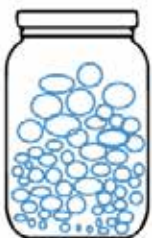
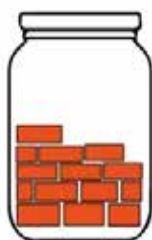


Mark Miodownik

Neobyčejné materiály

Podivuhodné příběhy látek,
které vytvářejí náš svět



Mark Miodownik
Neobyčejné materiály
Podivuhodné příběhy látek, které vytvářejí náš svět

Original English language edition first published
by Penguin Books Ltd, London.

Text copyright © Stuff Matters by Mark Miodownik 2014

The author has asserted his moral rights.

All rights reserved.

Translation © Aleš Drobek, 2016

Všechna práva vyhrazena. Žádná část této publikace nesmí
být rozmnožována a rozšiřována jakýmkoli způsobem bez
předchozího písemného svolení nakladatele.

Druhé vydání (první elektronické) v českém jazyce.
Z anglického originálu *Stuff Matters. The Strange Stories
of the Marvellous Materials That Shape Our Man-Made World*
přeložil Aleš Drobek.

Odpovědný redaktor Zdeněk Kárník.

Redakce Ivan Beránek.

Obálka, grafická úprava, sazba a konverze do elektronické
verze Michal Puhač.

V roce 2016 vydalo nakladatelství Dokořán, s. r. o.,

Holečkova 9, 150 00 Praha 5,

dokoran@dokoran.cz, www.dokoran.cz,

jako svoji 829. publikaci (227. elektronická).

ISBN 978-80-7363-785-9

edice aliter

DOKOŘÁN



edice aliter – svazek 61

Mark **Miodownik**

Neobyčejné materiály

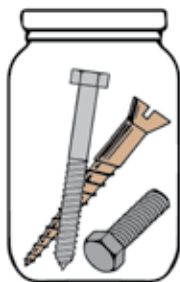
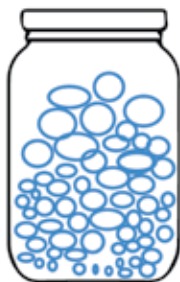
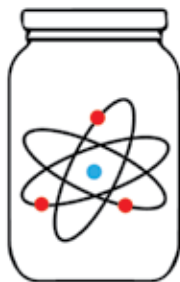
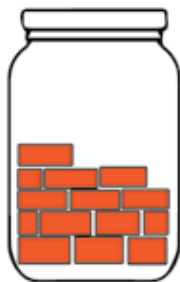
**Podivuhodné příběhy látek,
které vytvářejí náš svět**

Přeložil Aleš Drobek

Nakladatelství Dokořán a Argo
Praha 2016

Obsah

Úvod	9
1. Ocel. Kov nad zlato	21
2. Beton. Základ civilizace	42
3. Čokoláda. Sex na jazyku	64
4. Aerogel. Zázračná pěna	84
5. Sklo. Křehké jako křemen	105
6. Plast. Nenahraditelná náhražka	126
7. Grafit. Nejsilnější na světě	149
8. Papír. Nejlepší přítel člověka	172
9. Porcelán. Klenot Dálného východu	196
10. Implantáty. Elixír věčného mládí	211
Syntéza	231
Poděkování	245
Práva k ilustracím	249
Doporučená literatura	250



Ruby, Lazlovi a Idě

Úvod

Stál jsem ve vlaku, krvácel z třinácticentimetrové řezné rány – jak zněla pozdější diagnóza – a přemýšlel, co dál. Psal se květen 1985. Dveře soupravy londýnského metra, do nichž jsem vpadl na poslední chvíli, se útočnickovi zavřely před nosem, on mne však ještě stihl seknout přes záda. Rána štípala, jako když se hodně nepříjemně říznete o papír, a já netušil, jak je vážná, byl jsem ale tenkrát typickým britským školákem, a tak ostych u mne zvítězil nade vším, včetně zdravého rozumu. Místo abych vyhledal pomoc, řekl jsem si, že bude nejlepší, když si tiše sednu a zamírím domů. Možná vám to přijde bizarní, leč jak jsem řekl, tak jsem udělal.

Abych odvedl pozornost od bolesti a lepkavého pramínku krve, který mi tekł po zádech, promítal jsem si v hlavě události několika posledních minut. Útočník mne na nástupišti poprosil o peníze. Když jsem zavrtěl hlavou, přistoupil nepříjemně blízko, podíval se mi do očí a řekl, že má nůž. Trochu mi při tom poprskal brýle. Sledoval jsem jeho pohled ke kapse jeho modré bundy, v níž mu vězela pravá ruka. Řekl jsem si, že tu špičatou vybouleninu má nejspíš na svědomí vytrčený prst. A pak mě napadlo ještě něco – i kdyby měl nakrásně nůž, který se mu vejde do kapsy, musel být tak malý, že by mi nemohl vážně ublížit. I já už měl v životě pár kapesních nožíků a věděl jsem, že něčím takovým by útočník jen sotva propíchl několik vrstev mého oblečení – koženou bundu, kterou jsem nosil s velkou pýchou, pod ní šedý vlněný školní blejzr, nylonový

rolák, bavlněnou bílou košili s obligátní školní pruhovanou kravatou a bavlněnou vestu. V hlavě mi rychle uzrál plán: nechám ho mluvit a pak se hbitě protáhnu do vlaku, těsně předtím, než se zavřou dveře. Viděl jsem, že souprava už přijíždí, a věřil jsem si, že útočník nestihne zareagovat.

Pravdu jsem měl pouze v jednom ohledu – nůž skutečně neměl. V ruce držel žiletku omotanou lepicí páskou. Ten drobný kousek kovu, ne větší než poštovní známka, jediným seknutím prořízl pět vrstev mého oblečení jakož i epidermis a dermis mé kůže bez nejmenšího zadrhnutí. Když jsem tu zbraň později viděl na policejní stanici, úplně mě uchvátila. Žiletku jsem samozřejmě neviděl poprvé, teprve tenkrát jsem si však uvědomil, že o ní vlastně nic nevím. Zrovna jsem se začínal holit a mé žiletky byly vždy uzavřené v přátelském plastovém obalu bezpečnostního holicího strojku. Když se mne policie na zbraň vyptávala, stůl, u něž jsem seděl, se kolébal a inkriminovaná žiletka na něm také. Pableskovala ve světle zářivek a já jasně viděl, že čepel je stále neporušená, že odpolední námaha se na ní nikterak neprojevila.

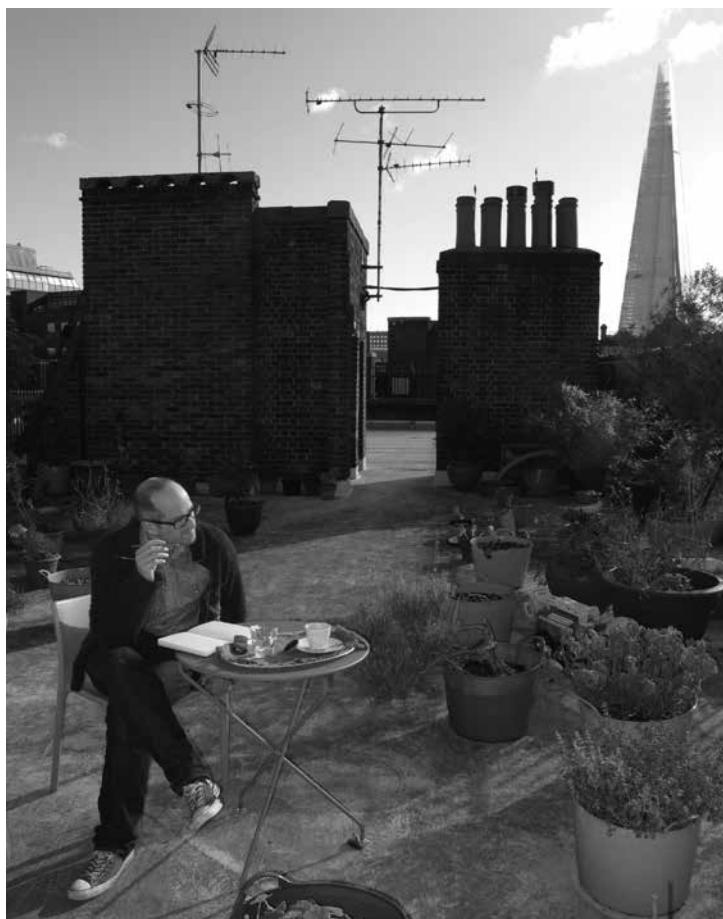
Dále si pamatuju, že jsem musel vyplnit formulář. Rodiče nervózně posedávali vedle mě a říkali si, proč s tím tak otálím. Snad jsem nezapomněl vlastní jméno a adresu? Já jsem však jen fascinovaně hleděl na sponku v horním rohu první stránky, kterou byla spojená lejstra formuláře. Usoudil jsem poměrně s jistotou, že i ona je z ocele. Tento zdánlivě obyčejný kousek stříbřitého kovu proděravěl papír hladce a přesně. Prozkoumal jsem zadní stranu sponky. Oba protější konce se tiskly k sobě a svíraly listy papíru v těsném objetí. Ani zlatník by neodvedl preciznější práci. (Později jsem se dozvěděl, že první sešíváčku si nechal vyrobit francouzský král Ludvík XV., přičemž na každé sponce byl vyražen jeho monogram. Kdo by si býval pomyslel, že

sešíváčky mají královskou krev?) Prohlásil jsem, že sponka je „skvostná“, a ukázal ji svým rodičům, kteří si vyměnili znepokojený pohled. Určitě si pomysleli, že jsem utrpěl duševní újmu.

A nejspíš i měli pravdu. Rozhodně se se mnou dělo něco podivného. Právě tehdy, u oceli, se zrodila má posedlost materiály. Najednou jsem ji vídal úplně všude, protože ona také úplně všude je, což byste si rovněž uvědomili, kdybyste se na ni cíleně zaměřili. Byla z ní špička kuličkového pera, kterou jsem vypisoval policejní formulář. Cinkala na mě v podobě klíčenky, kterou táta nervózně obracel v prstech, zatímco na mě čekal. Později téhož dne mne skryla před světem a zavezla domů, neboť tvořila vnější plášť našeho auta, tenký jako pohlednice. Z nějakého zvláštního důvodu mi přišlo, že naše ocelové Mini, obyčejně tak hlasité, se toho dne chová nanejvýš způsobně, jako by se jménem všech ocelových výrobků omlouvalo za onen incident v metru.

Doma jsem seděl vedle táty u kuchyňského stolu a máminu polévku jsme jedli mlčky. Po chvíli jsem se však zarazil a uvědomil si, že kousek oceli mám dokonce i v puse. Důkladně jsem lžící z nerezové oceli olízl, vytáhl ji ven a zahleděl se na její blyštivý povrch, tak lesklý, že jsem v něm viděl vlastní pokřivený odraz. „Co je to za materiál?“ zamával jsem jí tátovi před očima. „A proč nijak nechutná?“ Pro jistotu jsem ji strčil zpátky do pusy a zkoumavě ji ocucal.

Nato se mi v hlavě vynořil asi milion otázek. Jak je možné, že nám ten materiál prokazuje tak neocenitelnou službu, ale my o něm skoro vůbec nemluvíme? Představuje neživý doplněk našeho života, strkáme si jej do úst, holíme si s ním nežádoucí ochlupení, cestujeme v něm – je to náš nejvěrnější přítel, a my vlastně ani netušíme, co je zač. Proč žiletka



řízne, kdežto sponka se ohne? Proč je kov lesklý? A proč sklo průhledné? Proč lidé nenávidějí beton, ale milují diamanty? A proč je čokoláda tak lahodná? Proč materiály vypadají, jak vypadají, a proč se chovají, jak se chovají?

Od onoho incidentu v metru trávím drtivou většinu času výzkumem materiálů. Studoval jsem materiálové inženýrství na Oxfordské univerzitě, získal jsem titul Ph.D.

v oboru slitiny tryskových motorů a působil jsem jako materiálový inženýr v nejšípičkovějších laboratořích po celém světě. Po celou tu dobu má fascinace materiály narůstala – a s ní i má sbírka pozoruhodných vzorků. Ty jsou dnes součástí rozsáhlé materiálové kolekce, kterou jsem založil se svými kolegy Zoe Laughlinovou a Martinem Conreenem. Některé vzorky jsou neuvěřitelně exotické, například kousek aerogelu, který jsem získal od NASA a který připomíná ztuhlý kouř, jelikož se z 99,8 procent skládá ze vzduchu. Některé jsou radioaktivní, například uranové sklo, které jsem našel v zapadlém koutě jakéhosi australského starožitnictví. Některé jsou malé, ale velmi těžké, například ingoty z wolframu, jenž se pracně vydobývá z horniny zvané wolframit. Některé jsou široce známé, jen mají své tajemství, o němž málokdo ví, například vzorek samoopravného betonu. Dohromady naše sbírka sestává z více než tisíce materiálů, zástupců ingrediencí, z nichž je postaven náš svět, od našich obydlí přes oblečení a stroje až po umění. Sbíрку dnes hostí a spravuje Ústav pro materiálový výzkum při University College London. S její pomocí bychom mohli znovu vybudovat naši civilizaci – a také ji zničit.

Existuje však ještě mnohem větší sbírka materiálů, vůbec největší, jakou známe, která již dnes obnáší miliony vzorků a přitom roste exponenciálním tempem – náš vlastní, lidskýma rukama postavený svět. Podívejte se na fotografii na předchozí straně. Popíjím na ní čaj na střeše svého činžovního domu. Na první pohled není ničím výjimečná, teprve když se zadíváte pozorněji, nabídne vám katalog materiálů, na nichž stojí celá naše civilizace. Je to důležitý poznatek. Odmyslete si z té fotografie beton, sklo, textilie, kov a ostatní materiály a zůstanu viset ve vzduchu, úplně nahý. Rádi se považujeme za civilizované bytosti, těmi jsme však do značné míry díky svému materiálovému

bohatství. Bez něj bychom jen přežívali ze dne na den jako ostatní živí tvorové. Svým způsobem se dá říct, že nejen šaty, ale také domy, města a vše, co přetváříme prostřednictvím svých zvyků a jazyka, dělá člověka. (To je ihned patrné, navštívíte-li území postižené nějakou katastrofou.) Materiální svět tudíž není pouze výsledkem naší technologie a kultury, nýbrž naší nedílnou součástí. My jej vynalezli a vyrobili, a on zase na oplátku utváří nás.

O tom, jak zásadní význam materiálům přisuzujeme, vypovídají názvy raných civilizačních fází – doba kamenná, doba bronzová, doba železná. Lze tedy říci, že objev nových materiálů mnohdy znamenal počátek zcela nové éry existence lidstva. Ocel byla charakteristickým materiálem viktoriánské éry, neboť dala inženýrům volnou ruku při budování visutých mostů, železničních tratí, parních strojů a zaoceánských parníků. Slavný konstruktér Isambard Kingdom Brunel prostřednictvím oceli vytvořil krajinu a zasel semínka modernismu.

Dvacáté století se často označuje za dobu křemíkovou, neboť přelomové objevy materiálůvé vědy daly světu křemíkový čip a informační revoluci. Nesmíme opomenout ani celý kaleidoskop materiálů, které svého času započaly novou éru moderního bydlení. Architekti skloubili průmyslově vyráběné skleněné tabule s konstrukční ocelí a přivedli na svět mrakodrapy, z nichž vzešel zbrusu nový způsob městského života. Produktoví a módní návrháři pomocí plastů od základů proměnili náš oděv a naše domovy. Z polymerů se svého času vyráběl filmový pás, který prostřednictvím kinematografie vyvolal nejvýznamnější revoluci ve vizuálním umění za posledních tisíc let. Vývoj hliníkových slitin a vysoce legovaných slitin na bázi niklu umožnil vznik tryskových motorů a cenově dostupné letecké přepravy, čímž urychlil globální střetávání kultur.

Lékařská a zubařská keramika umožnila rekonstrukci lidského těla a redefinovala stárnutí či tělesná postižení. A jak vyplývá ze samotného termínu „plastická chirurgie“, materiály jsou často klíčovou součástí nových lékařských metod typu výměny kyčelních kloubů nebo zvětšení nader pomocí silikonových implantátů. Výstava Gunthera von Hagense s názvem *Body Worlds* podává svědectví o kulturním vlivu nových biomateriálů a vybízí nás k zamyšlení nad tělesným aspektem života i smrti.

Tato kniha je určena těm, kdo si přejí lépe porozumět materiálnímu světu, který jsme vybudovali, a zjistit, odkud se tyto materiály vzaly, jak fungují a co vypovídají o nás. O materiálech samotných toho mnohdy víme překvapivě málo, přestože jsou všude kolem nás. Na první pohled málokdy rozeznáme jejich charakteristické rysy, a ony tak často splývají s všednodenním pozadím. Většina kovů je lesklá a šedá. Kolik lidí by asi rozeznalo hliník od oceli? Rozdíly mezi různými druhy dřev jsou většinou zjevné, ovšem kolik lidí ví, proč tomu tak je? Plasty nás matou. Kdo zná rozdíl mezi polyetylenem a polypropylenem? A co je možná ještě důležitější, proč by nás to vůbec mělo zajímat?

Mne to zajímá a v této knize bych vám rád vysvětlil proč. Píšu-li navíc o něčem, co je všudypřítomné, mohu začít prakticky kdekoli. Proto jsem si zvolil coby výchozí bod a inspiraci fotografii mé maličkosti na střeše mého domu. Vybral jsem deset materiálů, které snímek zachycuje a jejichž příběh vám nyní vypovím. U každého z nich prozradím, jaká touha či potřeba jej přivedla na svět, jak vznikl z hlediska materiálové vědy, s obdivem poukážu na technologický um, díky němuž jej dnes můžeme vyrábět, ale hlavně se pokusím popsat jeho dopad a význam.

Na následujících stránkách zjistíme, že pro materiály stejně jako pro lidi platí, že ty právě rozdíly se skrývají pod

povrchem, ve světě dostupném pouze těm, kdo disponují sofistikovanými vědeckými přístroji. Chceme-li jim tedy porozumět, musíme se odpoutat od běžného lidského měřítká a přenést se do vnitřní dimenze materiálů. Pouze na mikroskopické úrovni pochopíme, proč některé materiály mají aroma a jiné nikoli, proč některé přečkají celá tisíciletí a jiné na slunci zežloutnou a rozdrolí se, proč jsou některé typy skla neprůstřelné, kdežto pohár na víno se i při malinko neopatrném zacházení roztrhne. Cestou po mikroskopickém světě poznáme vědecký rozměr našich potravin, oděvů, spotřebičů, šperků a samozřejmě i vlastních těl.

Přestože je však fyzikální měřítko tohoto světa miniaturní, uvidíme, že jeho časový rozměr je podstatně větší. Vezměte si kupříkladu kousek nitě, která existuje na stejné úrovni jako vlas. Nít je lidský výrobek na samé hranici možností lidského zraku. Z nití vyrábíme provazy, příkrývky, koberce a hlavně ošacení. Textilie byly jedním z prvních materiálů vyrobených lidskou rukou. Například džíny, jako každý jiný kus oděvu, představují miniaturní tkanou strukturu starší než Stonehenge. Oděvy nás chrání před chladem od samého počátku našich dějin a plní i módní účel. Zároveň jsou však také výsledkem pokročilé technologie. Ve dvacátém století jsme se naučili vyrábět kosmické skafandry z textilií tak pevných, že dokážou ochránit člověka i na Měsíci. Vyvinuli jsme pevné textilie, z nichž se zhotovují protézy končetin. A vzhledem k osobní zkušenosti chci nadšeně poukázat na vývoj spodního prádla z vysoce pevného vlákna zvaného Kevlar, které je odolné vůči bodným i sečným zbraním. K této evoluci materiálových technologií v průběhu naší mnohatisícileté historie se v této knize vrátím zas a znovu.

Jednotlivé kapitoly představují nejen různé materiály, ale rovněž různé úhly pohledu na ně. Některé dávají přednost historické perspektivě, jiné jsou poněkud osobnější. Některé jsou nápadně dramatické, jiné chladnější a vědecktější. Některé zdůrazňují kulturní stránku daného materiálu, jiné jeho podivuhodné technologické rysy. Všechny kapitoly jsou nicméně jedinečnou souhrou uvedených přístupů, a to z jednoho prostého důvodu – materiály a naše vztahy k nim jsou příliš různorodé, než aby se daly vtěsnat do jediného stylu. Obor materiálové vědy nám nabízí nanajvýš užitečný a soudržný rámec, chceme-li materiálům porozumět z technického hlediska. Ony jsou však něčím mnohem víc. Všechno je koneckonců vyrobeno z něčeho a lidé, kteří rozličné výrobky přivádějí na svět – umělci, designéři, kuchaři, inženýři, nábytkáři, zlatníci, chirurgové a tak dále – své materiály používají, přetvářejí a vnímají podle svého. A právě tuto různorodost našich znalostí materiálů jsem se pokusil v této knize zachytit.

Kupříkladu kapitola o papíru má podobu jakéhosi alba momentek nejen proto, že i samotný papír má mnoho podob, ale také proto, že jej prakticky každý z nás používá mnoha různými způsoby. Naopak kapitola o biomateriálu je výpravou hluboko do útrob našich vlastních těl. To je území, z něž se rychle stává Divoký západ materiálové vědy, kde nové materiály otevírají brány do zcela nových oborů bioniky, z nichž pocházejí nejnovější technologie rekonstrukce lidského těla jako například bioimplantáty, které se umějí „inteligentně“ prolnout s lidskou tkání a krví. Tyto materiály mají dalekosáhlý potenciální dopad na celou společnost, neboť skýtají příslib budoucnosti, která od základů promění samotnou definici člověka.

Jelikož veškerá hmota sestává z atomů, nemohu pominout pravidla, jimiž se atomy řídí a která popisuje

teorie zvaná kvantová mechanika. To znamená, že jakmile vstoupíme do světa těch nejmenších částic, musíme se zcela oprostít od běžné intuice a začít svět zkoumat optikou vlnových funkcí a elektronových konfigurací. Nové materiály dnes stále častěji vznikají právě na této úrovni, díky čemuž pak mají zdánlivě zázračné vlastnosti. Křemíkové čipy, navržené na bázi kvantové mechaniky, již před desetiletími odstartovaly dobu informační, novou dějinnou epochu lidstva. Solární panely, vyvinuté na podobném principu, skýtají příslib řešení našich energetických problémů prostřednictvím slunečního záření. My se však ještě stále spoléháme na ropu a uhlí. Proč? V této knize jsem se pokusil nastínit, co vše lze očekávat od nové velké naděje materiálového inženýrství – grafenu.

Ústřední myšlenka materiálové vědy tedy zní, že změny provedené v miniaturním měřítku se odrážejí na vlastnostech, které materiál vykazuje v běžném lidském měřítku. Právě díky tomu mohli naši předkové začít vyrábět nové slitiny jako bronz či ocel, byť neměli k dispozici mikroskopy, aby se přesvědčili na vlastní oči, co přesně se na molekulární úrovni odehrává.

Šlo o fenomenální úspěch lidského důvtipu. Když kupříkladu udeříte kladivem do kusu kovu, neměníte pouze jeho tvar, ale také vnitřní strukturu. Udeříte-li do něj určitým specifickým způsobem, změní se vnitřní struktura tak, že kov bude pevnější. Naši předkové tento jev znali na základě praktických zkušeností, jen nevěděli, proč k němu dochází. Postupná akumulace znalostí nás vynesla z doby kamenné do moderní doby, třebaže jsme ještě ani na počátku dvacátého století netušili, jak přesně materiálová struktura funguje. Tato empirická znalost materiálů, ztělesněná například v kovářském řemesle, je pro nás klíčová dodnes. Téměř všechny materiály, o nichž

vypráví tato kniha, dnes známe stejně dobře z praktického i teoretického hlediska.

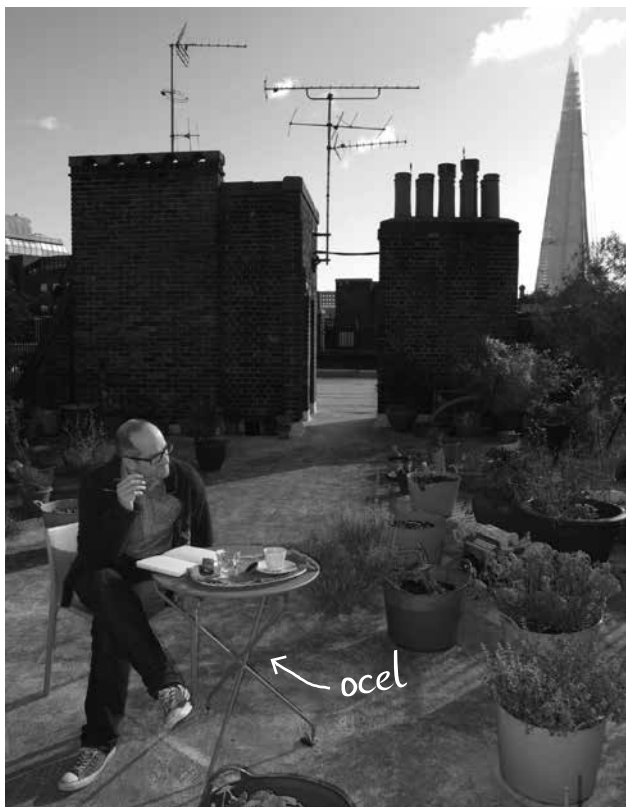
Náš smyslový a intimní vztah s okolním světem má fascinující důsledky. Některé materiály milujeme i navzdory jejich vadám a jiné nemůžeme vystát, přestože jsou praktičtější. Vezměme si třeba takovou keramiku. Je to materiál vhodný ke stolování – vyrábějí se z něj hrnky, talíře a mísy. Neobejde se bez něj žádná domácnost či restaurace. Používáme jej už od vynálezu zemědělství před mnoha tisíci lety, leč i moderní keramické nádobí se občas odštípně, praskne nebo se rozbije v tu nejnevhodnější chvíli. Proč ke stolování již dávno nepoužíváme odolnější materiály jako plast či kov? Proč zůstáváme věrni keramice, navzdory jejím nedostatkům? Podobnými otázkami se zabývají nejen návrháři a umělci, ale také celá řada odborníků, včetně archeologů a antropologů.

Existuje dokonce vědní obor, který se mimo jiné věnuje výzkumu našich smyslových interakcí s rozličnými materiály. Tato disciplína zvaná psychofyzika přišla s několika nanejvýš zajímavými objevy. Například výzkum „křehkosti“ ukázal, že zvuk, který vydávají určité potraviny, je pro nás stejně důležitý jako chuť. Tím se inspirovali někteří šéfkuchaři a začali připravovat pokrmy s přidanými zvukovými efekty. A výrobci smažených brambůrků zvýšili nejen křupavost samotné pochutiny, ale také obalových materiálů. Psychofyzickým aspektům materiálů se podrobněji věnuji v kapitole o čokoládě, kde názorně ukážu, že sloužily coby hlavní motor inovací po mnoho staletí.

Tato kniha není v žádném případě kompletní analýzou materiálů a jejich dopadů na naši kulturu. Nabízí spíše zběžný přehled toho, jak materiály ovlivňují náš život a jak i tak obyčejný úkon jako pití čaje na střeše vychází

z hluboké complexity mnoha různých materiálů. Nemusíte navštívit muzeum, abyste se přiměli k úvaze nad tím, jaký dopad měla historie a technologie na lidskou civilizaci. Ty dopady dnes vidíme všude kolem nás. Většinou si jich nevšímáme – a není ani divu. Vypadali bychom jako blázni, kdybychom neustále přejížděli prsty po betonových stěnách a zasněně vzdychali. Tu a tam se nám však naskytne podnět k hlubšímu zamyšlení nad naším materiálovým světem. V mém případě to byl incident, kdy mne v metru pořezal neznámý útočník. Doufám, že vám bude stačit tato kniha.

Ocel. Kov nad zlato



Do té chvíle se mi nikdy nestalo, že bych musel podepsovat smlouvu o zachování mlčenlivosti v hospodě na toaletě, a tak se mi ulevilo, když jsem se přesvědčil, že žádné postranní úmysly Brian doopravdy nechová. Znali jsme se tenkrát sotva hodinu. Seděli jsme U Sheehana, v hospodě

v Dun Laoghaire poblíž mého tehdejšího pracoviště. Brian byl rudolící šedesátník, který si při chůzi vypomáhal holí. Měl dobře padnoucí sako a řídnoucí šedé vlasy s nažloutlým odstínem. Kouřil jednu cigaretu značky Silk Cut za druhou. Jakmile jsem mu prozradil, že jsem vědec, správně usoudil, že mě určitě bude zajímat jeho životní příběh z Londýna sedmdesátých let, který byl tenkrát tím správným místem ve správnou dobu k obchodování s křemíkovými čipy Intel 4004, jež Brian dovážel v krabicích po 12 000 čípech, 1 libru za kus, a prodával po pár čípech začínajícím počítačovým firmám kus za 10 liber. Když jsem se zmínil, že se věnuji výzkumu kovových slitin na katedře strojního inženýrství Dublinské univerzity, vůbec poprvé zmlkl a zamyslel se. Využil jsem příležitosti a zamířil na toaletu.

Smlouva o zachování mlčenlivosti byla naškrábaná na kus papíru, který si Brian očividně právě vytrhl z notesu. Byla také velmi stručná. Stálo v ní, že Brian mi popíše svůj vynález a já o tom nesmím s nikým promluvit. Za to mi zaplatí jednu irskou libru. Zeptal jsem se, zda by mi nemohl prozradit víc, on však odpověděl jen výmluvným gestem „pusa na zip“. Moc jsem nechápal, proč se o tom musíme bavit zrovna na záchodě. Přes Brianovo rameno jsem viděl přicházet a odcházet další ulevující si štamgasty. Napadlo mě, jestli bych neměl zavolat o pomoc. Brian zašátral v kapse obleku a vytáhl propisku. Z džín pak vylovil zmuchlanou jednolibrovou bankovku. Opřel jsem papír o pokreslenou stěnu toalety a podepsal. Brian připojil svůj podpis, dal mi libru, a tím mezi námi vznikl právní vztah.

Když jsme se vrátili ke stolu ke svým sklenicím, vysvětlil mi Brian, že vyvinul elektronický přístroj, který umí ostřit tupé žiletky. Byl přesvědčen, že jeho vynález rozpoutá revoluci v průmyslu s holicími pomůckami,

protože lidem bude stačit jediná žiletka na celý život. Ze dne na den by přivedl celý průmysl na mizinu, sám pohádkově zbohatl a ke všemu snížil spotřebu nerostného bohatství matičky Země. „Tak co ty na to?“ prohodil nakonec vítězoslavně a s chutí upil piva.

Já si ho jen podezíravě měřil. Říkal jsem si, že každý vědec si nejspíš aspoň jednou za život vyslechne podobnou báchorku nějakého praštěného vynálezce. Navíc žiletky pro mne představovaly citlivé téma. Celý jsem se napružil, když se mi znovu připomněla dlouhá jizva na zádech, výsledek onoho nešťastného incidentu na peronu stanice metra Hammersmith. Nakonec jsem mu však pokynul, ať pokračuje, a poslouchal dál...

Je zvláštní, že vědci naplno porozuměli oceli až ve dvacátém století. Předtím se tajemství výroby oceli po tisíce let předávalo z otce na syna, z mistra na učedníka. Ještě v devatenáctém století, kdy už jsme pronikli hluboko do tajů astronomie, fyziky a chemie, jsme vyráběli železo a ocel, na nichž stála celá průmyslová revoluce, čistě empiricky – prostřednictvím intuice, odhadu, důkladného pozorování a ohromného kusu štěstí. (Usmálo se snad štěstí podobně oslnivě i na Briana, a on tak připadl na revoluční nový proces ostření žiletek jen čirou náhodou? Tuto variantu jsem ještě nebyl ochoten zavrhnout.)

V době kamenné byl kov nesmírně vzácný a vysoce cenný, jelikož v kovové podobě se v zemské kůře vyskytuje pouze měď a zlato (na rozdíl od většiny ostatních kovů, jež se musejí získávat z jejich sloučenin – rud). V minimálním množství tenkrát existovalo i čisté železo, konkrétně v místech dopadu meteoritů.

Radivoke Lajič ze severní Bosny ví o podivných kusech kovu padajících z nebe své. V letech 2007 a 2008 zasáhl

jeho dům neméně než pět meteoritů, což je statisticky tak ohromně nepravděpodobné, že jeho tvrzení, že za všechno mohou mimozemšťané, zní téměř věrohodně. Lajič se svým podezřením vyšel na veřejnost v roce 2008, když jeho dům zasáhl další úlomek. Odborníci potvrdili, že skutečně jde o meteority, a v současné době zkoumají magnetické pole kolem Lajičova domu ve snaze vysvětlit krajně neobvyklou četnost zásahů.



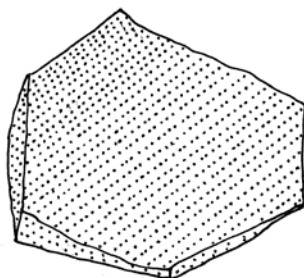
Obr. 1.1: Radivoke Lajič a pět meteoritů, které zasáhly jeho dům od roku 2007.

Neměli-li naši předci v době kamenné přístup k mědi, zlatu či meteoritickému železu, vyráběli nástroje převážně z pazourku, dřeva a kosti. Kdo někdy podobné nástroje použil, určitě zná jejich omezení a úskalí. Kupříkladu dřevo se při dostatečně silném nárazu buď rozštípne, pukne, nebo praskne. Totéž platí o kamenech či kostech. Kov se od těchto materiálů zásadně liší, protože jej lze tavit, kovat a tvarovat. Nárazy mu navíc vyložene prospívají. Například meč lze tvrdit kovááním zastudena. Celý proces lze i obrátit, stačí vložit kus kovu do ohně a zahřát jej –

a on změkne. První lidé, kteří tyto vlastnosti kovu před nějakými deseti tisíci lety objevili, dostali do rukou materiál, který je téměř stejně tvrdý jako kámen, ale chová se jako plast a navíc je téměř donekonečna recyklovatelný. Jinými slovy objevili ideální materiál k výrobě nástrojů, zejména sekyr, dlát a břitev.

Schopnost kovu plynule měnit charakteristiku z tvrdého materiálu na měkký musela našim předkům připadat jako čirá magie. A podobně to viděl i Brian, jak jsem brzy zjistil. Ten mi totiž vysvětlil, že svůj přístroj vynalezl metodou pokusu a omylu, aniž by rozuměl souvisejícím fyzikálním a chemickým procesům. Přesto se zdálo, že nějakým zázrakem uspěl. Mne požádal, abych změřil ostrost žiletek před a po nabroušení. Teprve až bude mít k dispozici výsledky seriózního měření, bude moci začít jednat s výrobci holicích pomůcek.

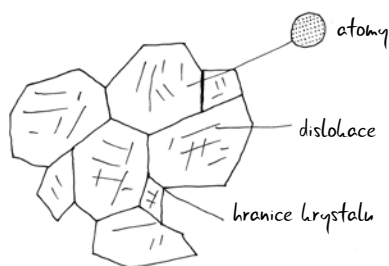
Vysvětlil jsem Brianovi, že pokud chce, aby jej firmy braly vážně, bude potřebovat víc než jen pár měření. Důvodem je skutečnost, že kov sestává z krystalů. Průměrná žiletka jich obsahuje mnoho miliard, přičemž atomy každého krystalu jsou uspořádány velmi specificky – tvoří téměř dokonalý trojrozměrný obrazec.



Obr. 1.2: Kovový krystal, z jakých se skládá například žiletka. Řádky drobných teček znázorňují atomy.

Atomy k sobě poutají vzájemné vazby, které také propůjčují krystalům pevnost. Žiletka se používáním tupí, protože kousky krystalů se v důsledku čtených střetů s vousy přeskupují do jiných útvarů. Tím se přerušují stávající vazby a vytvářejí nové, a v hladkém ostří tak vznikají drobné „důlky“. Elektronický ostříč žiletek, jaký mi popsal Brian, by musel tento proces zvrátit neboli by musel přeskupit dotyčné atomy tak, aby došlo k vyspravení poškozené struktury. Každý, kdo by chtěl být brán vážně, by musel předložit nejen názorný důkaz takového procesu na úrovni kovových krystalů, ale rovněž věrohodnou teorii toho, jak přesně takový proces probíhá na atomární úrovni. Teplo, generované pomocí elektřiny či jinak, má obvykle jiný účinek, než jaký popisoval Brian. Připomněl jsem mu, že kovové krystaly teplo změkčuje. To Brian věděl, trval však na tom, že jeho přístroj nepracuje na principu tepla.

Tvrzení, že kov se skládá z krystalů, možná leckomu přijde zvláštní, protože pod pojmem krystal si obvykle představíme průsvitný drahokam s mnoha fazetami, například diamant či smaragd. Krystalická struktura kovu je nám skryta, poněvadž kovové krystaly jsou neprůsvitné a většinou mikroskopické. Když si však kus kovu prohlédneme pomocí elektronového mikroskopu, vypadá jako dílo bláznivého dlaždiče, přičemž povrch krystalů je zbrázděný klikatými čarami neboli dislokacemi. Jde o drobné vady, odchylky od jinak dokonalého krystalického uspořádání atomů, jež vznikají narušením atomových vazeb. „Vada“ zní negativně, dislokace jsou však velmi užitečné. Právě díky nim má kov tak mimořádné vlastnosti coby materiál vhodný k výrobě rezných nástrojů, včetně žiletek, protože právě díky nim může kov měnit tvar.



Obr. 1.3: Normální kovy obsahují ohromné množství dislokací, které se navzájem kříží a překrývají. Na tomto nákresu je jich zobrazeno jen pár, aby byly snáze rozeznatelné.

O tom, jak dislokace v praxi fungují, se můžete přesvědčit i bez kladiva. Když ohnete kancelářskou sponku, ohýbají se ve skutečnosti kovové krystaly. Kdyby to nedokázaly, sponka by byla křehká a praskla by jako klacík. Příčinou této plasticity jsou dislokace, které se pohybují uvnitř kovových krystalů a posouvají při tom rychlostí zvuku malé kousky materiálu z jedné strany na druhou.

Když ohnete kancelářskou sponku, zhruba 100 bilionů dislokací se pohne rychlostí stovek metrů za sekundu. A třebaže každá z nich posune jen drobnou část kousek krystalu (přesněji jedinou atomovou rovinu), je jich tolik, že se krystal chová jako superodolný plast, nikoli jako křehký minerál.

Bod tavení kovu nám napovídá, jak těsně jsou atomy kovu nahloučené k sobě, a tudíž i jak snadno se pohybují dislokace jednotlivých kovů. Nejnižší bod tání má olovo, jeho dislokace se pohybují velmi snadno, a olovo je tak velmi měkký materiál. Měď má o něco vyšší bod tání, a je proto pevnější. Když kov zahříváme, dislokace v krystalech se pohybují a přeskupují. Jedním z důsledků je pak měknutí kovu.

Objev kovů byl důležitým okamžikem naší prehistorie, neřešil však zásadní problém celkového nedostatku kovu. Jednou z možností bylo samozřejmě čekat, až jej více spadne z nebe, jenže k tomu by byla potřeba ohromná dávka trpělivosti (každoročně dopadne na Zemi pár kilogramů, většinou ale do moře). Pak ovšem někdo učinil objev, který ukončil dobu kamennou a otevřel dveře zdánlivě bezedné nabídce nového materiálu. Přišel na to, že pokud vloží jistý zelenavý nerost do ohně a obklopí jej žhavými uhlíky, vyrobí z něj lesklý kus kovu. Onen zelenavý nerost se jmenuje malachit a výsledným kovem byla pochopitelně měď. Byl to doslova zázračný objev. Najednou okolní svět nesestával z mrtvého, neužitečného kamene, nýbrž z tajemného materiálu, který jako by měl vlastní vnitřní život.

Tehdejší hutníci sice podobný kousek dokázali jen s několika vybranými nerosty, jako je malachit, neboť spolehlivý proces tavení závisí nejen na rozpoznání správných nerostů, ale rovněž na důkladném dodržování chemických parametrů výhně, dozajista však tušili, že i ty kameny, které „nefungují“, které tvrdohlavě zůstávají kamenné i v té nejžhavější peci, skrývají svá tajemství. A měli pravdu. Podobným procesem dnes získáváme kov z mnoha různých nerostů, ačkoli trvalo tisíce let, než jsme porozuměli souvisejícím chemickým postupům a naučili se řídit chemickou reakci mezi nerostem a plyny vznikajícími ve výhni. Teprve pak přišel další skutečný milník v hutnictví.

Mezitím, zhruba od pátého tisíciletí před naším letopočtem, lidé zdokonalovali proces tavení mědi metodou pokusu a omylu. Výroba měděných nástrojů odstartovala raketový rozvoj technologií a významně se podílela na zrodu dalších výrobních postupů, vzniku měst a prvních

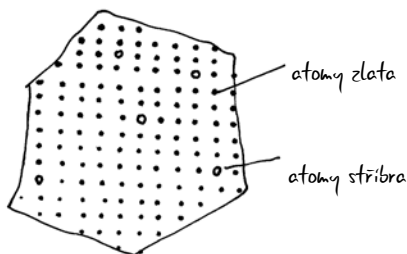
velkých civilizací. Egypťské pyramidy jsou příkladem toho, co vše bylo najednou možné díky dostatečné zásobě měděných nástrojů. Každý kamenný blok každé pyramidy byl vytěžen v kamenolomu a ručně opracován pomocí měděných dlát. Odborníci odhadují, že po celém starověkém Egyptě se vytěžilo zhruba 10 000 tun měděné rudy, z nichž bylo vyrobeno mimo jiné i 300 000 dlát, která byla k tak ohromnému projektu potřeba. Byl to nezměrný počin. Nebýt měděných nástrojů, pyramidy by dnes rozhodně nestály bez ohledu na počet použitých otroků, poněvadž těžba kamene by bez kovu byla nepraktická. Jde o počin o to působivější, že měď na práci s kamenem není ideální, neboť není dost tvrdá. Opracováním vápence se měděné dláto rychle tupí a odhaduje se, že řemeslníci museli svá dláta ostřit každých pár úderů kladivem, aby byla vůbec k něčemu. A z téhož důvodu se měď nehodí ani k výrobě žiletek.

Zlato je další relativně měkký kov, dokonce tak měkký, že prsteny se jen vzácně dělají z ryzího zlata, protože by se velmi rychle poškrábaly. Pokud ovšem přidáte pár procent jiného kovu, například stříbra či mědi, vyrobíte slitinu, která má nejen trochu jinou barvu – po přidání stříbra je bělejší a po přidání mědi červenější – ale také je podstatně tvrdší. A právě díky těmto změnám vlastností slitin, které se dějí po přidání malého množství rozličných přísad, je studium kovů tak fascinující. V případě zlatých slitin si možná říkáte, kam se poděly atomy stříbra. Inu, nacházejí se uvnitř krystalické struktury zlata, kde nahrazují atomy zlata. A právě díky nahrazení původních atomů v krystalické mřížce zlato ztverdne.

Slitiny jsou pevnější než ryzí kovy z jednoho prostého důvodu: atomy jiného kovu mají jinou velikost a chemické vlastnosti než atomy hostitelského kovu, takže když se

ocitnou v jeho krystalické mřížce, způsobují všemožné mechanické a elektrické poruchy, což má za následek zásadní změnu – dislokace se jejich vinou pohybují s většími obtížemi. A pokud se dislokace neumějí pohybovat snadno a lehce, je kov tvrdší a pevnější, jelikož kovové krystaly nedokážou tak snadno měnit tvar. Vývoj nových slitin je tudíž hledáním různých cest, jak bránit dislokacím v pohybu.

Proces nahrazování atomů se přirozeně odehrává i v jiných krystalech. Například ryzí krystal oxidu hlinitého je bezbarvý, ovšem druh, který obsahuje nečistoty v podobě atomů železa, má modrou barvu a my mu říkáme safír. A naprosto stejný krystal oxidu hlinitého, který obsahuje atomy chromu, je rudý a my mu říkáme rubín.



Obr. 1.4: Slitina zlata a stříbra na atomové úrovni. Vidíme zde krystal, v němž atomy stříbra na pár místech nahradily atomy zlata.

Názvy civilizačních epoch – od doby měděné přes dobu bronzovou až po dobu železnou – v podstatě představují vývojový sled tvrdších a tvrdších slitin. Měď je relativně měkký kov, vyskytuje se však běžně v přírodě a je snadno tavitelná. Bronz je slitina mědi s malým množstvím cínu, občas i arzenu, která je podstatně tvrdší než měď. Takže pokud jste měli k dispozici měď a věděli, co k ní přidat, mohli jste velmi snadno vyrábět zbraně a holicí pomůcky

desetkrát odolnější než ryzí měď. Jediná potíž je v tom, že cín a arzén jsou poměrně vzácné prvky. Právě z toho důvodu vznikly v době bronzové spletité obchodní trasy, po nichž lidé dopravovali cín do civilizačních center Blízkého východu až z Cornwallu či Afghánistánu.

I dnes se žiletky vyrábějí ze slitiny, jde však o velmi specifickou slitinu, jak jsem vysvětlil Brianovi, nad níž si naši předkové lámali hlavu po tisíce let. Ocel, slitina železa a uhlíku, je ještě tvrdší než bronz a vyrábí se z mnohem hojnějších surovin. Prakticky každý kámen obsahuje trochu železa a uhlík slouží jako palivo každého ohně. Naši předkové si zprvu neuvědomovali, že ocel je slitina, že uhlík v podobě dřevěného uhlí neslouží jen k zahřívání a tvarování železa, ale že se s ním během tavení může míchat na atomární úrovni. S mědí, cínem ani bronzem slitinu nevytvoří, ovšem se železem ano. Muselo to být náramně záhadné a my až dnes umíme díky znalosti kvantové mechaniky vysvětlit, proč tomu tak je. Během tavení totiž uhlík atomy železa v krystalech železa nenahradí, nýbrž se vměstná mezi ně, a krystal tak de facto „natáhne“.

A je tu ještě jeden problém. Pokud se železo smíchá s příliš vysokým množstvím uhlíku a výsledná ocel obsahuje například 4 % uhlíku místo 1 %, stane se z ní velmi křehký kov, který je k výrobě nástrojů a zbraní prakticky nepoužitelný. To je významný zádrhel výrobního postupu, neboť v primitivních tavicích pecích bylo obvykle ohromné množství dřevěného uhlí, a pokud železo zůstalo ve výhni příliš dlouho a zkapalnělo, smísilo se s ním příliš mnoho uhlíku, výsledná slitina byla příliš křehká a z ní vykované meče pak v bitvě často praskaly.

Až do počátku dvacátého století, kdy bylo tajemství oceli plně vysvětleno, nešlo nikomu na rozum, proč některé výrobní postupy fungují a jiné nikoli. Lidé je

většinou objevili metodou pokusu a omylu a ty úspěšně se stávaly žárlivě strážným tajemstvím, které se předávalo jen z otce na syna. Všechny takové postupy však byly natolik složité, že i když je někdo náhodou odcizil, nemohl si dělat velké naděje, že se mu cizí postup podaří napodobit. Některé civilizace se proslavily mimořádně kvalitní ocelí, díky níž pak tyto kultury vzkvétaly.

Roku 1961 profesor Richmond z Oxfordské univerzity objevil jámu, kterou roku 89 n. l. vyhloubili staří Římané. Jáma obsahovala 763 840 pěticentimetrových hřebíků, 85 128 hřebíků střední velikosti, 25 088 velkých hřebíků a 1 344 čtyřicentimetrových hřebů. Poklad sestával nikoli ze zlata, nýbrž výhradně ze železa a oceli, což by možná jiného nálezce trpce zklamalo. Nikoli však profesora Richmonda. Proč, položil si Richmond otázku, by římská legie jen tak zahrabávala sedm tun drahého železa a oceli?

Dotyčná legie obývala za úřadování britského správce Gnaea Julia Agricoly předsunutou pevnost Inchtuthil ve Skotsku. Šlo o nejzazší kout římské říše a pevnost měla za úkol chránit hranici před „barbary“, tedy Kelty. Legie o počtu 5 000 mužů okupovala keltské území šest let, ale pak se stáhla a pevnost opustila. Římané udělali vše pro to, aby nepřátelům nenechali nic užitečného. Rozbili všechny nádoby na potraviny a vodu, pevnost zapálili a srovnali se zemí. Ani to jim však nestačilo. V popelu zůstaly hřebíky, které držely celou stavbu pohromadě a jež byly příliš cenné na to, aby je Římané nechali napospas kmenům, které je vyhnaly ze svého území. Právě díky železu a oceli mohli Římané stavět akvadukty či lodě a vyrábět meče. Na těchto kovech stálo celé jejich impérium. Nechat nepřátelům sedm tun hřebíků by bylo stejné jako jim nechat zásobu zbraní. A tak je Římané, než vyrazili na

jih, zakopali do země. Spolu se zbrojí a zbraněmi si s sebou vzali jen pár menších ocelových předmětů, včetně takzvaných *novacili*, nástrojů, které symbolizovaly římskou kultivovanost: holičských břitev. Právě díky nim – a samozřejmě díky holičům, kteří s nimi pracovali – se mohli římsští vojáci vrátit do Londýna hladce oholení a upravení, a symbolicky se tak distancovat od barbarských hord, které je porazily.

Aura tajemství, která dlouhá tisíciletí provázela výrobu oceli, přivedla na svět všemožné mýty a báje. Ocelový byl ostatně samotný symbol sjednocení a obnovy Británie po stažení římských vojsk – Excalibur, legendární meč krále Artuše, kterému lidé připisovali kouzelné schopnosti a spojovali jej s právem vládnout Británii. Není těžké pochopit, proč v dobách, kdy meč v bitvě praskl každou chvíli a rytíř bez něj zůstal zcela bezbranný, zosobňoval meč z vysoce kvalitní oceli třímaný silným bojovníkem vládu civilizace nad chaosem. Skutečnost, že samotný proces výroby oceli byl vysoce ritualizovaný, rovněž vysvětluje, proč se tomuto materiálu přisuzovaly magické schopnosti.

To platilo především v Japonsku, kde vykování samurajského meče trvalo dlouhé týdny a bylo součástí náboženského obřadu. *Ama-no-Murakumo-no-Tsurugi* neboli „Meč houstnoucích nebeských mračen“ byl legendární japonský meč, díky němuž slavný bojovník Jamato Takeru ovládal vítr a porazil všechny své protivníky. Ponecháme-li báje a rituály stranou, představa, že některé meče mohou být až desetkrát odolnější a ostřejší než jiné, nebyla pouze mýtem, nýbrž realitou. V patnáctém století platily ocelové meče japonských samurajů za nejlepší, jaké do té doby člověk vyrobil, a na špičce zůstaly dalších pět set let, až do nástupu moderní metalurgie ve dvacátém století.

Samurajské meče se vyráběly ze zvláštního typu oceli, *tamahagane* neboli „drahokamové oceli“, která se získávala z černého vulkanického písku z Tichého oceánu. Ten sestává převážně ze železné rudy zvané magnetit, z níž se původně vyráběly střelky do kompasů. Drahokamová ocel se odlévala pomocí obřích jílových forem, přes metr širokých a tři a půl metru dlouhých, zvaných *tatara*. Ve formě řemeslník nejprve rozdělal oheň a tím ji „opálil“ neboli vytvrdil z jílové na keramickou. Pak ji pečlivě vyplnil vrstvami černého písku a černého dřevěného uhlí, které v keramické peci sloužilo jako palivo. Proces tavení železa trval asi týden a vyžadoval neustálou pozornost týmu čtyř až pěti lidí, kteří udržovali dostatečně vysokou teplotu ohně tak, že do *tatary* pomocí ručních měchů pumpovali vzduch. Nakonec ji pomocníci kováře rozbili a *tamahagane* vydolovali z popela a zbytků písku a dřevěného uhlí. Tyto hroudy surové oceli nevypadaly příliš vábně, byly však mimořádné díky tomu, že vykazovaly celou škálu uhlíkového obsahu, od velmi nízkého po velmi vysoký.

Výrobci samurajských mečů dokázali rozeznat ocel s vysokým obsahem uhlíku, která byla velmi tvrdá, leč křehká, od oceli s nízkým obsahem uhlíku, která byla velmi odolná, ale relativně měkká. Poznali ji podle toho, jak vypadala, jak se držela v ruce a jak při úderu zvonila. Díky tomu mohli měkkčí ocel používat k výrobě střední části meče, který byl pak nesmírně odolný, téměř pružný, takže v bitvě praskl jen vzácně, a ostří kovat z tvrdé oceli s vysokým obsahem uhlíku. Díky této metodě dosáhli cíle, jež mnozí považovali za nedosažitelný – meče, který přestál srážku s jiným mečem či zbrojí a zůstal přitom tak ostrý, že dokázal useknout soupeři hlavu. To nejlepší z obou světů.

Nikdo nesvedl vyrobit pevnější a tvrdší ocel než japonští mistři až do nástupu průmyslové revoluce. Když tenkrát

Evropané začali poprvé stavět ve větším, ambicióznějším měřítku – například železniční tratě, mosty a lodě – používali k tomu železnou litinu, kterou uměli odlévat ve velkém množství do nejrůznějších forem. Litina byla bohužel za určitých okolností velmi náchylná k prasknutí, a čím ambicióznější železné stavby byly, tím častěji tyto okolnosti nastávaly.

Jedno z nejhrošších neštěstí se událo ve Skotsku. V noci 28. prosince 1879 se tehdy nejdelší most světa, železný Tay Rail Bridge, zhroutil v důsledku neustávajících silných vichřic. Vlak s pětasedmdesáti pasažéry se zřítil do řeky Tay. Nikdo nepřežil. Katastrofa potvrdila, co už mnozí dávno tušili, tedy že železo se k podobným účelům zkrátka nehodí. Architekti potřebovali nejen umět vyrobit ocel stejně pevnou jako samurajský meč, ale také ji vyrábět v ohromném množství.

Jednoho dne vystoupil inženýr ze Sheffieldu jménem Henry Bessemer na setkání Britské společnosti na podporu vědy a oznámil, že to dokázal. Jeho postup byl mnohem jednodušší než rituální výroba samurajského meče a dala se jím odlévat ocel po tunách. Byla to nefalšovaná průmyslová revoluce.

Takzvané bessemerování bylo geniálně prosté. Roztaveným železem se profukoval vzduch, kyslík reagoval s uhlíkem v železe a odstraňoval jej v podobě oxidu uhličitého. Byla k tomu potřeba znalost pokročilé chemie, která výrobě oceli poskytla vědecký základ. Navíc reakce kyslíku a uhlíku byla nesmírně prudká a produkovala mnoho tepla. To zase zvyšovalo teplotu oceli, která tak zůstávala trvale horká a tekutá. Byl to jednoduchý postup, který bylo možné využít v průmyslovém měřítku. Byla to odpověď na požadavek architektů.

Bessemerování mělo jeden jediný háček – nefungovalo. Nebo to alespoň tvrdil každý, kdo ho vyzkoušel. Rozlícení

oceláři po Bessemerovi, od kterého koupili licenci a investovali nemalé sumy do nového vybavení, z něhož však padalo jen křehké železo, žádali vrácení peněz. Bessemerovi nešlo na rozum, proč je proces někdy úspěšný a jindy nikoli, svou technologii však dále piloval a s pomocí britského metalurga Roberta Foreстера Musheta ji zdokonalil. Podle původní metody se uhlík odstraňoval tak dlouho, dokud jej ve slitině nezůstalo to správné množství, tedy zhruba jedno procento, což bylo složité, poněvadž oceláři odebírali železo z různých zdrojů. Mushet místo toho navrhl, aby se uhlík z železa odstranil úplně a požadované jedno procento se do něj přidalo dodatečně. Jeho řešení bylo funkční a opakovatelné.

Samozřejmě, že když Bessemer vylepšenou technologii začal prodávat, oceláři jej ignorovali, neboť se nechtěli nechat napálit podruhé. Tvrdili, že z ryzího tekutého železa ocel vyrobít nelze a že Bessemer je obyčejný podvodník. Nešťastnému inženýrovi nakonec nezbylo než si zřídit vlastní ocelárnu a cennou slitinu vyrábět sám. Za dalších pár let už firma Henry Bessemer & Co. chrlila ocel o tolik levnější a v takovém množství, že si konkurence musela licenci na bessemerování přece jen koupit. Henry Bessemer pohádkově zbohatl a jeho výrobní postup otevřel brány éře strojů.

Byl snad Brian novodobý Bessemer? Případl snad na proces přeskupování krystalické struktury v ostří žiletky prostřednictvím elektrického či magnetického pole, proces, kterému do hloubky nerozuměl, ale který přesto fungoval? Známe přece tolik historek o vizionářích, jimž se ostatní posmívali a kteří se nakonec smáli naposled. Mnozí se pošklebovali představě, že stroj těžší než vzduch může létat, a my dnes přesto létáme z jednoho konce světa na druhý. A stejné to bylo i s televizí, s mobilními

telefony nebo s počítači – ty všechny se zrodily v aréně posměchu.

Až do dvacátého století byly ocelové břitvy a chirurgické skalpely velice drahé. Vyráběly se ručně z nejkvalitnější oceli, jelikož pouze tu bylo možné nabrousit na takovou ostrost, aby řezala vousy hladce, bez škubání. (Každý, kdo se někdy holil tupou žiletkou, dobře ví, jak může i lehké škubnutí bolet.) A protože ocel pod vlivem vzduchu a vody rezaví, čištění čepele ji rovněž tupí, jelikož tenounké ostří se doslova rozpadá v rez. Proto po tisíce let platilo, že holicí obřad začínal užitím takzvaného obtahovacího řemene, po kterém se břitva párkrát projela tam a zpátky. Možná si teď říkáte, že tak měkký materiál jako kůže nemůže přece naostřit ocel, a máte pravdu. Břitva se totiž ostříla díky jemnému tvrdému prachu, kterým byl řemen impregnován. Tradičně se k tomu používal nerost zvaný andělská červeň, dnes je však běžnější diamantový prach. Pokud přejíždíme břitvou po řemeni, nesmírně tvrdé částičky diamantů odstraňují z čepele kousky přebytkového kovu, a jemné ostří tak vyspravují.

To vše se změnilo roku 1903, kdy americký podnikatel King Camp Gillette uplatnil Bessemerovu metodu masové výroby levné oceli a začal vyrábět žiletky, které se po opotřebením mohly vyhodit. Jeho výrobek otevřel dveře demokratizaci holení. Gillette chtěl muže zbavit nutnosti čepel neustále ostřit, a tak vytvořil holicí pomůcku tak levnou, že si každý mohl dovolit zbrusu novou, jakmile se ta stará otupila. Za rok 1903 prodal Gillette jednapadesát holicích strojků a 168 žiletek. V následujícím roce už to bylo 90 884 strojků a 123 648 žiletek. Roku 1915 již jeho firma vyráběla ve Spojených státech, Kanadě, Anglii, Francii a Německu a prodeje žiletek překračovaly sedmdesát milionů. Jakmile už muži nemuseli chodit k holiči,

aby se zbavili vousů, Gilletteho vynález se stal nepostradatelným příslušenstvím každé domácnosti. A platí to dosud. Třebaže například v oblasti výroby a zpracování potravin volají někteří lidé po návratu „ke kořenům“, stříhat se a holit bronzovým nožem nebo tupou břitvou už dnes nechce nikdo.

Gilletteho obchodní model byl chytrý z mnoha důvodů, mimo jiné i proto, že i když se žiletka netupila při holení, ostrost kvapem ztrácela stejně v důsledku rezaření. To Gillettemu zaručovalo pravidelné prodeje. Celý příběh však skrývá ještě jednu pointu, tak prostou, že k ní asi muselo dojít náhodou.

Roku 1913, kdy se již evropské mocnosti chystaly na první světovou válku, dostal Harry Brearley za úkol prostudovat kovové slitiny a vyvinout vylepšenou hlavěň pušky. Pracoval v jedné z metalurgických laboratoří v Sheffieldu, kde k oceli přidával rozličné ingredience, odléval vzorky a pak mechanicky testoval jejich tvrdost. Brearley věděl, že ocel je slitinou železa a uhlíku, a věděl také, že při výrobě oceli lze do směsi přidat jiné chemické prvky, které ji buď vylepší, nebo znehodnotí. Nikdo tenkrát netušil, proč tomu tak je, a proto Brearley postupoval metodou pokusu a omylu, taval různé druhy oceli a přidával k nim všemožné příměsi. Jednou hliník, jindy nikl.

Nějakou dobu se nedokázal hnout z místa. Když mu vyšel vzorek, který nebyl uspokojivě tvrdý, hodil jej do kouta. Rozsvítilo se mu teprve měsíc poté, kdy procházel laboratoří a všiml si, že v hromadě rezavějícího šrotu se cosi leskne. Místo aby nad tím mávl rukou a odebral se do hospody, vylovil vzorek, který nepodlehl rzi, a okamžitě si uvědomil, jaký převratný vynález drží v ruce – vůbec první kus nerezové oceli, jaký kdy svět spatřil. Čirou náhodou smíchal ve správném poměru železo, uhlík a chrom,

a vytvořil tak velmi specifickou krystalickou strukturu, v níž jsou v krystalech železa vměstnány atomy uhlíku i chromu. Přidaný chrom tvrdost slitiny nezvýšil, protože Brearley dotyčný vzorek nejprve vyhodil. Chrom však propůjčil materiálu podstatně zajímavější vlastnost.

Obvykle, je-li ocel vystavena účinkům vody a vzduchu, železo na povrchu se začne měnit v oxid železitý, červený minerál lidově přezdívaný „rez“. Když šupinky rzi odprýskají, začne korodovat další vrstva oceli pod nimi. Právě proto je rezavění tak chronickým problémem, který sužuje ocelové struktury, a právě proto se musejí mosty nebo automobily natírat speciální barvou. Jakmile se však k oceli přidá chrom, stane se něco pozoruhodného. Chrom, jako mimořádně zdvořilý host, reaguje s kyslíkem ještě před domácími atomy železa a mění se v oxid chromičitý. To je průzračný, tvrdý minerál, který přiléhá nesmírně pevně k podkladové oceli. Jinými slovy nikdy neoprýská a člověk jej prostým okem ani nerozezná. Zkrátka se vytvoří neviditelná ochranná vrstva nad celým povrchem ocelového výrobku. My navíc dnes již víme, že jde o vrstvu, která se sama opravuje, takže když poškrábete předmět z nerezové oceli a film z oxidu chromičitého poničíte, on se časem sám zatáhne.

Brearley začal vyrábět světově první nože z nerezové oceli, okamžitě však narazil na překážku. Výsledný kov nebyl dostatečně tvrdý na to, aby jej bylo možné pořádně nabrousit, a jeho artikl si brzy získal pověst „nožů, které neřežou“. Nedostatečná tvrdost byla koneckonců důvodem, proč Brearley slitinu oceli a chromu nejprve zavrhl coby vhodný materiál k výrobě hlavní pušek.

Díky relativní měkkosti však měla nerezová ocel zase jiné vlastnosti, což vyšlo najevo, když dvacáté století o kousek pokročilo a výrobci jí dokázali propůjčit

nejrůznější komplexní tvary. Jejich snahy nakonec vyústily v jeden z nejslavnějších kusů britského designu, který je dnes součástí téměř každé domácnosti – kuchyňský dřez. Nerezové dřezy jsou nezdolné a blyštivé a zdá se, že se ubrání všemu, s čím přijdou do styku. Ve světě, kde jsme si již zvykli zbavovat se odpadu okamžitě a pohodlně, od tuků přes rozličná činidla až po kyseliny, nám nerezová ocel prokazuje neocenitelnou službu. Z kuchyní vytlačila keramický dřez a vytlačila by i keramickou mísu z toalet, kdybychom to připustili, my však tomuhle kovu stále ještě nevěříme natolik, abychom jej pověřili odstranováním i poněkud soukromějšího odpadu.

Nerezová ocel je samotným ztělesněním našeho moderního věku. Má čistý, blyštivý vzhled, jeví se jako téměř nezničitelná a v jádru je velmi demokratická – za necelých sto let se stala kovem, který je nám ze všech nejbližší. Koneckonců si jej dennodenně strkáme do úst. Brearley totiž nakonec ze své oceli vyrobil i příbor a právě díky ochranné vrstvě oxidu chromičitého vidličky nebo lžíce nemají žádnou chuť, jelikož náš jazyk se nedotýká přímo kovu a naše sliny s ním nereagují. Znamená to, že jsme jednou z prvních generací, jimž se při stravování nemísí s jídlem i chuť příboru.

Nerezová ocel často nachází uplatnění také v architektuře a umění, neboť její lesklý povrch dává jasně najevo, že si na něj nějaká rez nepřijde. *Obláčná brána* Aníše Kapura v Chicagu je toho názorným příkladem. Jako v zrcadle v ní vidíme modernitu, vědecký chlad, vítězství nad špínou, nepořádkem a chaotičností života. Vidíme v ní nezdolnost lidské rasy.

Když metalurgové nakonec vymysleli, jak vyrábět nerezovou ocel dostatečně tvrdou, aby z ní šly zhotovovat i příbory, rovněž bezděky vyřešili problém rezivění

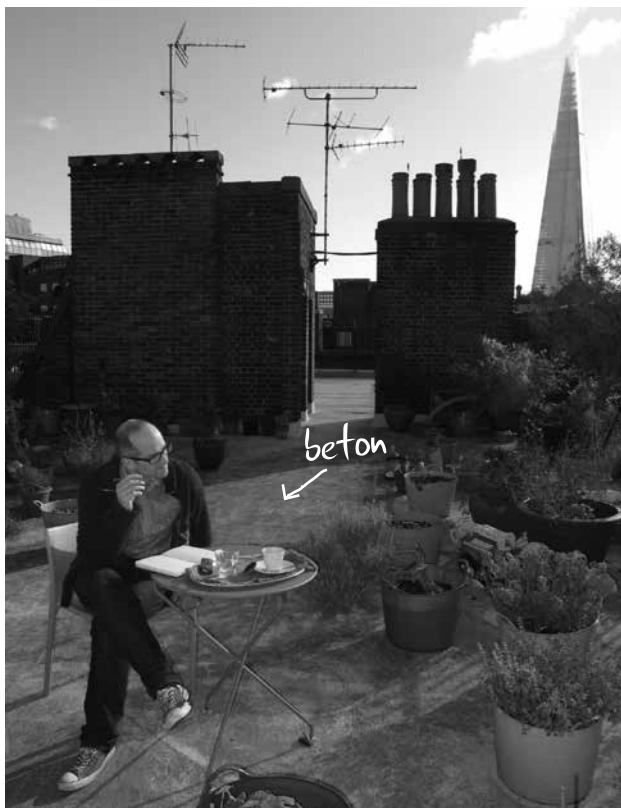
žiletek a břitev, a přivedli tak na svět nejbáječnější holicí pomůcku, jaká kdy existovala. A ta zase proměnila vzhled našich tváří a těl k nepoznání. Ovšem proces domestikace holení dal pouličním násilníkům do ruky oblíbenou zbraň – břitvu, která je odolná, levná a hlavně nesmírně ostrá. Tak ostrá, že dokáže proříznout několik vrstev kůže, vlasy, bavlny a pokožky, jak jsem se o tom přesvědčil nanejvýš osobně...

To vše jsem zvažoval, když jsme s Brianem probírali jeho proces ostření nerezových žiletek. Nerezová ocel, tvrdá, odolná a ostrá slitina, na kterou nepůsobí voda a vzduch, vznikala převážně metodou pokusu a omylu v průběhu několika tisíciletí. Nemohl jsem tudíž definitivně vyloučit, že někdo objevil princip ostření žiletek pomocí elektromagnetického pole. Mikroskopický svět materiálů je tak složitý a obrovský, že jsme dosud probádali jen malý zlomek.

Na konci večera, když jsme oba vyšli z hospody, mi Brian potřásl rukou a řekl, že mi určitě zavolá. Vykročil pryč, ale ještě než se vypotácel do nočních ulic, které zalévalo žluté světlo sodíkových lamp, znovu se na mě otočil a opilecky zahulákal: „Pochválen buď bůh oceli!“

Usoudil jsem, že má na mysli Hefaista, řeckého boha kovu, ohně a vulkánů, který se typicky zobrazuje jako kovář u výhně. Hefaistos je podle legendy tělesně postižený a znetvořený; patrně trpí arzenikózou, která se kdysi u kovářů vyskytovala velmi často, protože ti během odlévání bronzů přicházeli do styku s arzémem, jenž způsobuje pohybová postižení a rakovinu kůže. Po chvíli jsem se ohlédl za Brianem, který se mi nejistým krokem vzdaloval – s vycházkovou holí, brunátný ve tváři – a znovu jsem si položil otázku, kdo to vlastně doopravdy byl.

Beton. Základ civilizace



Jednoho jarního dne roku 2009 jsem mířil na trh pro bochník chleba. Zabočím za roh a vidím, že Southwark Towers jsou ty tam. Všech pětadvacet podlaží klasického kancelářského komplexu ze sedmdesátých let je strženo. Usilovně jsem vzpomínal, kdy jsem budovy viděl naposled. Snad

minulý týden, kdy jsem se cestou z práce ubíral stejnou ulicí, rovněž pro chleba?

Poškrábal jsem se na hlavě. Zdá se mi to, nebo dnes demolice probíhají podstatně rychleji než dříve? Každopádně jsem znejistěl a najednou si připadal nějak menší. Southwark Towers jsem měl rád. Byly tam automatické dveře z doby, kdy podobné věci letěly. Jenže dnes už jsou pryč a zbyla po nich v ulici i v mém životě větší mezera, než jsem čekal. Najednou nic nevypadá jako dřív. Přешel jsem k pestrobarevným poutačům, které obklopovaly prázdné místo.

Jeden z nich oznamoval, že zde má vyrůst nejvyšší budova v Evropě s názvem Shard. Na plakátu byla počítačová maketa obřího špičatého mrakodrapu, který se zvedne z popela Southwark Towers nad nádraží London Bridge. Poutač pěl chválu na nový orientační bod, který prý bude vévodit londýnskému panoramatu několik dalších desetiletí.

Byl jsem z toho celý otrávený a také mne přepadly obavy. Co když si ten gigantický skleněný falus vyhlédnou jako svůj další cíl teroristé? Co když jej pošlou k zemi jako newyorská Dvojčata, co když se Shard zřítí a já i má rodina zahyneme v troskách? Prostudoval jsem si Google Maps a spokojeně konstatoval, že i kdyby se tato 330 metrů vysoká budova převrátila na bok, až k mému bytu by nedosáhla. Maximálně zavalí nedalekou hospodu Shakespeare Tavern, ale tam já nechodím. Tak či onak bych se stejně udusil v toxickém prachovém mračnu, které by pád takového obra zvedl, mumlal jsem si pod vousy a v apokalyptické náladě pokračoval pro svůj chleba.

Následujících pár let jsem s úžasem sledoval, jak mi za okny roste ohromný mrakodrap. Byl jsem svědkem učiněných zázraků a fenomenálních výkonů moderního

stavitelství, ale hlavně jsem se dopodrobna seznámil s betonem.

Stavebníci začali vyhloubením velké jámy. A říkám-li velké, myslím tím obrovitánské. Týden za týdnem jsem po cestě pro chleba nakukoval škvírou mezi poutači a pozoroval ruch gigantických strojů, které ryly do země, hlouběji a hloub, jako by něco těžily. Ve skutečnosti však dolovaly jíl, který tam před stovkami tisíc let uložila řeka Temže. Byl to tíž hustý jíl, z něž se v Londýně odjakživa vyráběly cihly, z nichž se zase odjakživa stavěly zdejší domy a továrny. Jenže ke stavbě Shardu už nikdo cihly nepotřeboval.

Jednoho dne, když stavebníci odstranili všechn jíl, nalili do jámy 700 automíchaček betonu. Z toho vznikly základy, díky nimž dnes ohromný mrakodrap i se všemi dvaceti tisíci lidmi nezapadne do jílovité půdy. Stavebníci plnili gigantickou jámu betonem, vrstvu po vrstvě, podzemní patro po podzemním patře, až najednou žádná jáma neexistovala, pouze podzemní katedrála z tekutého betonu, která pomalu tuhla. Všechno to proběhlo bez zádrhelů a neuvěřitelně rychle, což bylo důležité, poněvadž stavební firmy z finančních důvodů začaly s budováním samotné věže ještě před dokončením základů.

„Co myslíte, jak dlouho ten beton bude schnout?“ zeptal se mě jeden muž se psem, zatímco jsme oba pozorovali stavbu skrz škvíry v zábranách. „Co já vím,“ zalhal jsem.

Má lež měla za úkol utnout konverzaci v samém zárodku, což se také stalo. Byla to navyklá, všední reakce roditěho Londýňana, který se nerad baví s cizími lidmi. Zvlášť když jsem si nebyl jistý, jak by se muži či jeho psu líbilo, kdybych jej už na začátku opravil – beton totiž

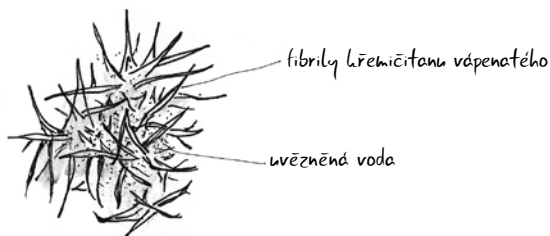
neschne. Právě naopak, voda je základní složkou betonu. Když se beton vylije do formy, započne dlouhý řetězec chemických reakcí, díky nimž vznikne hluboko v materiálu složitá mikrostruktura, která vodu uvězní. Přestože tedy beton obsahuje spoustu vody, je nejen suchý, ale také vodotěsný.

Za vynálezem betonu stojí kus geniální chemie, mimo jiné i proto, že aktivní složkou je zde vlastně kámen v prášku. K výrobě betonu však nelze použít libovolný nerost. Chcete-li si namíchat vlastní várku, potřebujete uhlíčitán vápenatý, což je hlavní složka vápence, nerostu, který většinou vznikl tam, kde se po miliony let usazovaly pozůstatky živých organismů, které pak spojily v jednoduše celek teplo a tlak vznikající při pohybech zemské kůry. Nezbytný je rovněž nějaký nerost, který obsahuje křemičitan neboli sloučeninu křemíku a kyslíku, z níž sestává zhruba 90 procent zemské kůry. K tomuto účelu vám bude stačit libovolný typ jílu. Pokud byste však tyto materiály pouze rozemleli a smíchali s vodou, vyšlo by z toho jen mazlavé bahno. Musíte z nich nejprve získat onu klíčovou přísadu, která zareaguje s vodou, a abyste ji získali, musíte ji uvolnit z chemických vazeb, v nichž se nachází.

To není vůbec snadné. Tyto vazby jsou velice stabilní – nerosty se hned tak v něčem nerozpustí, hned tak s něčím nereagují. V příznivých i nepříznivých klimatických podmínkách přetrvávají miliony let. Trik spočívá v tom, že je zahřejete na velmi vysokou teplotu, zhruba 1 450 °C. Ta dalece přesahuje průměrnou teplotu hoření dřeva či uhlí, která se v případě rudě žhnoucích nebo žlutě hořících uhlíků pohybuje mezi 600 a 800 °C. Při teplotě 1 450 °C hoří oheň bíle a namísto červeného či žlutého zbarvení má plamen namodralý nádech. Je tak znepokojivě oslnivý, až z toho člověka bolí oči, když se na něj dívá.

Při těchto teplotách se nerost rozloží na směs oxidů vápníku, křemíku a hliníku. Je to směs, neboť jednotlivé sloučeniny obsahují různé drobné nečistoty, které mění jejich výsledné vlastnosti. Klíčem k výrobě betonu jsou vápenaté křemičitany s vysokým obsahem hliníku a železa, ovšem pouze v tom správném poměru. Jakmile vše vychladne, zůstane vám specifický prášek stejné bílošedé barvy jako povrch Měsíce. Strčíte-li do něj ruku, zjistíte, že má hedvábnou texturu popela. Je to téměř atavistický pocit. Pokožka vám v něm však rychle vyschne, jako by ji napadla nějaká zákeřná choroba. Tento krajně výjimečný materiál nese krajně nudné jméno – cement.

Pokud nyní přilijete vodu, cement ji záhy vypije a ztmavne. Avšak místo aby se z něj stalo mazlavé bahno, jako při zvlhčení většiny drcených nerostů, ze specifické série chemických reakcí vzejde gel. Gely jsou polotuhé a rosolovité materiály, tvoří například slavné gumové medvídky nebo také zubní pasty. Nešplíchají jako voda, protože je drží pohromadě vnitřní kostra. U medvídků ji tvoří želatina, u betonu tuto roli plní hydrátované fibrily křemičitanu vápenatého, což jsou jakési krystalové entity. Rozpustí-li se křemičitan vápenatý ve vodě, vypadají tyto fibrily téměř organicky (vidíme je na obrázku). Gel, který vznikl uvnitř cementu, se neustále transformuje spolu s růstem vnitřní kostry a v důsledku pokračujících chemických reakcí.



Obr. 2.1: Náčrt fibril křemičitanu vápenatého uvnitř tuhnoucího cementu.

Jak fibrily rostou, navzájem se proplétají a vytvářejí vazby, v nichž zůstává uvězněno stále více vody, až se nakonec celá masa přemění z gelu na pevné skupenství. Fibrily se spojí nejen mezi sebou navzájem, ale také s ostatními přísadami v betonu, a právě tak se z cementu stává beton.

Cement drží pohromadě cihly rodinných domů i kamenné bloky monumentů, leč v obou případech vězí mezi oběma stavebními prvky jenom jako druhořadá komponenta, která slepuje základní stavební hmotu. Když jej ovšem smícháme například s drobnými valounky, které zde hrají roli miniaturních cihliček, stane se z cementu základ celé struktury.

Pro všechny chemické reakce platí, že pokud nedodržíte správný poměr jednotlivých přísad, nedopadne to dobře. Konkrétně v případě betonu, pokud cementový prach příliš naředíte, nenajde voda dostatek křemičitanu vápenatého, s nímž by mohla reagovat, ve směsi jí zůstane příliš mnoho a struktura betonu se tím oslabí. Když vody naopak dáte málo, zůstane ve směsi příliš mnoho nepřeměněného cementu a výsledný beton bude opět slabý.

Za selhání betonových staveb proto ve většině případů může lidský faktor. Špatně namíchaného betonu si nikdo nevšimne třeba léta, ale pak se najednou stane pohroma. Katastrofální rozsah škod, k nimž došlo roku 2010 při zemětřesení na Haiti, je z velké části připisován právě stavařské fušeřině a nekvalitnímu betonu. Zhroutilo se tehdy na 250 000 budov, v troskách zemřelo přes 300 000 lidí a další milion zůstal bez domova. Ještě horší je skutečnost, že Haiti v tomto ohledu zdaleka není samo. Stejně časované betonové bomby jsou rozeté po celém světě.

Vypátrat původního viníka podobných katastrof je často obtížné, protože i špatně namíchaný beton může

na první pohled vypadat normálně. Když se budovalo newyorské letiště JFK, šéf stavebního dozoru v rámci běžných kontrol zjistil, že beton, který automícháčky přivážely před polednem, vykazoval po zatuhnutí dostatečnou pevnost, ovšem odpolední várky byly znatelně slabší. Nešlo mu to na rozum, odpověď však nenacházel. Sedl tedy do auta, sledoval jednu z odpoledních várek cestou z výroby na stavbu a zjistil, že řidiči mají ve zvyku zastavit a udělat si přestávku na svačinu. Předtím vždy do betonu přimíchali další vodu v dobré víře, že tak déle zůstane čerstvý.

Během zemních prací při stavbě Shardu narazili stavebníci na pozůstatky jakéhosi předchůdce betonu z dob římského impéria. Tento materiál držel pohromadě římské lázně, které dělníci našli po stržení restaurace rychlého občerstvení, jež se nacházela hned vedle někdejších Southwark Towers.



Obr. 2.2: Pozůstatky římských lázní objevené během stavby Shardu.

Římané beton vynalezli čistě náhodou. Nemuseli vůbec experimentovat se zahříváním nerostů na extrémně vysoké teploty, protože našli již hotový cement v lokalitě Pozzuoli

nedaleko Neapole. Pozzuoli pořádně smrdí; svůj název také odvozuje od latinského výrazu *putere* (zapáchat). Nevábné aroma vydává síra obsažená ve zdejším sopečném popelu. Zápach je důsledkem skutečnosti, že celou oblast miliony let sužovaly výtrysky lávy, popela a pemzy. Sopečný popel vzniká extrémním zahříváním křemičitých nerostů, které poté tryskají z jícnu – proces až podezřele podobný procesům při výrobě moderního cementu.

Římanům stačilo zacpat si nos a začít těžit přírodní cement, který se v Pozzuoli hromadil miliony let. Ten se sice malinko liší od cementu moderního (portlandského) a je k němu třeba přimíchat vápno, jakmile ale Římané vše vykoumali a pro vyšší strukturální pevnost přisypali ještě štěrk, měli poprvé v dějinách k dispozici zcela jedinečný stavební materiál – beton.

Kombinovaný charakter cihlových budov je jedním z příčin jejich obliby. Cihla je stavebním prvkem, který člověku ideálně padne do ruky, což propůjčuje celku lidský rozměr. Beton je zásadně odlišný, protože je v první fázi tekutý. To znamená, že betonové stavby lze doslova odlévat, čímž vzniká jednolitá struktura, od základů po střechu bez jediného švu.

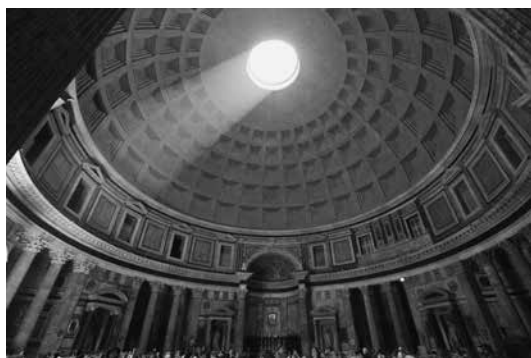
Betonáři mají svou mantru: chcete základy, my vám odlijeme základy; chcete pilíře, my vám odlijeme pilíře; chcete podlahu, my vám odlijeme podlahu; chcete to dvakrát větší? – není problém; chcete to zakřivené? – není problém. Máte-li k dispozici beton a příslušnou formu, můžete postavit cokoliv. Schopnosti tohoto materiálu jsou téměř hmatatelné a jsou návykové pro každého, kdo navštíví staveniště, kde se beton odlévá. Týden co týden jsem fascinovaně pozoroval skrz škvíru v hrazení průběh stavby Shardu. Ze základů se zvedal obří mrakodrap, který odlévali z betonu lidští mravenci. Na staveniště dorazila směs práškového kamene

a šterku, která se prostým přidáním vody změnila zpátky na kámen.

Výroba betonu je nejen technologie, ale také filosofie – uzavírá se tím kruh, jenž má počátek v zemské kůře, kde vznikají hory z nerostů, které pak lidé těží a staví z nich dle obrazu svého své vlastní, umělé hory, kde poté bydlí a pracují.

Existence betonu povzbuzuje ambice architektů. Jakmile jej Římané objevili, uvědomili si, že na něm mohou postavit celou infrastrukturu svého impéria. Jen díky němu mohli vybudovat přístav, kdekoli se jim zamloulo, protože jejich přírodní beton tuhnul i pod vodou. Stavěli z něj i akvadukty a mosty, tedy infrastrukturu, jejímž prostřednictvím pak přepravovali suroviny pro výrobu betonu dál, kamkoli bylo potřeba, a nemuseli se tak spoléhat na místní zásoby kamene či jílu. V tomto smyslu je beton ideální stavební hmotou pro budování impéria. Nej působivější exemplář římského stavitelského umění nalezneme přímo v hlavním městě – je to kupole Pantheonu v Římě, která je i po dvou tisíciletích stále největší nezpevněnou betonovou kupolí na světě.

Ačkoli však betonový Pantheon přežil pád římské říše, beton jakožto stavební materiál nikoli. Jakmile jej přestali



Obr. 2.3: Kupole Pantheonu.

Toto je pouze náhled elektronické knihy. Zakoupení její plné verze je možné v elektronickém obchodě společnosti eReading.