

№ 1 В РЕЙТИНГЕ AMAZON.COM!

## Марк Медовник

# Из чего это сделано?



# Марк Медовник

## Из чего это сделано?

*Издательский текст*

*[http://www.litres.ru/pages/biblio\\_book/?art=18826734](http://www.litres.ru/pages/biblio_book/?art=18826734)*

*Из чего это сделано? Удивительные материалы, из которых построена современная цивилизация: Издательство АСТ; М.; 2016  
ISBN 978-5-17-089787-2*

### Аннотация

Профессор Лондонского университета Марк Медовник сделал почти невозможную вещь – написал не только доступную, но и остроумную книгу о самых разных материалах – своего рода «Занимательное материаловедение». Рассказ о новых химических соединениях, вдумчивый сравнительный анализ винных бокалов, сталь самурайских мечей, композитные материалы для трансплантации, бетонные конструкции суперсовременных аэропортов – обо всем этом автор пишет с блеском и глубоким знанием предмета. Книга «Из чего это сделано» – превосходный образец популярной науки высочайшего уровня, настоящая находка для любознательного читателя.

# Содержание

Введение	5
1. Твердость	19
Конец ознакомительного фрагмента.	38

**Марк Медовник**

**Из чего это сделано?**

**Удивительные материалы,  
из которых построена  
современная цивилизация**

© Mark Miodownik, 2013

© Перевод. В.Львов, 2015

© Издание на русском языке AST Publishers, 2016

# Введение

Я стоял в вагоне и думал, что же теперь делать. Из раны – «колотой тринадцатисантиметровой», как ее позднее квалифицировали, – сочилась кровь. Был май 1985 года, я вскочил в вагон лондонской подземки, двери тут же захлопнулись перед носом у моего преследователя, но тот успел все же полоснуть меня по спине. Боль обожгла, как от пореза о кромку бумаги, и я понятия не имел, глубока ли рана. Я был типичным английским школьником, в котором застенчивость целиком затмевает здравый смысл. Сглупил и не стал обращаться за помощью, а просто сел на свободное место и поехал домой.

Чтобы отвлечься от боли и тревожных мыслей о бегущей по спине струйке крови, я попытался разобраться в том, что только что произошло. На платформе ко мне подошел парень и потребовал денег. В ответ я помотал головой, а он приблизился вплотную, посмотрел на меня в упор и прошипел, что в кармане у него нож. Брызги слюны попали мне на очки. Я опустил глаза. Чутье подсказывало, что оттопыренный карман синего анорака скрывает лишь его сжатую в кулак пятерню. Мелькнула еще мысль: если это и нож, то, должно быть, совсем маленький, раз поместился в кармане, и вряд ли он причинит серьезный вред. У меня бывали перочинные ножи, и я знал, что такой едва ли проткнет несколько

слоев одежды: кожаную куртку, которой я очень гордился, серый школьный шерстяной блейзер, нейлоновый джемпер, белую хлопковую рубашку с обязательным форменным галстуком в полоску поверх нее и хлопковую майку. В голове быстро созрел план: поддерживать с ним разговор, а потом быстро вскочить в вагон перед самым закрытием дверей. Как раз в это время к платформе подходил поезд, и я был уверен, что грабитель не успеет среагировать.

Самое смешное, в одном я оказался прав: ножа у него на самом деле не было. Он ранил меня лезвием бритвы в обмотке из изоленты. Чирк – и крошечный, не больше почтовой марки, кусочек стали без труда прошел сквозь пять слоев одежды и два слоя кожи – эпидерму и дерму. Позже в полицейском участке я был заморожен орудием нападения. Разумеется, я и прежде видал бритвенные лезвия, но только теперь понял, что ничего о них не знаю. В то время я как раз начал бриться и встречал такие лезвия только в обрамлении симпатичной оранжевой пластмассы – в виде безопасной бритвы *Vic*. Когда полицейский допрашивал меня, стол между нами качнулся и лезвие сверкнуло в свете люминесцентной лампы. Я отчетливо увидел, что стальной край ничуть не затупился от недавней работы.

Помнится, потом пришлось заполнять какой-то бланк. Рядом сидели взволнованные родители и удивлялись, почему я мешкаю. Я что, забыл свое имя и адрес? По правде говоря, мое внимание привлекла скоба в самом верху страни-

цы. Я был уверен, что она тоже из стали. Этот обычный на вид кусочек серебристого металла точно и аккуратно пронзал бумажные листы. Я посмотрел на скобку с другой стороны. Два ее кончика плотно прижимались к бумаге, удерживая всю стопку в крепких объятиях. Ювелир не сделал бы лучше. (Позже я узнал, что первый степлер был изготовлен вручную для французского короля Людовика XV, причем каждую скобу помечали королевским гербом. Кто бы мог подумать, что у степлеров благородное происхождение?) «Тонкая работа», – сказал я. Родители с тревогой переглянулись, несомненно, решив, что у меня нервное расстройство.

Полагаю, так оно и было. Со мной творилось что-то странное. Я вдруг не на шутку увлекся материалами. Первой была сталь. Внезапно я стал замечать ее повсюду. Она посверкивала на кончике шариковой ручки, которой я заполнял полицейский бланк, позвякивала в связке ключей, которую отец от нетерпения машинально вертел в пальцах. Потом она укрыла меня и доставила домой – в машине с кузовом из стального листа не толще почтовой открытки. Удивительное дело, наш «мини», обычно ужасно шумный, в тот день вел себя паинькой, словно прося прощения за историю с бритвой. Дома я и отец сели за стол и молча стали уминать мамин суп. Вдруг до меня дошло, что я держу во рту еще один стальной предмет. Я медленно облизал его и внимательно осмотрел блестящую поверхность, в которой можно было узреть собственное кривое отражение.

– Из чего она сделана? – спросил я отца, постучав по ложке. – И почему у нее нет вкуса?

Я снова взял в рот ложку и усердно ее пососал.

И тут в голове закрутились вопросы... Как это может быть, что мы никогда не говорим о материале, который делает для нас так много? Он близок нам, как никто – мы кладем его в рот, избавляемся с его помощью от лишних волос, ездим в нем. Он наш самый верный друг, и все же мы не знаем, что это за штука. Почему лезвие бритвы режет, а скрепка гнется? Почему у металла блестящая поверхность? Почему, наконец, стекло прозрачно? Почему практически никому не нравится бетон, зато всем нравятся бриллианты? И почему у шоколада такой замечательный вкус? Почему материалы выглядят и ведут себя по-разному?

С того дня, как на меня напал грабитель с бритвой, я посвятил материалам уйму времени. Я изучал материаловедение в Оксфорде, защитил кандидатскую по сплавам для реактивных двигателей и работал инженером-материаловедом в передовых лабораториях мира. Материалы увлекали меня все больше, росла и моя коллекция необычных образцов. Ныне она входит в обширную библиотеку материалов, которую я основал вместе с друзьями и коллегами Зоей Лафлин и Мартином Конрином. Есть потрясающие экземпляры – например, аэрогель из НАСА, на 99,8 % состоящий из воздуха и потому похожий на затвердевший дым. Есть радиоактив-



ные, вроде уранового стекла, которое я отыскал в укромном углу антикварной лавки в Австралии. Попадают вещества, необычайно тяжелые при малых размерах, – таковы слитки вольфрама, старательно извлеченного из минерала вольфрамит. Некоторые привычные на первый взгляд материалы таят в себе сюрпризы: например, самовосстанавливающийся бетон. Всего мы собрали более тысячи образцов – кирпичиков, из которых создан мир людей: наши дома, одежда, машины и так далее, вплоть до произведений искусства. Сейчас библиотека находится в Институте созидания Университетского колледжа Лондона. Из ее фондов можно заново построить цивилизацию – или разрушить ее до основания.

Но есть библиотека еще грандиознее, из миллионов экземпляров. Она пополняется в геометрической прогрессии, это самая большая из известных библиотек – наш рукотворный мир. Взгляните на фотографию: здесь я пью чай на крыше своего дома.



В общем-то, ничего особенного, но, приглядевшись, можно различить нечто вроде каталога всего того, из чего сделана цивилизация. Эти материалы важны. Стоит убрать бетон, стекло, текстиль, металл и прочие материалы, и я останусь голышом в пустом пространстве. Нам нравится считать себя цивилизованными, но что, если цивилизацию нам подарили материалы? Без них мы бы очень быстро втянулись в примитивную борьбу за выживание, как это происходит у животных. Значит, в какой-то мере одежда, крыша над головой, городская инфраструктура – материя, одушевленная культурой и языком, – позволяет нам оставаться людьми (в зонах стихийных бедствий это особенно заметно). Иными словами, материальный мир – это не только зеркало техники и культуры, но и часть нас самих. Мы придумали и сотворили этот мир, а он, в свою очередь, делает нас такими, какие мы есть.

Неслучайно стадии цивилизации носят такие названия: каменный, бронзовый, железный век. С изобретением очередного материала наступала новая эра в истории человечества. Главным материалом Викторианской эпохи была сталь, воплотившая смелые фантазии инженеров о подвесных мостах, железных дорогах, паровых машинах и пассажирских лайнерах. Сталь позволила великому инженеру Изамбарду Кингдому Брюнелю изменить облик мира и посеять в нем семена современности. Успехи материаловедения привели к

появлению кремниевой микросхемы и к информационной революции. Но не будем забывать о великом разнообразии других катализаторов современных революций. Из листового стекла массового производства и конструкционной стали архитекторы построили небоскребы, изменив стиль жизни горожан. Промышленные дизайнеры и художники-модельеры освоили пластмассу и преобразили наш быт и гардероб. Полимеры, основа целлулоидной пленки, совершили переворот в визуальной культуре целого тысячелетия – родился кинематограф. Без алюминиевых сплавов и никелевых сверхпрочных сплавов не было бы реактивных двигателей и дешевых перелетов, не скоро произошла бы встреча культур. Благодаря медицинской керамике тело можно подновить, и мы теперь совсем иначе смотрим на инвалидность и старение. Зачастую суть нового метода лечения именно в материале. Хирурги восстанавливают наши физические возможности (меняют тазобедренный сустав) или усиливают привлекательность (вставляют в грудь силиконовые имплантаты), но сам термин «пластическая хирургия» намекает, что без пластика тут не обошлось. О влиянии новых биоматериалов на культуру можно судить по выставке «Тайны тела» Гюнтера фон Хагенса: нас приглашают к созерцанию своей телесности, живой и мертвой одновременно.

Эта книга для тех, кто хочет понять мир, созданный человеком, выяснить, откуда взялись все эти материалы, как они работают и что говорят о нас. Мы на удивление мало о них

знаем, хотя они окружают нас повсюду. При первом знакомстве они редко раскрывают свои характерные свойства и часто теряются на общем фоне. Большинство металлов обладают блеском и серым цветом, но многие ли заметят разницу между алюминием и сталью? Виды древесины не спутаешь, но кто может описать различия? Пластмассы и вовсе сбивают с толку: как отличить полиэтилен от полипропилена? И тут мы подходим к самому главному: кого все это волнует?

Меня волнует, и я намерен объяснить, почему. А коль скоро мы ведем речь о материалах, из которых сделано все на свете, начать можно с чего угодно. Отправной точкой и вдохновляющей идеей мне послужит моя фотография на крыше. Я выбрал на фото десять материалов, о каждом я расскажу историю, попробую объяснить причину их появления в мире. Я знаю, что за этим стоит наука о материалах, и я восхищаюсь их техническим совершенством, но важнее всего, на мой взгляд, понять, что материалы значат для нас.

Суть материала, как и суть человека, лежит глубоко под поверхностью. Этот мир скрыт от людских глаз, не вооруженных научными инструментами. Чтобы познать материю, мы непременно должны забыть бытовой опыт и погрузиться во внутренний мир материалов. На этом микроскопическом уровне мы поймем, почему некоторые материалы пахнут, а другие лишены запаха; почему одни хранятся тысячу лет, а другие желтеют и крошатся на солнце; почему стекло бывает пуленепробиваемым и почему винный бокал разбива-

ется вдребезги, стоит его слегка задеть. Путешествие в этот микроскопический мир открывает научную подоплеку таких обыденных вещей, как еда, одежда, технические приспособления и устройства, ювелирные изделия и, конечно же, наши тела.

Но если по своим размерам этот мир уступает нашему, то во временном отношении он зачастую значительно его превосходит. Возьмем, к примеру, обрывок нити толщиной не больше волоса. Нить – это искусственный объект на грани возможностей человеческого зрения. Из нити делают веревки, одеяла, ковры и, самое главное, одежду. Текстиль – один из первых материалов, созданных руками человека. Под видом джинсов или другой одежды мы носим на себе миниатюрную сетку, дизайн которой гораздо старше Стоунхенджа. Одежда согревала и защищала, а также была предметом моды на протяжении всей истории. Кроме того, она имеет непосредственное отношение к высоким технологиям. В XX веке люди научились изготавливать из текстиля космические скафандры, достаточно прочные, чтобы защитить астронавтов на Луне; изобрели твердый текстиль для искусственных конечностей; и, что особенно приятно, устойчивое к колющим ударам нижнее белье из высокопрочного синтетического волокна под названием кевлар. К эволюции технологий производства материалов, насчитывающей тысячи лет, я постоянно возвращаюсь в этой книге.

В каждой новой главе представлен не только новый ма-

териал, но и его новый аспект, будь это общеисторический взгляд или более личный рассказ, драматичное или научное повествование, с акцентом на культурное значение материала или на его поразительные технические возможности. Книга является уникальным сочетанием всех этих способов изложения по той простой причине, что материалы и наши взаимоотношения с ними слишком многогранны, чтобы их можно было описать лишь с какой-то одной точки зрения. Материаловедение дает наиболее глубокое и связное представление о технической стороне вопроса, но разве только наука имеет дело с материалами? В конце концов, все вокруг из чего-то сделано, и у любого творца, будь то художник, дизайнер, повар, инженер, мебельщик, ювелир или хирург, свое понимание материала, практическое, эмоциональное и чувственное. Эту широту взглядов я и попытался отразить в книге.

К примеру, глава о бумаге написана в жанре коротких зарисовок не только потому, что у бумаги столько разных видов, но и потому, что почти каждый из нас использует ее миллионом разных способов. Глава о биоматериалах представляет собой путешествие вглубь организма, нашего материального «я». Этот край стремительно превращается в «дикий Запад»: новые материалы открывают дорогу бионике, которой под силу создать новые органы из биоимплантатов, «умно» встроенных в плоть и кровь. Эти материалы оказывают глубокое влияние на социальную жизнь – они меняют

отношение человека к самому себе.

Поскольку все в конечном счете состоит из атомов, нам не избежать разговора о правилах, которым они подчиняются и которые описывает теория под названием квантовая механика. Иными словами, добравшись до уровня атомных размеров, мы должны отказаться от повседневного опыта и перейти на язык волновых функций и электронных состояний. Именно он позволяет проектировать с нуля все больше материалов с уникальными свойствами. Им под силу, казалось бы, невыполнимые задачи. С кремниевых микросхем начался век информации. Другое творение квантовой механики – фотогальванические элементы – потенциально могут решить наши энергетические проблемы с помощью одного лишь солнечного света. Впрочем, до этого еще далеко, и мы пока что зависим от угля и нефти. Почему наши возможности ограничены? На что мы можем надеяться? Я разбираю этот вопрос на примере нашей новой надежды – графена.

Итак, в основе науки о материалах лежит идея о том, что изменения на недоступных невооруженному глазу масштабах меняют свойства материалов на «человеческом» уровне. С этим нечаянно столкнулись наши предки, когда создали сталь и бронзу, но оценить до конца свое поразительное достижение не смогли за отсутствием у них микроскопов. Когда вы, к примеру, ударяете по куску металла, вы меняете не только его форму, но и внутреннюю структуру. Если вы ударите его определенным образом, структура изменится так,



что металл станет крепче. Наши предки знали это по опыту, хотя и не понимали, почему так происходит. Постепенное накопление знаний привело человечество в XX век еще до того, как строение материалов было по-настоящему понято и изучено. Впрочем, опытное знание кузнецов и других ремесленников никуда не делось: почти все материалы из этой книги мы познаем не только головой, но и руками.

Эти чувственные, личные отношения с материалами проявляются очень интересно. Мы любим одни материалы, несмотря на их недостатки, и ненавидим другие, хотя они более практичны. Возьмем, к примеру, керамику. Мы используем ее за столом – из этого материала сделаны тарелки, миски, чашки. Ни один ресторан и ни одна домашняя кухня не обходятся без глиняной посуды. Мы пользуемся ею с тех пор, как много тысячелетий назад научились возделывать землю. Керамика то и дело норовит расколоться, треснуть и разбиться вдребезги в самый неподходящий момент. Почему же мы не заменим ее на более прочные пластик и металл? Почему мы так привязаны к керамике, несмотря на ее механические недостатки? Множество ученых разных специальностей, включая археологов и антропологов, а также дизайнеры и художники бьются над решением этой загадки. Но есть особая дисциплина, которая изучает действие материалов на органы чувств. В психофизике – так называется эта наука – сделано немало интересных открытий. Так, ученые исследовали «хрустящие» свойства пищевых продуктов и установи-

ли, что удовольствие от еды связано не только со вкусовым, но и со звуковым впечатлением. После этого повара стали готовить блюда с хрустящим эффектом, а у некоторых производителей картофельных чипсов захрустели громче не только ломтики, но и упаковка. В главе о шоколаде я расскажу о психофизических свойствах материалов и попробую доказать, что именно эти свойства вдохновляли изобретателей на протяжении веков.

Эта книга не является универсальным справочником о материалах и их взаимоотношениях с человеческой культурой. Это скорее фотоснимок. Взглянув на него, вы сразу поймете, что материалы оставляют след в нашей жизни и что самое безобидное действие, вроде чаепития на крыше, обладает сложной материальной глубиной. Не только в музее можно подивиться на культурные плоды истории и технического прогресса. Результаты этого влияния видны повсюду, но мы по большей части не обращаем на них никакого внимания. Так и надо – нас сочтут за сумасшедших, если мы станем часами с придыханием ощупывать бетонную поверхность стены. Но иногда над этим стоит поразмыслить. Так сделал я после случая в подземке. Вы же, я надеюсь, воспользуетесь моей книгой как поводом к размышлению.

# **1. Твердость**



CHGAB

Впервые в жизни я подписывал договор о неразглашении в туалете паба. И когда выяснилось, что это все, о чем просит Брайан, с которым случай свел меня всего час назад, я испытал нечто вроде облегчения. Дело было в ирландском городке Дун-Лэаре, в пабе «Шихен», поблизости от места моей тогдашней работы. Брайану, хорошо одетому мужчине с красным лицом и редкими седыми волосами с желтоватым оттенком, перевалило за шестьдесят. Из-за больной ноги он ходил с тростью. Курил сигарету за сигаретой. Как только Брайан узнал, что я ученый, то справедливо рассудил, что мне будет интересно послушать байки о его лондонском житье-бытье в семидесятые, когда он торговал кремниевыми микросхемами «Интел-4004». Он покупал их за границей оптом по фунту за штуку и продавал небольшими партиями юной компьютерной отрасли по десять фунтов за штуку. Как говорится, оказался в нужное время в нужном месте. Когда я сказал, что работаю с металлическими сплавами на факультете машиностроения Университетского колледжа в Дублине, он призадумался и умолк – впервые за время нашего знакомства. Я воспользовался паузой и пошел в туалет.

Договор о неразглашении был нацарапан на клочке бумаги, который он, видимо, только что вырвал из блокнота. Всего пара строк: Брайан рассказывает мне о своем изобретении, а я обязуюсь хранить тайну. За это он платит мне один ирландский фунт. На дальнейшие мои расспросы он лишь

смешно провел пальцами по губам, как бы застегнув рот на молнию. Я не совсем понял, почему нужно вести этот разговор в кабинке туалета. Через его плечо я видел, как входят и выходят посетители паба. Может, следовало позвать на помощь? Порывшись в карманах пиджака, Брайан извлек оттуда шариковую ручку, а из заднего кармана брюк достал смятую фунтовую бумажку. Он был очень настойчив.

Я поставил подпись на клочке бумаги, прижав его к исчерканной стенке туалета. Брайан тоже подписал бумажку, дал мне один фунт, и бумажка превратилась в юридический документ. Вернувшись к барной стойке с недопитым элем, я стал слушать рассказ Брайана. Он изобрел электронное устройство для заточки бритвенных лезвий – настоящая революция, ведь отныне человеку в течение всей жизни довольно будет одного лезвия. Промышленность потеряет на этом миллионы и не выдержит конкуренции, а Брайан станет исключительно богатым человеком. К тому же это позволит сберечь запасы минералов на планете. «Ну, как вам моя идея?» – спросил он, с победоносным видом отхлебывая эль.

Я взглянул на него с недоверием. Любому ученому хоть раз в жизни попадались безумцы, рассказывающие о своих изобретениях. Кроме того, к бритвенным лезвиям у меня было особое отношение. Вспомнив про длинный шрам на спине – итог встречи на станции «Хаммерсмит», – я испытал неловкость и некоторое раздражение, но жестом просил его продолжать...

Странно, что наука, по существу, ничего не знала о стали вплоть до XX века. Ремесленники тысячелетиями передавали стальной секрет из поколения в поколение. Даже в XIX веке, когда ученые уже накопили серьезные теоретические познания в области астрономии, физики и химии, ключевое сырье промышленной революции – железо и сталь – получали опытным путем, уповая на интуицию, тщательные наблюдения и, в огромной степени, на удачу. (Неужели и Брайан случайно изобрел новую технологию? Эта мысль не давала мне покоя.)

В глубокой древности изделия из металла были редкостью и высоко ценились, поскольку в то время умели добывать только медь и золото: другие металлы, как правило, нужно извлекать из руды, в чистом виде они не встречаются. Существовало, правда, «упавшее с неба» железо – то есть осколки метеоритов. В Северной Боснии живет человек по имени Радивок Лажич, который знает все про странные куски металла, падающие с небес. В 2007–2008 годах на его дом упало не меньше пяти метеоритов. Простой случайностью это не объяснишь, и заявление Лажича, будто его преследуют инопланетяне, кажется весьма правдоподобным. Своими подозрениями он публично поделился в 2008 году, с тех пор в дом угодило еще одно небесное тело. Ученые подтвердили, что упавшие камни – действительно метеориты, и теперь изучают магнитное поле вокруг дома, чтобы хоть как-

то обосновать его необычную притягательность для «падающих звезд».





*Радивок Лажич и пять метеоритов, упавших на его дом,*

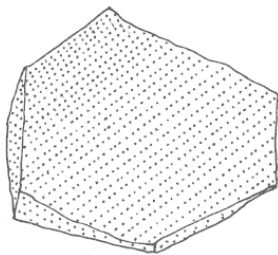
*начиная с 2007 года*

Когда наши далекие предки еще не знали ни меди, ни золота, ни метеоритного железа, они делали орудия труда из кремня, дерева и кости. Любой, кто хоть раз пытался что-нибудь сделать такими орудиями, знает, насколько они ограничивают возможности. Если ударить по деревяшке, она расколется, треснет или сломается. Так же обстоит дело с камнем или костью. Металлы принципиально отличаются от этих материалов: от удара молота они лишь меняют форму, поскольку обладают пластичностью и ковкостью. Мало того, от этих ударов они только крепчают. Можно закалить лезвие, просто ударив по нему кузнечным молотом. Этот процесс обратим: если поместить металл в огонь и раскалить его, он снова станет мягче. Первые люди, открывшие эти свойства металла десять тысяч лет назад, нашли материал твердый, как камень, но пластичный и почти что вечный. Иными словами, идеально подходящий для орудий труда, особенно режущих – топоров, резцов и бритв.

Должно быть, эта способность металлов превращаться из мягкого материала в твердый казалась нашим далеким предкам волшебной. Вскоре я узнал, что Брайану тоже так казалось. Он рассказал, что изобрел свое устройство методом проб и ошибок, не вникая в тонкости физических и химических процессов, и тем не менее затея его, похоже, удалась. Он хотел, чтобы я замерил остроту бритвенных лезвий до и

после заточки. Без такого экспертного заключения он не мог начать серьезные деловые переговоры с компаниями – производителями бритв.

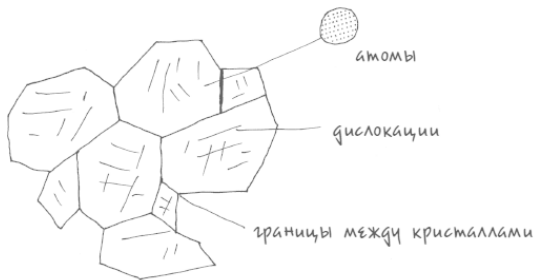
Я объяснил Брайану, что для того, чтобы его приняли всерьез, потребуется больше, чем несколько замеров. Дело в том, что металлы состоят из кристаллов. В обычном бритвенном лезвии их миллиарды, и в каждом таком кристалле атомы расположены особым образом, формируя почти идеальную трехмерную структуру.



*Так выглядит кристалл металла, из которого изготовлено лезвие бритвы. Ряды точек изображают атомы*

Сильные межатомные связи придают прочность кристаллам. Бритва притупляется, потому что многочисленные удары о волоски меняют взаимное расположение атомов, придают кристаллу другую форму, нарушают старые и создают новые связи, приводят к появлению крошечных вмятин и за-

зубрин на гладком острие. Отточить его по методу Брайана значило бы запустить обратный процесс – вернуть атомы на прежнее место и восстановить таким образом нарушенную структуру. Чтобы Брайана приняли всерьез, нужно не только доказать восстановление на уровне кристаллов, но еще и аргументированно объяснить механизм этого процесса на атомном уровне. Я сказал, что нагрев – неважно, от электричества или от иного источника, – обычно делает металл более мягким, что совсем не входит в планы Брайана. Ему это было известно, однако он категорически утверждал, что его электронное устройство не имеет к нагреву стальных лезвий никакого отношения. Наверное, странно думать, что металлы состоят из кристаллов, потому что под кристаллом мы обычно понимаем прозрачный, искусно ограненный драгоценный камень вроде бриллианта или изумруда. Кристаллическая структура металлов скрыта от наших глаз, так как металлические кристаллы непрозрачны и по большей части микроскопически малы. Если взглянуть на них в электронный микроскоп, мы увидим странную перекошенную мозаику, причем внутри кристаллов будут заметны волнистые линии. Это так называемые дислокации – дефекты, отклонения. Не будь их, кристаллическая решетка была бы идеальной. Это сбои в атомном порядке, которых не должно быть.



*Для простоты я изобразил лишь несколько дислокаций. Таких дефектов у металлов, как правило, в избытке. Линии дислокаций пересекаются и перекрывают друг друга*

Звучит невесело, но вообще-то эти недостатки нам на руку. Благодаря им из металлов получаются отличные инструменты, режущие детали и... бритвенные лезвия, поскольку дефекты позволяют менять форму кристаллов.

Чтобы ощутить силу дислокаций, не нужен кузнечный молот. Когда вы сгибаете скрепку для бумаги, на самом деле гнутся металлические кристаллы. Иначе скрепка была бы хрупкой и с треском ломалась бы, словно палочка. Пластичность металла объясняется сдвигом дислокаций внутри кристалла. Они переносят крупинцы материала с одной стороны кристалла на другую, причем делают это со скоростью звука. Сгибая скрепку, вы заставляете приблизительно 100 000 000 000 000 дислокаций двигаться со скоростью в сотни кило-

метров в секунду. Хотя каждая дислокация переносит крошечный кусочек кристалла (фактически одну атомную плоскость), этого хватает, чтобы металл гнулся, как сверхпрочный пластик, а не трескался, подобно камню.

Температура плавления металла показывает, насколько тесна связь между атомами и насколько свободно могут перемещаться нарушенные фрагменты. У свинца низкая температура плавления, поэтому его дислокации удивительно легки на подъем, и за счет этого свинец на редкость мягкий металл. А вот медь плавится при более высокой температуре, поэтому она твердая. Нагрев позволяет дислокациям перемещаться и выстраиваться по-новому. В результате металлы становятся мягче.

Открытие металлов было важным событием первобытной истории, но оно не решило главной проблемы – вокруг имелось не так уж много металла. Можно было, конечно, подождать, пока он упадет с неба, но это требовало колоссального терпения (каждый год на поверхность Земли падает несколько килограммов метеоритного железа, и большая часть его исчезает в океане). Однако нашелся неизвестный герой, который положил конец каменному веку, открыв дверь в будущее материальное изобилие. Он обнаружил некий зеленоватый камень, который, если его бросить в огонь и обложить раскаленными углями, превратится в блестящий кусок металла. Этим зеленоватым камнем был малахит, а получавшимся металлом, разумеется, медь. Должно быть, это было

самое ослепительное во всех смыслах открытие. Неожиданно люди поняли, что их окружают не мертвые камни, но таинственная субстанция со своей внутренней жизнью.

Подобные метаморфозы происходили лишь с небольшим числом камней. Недостаточно было найти камешек определенной породы – следовало еще тщательно соблюдать химические условия плавления. Но древние наверняка догадывались, что если камень так и остался камнем в самом жарком костре, то это камень с секретом. И были правы. Многие минералы сохраняли форму при нагревании, но прошло несколько тысячелетий, прежде чем понимание необходимых химических условий (нужно контролировать химические реакции между веществом камня и образующимися в пламени газами) привело к очередному прорыву в металлургии.

А пока, примерно с пятого тысячелетия до нашей эры, люди методом проб и ошибок оттачивали мастерство выплавки меди. Появление медных орудий труда привело к небывалому развитию техники. С них начались новые технологии. С помощью медных орудий строили города и первые великие цивилизации. Строительство египетских пирамид стало возможным благодаря массовому применению медных орудий труда. Каждую каменную глыбу для пирамиды вырубали в каменоломне и обтесывали вручную медными долотами. По подсчетам специалистов, в Древнем Египте было добыто около 10 000 тонн медной руды для изготовления 300

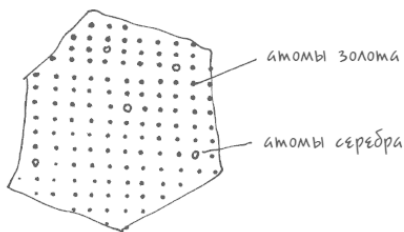
000 резцов – великое достижение, без которого громадная армия рабов никогда бы не построила пирамиды, потому что лишь металлу под силу справиться с камнем. Это при том, что медь далеко не лучший материал для обтесывания камней – она чересчур мягкая, медное долото быстро притупляется об известняк. Ученые подсчитали, что инструмент нуждался в заточке через каждые несколько ударов молотком, иначе от него не было проку. По той же причине медь не годится для бритвенных лезвий.

Еще один сравнительно мягкий металл – золото. Мягкий настолько, что обручальные кольца обычно делают из сплава, в противном случае они быстро покрываются царапинами. Совсем небольшая, всего в несколько процентов, добавка другого металла, например серебра или меди, не только меняет цвет золота: серебро отливает белизной, а медь красным, – но и придает ему твердость. Эта чувствительность металлов к малейшим примесям поистине завораживает. Вы спросите, куда же деваются атомы серебра в золотом сплаве. Ответ прост: они встраиваются на место атомов золота. Как раз эта замена в кристаллической решетке и делает золото тверже.

Сплавы практически всегда тверже чистых металлов по одной простой причине – атомы добавок (присадок) отличаются по размеру и химическим свойствам от атомов основного металла. Поэтому, встраиваясь в кристалл основного металла, они вызывают всевозможные механические и элект-



трические деформации, затрудняющие перемещение дислокаций. В итоге металл твердеет, поскольку его кристаллам труднее менять форму. Таким образом, сплавы нужны, чтобы помешать движению дислокаций в кристаллах.



*Сплав золота с серебром на уровне атомной структуры. Атомы серебра замещают часть атомов золота в кристаллической решетке*

В природе атомные замены происходят и с другими кристаллами. Скажем, кристалл чистого оксида алюминия не имеет цвета, но примесь атомов железа придает ему голубоватый оттенок, и он превращается в драгоценный камень сапфир. А если оксид алюминия смешать с хромом, получится рубин.

Три века цивилизации: медный, бронзовый, железный — отражают постепенный переход к твердым сплавам. Медь — слабый металл, но он встречается в природе и легко плавится. Бронза — сплав меди с небольшим количеством олова,

иногда мышьяка, — гораздо тверже меди. Итак, у вас есть медь, и вы представляете себе, что вы хотите из нее сделать. Немного усилий, и можно ковать оружие и бритвенные лезвия в десять раз прочнее и тверже медных. Но не все так просто. В естественной среде олово и мышьяк чрезвычайно редки. Торговые пути с таким трудом прокладывали именно затем, чтобы доставить олово из далеких Корнуолла или Афганистана в центры цивилизации на Ближнем Востоке.

Современные бритвенные лезвия тоже сделаны из сплава, но, как я объяснил Брайану, это сплав особый, он был загадкой для наших предков на протяжении многих тысячелетий. Сталь гораздо прочнее бронзы, а два ее компонента — железо и углерод — в изобилии присутствуют в земной коре. Практически любая горная порода содержит железо, а углерод входит в состав любого горючего материала. Но наши предки не понимали, что сталь — это сплав, что уголь не просто сгорает в кузнечном горне, но в процессе плавления отдает углерод, который проникает в кристаллы железа. Причем фокус удался только с железом — с медью, оловом или бронзой такого не происходит. Видимо, первобытным людям это казалось невероятной тайной. Лишь теперь, в свете квантовой механики, мы можем объяснить, в чем тут дело: углерод не замещает атомы железа в решетке, но как бы втискивается между ними, деформируя кристалл.

Но есть одна загвоздка. Если взять слишком большое количество углерода — скажем, 4 % вместо 1 %, — железо стано-

вится чрезвычайно хрупким и совершенно непригодным для изготовления инструментов и оружия. И это серьезная проблема, поскольку в пламени довольно много углерода. Стоит передержать железо, а тем более дать ему расплавиться, – в кристаллы попадет лишний углерод, и сплав станет очень хрупким. Меч из такой высокоуглеродистой стали сломается в бою.

Лишь в XX веке был до конца изучен процесс плавления металлов. До этого люди не понимали, почему сталь иногда получается качественной, а иногда нет. Работал метод проб и ошибок, и успешные способы передавались по наследству. Мастера хранили тайну как зеницу ока. Но если бы кто-то и украл рецепт стального сплава, он не смог бы воспроизвести все тонкости чужой технологии. В некоторых странах умели производить высококачественную сталь, и такие цивилизации процветали.

В 1961 году профессор Ричмонд из Оксфордского университета обнаружил тайник, вырытый римлянами в 89 году нашей эры. Там находилось 763 840 маленьких двухдюймовых гвоздей, 85 128 гвоздей средней длины, 25 088 длинных гвоздей и 1344 сверхдлинных шестнадцатидюймовых гвоздя. Клад, полный гвоздей вместо золота, огорчил бы кого угодно, только не профессора Ричмонда. «Зачем, – спросил он себя, – римские легионеры спрятали в земле семь тонн железа и стали?».

Римский легион под командованием Агриколы занимал

местечко под названием Инктутил (*Inchtuthil*) в Шотландии. Он защищал дальние рубежи Римской империи от набегов диких, как считали римляне, племен – кельтов. Пять тысяч воинов стояли здесь гарнизоном в течение шести лет, но в конце концов оставили крепость. Приложив немалые усилия, они уничтожили все, что могло достаться врагу. Разбили сосуды с едой и питьем, дотла сожгли укрепления... Но в пепле еще оставались железные гвозди из крепостных стен – слишком ценный подарок для варваров. С помощью железа и стали были построены римские корабли и акведуки, из железа были выкованы римские мечи, а в конечном счете – и сама Римская империя. Оставить гвозди врагу было все равно, что подарить ему оружейный склад, поэтому, прежде чем отправиться на юг, римляне их закопали. Среди немногих стальных предметов, которые они забрали с собой (не считая оружия и доспехов), были, вероятно, и новацилы (*novacili*) – бритвенные лезвия, знак римской цивилизованности. Благодаря новацилам и ловким рукам брадобреев римляне отступали на юг со свежевыбритыми холеными лицами. Так они подчеркнули свою непохожесть на диких варваров, погнавших их прочь.

Загадка стали давала пищу для всевозможных поверий. Самое стойкое из них рассказывает на языке символов об объединении Британии и водворении в ней законного порядка после ухода римлян. Я имею в виду легендарный меч короля Артура – Экскалибур, которому приписывали волшеб-

ную силу. В сознании людей он ассоциировался с законным суверенитетом страны.

Легко понять, почему во времена хлипких мечей и почти беззащитных рыцарей добротная сталь в руках сильного воина означала победу цивилизации над хаосом. И так как выплавка стали превратилась в ритуал, полагали, что магия имеет к ней прямое отношение.

Особенно ярко это видно на примере Японии. Ковка самурайского меча занимала несколько недель и была частью религиозной церемонии. *Амэ-но муракумо-но цуруги*

# Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.