

Зачем нужна закалка изделий из стали?

Напряженная атмосфера. Три члена жюри. Четыре мастера кузнечного дела, лишь один из которых окажется победителем. Языки огня, звон металла и таймер с обратным отсчетом. Кто-то старается переиграть соперников за счет опыта, а кто-то – за счет знаний в материаловедении и термической обработке металлов.



Все это атрибуты популярного американского телешоу «Между молотом и наковальней», в котором каждый зритель, не вставая с дивана, может узнать тонкости производства холодного оружия.

Один из секретов профессионального мастера-оружейника – это правильная закалка металла, из которого будет выкован острый и прочный клинок. И зачастую именно этот этап становится непреодолимой преградой для участников шоу. Кузнец должен не только умело работать с молотом и наковальней. Самый драматический момент наступает, когда разогретый полуфабрикат опускают в емкость с жидкостью. Это и есть закалка, от которой зависит качество поверхности, характеристики стали, форма клинка, а также финальная оценка судей. Ведь если допущена ошибка, то металл может искривиться, покрыться трещинами или же остаться слишком мягким.

Как появилась закалка?

До середины XIX века считалось, что качество стали и изделий из нее зависит исключительно отковки или кузнечной обработки. Лишь в 1866-1868 годах российский ученый Дмитрий Константинович Чернов при изучении металла бракованных пушек выяснил и доказал, что высококачественная сталь – это продукт, прошедший термическую обработку, в т.ч. закалку, в результате которой в металле происходят изменения, которые в средневековье могли бы принять за магию.

Сталь имеет кристаллическую структуру, которой свойственно меняться в зависимости от внешних условий и образовывать разные устойчивые кристаллические решетки. Эта особенность называется полиморфизмом кристаллов и впервые была открыта немецким химиком Мартином Генрихом Клапоротом в 1798 году на примере карбоната кальция.

Чернов развил эту теорию применительно к стали. Он установил 4 критических температуры – a, b, c и d – получившие название «Точки Чернова». При их достижении изменяется фазовое состояние и структура стали во время охлаждения или нагрева твердого стального изделия. Открытие Дмитрия Чернова положило начало развитию науки о термической обработке металлов. Да и целом в металлургии после этого начали все сильнее использовать научный подход и все меньше учитывать опыт, накопленный предыдущими поколениями.

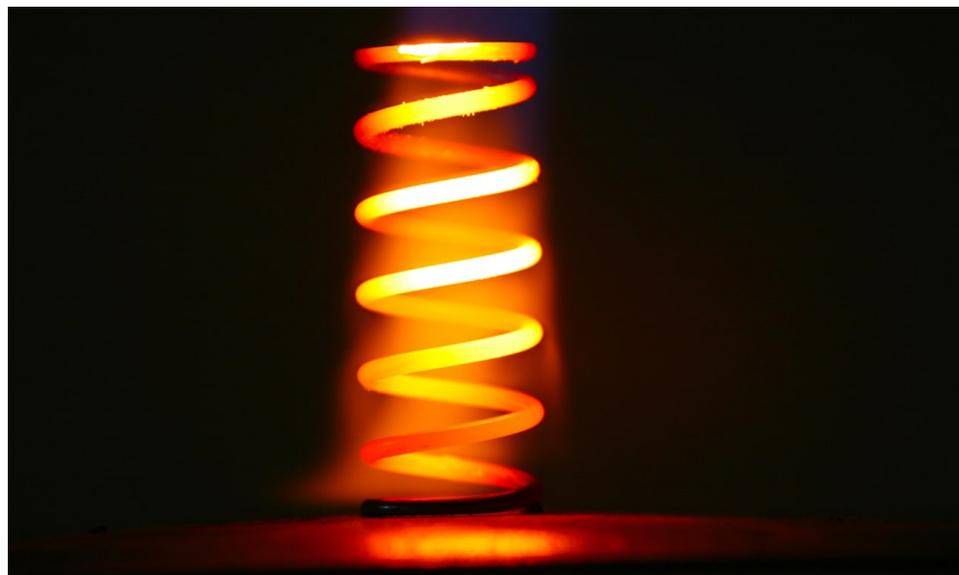
Как закалка влияет на сталь?

На молекулярном уровне сталь представляет собой кристаллическую структуру с полиморфными свойствами. Этот термин происходит от греческого слова, обозначающего «многообразие». В данном случае речь о том, что кристаллические решетки стали, которые могут значительно отличаться между собой, при определенной температуре трансформируются одна в другую – это и есть полиморфное превращение. Кроме того, при различных условиях охлаждения (ускоренное или наоборот замедленное), могут образовываться совершенно разные фазовые составляющие. Структура стали после закалки, как и после других видов термической обработки, изменяется. Данный процесс влияет на характеристики металла, а структуры и фазы, получаемые в зависимости от вида и степени термического воздействия,

называются аустенит, мартенсит, феррит, цементит, перлит и т.д. – в общем, достаточно сложные физико-химические термины и пояснения.

Если же говорить языком, понятным широкой аудитории, закалка – это высокотемпературный нагрев и резкое охлаждение стального изделия, благодаря которым снижается пластичность и вязкость углеродистой стали. Материал становится прочным, твердым и хрупким. И все это происходит в твердом состоянии, то есть без нагревания стали до плавления.

На практике это выглядит так. Например, холодную заготовку будущего ножа или сверла **нагревают** чуть выше критической температуры, при которой происходит то самое полиморфное превращение кристаллической решетки. Металл некоторое время **выдерживают** при заданной температуре. После этого заготовку быстро **охлаждают** в воде, солях или масле (в зависимости от степени легирования стали и требуемого комплекса свойств), фиксируя новую структуру. При этом в стальном изделии образуется внутреннее напряжение, которое может привести к преждевременному разрушению.



Поэтому закаленную деталь в большинстве случаев подвергают еще одной процедуре – отпуску. Это технологический процесс, во время которого металлическое изделие нагревают до относительно невысоких температур с последующим остыванием на воздухе или с печью. Он позволяет снизить хрупкость стали при сохранении прочностных характеристик.

Какие бывают способы закалки стали?

Один из основных факторов, которые влияют на закаливание металла – это среда, в которой она происходит. Это может быть вода, масло, специальная водополимерная среда или же растворы солей, от выбора которых зависит скорость охлаждения. Дело в том, что каждая из этих сред обладает определенной охлаждающей способностью, и если выбрать неподходящую, то изделие либо не закалится, либо, наоборот, из-за слишком высокой скорости остывания возникнут избыточные напряжения и материал растрескается. Поэтому для каждого сплава должны применяться конкретные закалочные жидкости: например, для углеродистых сталей – вода, для легированных – масло.

Закалка стали может происходить в одной среде или же выполняться прерывистая закалка в двух средах, существуют также струйчатая и ступенчатая закалки и т.д. Этот выбор зависит от исходной марки стали, желаемых финальных характеристик, площади закаливаемой поверхности и многих других факторов.

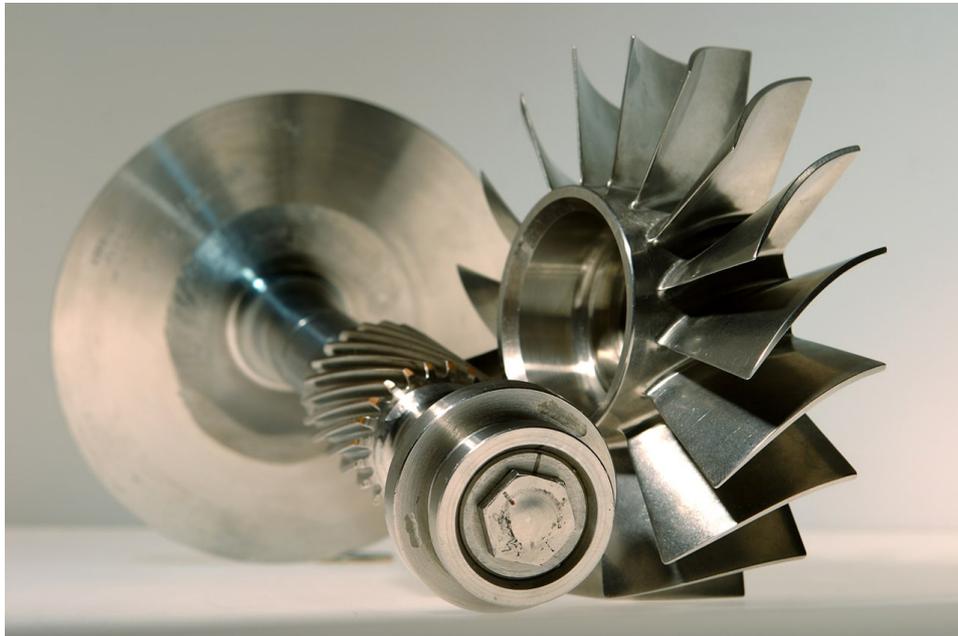
Например, в японских мечах катана закаливается лишь режущая кромка, так называемый хамон. Чтобы этого добиться, кузнецы обмазывают незакаленный меч специальной глиной, после чего стирают ее с кромки будущего меча. И выполняют закалку. Не обошлось и без экспериментов. Например, использование настоя конопляного масла с зеленым чаем вместо воды придавало лезвию катаны объемный эффект, который получил название двухуровневый хамон.

Ошибки и недочеты закалки стали

Однако закалка сталей – это очень тонкий процесс. В нем очень важно разогреть изделие до нужной температуры. Опытные кузнецы определяют температуру нагрева стали, как правило, визуально – по цвету ее поверхности. Но если мастер допустит просчет, то изделие не получит нужных характеристик. На промышленных предприятиях температуру нагрева конечно же контролируют специальными приборами – пирометрами, термопарами и другой контрольно-измерительной техникой.

Что может случиться? Металл может оказаться **недостаточно твердым**. Причина – низкая температура нагрева, малая выдержка или слишком медленное охлаждение. Дефект можно исправить отжигом и

повторной закалкой. **Перегрев** сопровождается повышенной хрупкостью. Но его также можно исправить с помощью отжига (нормализации) и повторной закалки.



А вот **пережог** возникает, когда стальное изделие нагревают до температур, близких к температуре плавления. В итоге получается очень хрупкий металл, и этот дефект уже невозможно исправить. Также при неправильной закалке могут возникать **окисление** и **обезуглероживание, коробление и трещины**. Одна из причин подобного брака – это неравномерность структуры исходного металла или скорости температурных изменений. Ведь переход от одной кристаллической структуры к другой (из аустенита в мартенсит) ведет к увеличению объема на 3%.

Поэтому во избежание или для минимизации подобных ошибок разработаны и используются специальные таблицы и цветовые диаграммы. Существуют справочники изотермических и термокинетических диаграмм, в которых для каждой марки стали можно выбрать корректные условия термической обработки, обеспечивающие получение требуемой структуры.

Огромное количество нюансов, которые возникают во время термической обработки стальных изделий, и которые нужно учитывать в технологическом процессе – это повод к серьезному изучению металлургической науки. Даже телевизионные шоу наглядно демонстрируют, что в условиях ограниченных ресурсов не только опыт, но и знания дают большое преимущество тем, кто хочет добиться наилучшего результата.