего, то же сплавление железа в прикосновении с углем, та же выливка после плавки; не достаёт только окончательного процесса для проявления узоров, который, вероятно, от него был сокрыт и остается до сего времени неизвестным для европейцев. Но я полагаю, что полученную таким образом нековкую сталь, или чистый чугун, персияне или переплавляют с прибавлением закиси железа и тогда уже оставляют в горну для кристаллования, или вылитую сталь подвергают предварительно для удобнейшей проковки другой операции, о которой будет упомянуто ниже, в статье о превращении стали в булат. Сплавление стали с окалиной и появление в ней узоров, служащих признаком улучшения металла, подали повод к прибавлению окалины к самой стали при окончании процесса цементования. Но опыт (154) не оправдал ожидания, ибо вылитая в форму сталь не обнаружила ни узоров, ни разности в свойствах. В этом случае, как и прежде замечено было, узоры уничтожаются от несовершенства способа выливки стали. Но как булаты, получаемые с помощью графита, сохраняют ковкость даже при крупных узорах, не требуя никакой другой работы, то я предпочел прежний способ новому и для усовершенствования булатов обратился к приисканию графитов по возможности лучшего качества.

11. ВЛИЯНИЕ НА БУЛАТ РАЗЛИЧНОГО КАЧЕСТВА ГРАФИТОВ

Многие сорта графитов были подвергаемы испытанию; из них некоторые оказались негодными, другие равнялись в качестве с графитом пассауских тиглей, иные превосходили сии последние; но лучшими оказались: графит из озера Еланчика близ Миасского завода и графит Кумберландский в Англии. К сожалению, здешний графит попадает в виде мелких галек по берегам озера, между хрящем, поднимаемым льдом со дна озера. Он столь редок, что в начале лета можно было собирать до 2-х фунтов. Разведки, неоднократно повторенные в окрестностях озера, не привели к открытию месторождения графита. Впрочем, осушение озера может привести, если не к открытию коренного месторождения, то по крайней мере к отысканию разрушенного пласта, в котором графит, вероятно, находится в большем количестве, нежели в берегах озера.

А. С графитом, выписанным в первое время

Этот графит был двух родов: первый самородный темного цвета, мягкий к осязанию, но с признаками серного колчедана; он по испытанию оказался негодным; второй состоял из кусков от тиглей, но хорошего качества, почему и был употреблен для последующих опытов. В один раз сплавлялось железа от 10 до 12 фунтов и графита от 1 до 1 1/4 фунта с различным изменением в составе флюса, во времени плавки, в степени жара (от 155 до 167). При сих опытах я мог сделать следующие замечания:

1. Железо и графит от тиглей с прибавлением одной окалины весьма трудно расплавляются. Окалина для восстановления своего в железо требует графита около 1,7 части по весу (156).
2. Вместо пережженного кварца может быть с пользой употреблен доломит (158).
3. Если часть расплавленного металла выбежит из тигля, то оставшаяся по большей части лишается ковкости, хотя в ней и сохранились узоры: от места и величины скважины зависит степень повреждения булата, который при подобных случаях иногда теряет и узоры (165).
4. Поврежденный булат одной переплавкой поправить невозможно (166).
5. Чем сильнее жар и чем продолжительнее плавка, тем лучше качество металла, но тем труднее для тигля.
6. Заметна разность между графитом и остатками после плавки. При одних и тех же обстоятельствах от прибавления старого графита металл труднее куется и несовершенно чисто отсекается, а узоры походят более на кара-хорасан, нежели на табан (167).
7. Старое железо, бывшее в земле, труднее плавится, нежели обыкновенное (183).
8. Железо, перекованное в мелкие гвозди, не улучшило булата, и если старые гвозди предпочитают грузинскими мастерами при выделке сварочных булатов обыкновенному железу, то это не по мелкости частей, а по другим причинам, как полагать должно (163).

Б. С другим графитами

Графит сей был сходен с прежним, но светлее. Повторенные с сим графитом опыты (168-173) показали, что он лучше прежнего; ибо получился табан с средними узорами и темным грунтом. Для большего улучшения булатов я продлил плавку до 5 часов, и, действительно, булаты еще улучшились: бритвы оказались отличными, а клинки имели ровный узор, темный грунт и светлокрасный отлив.

В. С графитом, бывшим в плавке

Прежде замечена была разность в свойствах старого графита, почему я счел полезным повторить опыты, употребляя один старый графит (174-179). Они показали:

1. Бывший в плавке графит не требует флюса для расплавления железа (176). Потеря его при плавке столь же значительна, как и первого, а иногда и более, при сем образуется шлаку до 1/2 фунта, а прибавляя окалину, количество его увеличивается до 1 фунта; вес сплавков представляет различие, подобное прежним опытам.
2. Качество металла улучшается по мере прибавления окалины и выделения шлака; причем в особенности заметно улучшение грунта и отлива, который иногда достигает золотистого цвета. Из сравнения свойств булатов видно, что отлив металла может

действительно служить признаком достоинства их.

Г. С графитом миасским и английским

Наружные признаки миасского и английского графитов довольно сходны; но первый несколько темнее последнего; оба дают блестящую, чистую и тонкую черту.

Превосходство сих графитов оказалось преимущественно в улучшении отлива, который бывает золотистого цвета, хотя бы булат был мягок и имел слабые узоры (180-182).

Впрочем, и при употреблении сих графитов замечено, что остатки от первой плавки дают лучший булат, нежели поступающий в плавку в первый раз.

Д. С алмазом

Желая хотя в некотором мере познакомиться с влиянием алмаза как чистейшего углерода на булат, я сделал два сравнительных опыта (185- 186), по возможности при одинаковых обстоятельствах. Я сплавил по 5 фунтов железа и по 1/2 фунта графита, прибавив к одному из них алмаз 1/4 карата. По окончании опыта остаток графита и шлак из тигля, в котором находился алмаз, были тщательно разобраны при помощи микроскопа; но в них алмаза не найдено, так что не осталось повода сомневаться в действительном его соединении с железом. Булаты, полученные при этих опытах, не представляли разности в пользу алмаза; напротив того, булат с алмазом был несколько хуже. Я далек от того, чтобы из одного опыта выводить положительное заключение о влиянии алмаза на сталь, но, имея в виду факты о различии влияния углерода на железо вообще, полагаю, что прибавление алмаза к булату не принесет особенной пользы, а только увеличит его ценность.

Во время опытов с графитом сделаны мною еще следующие замечания:

1. На 12 фунтов железа потеря в графите простиралась до 80 золотников; полагая в этом числе до 15 золотников (опыт 155) для восстановления окалины, на один фунт железа причитается до 6 и 1/4 золотника графита. Хотя из этого опыта нельзя еще сделать заключения о количестве углерода, остающегося в соединении с железом, но сравнение различных булатов, сходных по узорам, показывает, что чем они крупнее, тем тверже булат и, следовательно, тем более он заключает в себе углерода. Что часть углерода может угорать во время плавки, то также замечено было во время опытов по соображению употребленного графита с твердостью полученных булатов, и с вероятностью можно допустить, что расплавленный металл иным каким-либо путем действует на угар графита, особенно когда плавка продолжительнее. Потеря собственно в булате замечается на крышке, которой покрывается тигель; на нижней плоскости ее находятся весьма мелкие шарики стали; они могут образоваться или из паров расплавленного металла, охлаждающихся в верхней части тигля, подверженной меньшей степени температуры, или они суть брызги кипящего на дне тигля металла последнее, кажется, вероятнее.

2. Из 12 фунтов железа и 36 золотников окалины получалось от 12 1/4 до 12% фунта булата (167-177). Столь значительная разность не может быть приписана различному угару в булате, ибо условия плавки были почти одинаковы. Количество получавшегося шлака, соображенное с употребляемым флюсом, представляет также замечательное явление: Шлака получается более нежели вдвое против положенного флюса. Можно допустить, что он разъедает отчасти стены тигля при излишней жидкости и при продолжительной плавке; но подобное действие в значительном виде повредило бы самый тигель; между тем, как иногда вовсе не замечается изменения в стенах тигля под шлаком и над оным. Появление шлака, когда не употреблялось флюса, а одно токмо дерево, подтверждает, что он выделяется большей частью из железа. При одном из опытов (176), когда в тигель не было положено ничего кроме железа и графита, бывшего уже в плавке и, следовательно, не содержащего посторонних примесей, получено шлаку 1/2 фунта. Приписать появление его внешней причине невозможно, ибо крыша была цела и плотно припаяна к тиглю; стены его, начиная от крыши до шлака, сохраняли вид обожженной глины, притом они везде имели соответственные размеры. Итак, остается заключить, что если не весь шлак, то большая часть одного выделилась из металла, и если выделившийся

шлак был жидок, то он мог растворить и часть глины, прикасающейся к нему. Сверх того опыты подтверждают:

- а) если в составе для получения булата не находилось флюса и если получится булат без шлака, то он будет весьма низкого качества, и
- б) если с прибавлением флюса по сплавке получится шлаку менее, чем было положено флюса, то и в таком случае булат будет низкого сорта.

12. О ПРЕВРАЩЕНИИ ЛИТОЙ СТАЛИ В БУЛАТ

Из опытов видно, что твердые булаты, как, например, кара-хорасан, содержат более углерода, нежели литая сталь, что подтверждается и химическими разложениями, а между тем они не лишаются ковкости, следовательно, кристаллование стали не уменьшает, а увеличивает ковкость металла. И если литая сталь не готовится с подобным количеством углерода, то это потому, что она лишилась бы необходимого свойства ковкости. Впрочем, известно, что литую сталь, твердую и неудобную в ковке и отделке, улучшают различными способами отжигания. В самом деле, сталь с помощью отжигания, особенно без доступа воздуха, приобретает и более ковкости и более мягкости в обработке, не изменяя видимым образом твердости по закалке. С другой стороны, известно, что продолжительное отжигание без доступа воздуха обнаруживает в стали узоры, следовательно, действует на нее подобно кристаллованию при медленном охлаждении. Из этого следует, что литая сталь может быть обращена в булат. С сей целью я положил сталь в чугунный ящик, поставленный в калильную печь, покрыл его железным листом и лист засыпал просеянным мелким песком с глиной. По прошествии трех суток, вынув сталь и выполировав ее, я нашел все образцы с узорами: на твердых они были крупнее, а на мягких - мельче. Образцы оказались мягче прежнего в ковке, столь же тверды по закалке и стойчее на зубилах.

Как отжигание стали в закрытом ящике при первом опыте очевидным образом оправдало мое предположение, то я счел предмет этот достойным подробнейшего исследования и притом в большем размере.

На сей конец я устроил особую отжигательную печь (чертеж А).

1. Устройство. Печь состоит из топила (а), с колосниками (б), пролетов (с), из топила под основанием свода, на которое становится чугунный ящик (л) на кирпичи, поставленные на ребро (е) и составляющие обратные пролеты под ящиком (и); стены (&) по сторонам ящика сведены сводом (к), по которому пламя обращается опять в пролеты (и), выведенные с одной стороны до высоты свода, а потом в дымовую трубу (б). Вся печь выложена из обыкновенного кирпича, так как жар в ней доходит токмо до светлокрасного каления, а пролеты как наиболее подверженные действию жара из белых глиняных кирпичей.

2. Процесс отжигания. В ящик помещается до 40 пудов прокованной литой стали; она покрывается двумя железными листами, вырезанными по мере. На них насыпается на один вершок песку вровень с краями ящика. После того окна в своде (т) и с бока (п) закладываются кирпичами на глине и в последнее вставляется железная трубка (п) с крышею для наблюдения за степенью жара. В топиле забрасывают по 3 и по 4 полена березовых дров и по мере сгорания их прибавляют снова. В третий день ящик прокаливается докрасна; тогда, вынув один кирпич из переднего окна, поправляют песок, дабы он при осадке листов не осыпался. Выровняв надлежащим образом и заложив кирпич на глине, продолжают накалывать ящик от 3 до 9 суток, смотря по твердости заложеной стали, забрасывая дров по 4 и по 5 полена. На отжигание 40 пудов стали употребляется до 5 сажень квартирных березовых дров.

3. Влияние на сталь состава, употребляемого для покрытия, и результаты, выведенные из опытов. При производстве опыта в большом виде мне казалось излишним употреблять мелкопросеянный песок, почему и употреблен был обыкновенный речной, но по окончании процесса отжигания я был немало удивлен, когда не нашел в стали узоров, а,

напротив, заметил в изломе каждого бруска зернистую оболочку, потерявшую первоначальную твердость. Этот опыт ясно показал, что кварцеватый песок не может составлять крыши довольно непроницаемой для углерода, заключающегося в стали. Почему я повторил опыт с другой сталью, закрыв ее двумя железными листами, замазав их плотно глиной и покрыв наравне с краями ящика просеянным песком. Хотя по окончании отжигания я получил стальные полосы с узорами, но они не были столь ясны, как при опыте в малом виде. Продолжая повторять опыты с меньшим или большим успехом, я вовлечен был в другую ошибку чрез прибавление к песку золы, которая, казалось мне могла совершенно герметически запереть ящик, но я встретил новое неожиданное явление: полученные бруски стали при закалке получили трещины, между тем как в неотожженной стали этого порока не было. Хотя трудно объяснить истинную причину сего явления, не подвергнув сталь химическому разложению, но ближайшею, можно полагать, что сталь повредилась от присоединения к ней поташа, заключающегося в золе. Неоднократно повторенные опыты с различным изменением состава для крыши показали, наконец, что обмазка железных листов или чугунных досок белой глиною, засыпка ее глинистым песком и частое промешивание одного во время хода печи предохраняют сталь от повреждения и служат удовлетворительным средством к обнаруживанию узоров в стали или к превращению ее в булат. Вышеописанные опыты показывают, что сталь во время отжигания может подвергнуться тройному изменению в свойствах: или сделаться мягче, особенно с поверхности, или сделаться грубее, или, наконец, приобрести узоры без заметного изменения в твердости. Изменение первого рода обнаруживается слоем окалины на поверхности стальных полосок, которая появляется и в таком случае, если в ящике образуется трещина. Сверх того, сталь в изломе приобретает зернистое сложение токмо с поверхности, от которого происходит особый кант белого цвета по краям бруска.

"Признаки изменения второго рода или повреждения стали заключаются в малом изменении сыпи в изломе брусков и в удобном разламывании их без закалки. Наконец, признаки соответственного отжигания суть: чистая поверхность брусков без малейших следов окалины, вязкость металла и ровное крупнозернистое сложение в изломе, которое, впрочем, бывает неодинаково по всей длине бруска, так, что конец одного, составляющий верх отлитой болванки, не имеет почти никогда крупнозернистого сложения, а вместе с тем и явственных узоров. Из опытов при отжигании стали выведены мною следующие правила:

1. Для проявления узоров достаточно трехсуточного прокаливания, исключая времени, потребного для прогрева печи.
2. Чем продолжительнее отжигание, тем сталь становится мягче, хотя бы приняты были все меры к закрытию ящика. Это объясняет причину, почему для отжигания твердой стали употребляется более времени, нежели для мягкой.
3. Чем лучше сталь, тем скорее она приобретает крупнозернистое сложение или тем удобнее кристаллуется. Выше упомянуто было, что совершенство отжигания зависит от непроницаемости чугунного ящика. Для сего он до употребления должен быть подвергнут испытанию: налитая в него вода отнюдь не должна просачиваться. Сверх того, дабы он нескоро повредился, стены его не должны быть тонки. Для помещения 40 пудов стали вес его должен простираться до 20 пудов. Толстые стены в ящике необходимы и потому, что он при отжигании, будучи подвержен непрерывному действию воздуха, угорает: образование железного окисла бывает столь значительно, что от трех отжиганий находящиеся под ящиком пролеты наполняются оным, так что прекращается течение воздуха и печь остывает. Для предупреждения сего, пролеты должны быть вычищаемы после каждого отжигания. На сей конец кирпичи против лих должны быть так заложены, чтобы их удобно было вынимать из печи и снова закладывать на глине.
4. Сравнение свойств отоженной и неотожженной литой стали. Существенная разность в свойствах отоженной и неотожженной стали, как замечено было выше, заключается в

том, что первая удобнее куется, мягче в опиловке, менее повреждается в закалке и стойчее после оной. Все сии свойства замечены из сравнения кусков от одной и той же стали, отожженных и неотожженных и как на отожженной стали появляются узоры, то из этого следует, что они могут служить признаками улучшения ее. Но, так как узоры бывают весьма различны на стали одного и того же сорта, то это доказывает, что достоинство каждого сорта может быть весьма различно, хотя бы сталь была получена из одного железа. Из этого видно, что процесс отжигания стали, кроме улучшения свойств ее, доставляет новое средство к точнейшему сортированию стали. Отожженная сталь, как имеющая узоры, подобные булатным, должна нести и одинаковое с ним название. Для отличия от настоящего булата я называю ее литым булатом. Отливка стали в формы хотя нарушает склонность к кристаллованию, но она необходима для облегчения проковки больших сплавков и составляет единственное, средство к удешевлению булатов до ценности стали. Что, подобного улучшения в стали не было достигнуто в Англии помощью отжигания, так как и английская сталь получает при сем процессе узоры, то это, мне кажется, потому, что тамошние мастера не довольно обращали внимания на изменения в стали при различных условиях отжигания, а приписывали улучшение, ее более, влиянию посторонних тел, при отжигании обыкновенно, примешиваемых. Впрочем, описанное отжигание стали не есть последнее средство к улучшению ее, как видно будет из последующей статьи.

5. Отжигание железа. Если отжигаете, производимое по описанному мною способу, полезно для литой стали, то должно было ожидать, что оно будет полезно и для самого железа. В этом предположении, я наполнил ящик обыкновенным полосовым железом и подвергнул его отжиганию, подобно стали. Опыт показал, что железо всех изменений по излому, как, например, жильное, мелкозернистое и сталеватое, после отжигания получает однородную крупнозернистую сыпь или приобретает излом, наиболее уважаемый в железе. Отожженное железо, быв употреблено на приготовление литой стали, очевидно, ее улучшало: ибо увеличило в ней связь в частях при одинаковой твердости. Но как на дело стали употребляется исключительно негодное железо в виде мелких обсечков, то я счел полезным подвергнуть их также отжиганию в плавке. Результаты этих опытов оправдали ожидание: ибо сталь, получаемая из отожженных обсечков, оказалась лучше прежней. Не ограничиваясь этим успехом, я желал соединить процесс отжигания с процессом цементования и пересыпал обсечки в ящике промытым угольным мусором. Хотя сим средством, по недостаточной степени жара, я не достиг процемментования железа или обращения его в сталь, но железо скорее приобретало зернистое сложение, нежели без мусора, а получаемая из него сталь достигла желаемого совершенства. Это послужило поводом к постоянному употреблению угольного мусора при отжигании железных обсечков. Таким образом, отжигание железа поставило златоустовскую литую сталь на ту же степень совершенства, на которой до сего времени находилась токмо английская литая сталь. Для сохранения расходов я устроил отжигательную печь в большом виде, в которой чугунный ящик вмещает до 200 пудов обсечков. Для пояснения ее устройства и размеров прилагается здесь чертеж В. В сей печи отжигание продолжается 18 суток; в это время употребляется: дров 7-четвертовых до 5 сажень, негодного к употреблению угольного мусора для пересыпки обсечков по I решетке на каждые 5 пудов обсечков. Хотя бы сталь была приготовлена из отожженного железа, вторичное отжигание крепкой стали почитаю я тем не менее полезным. Оно должно быть предпринимаемо с целью обнаружить узоры или обратить ее в булат. Токмо при этом условии всякая сталь может быть в своем роде совершенна, равно как и изделие, из нее приготовленное, ибо с потерей узоров никто не может поручиться, что металл сохранил первоначальные свойства, а легко может встретиться, что одна какая-либо часть изделия подвергнута излишнему жару и тем лишена связи в частях. Хотя вторичное отжигание сопряжено с новыми издержками, но они покрываются уменьшением брака в стали при проковке, если бы железные обсечки не были предварительно обжигаемы. Оно производится без прибавления мусора и

продолжается токмо трое суток в ящике первой печи. Для испытания успеха отжигания достаточно выполировать и Вытравить конец одного бруска чтобы быть уверенным, что и все прочие обнаружили свойственные им узоры. Нет сомнения, что литой булат по малой ценности войдет во всеобщее употребление не только на многие инструменты, но и вообще на изделия, требующие остроты и стойкости, приготавливаемые ныне или из уклада, подвергаемого рафинированию, или из цементной стали, или, наконец, из дорогой английской литой стали.

13. О НАРУЖНЫХ ПРИЗНАКАХ БУЛАТОВ

Признаки, по которым можно верно распознавать достоинство булатов, составляют, так сказать, ориктогностическую часть их. Наружные признаки суть следствия химического состава и тех физических условий, которые более или менее благоприятствуют к принятию определенного вида, данного природой каждому роду тел. В описании опытов замечены были основания, из которых заимствовались признаки, служащие к различию булатов. Они суть: узор, грунт и отлив металла при косвенном направлении стали. Об узоре. В общих понятиях о булатах упомянуто о величине узоров; но что принадлежит до вида и расположения их в металле, то по чрезвычайному разнообразию в сих отношениях узоров различие по ним степени достоинства металла требует не малой опытности. Средства к скорейшему ознакомлению с булатами заключаются, по моему мнению, во-первых, в приобретении образцов или, по крайней мере, верных рисунков с узоров, бывающих на булатах; во-вторых, в знании основных правил, извлеченных из опытности и из самых процессов приготовления булатов. В булатных сплавах узоры видны на поверхности самого металла; они еще явственнее обнаруживаются на шлаке, покрывающем его, так что по одному шлаку довольно верно можно судить о качестве металла. Внимательное наблюдение шлаков в микроскоп показывает, что поверхность, лежащая на металле, принимает все неровности самого металла. Они бывают весьма различны; то состоят из неправильных возвышений и углублений, то из возвышений продолговатых, более или менее параллельных между собой, то из прядей, более или менее явственных, то из прямых параллельных линий, более или менее длинных и толстых; то из прямых параллельных линий, пересекаемых другими под углами более или менее острыми и составляющими косоугольные сети; то прямые линии пересекают одни другие под прямыми углами и составляют отдельные квадраты, в которых расположены пересеченные прямые линии, имеющие вид точек. Число их зависит от числа родов, помещающихся в квадратах линий, и бывает весьма значительно. При первом шлаке не обнаруживается узоров в прокованном металле; при втором они бывают неправильными полосами по длине металла; при третьем полосы сохраняют параллельность; при четвертом полосы бывают двойки: одни идут по длине, более или менее загибаясь, а другие поперек под различными углами и с различной кривизной; между ними проявляются иногда точки; при пятом продольные линии получают большую кривизну, а поперечные образуют ломаные линии, сходящиеся под разными углами, составляя сетиподобные узоры; при шестом кривизна линий как продольных, так и поперечных увеличивается, а местами между ними появляется множество точек, уподобляющихся своей массой виноградным гроздям. Иногда эти грозди замечаются в металле токмо местами, а иногда расположены рядами, разделяя его на колены, сходные в расположении узоров между собой, так что металл кажется составленным из многих кусков, спаянных поперек полосы. Первые два рода шлаков сопровождаются булатами, не годными ни на какое употребление; почему и не причисляются к булатам; но при последующих они бывают тем совершеннее, чем более правильности в узорах шлаков.

Качество прокованного булата возвышается в следующем порядке:

1. Если узор состоит преимущественно из прямых, почти параллельных линий, то это есть худший булат.
2. Если прямые линии становятся короче и места их начинают занимать кривые, то и

металл возвышается в достоинстве.

3. Когда проявляются ломаные линии и точки и когда кривые линии умножаются, в таком случае булат становится еще лучше.

4. Когда ломаные линии становятся короче или переходят в точки и появляются во множестве, так что образуют на булате местами поперечные, подобные сети узоры, разделенные прядями, извивающимися по различным направлениям, которые служат как бы связью одной сети с другой, то в таком случае булат еще более приближается к совершенству.

5. Наконец, когда состоящие из точек поперечные сети столько увеличиваются, что составляют грозди, подобные виноградным, или простираются почти во всю ширину полосы или вещи, разделяя ее на колены, почти равные между собой и сходные в узорах, в таком случае булат должен быть назван совершенным по узору.

О грунте. О грунте металла в виде сплава можно также судить по шлаку. Один и тот же флюс дает шлак различных цветов; чем стекловатее и бесцветнее шлак, тем белее и грунт металла, и, наоборот; но металл бывает лучше, чем темнее шлак. Черные шлаки бывают однако различны, одни стекловаты, а другие тусклы, и тогда узоры на них перестают быть явственными. Из этого видно, чем темнее грунт, тем выше достоинства металла; почему в отношении к грунту булаты могут быть разделены на серые, бурые и черные. Что принадлежит до разности, замеченной в черных шлаках, то она будет объяснена ниже.

Об отливе. Сей признак обнаруживается на поверхности сплава, когда он будет вынут из тигля по достаточном остужении, а не в то время, когда металл может окисляться. На сплавах худого качества нет отлива, и вообще поверхность их негладка; но чем совершеннее металл, тем поверхности блестящее и тем отлив сильнее, он переходит из синеватого в золотистый, так что верхняя часть сплава кажется позолоченною. Этот отлив не может быть приписан окислению металла с поверхности, ибо не имеет радужных цветов, а везде ровен, доказывая более свойства самого металла, нежели случайность. Это свойство обнаруживается независимо от степени твердости металла. Отлив может быть замечен и по шлаку, отливающимся иногда лазоревым цветом. Таким образом, булаты в отношении к отливу могут быть разделены на неотливающие и отливающие красноватым и золотистым цветами. Чем явственнее отлив и чем он более приближается к золотистому, тем совершеннее булат, а если булат (низкого достоинства, то никакой способ вытравки не может придать ему этого свойства. Все вышеупомянутые признаки, взятые в пределе совершенства, определяют предел совершенства в булате.

Совершенный булат обладает следующими свойствами:

1) совершенною ковкостью и тягучестью; в сем случае я разумею не то, что он куется столь же легко, как и мягкое железо, но удобно и чисто; скажу более: он может быть кован в холодном состоянии;

2) наибольшею твердостью по закалке;

3) наибольшею остротою и нежностью лезвия;

4) наибольшею упругостию и стойкостью при соответственных степенях закалки.

Под словом стойкость я разумею свойство, зависящее от собственной твердости металла, и той, которая приобретается закалкою. Прочие булаты обладают сими качествами в различной степени совершенства, смотря по тому, в какой мере каждый из трех признаков становится менее явственным. Я не придаю азиатских названий каждому сорту булатов, ибо они не всегда определяют степень их достоинства; но полагаю за лучшее принять на русском языке названия, основанные на различии узоров. Таким образом, булаты могут быть разделены на пять сортов, а именно: на полосатый, струистый, волнистый, сетчатый и коленчатый. Все они могут быть а) с крупными, средними и мелкими узорами, б) серого, бурого и черного цветов и с) без отлива, с отливом красноватым и золотистым.

14. ЗАМЕЧАНИЯ О ХИМИЧЕСКОМ СОСТАВЕ БУЛАТОВ

Химические разложения некоторых видов булата, произведенные г. Фарадеем и другими, показывают, что в них заключается более углерода, нежели в обыкновенной стали. Впрочем, из этого не следует еще, чтобы все булаты заключали более углерода, нежели сталь: из опытов видно было, что узоры могут быть и на булатах весьма мягких; также видно было, что проявление узоров зависит не от присоединения каких-либо посторонних металлов, но преимущественно от выделения их. Из того следует, что совершенство булата зависит от чистоты железа и углерода, а твердость его от количества последнего. Железо, вступая в соединение со всеми началами, образует составы, можно сказать, беспредельно различные в свойствах, но из всех их без сомнения один углерод образует соединения, наиболее пригодные для удовлетворения нужд наших; а потому на примеси посторонних тел в железе остается смотреть, как на пороки.

15. КРАТКОЕ ПОНЯТИЕ ОБ ОТНОШЕНИИ НАРУЖНЫХ ПРИЗНАКОВ К ХИМИЧЕСКОМУ СОСТАВУ БУЛАТОВ

Пока не сделано точного химического разложения главнейшим видам булатов, невозможно разделять их по количеству составных частей, да и едва ли скоро разложения будут столь совершенны, что определят в точности количество чистого железа и количество углерода. На первый раз я полагаю достаточным ограничиться наблюдениями, выведенными из опытов о булатах.

а. Крупность и явственность, или возвышенность над грунтом, узоров определяет количество угля, а различное расположение их - различные степени совершенства в соединении угля с железом. Количество угля в самых крупных и явственных узорах, может быть, кажется одинаково с чугуном (до 5/100) и при самых слабых и мелких со сталью (до 1/100). В последнем случае чем крупнее узоры, тем менее они отличаются от грунта.

б. Грунт булатов и цвет самих узоров означают степень чистоты железа и углерода; чем он темнее и блестящее и чем узоры блее, тем чище металл, но при каком количестве и каких именно примесей цвет грунта сливается с цветом узоров и металл перестает быть булатом - это должны определить последующие изыскания.

с. Отлив. Опыты с различными графитами убедили меня, что и в самых булатах углерод находится в различном состоянии и что в этом отношении прямой указатель есть отлив. По моим замечаниям, соединение собственно углерода с железом можно допустить токмо в булатах, имеющих золотистый отлив, как, например, в табане и хорасане древних, а в тех, которые отливают красноватым цветом, заключается в углероде посторонняя примесь, как, например, в кара-табане; наконец, в тех, которые не имеют отлива, углерод приближается к состоянию обыкновенного угля. Такие булаты, при значительном количестве угля, бывают хрупки, как, например, многие кара-хорасаны.

16. О ПРИГОТОВЛЕНИИ БУЛАТОВ

Из описания всех опытов, предпринятых мною к отысканию тайны приготовления булатов, видно, что к достижению сей цели мною открыты четыре пути: сплавление железных руд с графитом, или восстановление и соединение железа с углеродом; сплавление железа при доступе углей, или соединение его предварительно с углеродом и восстановление его посредством закиси железа или помощью продолжительного отжигания без доступа воздуха; и, наконец, сплавление железа непосредственно с графитом, или соединение, его прямо с углеродом. Первый, способ требует чистейших железных руд, не содержащих кроме закиси железа никаких посторонних примесей, в особенности серы. Но подобные руды встречаются чрезвычайно редко, притом и потеря в графите весьма значительна, а успех в насыщении железа углеродом не всегда в зависимости от искусства. Сверх того, руды, по малой относительной тяжести, занимают более объема, нежели железо, и, заключая в себе металла около

половины своего веса, уменьшают количество продукта при одной вместимости с железом до 1/4 и даже до 1/8 при одних и тех же прочих расходах. Из этого видно, сколь сей способ дорогостоящ. Таким образом, трудность отыскать в совершенстве первые материалы, случайность соединения железа с углеродом в надлежащей пропорции и дороговизна соделывают сей способ не доступным для введения в большом виде. Но он знакомит и с способом древних и с причиной драгоценности совершенных азиатских булатов, ибо древние скорее могли попасть на способ простой, нежели сложный. Употребление тиглей столь же древне, как и известность золота: ничего не могло быть ближе для древних алхимиков, как испытание плавкой всех тел, похожих по наружному виду на металлы, и в этом случае для них ближе было испытывать графит, нежели для нас, привыкших думать, что он не плавится и может быть полезен токмо в тиглях и карандашах. Второй способ не мог быть введен в употребление по затруднительной ковке при значительном содержании углерода, что происходит, по моему мнению, от недостаточной чистоты кричного железа и от затруднения очистить оное совершенно помощью железной закиси. Железо может быть улучшено способом, употребляемым в Японии и вообще в Азии,- продолжительным сохранением в воде или земле, а очищение угля едва ли будет столь совершенно, как в графите.

Третий способ введен уже в употребление, но как литая сталь для сохранения ковкости не может заключать много углерода, то она и составит особый разряд литых булатов, годных на выделку дешевых изделий: ибо пуд литого булата обходится около 10 рублей. Четвертый способ, как почитаемый мною удобнейшим и соответственнейшим при наименьших расходах, к получению настоящих булатов, составит предмет сей главы. Приготовление булатов составляют следующие главнейшие работы: плавка, проковка, отковка изделий, закалка их, точка, полировка и вытравка.

Плавка.

Различные смешения для получения булатов, степень жара, время плавки упомянуть в журнале опытов; Почему здесь буду говорить только о тех обстоятельствах, которые не могли войти ни в журнал опытов, ни в самое описание их. В обыкновенный тигель, уменьшенный в вышину, закладывается для булата токмо 12 фунтов железа, ибо увеличение сплавков сопряжено с затруднением в проковке. Вообще при закладке железа наблюдается правило, чем тверже должен быть металл, тем менее следует употреблять железа. Таким образом количество его уменьшается до 10 и до 8 фунтов. На железо полагается состав, приготовленный из графита, железной окалины и флюса. Лучшие флюсы суть: горновой камень, получаемый при разломке доменного горна, и доломит. И тот и другой флюс с равной пользой могут быть употребляемы, но только не вместе взятые. В последнем случае выделение шлака из металла становится затруднительным, вероятно потому, что тогда флюс сам по себе составляет правильное смешение для образования шлака. При употреблении кварца, должно остерегаться излишнего прибавления окалины, а доломит сам по себе составляет легкоплавкий флюс, почему он не должен превысить 1/2 фунта, в противном случае повредится тигель. Но если количество его будет соответствовать примеси в графите, то помощью доломита получается булат лучшего качества, нежели помощью кварца. Заложив материал в тигель, покрывают его глиняной крышей и пускают в печь дутье чрез шесток, как описано в сочинении о стали, в такой мере, чтобы жар был сильный, но чтобы из печи не вылетали мелкие угли. В это время ртутный духомер показывает от 3/4 до 1 дюйма при сопле в один вершок в диаметре. По прошествии 3 1/2 часов металл обыкновенно бывает расплавлен и покрыт тонким слоем шлака, а над ним лежит часть графита, поднятого шлаком. Потеря в графите простирается в это время до фунта. Металл имеет слабые продольные узоры, светлый грунт, а если графит хорошего качества, то и отлив. Продолжая плавку 4 часа, графита в потере бывает до 36 золотников, металл получает узоры струистые. После 4 1/2 часов потеря в графите простирается до 48 золотников, а узоры в металле волнистые, средней величины. В это время тигель начинает наклоняться в сторону, в таком случае

продолжение плавки становится опасным и должно ее остановить. Но если наклонение тигля незначительно, то плавка продолжается еще 1/2 часа. Тогда потеря в графите простирается до 3/4 фунта и в металле появляются узоры сетчатого булата средней величины, шлаку накопляется до 1/2 фунта. Когда замечено будет, что тигель хорошо простоял 5 часов, а колосники в печи не заплыли еще шлаком, так что дутье проходит в печь свободно, то продолжают плавку еще 1/2 часа, в сем случае потеря в графите простирается иногда до 1-го и более фунта, но весьма редко случается, чтобы его вовсе не оставалось, если положено было 1 1/4 фунта, а количество шлака простирается от 3/4 до 1-го и более фунта. Металл имеет более или менее крупные узоры, сетчатые, а иногда и с коленами. Но если графит не особенно хорошего качества, то полученный металл редко бывает возможно проковать. При употреблении графита от пассауских тиглей не должно употреблять более одного фунта, дабы металл имел ковкость; но узоры в таком случае будут средней величины, а если уменьшить количество графита до 3/4 фунта, то получится сетчатый булат с мелкими узорами. Из хода плавки видно, что совершенство, булатов кроме состава зависит от огнеупорности тиглей и стен самой печи.

Итак, для получения совершенного булата, необходимы следующие условия:

1. Лучший уголь, дающий наименее шлаку, как, например, чистый сосновый.
2. Плавильная печь, устроенная из самых огнеупорных кирпичей.
3. Огнеупорные тигли, не дающие ни малейших трещин ни в прогревке, ни во время самой плавки.
4. Лучшее железо, обладающее в высшей степени ковкостью и тягучестью.
5. Чистый самородный графит или лучший от тиглей..
6. Пожженный кварц или доломит.
7. Сильнейший жар во время плавки.
8. Наибольшее время плавки.
9. Медленное охлаждение тигля.
10. Наименьшее нагревание при ковке.

По окончании плавки, когда угли прогорят до основания, тогда останавливают дутье. Тигель оставляют в печи до тех пор, пока он остынет, или по крайней мере почернеет. Тогда, отбив крышу, высыпают остатки графита, разбивают шлак и вынимают сплавков, имеющий вид хлеба. Медленное охлаждение тигля необходимо более для предупреждения в нем трещин, когда металл еще не остыл; но что принадлежит до кристаллования булата, то он, находясь в тигле, не может вдруг охладиться, а, выделяя теплоту через тигель, постепенно густеет и, наконец, получает твердость. При остывании булат получает поверхность или ровную, или на ней, около середины, заметно бывает хотя одно место с некоторым понижением, в котором кристаллы булата более видимы и между собой перепутаны. Это составляет так называемую усадку. Она бывает значительно при булатах, не имеющих отлива, и в особенности твердых. Но если в твердом сплаве, не имеющем блестящей поверхности, вовсе нет углубления, то она заключается внутри самого сплава. Это доказывает, что такой булат скорее остывает снаружи, нежели внутри, и что он при застывании занимает больший объем, нежели в жидком состоянии. Все такие сплавы не могут быть прокованы, да и булат принадлежит к самому низкому сорту, хотя бы имел и крупные узоры. Главная причина этого явления заключается, по моему мнению, в количестве посторонних примесей, входящих в состав кристаллов, которые от них лишаются ковкости, а вместе с тем соделывают и самый металл нековким.

Проковка

Она производится под хвостовым молотком, весом до 2 1/2 пудов. Сплавков нагревают при слабом дутье в горну до светло-красного цвета, относят под молот и кладут на наковальню широким основанием. Проковку начинают на тихом ходу молота, поворачивая сплавков кругом в одну сторону. Эту работу отправляют два человека: один другому помогает, поворачивая клещами сплавков. При первоначальной проковке

повторяют нагревы от 3 до 9 раз. Если сплавков не получил трещин, то его рассекают на три части зубилами. При сих работах замечено, чем медленнее проковывается булат и чем чище отсекается, тем он лучше. Разрубленные части идут опять в ковку под молот, где их сначала проковывают в правильные бруски, а потом в полосы: чем медленнее стынет металл под молотом, тем выше его достоинство. Лучшие булаты, несмотря на твердость, проковываются из бруска в полосу с двух нагревов, Я пробовал ковать некоторые без нагрева, и они тянулись, не получая трещин, и во времяковки нагревались докрасна. Если часть полосы нагреть добела, то при твердом булате она лишается ковкости и рассыпается, а при мягком теряет узоры. Таким образом твердый булат переходит от перегревки прямо в чугуна, а мягкий в сталь, которая при дальнейших перегревах также получает седины. Из этого видно, что при проковке булатов ни один нагрев не должен быть оставлен без внимания и точного доведения до той степени жара, при которой узор не теряется; также видно, почему никакая сталь не должна быть перегреваема при ковке. Европейские кузнецы, кажется, вообще менее знакомы с переменой свойств стали при ковке, нежели азиатские: ибо не имеют в виду ясных; признаков ее изменения; но когда начнут обрабатывать булат, то скоро поймут- недостатки прежних своих знаний в этом деле, и тогда всякий будет знать, что потеря узоров вовремяковки есть порча металла, составляющая вину кузнеца.

Ковка изделий

Булат, прокованный в полосы, имеет небольшие неровности и поверхностные плены, происходящие от неровностей при застывании сплава. Чтоб не подвергаться сомнению насчет чистоты откованных изделий, то лучше полосы предварительно обтачивать и оставлять на них знаки по которым бы можно было узнавать нижнюю и верхнюю кромку сплава: ибо нижняя кромка всегда заключает более правильности в узорах, нежели верхняя; и потому должна поступать на лезвие изделия. Приемы при ковке наблюдаются те же самые, какие и при всякой другой стали, только нагревать должно сколь возможно менее и не более мяскокрасного цвета; а окончательная ковка, или наклепка, не требует и этой степени жара, а довольно, если металл будет нагреваем до вишнево-красного цвета.

Калка

Всякий булат или вообще всякая сталь, нагретая и мгновенно охлажденная, приобретает наибольшую твердость, но вместе с тем и хрупкость, подобную стеклу. Эта хрупкость лишает возможности употреблять сталь при наибольшей ее твердости; ибо немного есть изделий, при употреблении которых давление на сталь так мало, что не превосходит остающейся после закалки связи в частях: это суть исключительно слесарские пилы. Оттого они имеют наибольшую твердость против всякого изделия, из того же материала приготовленного. Итак, неудивительно, если, пила будет крепче топора, а сей последний крепче незакаленного булата. Для уменьшения хрупкости и для сохранения по возможности твердости, приобретенной закалкой, искусство нашло средство в нагревании закаленной стали, но гораздо слабейшем, нежели употребляется при закалке. По мере нагревания, связь в частях увеличивается, а твердость уменьшается! Предназначение изделия определяет меру нагревания, а появляющиеся на металле цветы служат признаками для определения самой меры. Нагревание закаленной стали называется отпуском, и главнейшие степени его по цветам суть: желтый, фиолетовый, синий и зеленый. Желтый цвет; означает самую малую, а зеленый самую большую степень отпуска, при которой упругость металла начинает теряться. Изделия, требующие наибольшей стойкости, отпускаются до соломенно-желтого цвета, а изделия, требующие наибольшей упругости, до синего цвета. Но если металл не высокого достоинства, то в первом случае стараются поправить его недостатки фиолетовым, а в последнем зеленым цветами. Впрочем бывают случаи, где оба сии цвета соответствуют роду изделий, например, первый при отпуске зубил, а последний при отпуске кос, долженствующих удобно отбиваться в холодном состоянии. Булаты не очень твердые закаливаются, смотря по роду и назначению изделий, или в масле, или в воде, а самые твердые, из них

преимущественно в сале. Оружие всякого рода достаточно закаливать в сале, предварительно нагретом почти до точки кипения; ибо дознано из опытов, что в горячем сале закалка бывает тверже; в сем случае сало, имея более жидкости, и скорее обращаясь около погруженной в него накаливаемой вещи, скорее ее охлаждает. Нагрев откованную вещь докрасна, погружают ее в горячее сало и, дав ей время остыть, вынимают, обтирают, и с одной, стороны вычищают точильным камнем для удобнейшего наблюдения за цветом отпуска. Потом снова Немного нагревают над углями и наблюдают за появлением цветов, например, при закалке сабельного клинка, у ручки отпускают до зеленого цвета, у конца до синего, а в середине до фиолетового, стараясь, чтобы на месте удара у лезвия оставался желтый цвет. Клинок, таким образом отпущенный, выправляется острым молотком и еще горячий погружается в холодную воду. Подобным образом закаливается всякое булатное оружие. Но ежели хотят вместо наибольшей стойкости придать оружию наибольшую упругость, то в таком случае отпуск делается ровный как в середине, так и в конце клинка синего цвета. Для увеличения твердости лезвия полезно саблю по лезвию обтирать пилою; ибо вообще тонкая вещь тверже закаливается, нежели толстая. Некоторые булатные инструменты и бритвы закаливаются в воде, подобно стальным.

Точка и полировка

Хотя обе сии работы производятся совершенно сходно со стальными изделиями, но я почитаю не излишним упомянуть здесь о некоторых предосторожностях при точке и полировке изделий, требующих особенной остроты и стойкости, тем более потому, что они вообще мало известны: обтачивание на песчаных камнях или точилах имеет влияние на степень закалки изделий особенно тонких. Если обтачивают на сухих точилах клинки то принуждены бывают поправлять упругость, первоначально данную, вторичным нагреванием, после точки, до синего цвета и погружением их в воду, что называется у нас неправильно зеленением вместо синения. Причина введения этой работы заключается в том, что во время точки клинки нагреваются местами так сильно, что приобретают зеленый цвет, показывающий такую степень отпуска, при которой сталь теряет упругость, ибо сие свойство обнаруживается в высшей степени токмо при синем цвете.

Но как многие вещи по употреблению требуют более прочности лезвия, нежели упругости, то и должны иметь меньшую степень отпуска, а именно до соломенного цвета. При обточке сия последних еще более следует обращать внимание на сохранение данного им первоначального отпуска, нежели при клинках. Это достигается обточкой на мокрых точилах, на которые непрерывно течет вода. Но если приток воды будет недостаточен, а вещь сильно придавится к точилу, то предосторожность соделывается бесполезной, и вещь, например, бритва, несмотря на остроту металла, потеряет стойкость или скоро будет тупиться. Это составляет одну, из главнейших причин, почему бритвы из одного материала выходят не одного достоинства. Полировка имеет также подобное влияние на достоинство тонких изделий. Если к полировочному кругу приложена будет вещь на некоторое время одним местом, то она получит излишний отпуск, трудно замечаемый; ибо наждак, помощью которого производится полировка, в то же время уничтожает появляющийся синий цвет. Для избежания отпуска полировщик беспрестанно должен двигать по кругу полируемую вещь и отнюдь не допускать, чтобы она согревалась. При наведении высокого полира еще чаще встречаются отпуска в тонких частях, а именно по самому лезвию. В бритвах это составляет невозвратную потерю. Почему на вещах, требующих остроты и стойкости, лучше не наводить вовсе высокого полира, нежели наводить с малою осторожностью. При булатных изделиях он и не нужен; ибо по вытравке не улучшает ни грунта, ни узоров, а достаточно, если вещь выполирована мелким отмученным в воде наждаком с маслом.

Вытравка

Из описания наружных признаков булатов видно, что вытравка составляет необходимую их принадлежность: без нее или весьма трудно, или совершенно невозможно определять с точностью достоинство булатов. Все кислоты, обнаруживающие действие на железо,

обнаруживают оное и на булат; но чтобы его вытравить или обнаружить узоры, необходимо избрать такую, которая бы скорее действовала на грунт, нежели на узор. Хотя с первого взгляда кажется, что здесь главное основание состоит не в выборе собственно кислоты, но в уменьшении ее действия до такой степени, чтоб она разъедала токмо грунт, а не узоры, которые более противятся растворению по связи между атомами. Но не все кислоты могут быть употреблены для вытравки с равным успехом: ибо действие их на булат не одинаково. Главное различие заключается в том, что одни из них более обнаруживают действие на железо, а другие и на железо и на углерод. Первые, растворяя железо, оставляют углерод в том состоянии, в каком он в металле заключается, а последние изменяют его. Таким образом, азотная кислота, растворяя железо, изменяет и углерод, лишая грунт блеска и отлива, свойственных булату; напротив того, серная кислота, растворяя железо, долее оставляет в грунте блеск и отлив без повреждения, особенно, когда она находится не в виде разведенной кислоты, а в соединении с сернокислой солью, как, например, с железным купоросом.

Персидский железный купорос, содержащий, кажется, часть сернокислой глины, почитается лучшим средством для вытравки клинков. Для составления протравы он предварительно кипятится с водой в свинцовом сосуде. На один штоф воды употребляют до 1/4 фунта купороса. Вытравливаемый клинок должен быть совершенно чист и свободен от масла или других жирных частей; клинок предварительно очищают мелкою золою с водою или щелоком, обмывают в чистой воде и потом или опускают в теплый раствор, или им часто поливают, держа клинок над сосудом с раствором. Когда узоры и грунт обнаружатся, то вынимают клинок, обмывают несколько раз щелоком и холодной водой и потом с возможной скоростью обтирают клинок досуха, стараясь как можно слабее прикасаться сухой льняной ветошью к клинку. Весь процесс вытравки продолжается не более 10 минут, а иногда и менее, ежели раствор купороса крепок. Узоры на булате появляются весьма скоро, но вытравку продолжают еще несколько времени, дабы они резче отличались от грунта, который, теряя следы полировки, приобретает свойственный металлу цвет и отлив. Но если продолжать вытравку долее надлежащего, то грунт начинает терять блеск, а узоры цвет; весь металл потемнеет и, наконец, не видно будет самих узоров. Чистка золой, хотя откроет снова узоры, но грунт будет сильно протравлен и получит матовую поверхность. Почему, если металл при первом действии кислоты не обнаружит ни узоров, ни темного Грунта, ни отлива, то невозможно придать ему сих свойств повторительной или продолжительной вытравкой. Во время вытирания клинка должно в особенности остерегаться, чтобы вытертое досуха место не было тронуту сырой ветошью, ибо на этом месте появится радужная набежалость, вредящая красоте клинка. Вообще травление есть искусство, требующее навыка. Не всякий железный купорос равно годен для вытравки; кроме выветривания самое качество его имеет влияние на успех вытравки. Опыты над вытравкой булатов растительными кислотами показали, что некоторые из них обнаруживают узоры столь же хорошо, как и купорос, а самый способ вытравки гораздо проще. Стоит только намачивать вещь лимонным соком или обыкновенным пивным уксусом, так чтобы он не подсыхал, и, когда узоры обнаружатся, вымыть холодной водой и обтереть досуха ветошью. Вытравляемые клинки смазываются чистым деревянным маслом и снова вытираются досуха, после чего они менее подвергаются ржавчине, хотя бы лежали в сыром месте.

Вообще вытравка способствует к предохранению булатов от ржавчины.

17. О ЦЕННОСТИ БУЛАТОВ И УПОТРЕБЛЕНИИ ИХ

Описанный мною способ приготовления булатов, будучи сравнен со способом дела литой стали в большом виде, показывает меру расходов, не входя в разбор всех мелочей. Таким образом, приняв за основание, что литая сталь обходится со всеми расходами как цеховыми, так и накладными или общими в 10 рублей пуд, булат будет стоить 40 рублей, ибо его готовится в тех же печах вчетверо менее. Сверх того, на графит возможно

лучшего качества потребуется до 2-х рублей на пуд, полагая каждый фунт графита по 50 копеек. Вся ценность булата будет простираться с проковкой до 50 рублей или до той цены, по которой продается английская литая сталь. Может быть спросят меня, что же лучше булат или английская сталь? На этот вопрос я повторю прежде выведенные правила:

- 1) что булат лучше всякой стали, из которой он приготовлен;
- 2) что английская сталь может быть по предложенному мною способу также обращена в булат;
- 3) что этот булат будет весьма посредствен.

Он обнаружит мелкие узоры, и то не прежде, как при вытравке. Таким образом все булаты, обнаруживающие узоры в полосах при точке и полировке без предварительной вытравки, должны быть предпочтены английской литой стали. Сверх того, те булаты, которые при мелких узорах будут иметь грунт и отлив выше английской стали, будут выше и по внутреннему достоинству. Эти краткие технические правила, основанные на результатах исследований о булатах и стали, не требуют, кажется, дальнейших пояснений. Здесь скажу только, что известия, сообщенные нам путешественниками о достоинстве некоторых азиатских булатов, отнюдь не столь преувеличены, как многим из новейших металлургов до сего времени казалось; ибо после того, что мною сказано о различии булатов от стали, каждому будет понятно и различие в достоинстве их. Итак, если коленчатым или сетчатым булатом с крупными узорами и золотистым отливом перерезывают легко на воздухе газовый платок, то тут ничего нет преувеличенного; моими булатами я мог делать то же самое. Но острота изделий из английской литой стали для произведения подобной пробы недостаточна. Самое большое, чего я мог достигать клинком из английской литой стали, состоит в нарезании шелковой материи. Если булатами перерубают кости, гвозди, не повреждая лезвия, то и в этом случае есть истина; но необходимо, чтоб сабля была из хорошего булата, чтобы она была закалена и отпущена, соответственно пробе. Хороший булатный клинок, одинаково закаленный со стальным, всегда его надрежет, или надрубит, и сам не повредится, а посредственные, как некоторые харасаны, хотя и надрубят, но при сильном ударе скоро могут изломаться. Шпажный клинок, из хорошего булата приготовленный, правильно выточенный и соответственно закаленный, как оказалось по моим опытам, не может быть при гнутье ни сломан, ни согнут до такой степени, чтоб потерял упругость: при обыкновенном гнутье он выскакивает и сохраняет прежний вид. А при усиленном, например, наступив на конец ногою и загибая его под прямым углом, он не сломается и, будучи выправлен, не потеряет прежней упругости; при этой связи в частях, булатный клинок может быть тверже всякого клинка, приготовленного из стали. Это есть без сомнения предел совершенства в упругости, которого в стали не встречается. Бритва из хорошего булата, без ошибок приготовленная, выбреет по крайней мере вдвое более бород, нежели лучшая английская, предполагая, что и та, и другая, быв острыми, не будут поправляемы на ремне во время бритья. Вообще можно сказать, что изделия, требующие остроты и стойкости, должны быть приготовляемы предпочтительно стали из твердого булата, т. е. из такого, которого узоры видны без предварительной вытравки, а изделия, требующие преимущественно упругости, из мягких. Само собой разумеется, что и те и другие должны быть по возможности совершенны и не заключать одних продольных узоров.

Оканчиваю сочинение надеждою, что скоро наши воины вооружатся булатными мечами, наши земледельцы будут обрабатывать землю булатными орудиями, наши ремесленники выделывать свои изделия булатными инструментами; одним словом, я убежден, что с распространением способов приготовления и обработки булатов, они вытеснят из употребления всякого рода сталь, употребляемую ныне на приготовление изделий, требующих особенной остроты и стойкости.