История металлургии - от появления первых плавильных ям вплоть до наших дней - являет собой непрерывный поиск более совершенных способов получения и обработки металлов. Примерно до середины XIX века этот поиск велся фактически вслепую, на ощупь: лишь «опыт, сын ошибок трудных» был тем единственным и не всегда надежным инструментом познания, которым располагали металлурги прошлого, вынужденные действовать методом проб и ошибок. Нужен был «компас», который помогал бы металлургам точно прокладывать путь к новым открытиям, к постижению таинства огненных процессов. Таким «компасом» могла и должна была стать наука о металлах.

О том, что свойства металла зависят не только от его состава, но и от обработки, которой он подвергался, знали еще древние металлурги. Так, примерно за полтора тысячелетия до нашей эры была подмечена интересная закономерность: если изделие из науглероженного железа нагревали докрасна, а затем быстро охлаждали в воде или другой жидкости, то металл приобретал большую твердость. Это была закалка, по сей день остающаяся важнейшей операцией термической обработки стали.

Объяснить, почему металл становится прочнее и тверже, тогда никто не мог, зато рецептов закалки было великое множество: практически каждый мастер имел свой секрет. Вот, например, рецепт закалки кинжала, обнаруженный в летописи одного из храмов на территории Малой Азии и относящийся к IX веку до нашей эры:

«Нагреть до тех пор, пока он не засветится, как восходящее в пустыне солнце, затем охладить его до цвета царского пурпура, погружая в тело мускулистого раба. Сила раба, переходя в кинжал, и придает металлу твердость» .

Более гуманную «технологию» закалки применяли дамасские оружейники, изготовлявшие еще, в конце первого тысячелетия до нашей эры знаменитые стальные клинки. По описаниям, они закаливали свои клинки в горном ущелье, где дули сильные ветры. Считалось, что упругость и сила ветра передаются оружию. Подобным образом закаливали стальные изделия и кузнецы Древней Грузии.

Великий Гомер в «Одиссее» так описывает процесс закалки: «Как погружает кузнец раскаленный топор иль секиру в воду холодную, и зашипит с клокотаньем железо - крепче железо бывает, в огне и воде закаляясь». Меч Отелло, по свидетельству самого Шекспира, был «закален в ручье, как лед, холодном».

Однако такие простые закалочные средства, как вода или ветер, многим специалистам казались явно недостаточными для достижения высоких свойств металла. Время от времени появлялись новые, несколько усложненные, но зато весьма эффективные, по мнению авторов, варианты закалки стали. Один из них приведен в трудах немецкого писателя XII века Теофила: «Берут трехлетнего барана, привязывают его и в течение трех дней не кормят. На четвертый день его кормят только папоротником. Спустя два дня такой кормежки его ставят на следующую ночь в бочонок с пробитыми внизу дырами. Под эти дыры ставят сосуд, в который собирается моча барана. Собранная таким образом за две-три ночи в достаточном количестве моча барана изымается, и в указанной моче закаливают инструмент».

То ли по незнанию, то ли из-за отсутствия под рукой барана, некоторые мастера довольствовались козой, другие находили, что неплохие результаты дает закалка железа в моче мальчика, но непременно рыжего.

Как ни странно, но резон в этих рецептах был: моча и другие растворы солей быстрее забирают тепло у раскаленного металла, чем самая холодная вода. Случайно заметив эту особенность жидкостей, содержащих соли, средневековые металлурги охотно разрабатывали вариации на эту тему и достигали порой немалых успехов.

В XVIII веке на железоделательный заводах Урала возник способ закалки стали «скотинным рогом с солью», позволявший получать металл весьма высокого качества. Изготовленные таким способом топоры, ножи или сабли подолгу не теряли свою остроту, да и к тому же не знали ржавчины.

В чем же заключался секрет этой технологии? Суть дела была не в самой закалке, а в предшествовавшем ей длительном томлении стали, полученной в кричных горнах. Вместе с рогами и солью стальные изделия укладывали в специальные ящики и выдерживали в печи при высоких температурах без доступа воздуха. Затем обработанную таким образом сталь подвергали обычной закалке.

Что происходило при совместном пребывании железа со «скотинным рогом» в томильных ящиках, никто тогда не знал. А происходило не что иное, как азотирование стали, то есть насыщение ее поверхностного слоя азотом. Любопытно, что и сегодня для азотирования стальных изделий их на несколько часов погружают в нагретую желтую кровяную соль (ферроцианид калия), получаемую из ... рогов и копыт при нагреве их с железными опилками и поташом.

Применяя в металлургической практике те или иные рекомендации, человек постоянно искал им объяснение, стремился проникнуть в суть происходящих процессов. Так, еще несколько столетий назад алхимики (а именно они занимались тогда вопросами получения различных металлов) пытались создать теоретические основы металлургии. «Весомый вклад» в науку о металлах внес живший в XIII веке алхимик Магнус, которому принадлежит следующее теоретическое «открытие»: «Сталь - это не что иное, как железо, только значительно чище вследствие того, что водянистая часть железа удалилась путем дистилляции; кроме того, сталь стала тверже и плотнее железа вследствие силы огня; она становится тем крепче, чем чаще ее накаливают. Сталь становится белее в результате отделения землистых примесей и когда она становится слишком крепкой, она лопается и рассыпается под молотом на куски, по причине чересчур сильного высыхания».

К середине прошлого века столь оригинальные «научные» воззрения были уже явным анахронизмом, тем не менее сущность явлений, происходящих в металле, в частности в стали, продолжала оставаться загадкой. Вот что писал автор одной из книг, изданной примерно в те годы в Германии: «Самое драгоценное свойство стали, вследствие которого она становится незаменимым веществом для режущих орудий, заключается в том, что она может приобретать мягкость и чрезвычайную твердость только вследствие перемены температуры. Известно, что сталь при разгорячении и последовательном медленном охлаждении становится совершенно мягкою, и обрабатывается как самое мягкое железо. Если же сталь накаливают и быстро охлаждают, например, погружая ее в холодную воду, то металл приобретает такую твердость, что его более не берет самый лучший напильник. Кроме того, сталь, доведенная до такой твердости слабым разгорячением (отпусканием), утрачивает свою хрупкость и может приобресть желаемую степень твердости. Сильно разгоряченная, но не накаленная сталь не твердеет в холодной воде, но становится даже поразительно мягкою. Всеми этими выводами опытов техники пользуются для достижения различных целей, и на них основываются разные приемы закаливания. Так, например, закаливание в расплавленном свинце или олове долгое время сохранялось англичанами в тайне. Что происходит внутри стали при ее размягчении и разгорячении - до сих пор еще не разъяснено теоретически».

Быть может, именно тогда, когда писались эти строки, человеческий ум совершил свой очередной подвиг: в 1868 г. выдающийся русский ученый Дмитрий Константинович Чернов сумел проникнуть в тайны металла, открыл температуры структурных превращений в стали при нагреве и охлаждении и дал строго научное объяснение тому, «что происходит внутри стали при ее размягчении и разгорячении».

Закончив в 1858 г. с отличием Петербургский практический технологический институт, Д. К. Чернов был направлен на службу в механическое отделение Монетного двора, где долгие годы проработал фельдшером в лазарете его отец. Молодой инженер-технолог, или «кондуктор первого класса», как именовался он в документах, обратил внимание на следующее обстоятельство: одни штемпели, с помощью которых на прессах чеканились монеты, выдерживали десятки тысяч оттисков, а на других, изготовленных из той же самой закаленной стали, буквально через несколько ударов появлялись трещины. В чем же было дело? Ответить на этот вопрос Чернов тогда еще не мог. К тому же вскоре директор Технологического института И.П. Чайковский (отец великого русского композитора), немало сделавший для развития горнозаводского дела в России, добился разрешения Министерства финансов, в чьем ведении находился Монетный двор, на перевод Чернова в институт «для занятий по составлению систематического каталога машинам, орудиям и прочим снарядам, хранящимся в техническом музеуме, а также для преподавания черчения...» Перемена в жизни обрадовала Чернова: перед ним открывались богатые возможности пополнить свои знания, к чему он постоянно стремился.

Правда, роль преподавателя черчения ему не очень была по душе, но через какое-то время он смог занять должность помощника хранителя музея и библиотекаря.

В огромной институтской библиотеке имелось много литературы по металлургии и горному делу, и недавний выпускник продолжил свое образование, проштудировав еще десятки книг и журналов на русском, немецком, французском языках. В качестве вольнослушателя Чернов посещал занятия на физико-математическом факультете Петербургского университета. Много времени проводил он и в химической лаборатории своего института, постигая методы анализа металлов.

Прошло несколько лет. Молодой ученый располагал уже солидным теоретическим багажом, но его влекла практическая деятельность и поэтому в 1866 г. он охотно принял предложение поступить на сооруженный незадолго до того Обуховский сталелитейный завод. Ему и другим специалистам предстояло поставить диагноз «заболевания», которое охватило производство стальных литых орудии. По никому не понятным причинам продукция завода страдала удивительным непостоянством свойств металла: наряду с отличными пушками, выдерживавшими тысячи выстрелов, из заводских стен выходил явный брак - стволы, разлетавшиеся на куски при первых же полигонных испытаниях.

К решению нелегкой задачи, которая была сродни той, что возникла перед ним еще во время работы на Монетном дворе, молодой исследователь и приступил в цехах Обуховского завода. С чего же начинать работу?

Д.К. Чернов вспоминал впоследствии, что на верный путь его направило изучение структуры различных орудий - как служивших долго, так и разорвавшихся после нескольких выстрелов. Долгие дни, а зачастую, и ночи проводил он на заводе, внимательно рассматривал через лупу изломы металла в месте разрыва, исследовал шлифы под микроскопом, анализировал и испытывал сталь в химической и механической лабораториях. Наконец ему удалось выявить четкую зависимость: чем мельче кристаллы стали, тем выше ее механическая прочность. Именно из такой мелкозернистой стали и были изготовлены лучшие образцы орудий, в то время как изломы быстро разорвавшихся стволов имели крупное зерно. Но химический анализ того и другого металла давал одинаковые результаты. Значит, теперь предстояло выяснить, почему сталь в одних случаях обретает добротную мелкую структуру, а в других образует крупные зерна, что и приводит в дальнейшем к браку, а порой и к печальным последствиям.

Внимание Чернова переключилось на кузницу: сюда из сталелитейного цеха поступали массивные стальные слитки и здесь под ударами мощного молота они превращались в орудийные стволы. Затем их быстро погружали в воду и остывшие заготовки передавали в механический цех для окончательной обработки.

Но прежде чем обрушить на стальной слиток многотонную махину, его нагревали в печи, чтобы сделать металл мягче, податливее. До какой же температуры нужно нагревать слиток перед ковкой? Приборов для измерения высоких температур тогда еще не существовало, и кузнецы определяли степень нагрева стали на глазок - по цвету, который при нагреве менялся от темно-коричневого до ярко-белого.

Часами Чернов находился у печей, подмечая все цвета и оттенки раскаленного металла. Вскоре его наблюдательный взгляд уже мог фиксировать степень нагрева слитка с большей точностью, чем это делали самые опытные мастера. Но, может быть, дело вовсе не в температуре нагрева стали, а в нагрузках, претерпеваемых ею в процессе ковки? В то время многие специалисты рекомендовали для получения мелкозернистой структуры сильнее проковывать металл. Чернов провел несложные, но методически точные опыты, которые он сам так описал почти полвека спустя:

«Опыты велись следующим образом. Брался брусок стали и вырезались из разных его частей пробы для определения механических свойств. Так как при ковке металл предварительно нагревается, то, чтобы исключить влияние температуры и определить только действие механической обработки, пробный кусок ковался быстрыми ударами тяжелого молота до разной толщины в различных частях по длине. При этом разницы в температуре концов не было. Структура исследовалась лупою, и я не обнаружил никакого различия в сложении металла во всех сечениях. Попутно я нашел, что не происходит и уплотнения стали, так как удельный вес материала во всех частях прокованного слитка был одинаков. Потом я производил точно такую же ковку, но только при разных температурах. При этом получилась большая разница в структуре, видимая легко с помощью лупы. Из этих опытов я заключил, что изменения в структуре стали нужно отнести к влиянию температуры, но не к собственно механической обработке. Тут же я установил, что это изменение структуры происходит не при всякой температуре, но при некоторой определенной температуре, для каждого сорта стали различной. Передо мной теперь стояла задача найти эти температуры для каждого сорта стали».

Найти эти температуры... Сегодня такая задача по плечу любому студенту-металлургу, в распоряжении которого имеется множество чувствительных приборов, но более ста лет назад решение ее было связано с невероятными трудностями. Снова и снова Чернов нагревал и ковал стальные образцы, охлаждал и испытывал металл, внимательно наблюдая за ним на всех стадиях экспериментов. И вот однажды, когда очередной слиток медленно остывал на воздухе, ученый заметил любопытное явление: в какой-то момент постепенно темнеющая масса металла внезапно озарилась внутренним светом. Вспышка длилась всего миг, после чего металл продолжал остывать и темнеть как ни в чем не бывало. Уж не плод ли это уставших от постоянного напряжения глаз? Чернов ставил опыт за опытом, и каждый раз сталь словно о чем-то сигнализировала ему своей вспышкой. Но о чем?

Попытки выяснить причины таинственного озарения металла у старых мастеров, проработавших в кузнечных цехах десятки лет, ни к чему не привели: те либо не замечали вспышку, либо не придавали ей особого значения. Да и видеть ее они могли нечасто: ведь обычно орудийные стволы быстро охлаждались в воде, и металл лишен был возможности хоть на миг вспыхнуть, расставаясь с жаром. Ни слова об этом явлении не нашлось и в технической литературе.

Чернов предположил, что сталь озаряется в тот момент, когда она при охлаждении проходит строго определенную температурную точку, при которой в металле происходит какое-то преобразование. Перед исследователем возникает новая проблема: определить, в чем же заключается это преобразование. Он решил сравнить две поковки - одну, прошедшую перед закалкой точку вспышки, и другую, помещенную в воду прежде, чем сталь успела вспыхнуть. После механических испытаний выяснилось, что первая поковка не стала тверже, то есть не приняла закалки, в то время как вторая обрела характерную для закалки твердость. Повторив неоднократно этот опыт, Чернов убедился, что в различном поведении металла есть явная закономерность.

Ученый продолжил свои эксперименты, стремясь найти связь между «особенной» точкой (так он поначалу ее называл) и размерами зерен, образующих структуру стали. Вновь наблюдения, размышления, испытания, в ходе которых Д. К. Чернов обнаруживает существование еще одной важной температурной точки, характерной для других изменений в стали. В отличие от первой, получившей обозначение «точка а», вторая стала «точкой b».

В дальнейшем к ним прибавилась «точка с» - температура перехода стали в жидкое состояние.

Открытые Черновым температурные пороги, называемые сейчас критическими точками (или точками Чернова), стали краеугольными камнями в учении о термической обработке стали. Без закалки, отпуска, отжига и других видов термообработки немыслимы сегодня металлургия и машиностроение.

Что же представляют собой эти точки, поставившие точку над «i» в многочисленных раздумьях и спорах о явлениях, происходящих «внутри стали при ее размягчении и разгорячении». Сам Чернов так охарактеризовал значение критических точек: «Сталь, как бы тверда она ни была, будучи нагрета ниже точки а, не принимает закалки, как бы быстро ее ни охлаждали; напротив того, Она становится значительно мягче и легче обрабатывается пилою... Сталь, будучи нагрета ниже точки b, не изменяет своей структуры - медленно или быстро после того она охлаждается... Как только температура стали возвысилась до точки b, масса стали быстро переходит из зернистого (или, вообще говоря, кристаллического) в аморфное (воскообразное) состояние, которое удерживает при дальнейшем нагревании до самой точки плавления, то есть до точки с».

Исследования Чернова привели к ценным практическим выводам. Точка а позволила металлургам правильно определять температуру закалки стали, а точка b оказалась надежным ориентиром, помогающим найти пути изменения структуры металла. Для получения мелкозернистого строения, обеспечивающего стальному изделию высокие механические свойства, его нужно нагреть до точки b или немного выше, а затем закалить быстрым охлаждением.

Открытия, совершенные ученым, имели громадное значение не только для Обуховского завода, полностью избавившегося от брака продукции, но и для всей мировой металлургии: они явились основой новой науки - металловедения, отцом которой можно с полным правом считать Дмитрия Константиновича Чернова.

В последующие годы ученый много времени уделял вопросам кристаллизации стали, повышению качества стальных слитков. Важность этих работ была необычайно велика: ведь последние десятилетия прошлого века ознаменовались бурным развитием массовых способов производства литой стали, а процессы разливки больших количеств металла и охлаждения крупных слитков тогда были совсем еще мало изучены. Разрабатывая теорию строения слитка, Чернов начал коллекционировать железные и стальные кристаллы. Зная об этом увлечении ученого, один из его учеников подарил ему огромный кристалл, найденный на шихтовом дворе металлургического завода. Кристалл, выросший в усадочной раковине стотонного слитка стали, весил 3 килограмма 450 граммов, длина его равнялась 39 сантиметрам. Если учесть, что обычно размеры стальных кристаллов измеряются миллиметрами, можно себе представить, какую научную ценность представлял для ученого этот колосс.

Исследуя процессы кристаллизации стали и строение стального слитка, Чернов выявил механизм образования кристаллов-дендритов, установил многие закономерности затвердевания стали, дал много практических рекомендаций. Он пришел к твердому убеждению, что «прочность литой непрокатанной стали нисколько не менее прочности прокованной, если обе имеют одинаковое сложение» и объяснил, как обеспечить надлежащее мелкозернистое «сложение» стали.

Развивая идеи П. П. Аносова, который шел к раскрытию тайны булата в основном эмпирическим путем, Д. К. Чернов также сумел прийти к ней, но уже с научных позиций. Еще в 1869 г. он отлил на Обуховском заводе слиток высококачественной стали и изготовил из нее два булатных кинжала, на которых после травления поверхности возник четкий волнистый узор. Свои взгляды ученый изложил в докладе «Исследования, относящиеся до структуры литых стальных болванок», прочитанном в 1878 г. на заседании Русского технического общества.

Для сталелитейного дела эта работа Чернова имела не меньшее значение, чем открытие им критических точек стали.

Почти полтора десятилетия проработал на Обуховском заводе Д.К. Чернов. Благодаря его блистательной и многогранной деятельности это предприятие превратилось, по словам известного советского металлурга академика А.А. Байкова, в подлинную академию научных знаний по металлургии. Тем не менее в 1880 г. замечательный ученый, принесший заводу мировую славу, вынужден был его покинуть в расцвете сил и творческих планов.

К этому времени резко обострились отношения между ним и начальником завода генералом Колокольцовым. Типичный представитель правящих дворянских кругов, личный друг царя Александра II, он был нетерпим к любому проявлению инициативы со стороны подчиненных, неодобрительно относился к исследованиям Чернова, к его общественным воззрениям. Этот генерал, по прихоти судьбы оказавшийся в роли командующего металлургическим производством, не раз высказывался о том, что завод - не для науки. Мог ли он найти общий язык с ученым, который не мыслил себе завод без науки?

Не смог генерал понять и того, что на его глазах творилась мировая история металлургии, что в цехах завода родилось новое научное направление, позволяющее глубоко, как никогда прежде, проникнуть в недра металла. Подобно Герострату, спалившему в IV веке до нашей эры знаменитый храм Артемиды в Эфесе и таким путем пролезшему в историю с черного хода, Колокольцов «прославил» себя тем, что создал гениальному Чернову невыносимые условия для работы. Ученый с горечью вспоминал впоследствии: «Я должен был уступить грубой силе обстоятельств и покинуть не только мои занятия на Обуховском заводе, но и вообще стальное дело».

Но совсем оставить стальное дело замечательный русский металлург, конечно, не мог, хотя несколько лет после ухода с завода он занимался в юго-западных районах страны разведкой месторождений каменной соли (кристаллы этого вещества издавна интересовали ученого). В 1884 г., вернувшись в Петербург, он начал работать в Морском техническом комитете и Министерстве путей сообщения, а спустя пять лет возглавил кафедру металлургии Петербургской артиллерийской академии и оставался на этом посту в течение трех десятилетий.

Д.К. Чернов приложил свои глубокие знания ко многим проблемам металлургического производства. Он был бессменным председателем Металлографической комиссии Русского технического общества, пожизненным почетным председателем Русского металлургического общества, являлся почетным вице-президентом британского Института железа и стали, почетным членом Лондонского королевского общества и американского Института горных инженеров. Его авторитет среди металлургов мира был настолько высок, что ему не раз доверялась роль международного эксперта по металлургии на Всемирных выставках

В 1900 г., выступая перед комиссией экспертов, влиятельный французский металлург Поль Монгольфье сказал: «Считаю своим долгом открыто и публично заявить в присутствии стольких знатоков и специалистов, что наши заводы и все сталелитейное дело обязаны настоящим своим развитием и успехом в значительной мере трудам и исследованиям русского инженера Чернова. Приглашаю вас выразить ему искреннюю признательность и благодарность от имени всей металлургической общественности».

В 1916 г. Д.К. Чернов заболел и вынужден был уехать в Ялту для длительного лечения. Здесь он провел последние годы своей жизни, перенеся все тяготы гражданской войны и иностранной интервенции. Зная, что в Крыму в большой нужде живет выдающийся ученый, сумевший постичь тайны металла, британское правительство приказало командиру миноносца, находившегося в черноморских водах, направиться в Ялту и передать Чернову приглашение прибыть на этом корабле в Лондон. Морской офицер выполнил поручение, но покинул ученого ни с чем: Дмитрий Константинович отказался переехать в Англию, где его ожидали материальные блага, лечение, спокойная работа. Он остался в России.

В ночь на 1 января 1921 г. на 82-м году жизни Д.К. Чернов скончался. На Старом Аутском кладбище в Ялте, где он похоронен, лежит чугунная плита. На ней надпись: «Отец металлографии. Провозвестник и глава новой школы металлургов. Русское металлургическое общество своему почетному председателю».

Значение Д. К. Чернова для металлургии можно сравнить со значением Д. И. Менделеева для химии. Подобно тому как химия в своем дальнейшем развитии будет идти по пути, указанному Д. И. Менделеевым, так и металлургия стали будет развиваться в том направлении, которое было указано Д. К. Черновым».

( По книге С.И. Венецкого "Загадки и тайны мира металлов").