

О булатах

Виктор Кузнецов

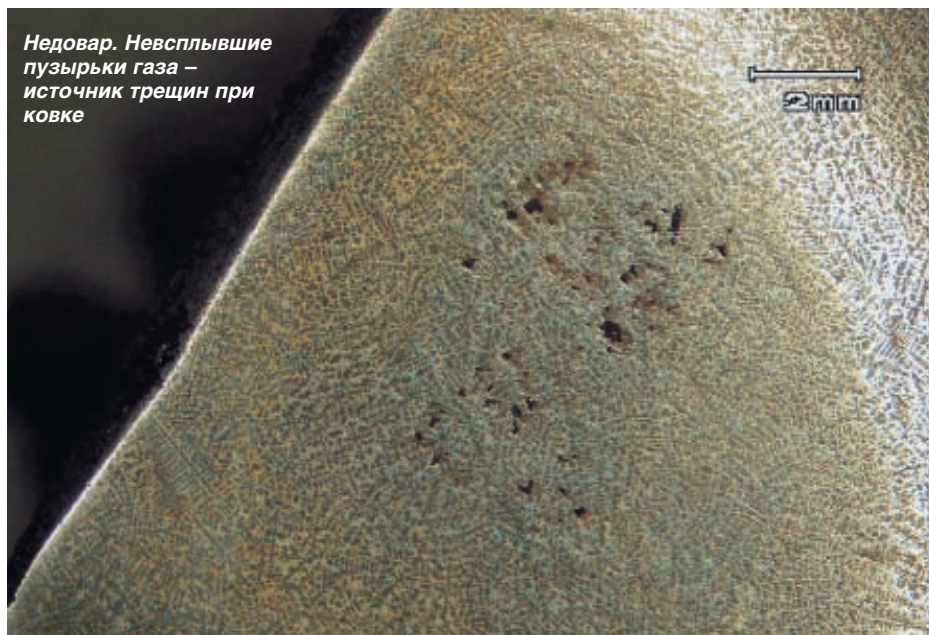
В этом номере мы публикуем окончание материала «О булатах» (начало в журнале «КАЛАШНИКОВ» № 1/2007)

Вернёмся к булату. Когда металл кипит, то флюс соединяется с примесями и всплывает. Процесс долгий – это не пузырьку подняться в бокале шампанского. Чем ниже температура, тем дольше приходится варить. Металл, очищаясь, уплотняется. Из стали выходят даже те шлаки и примеси, которые остались в ней после мартена. Цитата: «Если ... получится шлаку менее, чем было положено флюса, то булат будет низкого качества». П. П.Аносов в своей статье не говорит категорично, что всё дело в чистоте булата. Из-за отсутствия этой категоричности, невнимательный читатель может пропустить главный постулат. Но на каждой странице есть указание на чистоту, как на отсутствие примесей: железо должно быть взято самым ковким и без серы; графит – без серого колчедана; флюс – одного состава. А вот точное указание в главе 10: «... успех в получении булатов ... зависит ... от наименьшей примеси посторонних тел». Если ваша технология варки булата правильна, то металл будет в результате очищен и вакантные места в нём занимают карбиды железа. Кульминация этой главы: содержание углерода в булате соответствует уровню чистоты. Чем чище булат, тем более углерода он содержит при неизменном уровне ковкости. Углерод набирается естественным путём, а насильственно впахивать его – получать нековкую смесь. Берём сталь и графит, варим и делаем анализ. Если в результате получили хорошо ковкий металл, а содержание углерода увеличилось, то ваша технология правильная. Углерод из графита переходит в сталь только после очистки от примесей, в первую очередь – от кислорода. При методе недорасплава железа в чугуна, очистки металла не происходит, более того он загрязняется ещё больше, поскольку шлак не успевает всплыть и остаётся внутри. Поклонникам теории недорасплава задаю контрольный вопрос: зачем портить чугун, разбавляя его сталью? Давайте просто расплавим

чугун и получим булат с содержанием углерода 3-4%! Ответ на этот вопрос наиболее ясно показывает разницу между булатом и недорасплавом. Например, по методу недорасплава варим два вутца. В одном – смесь железных и чугунных опилок, С = 1,8%, куётся, есть рисунок, хрупко, кромка осыпается. Во втором – чистый чугун, после плавки – чугуном и остался. Булат не получился ни в одном из этих примеров, хотя ковкость, на первый взгляд, зависит от содержания углерода: при 1,8% – куётся, при 3% – нет. А вот ковкий булат с любым содержанием углерода варится из чего угодно: железа, стали, чугуна. Всё зависит от чистоты исходных материалов, правильно подобранного флюса и температурного режима. Вот пример: для получения ковкого булата С = 3% можно 20 минут варить шведские электроды, 1 час – железо КП-08, 1,5 часа – старое демидовское железо, 40 мин. – напильники, 1 час – чугун (от батареи, без лигатуры). Повторяю, результат будет один: ковкий булат, С = 3%. Вот доказательство, что варка булата – это технология, а не секретная шихта, и нет смысла тратить время на поиски рецептов, а надо работать над технологией, тогда из чего угодно будет сварен булат с заданными свойствами. Начиная варить булат, в первую очередь надо избавиться от «дамаскового» мышления, от желания соорудить в тигле кулебяку о четырёх углах: в одном углу – Х12ФМ; во втором – ШХ-15; в третьем – 110Х18; в четвёртом 13Х. Это дамаск, а не булат. Очень часто сейчас сплавляют несколько высоколегированных сталей и называют это «булатом». Ну, хорошо, слово «булат» можно оставить, как торговую марку, чтобы завлечь покупателей, но самому с собой надо быть честным, понимать, что это простой сплав, рисунок в нём получен за счёт плохого перемешивания сталей и никакими сверхкачествами этот сплав не обладает. Первая проверка: по этой же самой технологии, в этом же режиме, переплавьте простой напильник и получите булат, металл

со структурой, углерода больше 2 %, хорошо ковкий. Если не получилось, то технология неверна. Проверьте свой сплав на зерно, удельный вес и излом. Думаю, что всё это будет соответствовать обычным показателям легированной стали. И это просто дамаск, полученный в тигле. Булат не более твёрд, чем сталь, а он более вязок, за счёт чистоты и структуры.

Малейшая неравномерность ведёт к растрескиванию по границам ликваций. Если появилась трещина, найдите причину. Это кусочек шлака, или граница двух не полностью смешавшихся металлов, или по шву идет окисная плёнка. Трещиноватость в булате имеет единственную причину – недовар, неравномерность (ликвацию) слитка. Как будете варить вы – это вам и решать, у П. П. Аносова было 2000 градусов умноженные на два часа. Сегодня, зная условия получения хорошего булата, могу твёрдо сказать, что 2000 градусов умноженные на 2 часа – это первая ступенька. Самое интересное находится дальше, но об этом расскажу позже. Если у самых догадливых мелькнуло страшное подозрение – охотно его подтверждаю: ни в одной современной индукционной печи хорошего булата не сварить, поскольку её 1800 градусов, умноженные на полчаса – в подмётки не годятся простому сосновому углю. Хотя можно продолжать заниматься самообманом. В любом случае должна быть достигнута идеальная равномерность слитка по составу. Чем выше технология, тем меньшее значение имеет шихта. Из напильника можно сварить булат $C = 1,6 \%$, а можно $C = 3 \%$ и за один цикл, просто увеличив продолжительность кипения металла. Вот пример: если вам назвали марку стали, допустим Х12ФМ, то глубже вы уже не копаете: не выясняете, а из какого рудника была взята руда для этой стали; а на каком комбинате её варили; а в какой день недели, (чтобы избежать «синдрома понедельника»). Так же и с булатом: если в нём $C = 3 \%$ и он легкоковкий, то нет разницы из чего он сварен – из напильника или чугуна. Углерод в булате вторичен, он индикатор и показатель чистоты, хотя понятно, что рабочие свойства обеспечивает он, всё равно чистота металла важнее –



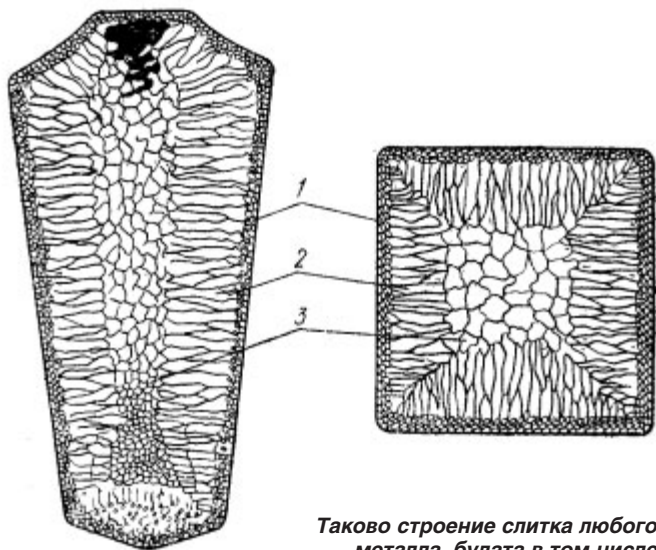
так телегу впереди лошади не запряжёшь. Поэтому и в булате: вначале очистка металла, а потом углерод. Практические шаги таковы: брать самую чистую сталь, тщательно подбирать флюс (не должно быть смеси солей и оснований, иначе пойдёт реакция нейтрализации: шлак и булат будут пористыми). Если во флюсе есть кислородосодержащие компоненты, то количество графита надо увеличивать, иначе весь кислород будет в металле. Ну, и, конечно же, требуется высокая температура, долгое время варки и контроль результата. В качестве шихты всегда надо брать сталь. Во-первых, какую-то очистку она уже прошла, ваша задача очистить её ещё больше. Свободу выбора вам это не ограничивает, поскольку ассортимент сталей бесконечно велик. Во-вторых, это простой путь проверки технологии. Делаете контрольный нож из обоймы подшипника и плавите булат из ШХ-15. Из этого булата куёте что-нибудь и сравниваете с контрольным образцом. Нож из булата должен быть прочнее на излом и сделать на 10-20 резов больше. Если этого нет, значит, технология варки булата неверна, надо менять технологию, а не шихту. Как сказал П. П. Аносов: «Булат вдвое лучше любой стали, из которой он выплавлен». Поэтому делайте анализы, пробы, испытания – это не потеря времени, а движение вперёд. Сотни плавок наобум могут

растянуться на годы без результата. ШХ-15 – чистая электросталь, а вы должны создать технологию, которая очищает её ещё больше. Без этого первого шага дальше идти нельзя. Не прыгнешь на два метра в высоту, не преодолев планку на 1,5 м. Вот простой пример, насколько важна чистота шихты. Г. Дорофеев получал булат с 3 % углерода из ПВ (металлизированные окатыши или железо прямого восстановления). Это чистое железо, сумма всех примесей в котором составляет всего 0,01 %. Начиная плавку булата, вы вступаете в соревнование: против вас вся мощь металлургической промышленности с её многовековым опытом, поэтому не мешает изучить «Металловедение» и «Химию», надо иметь под рукой «Справочник металлиста», «Справочник металлурга» и «Настольную книгу анархиста». Персам всё это было не нужно, поскольку у них знания передавались от мастера к ученику.

Итак, если вы переплавили ШХ-15 и анализ показал, что она стала чище, значит технология варки булата создана, осталось вырастить дендриты.

«Кристаллизованная» (дендритная)

Большинство кузнецов, если не все, считают дендриты святой принадлежностью булата. На самом деле не кристаллизуется при застывании только аморфное стекло. Кристаллы получаются в слитках алюминия,



Таково строение слитка любого металла, булата в том числе

бронзы, стали, чугуна. Самый знаменитый «Кристалл Чернова» – дендрит в 39 см; 3,5 кг – был найден в слитке стали. Кристаллы – это функция слитка и от его состава зависят мало, поэтому, чтобы вы ни плавил – дендриты будут. Вопрос только в том, какие они будут. Вопрос очень важный, поэтому рассмотрим строение слитка. Слиток любого металла, после остывания, обычно состоит из трёх зон.

Внешняя корка мелкозернистых кристаллов, потом зона столбчатых кристаллов, а внутри – равноосные. Практические уточнения: а) поскольку кристаллы растут от холода к теплу (а тепло идет вверх), то столбчатые кристаллы располагаются под углом к оси слитка; в) в квадратных тиглях внешняя корка мелких кристаллов внутри образует круг, а не идет параллельно стенкам. Из строения слитка можно сделать два вывода: а) никакие неровности стенок тигля не влияют на структурообразование – всё сглаживает и нивелирует внешний слой мелких кристаллов; в) рисунок на поверхности вутца говорит о его химическом составе: если есть золотой отлив, значит углерода больше 1,85 %; а веточки говорят о лигатуре.

Самым драгоценным в слитке является зона столбчатых кристаллов. Металл здесь плотный, не содержит раковин и газовых пузырей. Степень развития столбчатых кристаллов зависит от химического состава металла, температуры нагрева, размера слитка, скорости остывания. Идеально, если столбчатые кристаллы сомкнулись в центре – это явление называется транскристаллизацией. Главная задача при плавке булата – регулируя состав, массу, температуру, – добиться транскристаллизации, тогда и булат будет упругим и прочным, и рисунок крупным. А главное – булат будет более ковким, чем с мелкими кристаллами.

Кульминация этой главы: все кристаллизованные металлы отличаются по способу соединения кристаллов между собой.

Выплавляем четыре контрольных вутца. Распиливаем поперёк, шлифуем, травим и рассматриваем рисунок на поверхности.

Слиток первый – чугун: между кристаллами находятся хлопья графита. Это абсолютно нековкий вутец.

Слиток второй – недорасплав железа в чугуне: промежутки между кристаллами заполнены шлаком, сульфидами, окислами и кое-где блестящие чёточки ледебурита. Этот компот чуть более ковкий, чем чугун, но уступающий стали по всем рабочим параметрам; менее прочен, менее плотен. К сожалению, на булат этот сплав похож даже больше, чем бледная поганка на шампиньон. Рисунок может быть любым, ведь он зависит от кристаллизации иковки, а все отрицательные свойства проявятся во время эксплуатации.

Третий вутец – сталь: между кристаллами окись и сульфиды железа. Чем чище сталь, тем тоньше эти окисные плёнки. Ковкость стали наивысшая, все рабочие параметры зависят от степени очистки.

Четвёртый слиток – булат. Кристаллы в нём соединены цементитом, но существует несколько ступеней этого процесса. Первая стадия переходная – от стали к булату; всё зависит от степени очистки стали. Часть поверхности кристаллов покрыта окисью, а часть – цементитом, пропорции могут быть любыми. После расковки и травления на поверхности видны пятна, чёточки и линии, рисунка нет. При высокой степени очистки вся поверхность кристаллов покрыта цементитом. Рисунок зависит от степени развития столбчатых кристаллов и опыта кузнеца. Важно знать, как разрубить слиток, как его разогнать. При содержании $C = 0,8-1,5 \%$ линии тонкие, рисунок блёклый. От 1,6 % до 2,5 % – линии утолщаются, рисунок более контрастный. Затем происходят качественные изменения: линии карбидов не просто утолщаются, а становятся похожими на шерстяные кручёные нити, а зёрна резко уменьшаются. При содержании $C = 3,6 \%$ карбиды занимают 50 % объёма слитка, поэтому площадь кристаллов и линии между ними



Простой углеродистый булат

равны друг другу. То есть при высоком содержании углерода не может быть ни коленчатого, ни сетчатого, никакого другого рисунка – только мелкокристаллический.

Честь выплавки булата $C = 3\%$, в нашей стране принадлежит Г. Дорофееву. Поскольку о трансформации рисунка в зависимости от содержания углерода никто не знал и рисунок на его булате не был похож на персидский, то булат обозвали «ковким чугуном», хотя чугун и булат отличаются более, чем железо и сталь.

Если технология плавки хорошая, то сколько не переплавляй булат, он им и останется. Более того, после нескольких переплавов будет идти нарастание чистоты металла, особенно, если менять флюсы, поскольку кислый флюс удаляет одни примеси, а основной – другие.

«Сталь»

Сейчас, если сравнивают современные стали и булат, то сразу же разговор переходит на легирование. Вот, дескать древние металлурги не знали о легировании, плавил сталь убогую по содержанию: только железо и углерод, поэтому и старый булат уступает по качеству современным высоколегированным сталям. Давайте не будем заглядывать очень далеко, в глубь веков, а всего на 165 лет. Оказывается, П. П. Аносов о легировании знал. Вот глава 5, «О влиянии на свойства стали некоторых металлов». Он добавлял в сталь: серебро, золото, платину, марганец, хром, титан, магний, алюминий; а так же неметаллы: кальций, кремний, алмазы. Выводы таковы: «Присутствие металлов имеет вредное влияние на сталь, в каком бы малом количестве они не находились в ней». И, «железо, вступая в соединения 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 остаётся смотреть, как на пороки». Современная наука с П. П. Аносовым не спорит. Лигатура в сталь добавляется для конкретных целей, а именно: она увеличивает прокаливаемость, жаропрочность, термостойкость, повышает температуру

закалки, вязкость, устойчивость к агрессивным средам и т. д. – но на режущие свойства влияет положительно только углерод, все остальные примеси ухудшают этот параметр. Большинство потребителей не любят пользоваться нержавеющими сталями, поскольку простая 65Г режет во много раз лучше, чем 95Х18. Так что дело вовсе не в легировании стали, а в её очистке. За эти 165 лет придумано три способа производства стали: бессемеровский, мартеновский, электроплавильный; 5 способов рафинирования – это переплавы: открытый дуговой, электрошлаковый, вакуумно-дуговой, электронно-лучевой и вакуумно-индукционный. Созданы синтетические шлаки, очищающие сталь лучше, чем доломит и кварц 200 лет назад.

Через 60 лет после работ П. П. Аносова с булатом, Д. К. Чернов совершенно категорично заявил, что «причина превосходных качеств старинного булата – в отсутствии посторонних примесей, в необыкновенной чистоте стали». Это заявление не устарело и сейчас.

Сейчас, по анализам, ШХ-15 имеет меньше примесей, нежели любой персидский булат. Это ещё не значит, что она по всем рабочим качествам выше. Чтобы сравнить её со старым булатом, её нужно переплавить, не загрязняя, но добавив C до $1,85\%$ и создав транскристаллизацию, после этого правильно расковать и закалить – вот тогда этот ваш булат будет лучше персидского. Степень чистоты ШХ-15 позволяет всё это проделать. Ну, а что такое легирование для булата? То же самое, что и примеси, перечисленные в начале статьи. Легированный булат имеет плохую ковкость, или вовсе не куётся при разных соотношениях лигатуры и углерода. Например $C = 1,2\%$, лигатуры в сумме $=12\%$; $C = 1,8\%$, лигатуры $=2\%$; $C = 3\%$, лигатуры меньше или равно 1% . При этих соотношениях булат куётся, хотя большое значение имеет качество лигатуры. Если это легкоплавкие примеси: кобальт, фосфор, марганец, то их может быть больше, а если тугоплавкие тантал и вольфрам, то меньше. Чисто нержавеющий булат, возможно, недостижим. Если $C = 1,2\%$, то лигатуры требуется до 20% , чтобы он не ржавел, а булат



Булат, легированный хромом

с такими пропорциями не ковкий. Я получал нековкий булат переплавляя стали 95Х18, 110Х18 МШД, АТS-34, 440С и после этого списка остановился, поскольку жаль металл и время. Отсюда не очень утешительный вывод. Даже при хорошей технологии невозможно взять лучшую зарубежную сталь, вроде RWL-34 (Sweden), переплавить её и улучшить, добавив углерод и структуру. Булат будет не ковким из-за высокого содержания лигатуры, да и трудно предположить, что, взяв для флюса пару-тройку солей, наобум и на глазок, вы сразу переплюнете уровень шведской металлургии.

А вот коррозионноустойчивый булат получается легко из любой стали, имеющей легирование в $8-10\%$, по свойствам он превосходит в несколько раз исходную сталь. Убедительный пример: беру сталь 8Х6МФТ. Сталь закаливается в масле, 64НRC, 24 реза по войлоку, мелкозернистая, хрупкая. После переплавки в булат, $C = 1,2\%$, серы и кислорода уменьшилось, закалка на воздухе, 59НRC, 60 резов, красивая структура, поломать невозможно. Явное улучшение рабочих свойств, плюс булат почти не ржавеет.


Итог

В получении булата основных факторов два: чистота металла и его кристаллизация, а результатов этой работы, как вариантов шахматной игры. Поскольку чистота металла – это самый главный фактор, то сейчас трудно найти современный булат, равный по прочности и режущим свойствам зарубежным ножевым сталям (Швеция, Германия, Япония), поскольку булаты, выплавленные сегодня в индукционной печи, или в ямке под яблоней, не дотягивают даже до уровня ШХ-15. Ведь,

если жить не в виртуальном мире булатного узора, а в реальности, то булат должен превосходить сталь по прочности и резу, а иначе не стоит им заниматься. Поэтому, после выплавки вутца и его расковки, идёте в лабораторию ближайшего «Тяжмашзавода», узнаете размеры образцов металла для испытаний, (обычно 30х5мм), готовите образцы и пробуете на разрыв, на сжатие, на излом, на торсирование, на сдвиг, на твёрдость. Есть таблицы испытаний всех сталей. Находите какой стали соответствует ваш булат. Если нет возможности проверить на заводе – проверьте хотя бы в кузнице два параметра: прочность на излом и режущие свойства. Если выплавлен слиток металла $C = 2\%$ и он хорошо куётся, то это может быть сталь, булат, или смесь железных и чугунных опилок. Если $C = 2,5\%$, то сталь исключается, остаются два варианта. При $C = 3\%$ – это может быть только булат. Смесь опилок с таким содержанием углерода – нековкая. Так что уровень в 3% углерода можно рассматривать, как фильтр, некий порог, через который только булату дано перейти.

Перегретый булат в чугун не превращается, просто из швов вытекает ледебурит и кристаллы рассыпаются. Это происходит на переходе от жёлтого цвета к светло-жёлтому (1150 градусов). Поэтому, если перегрели булат до 1050 градусов, вовремя заметили и не стукнули, то ничего не произойдет. А перегрев до 1150 градусов разрушает

булат полностью: швы становятся сухими, с воздухом. Ковкий булат (т. е. чистый) – это тот, который куётся при 850 градусов (цвет алый, переход к оранжевому), на поверхности проявляется рисунок при нагреве.

Сейчас от булатов ничего сказочного ожидать не следует. Если сотни лет назад, булат, будучи чистой тигельной сталью, легко выигрывал соревнование с кричным железом и сварной сталью, то сейчас он соревнуется с таким же булатом. Так булат при $C = 0,8\%$ равен стали У9А, да и то при условии, что он отлично сварен, т. е. очищен и достигнута транскристаллизация. А булат $C = 2\%$ может уступать по всем параметрам зарубежной стали $C = 1,2\%$, поскольку она намного чище. Не думаю, что этими утверждениями кому-то я отобью охоту заниматься булатом, поскольку маньяки глухи к доказательствам и доводам (сам такой же), более того, надеюсь, что помог сэкономить время, особенно на первоначальном этапе. Тайны булата не существует, есть только трудности технологического исполнения: достигнуть чистоты и кристаллизации. Это как хороший эквилибрист сказал бы вам, что секретов работы на канате нет: достаточно держать баланс и не бояться. Не знаю, хватило бы этих сведений вам, чтобы пройти по канату без страховки на высоте пяти метров. П. П. Аносов заметил (на 2-ой странице своего труда), что болтовни по поводу булата много, а результата нет. 

Новая книга



Вышла в свет книга Виталия Крючина «Практическая стрельба». Это первое в мире полное, подробно иллюстрированное издание, раскрывающее секреты искусства владения огнестрельным оружием. Прочитав эту книгу, спортсмены узнают, как превратить предстартовое волнение в радостное чувство предстоящей победы. Охотники приобретут навыки быстрого и точного выстрела. Сотрудники силовых структур повысят своё боевое мастерство. Граждане, владельцы оружия, узнают, как можно за короткий срок научиться умело и безопасно обращаться с оружием.

Книгу можно заказать по почте или приобрести у представителей.

Москва, Прошин Александр, тел./факс: (495) 362 06 18, fpsr@list.ru

Магнитогорск, Марченко Екатерина, тел.: (3519) 222 888, факс: (3519) 228 101, vit@mgn.ru

Стоимость книги – 1000 руб., для членов ФПСР – 700 руб.