



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV MATERIÁLOVÝCH VĚD A INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING

CHLADNÉ ZBRANĚ

COLD WEAPONS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jan Střechovský

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Eva Molliková, Ph.D., Paed IGIP

BRNO 2020

Abstrakt

Cílem této bakalářské práce je shrnutí relevantních informací o chladných zbraních. Jelikož je toto téma nesmírně obsáhlé, práce se zaměřuje na obecné seznámení s různými typy těchto zbraní, jejich použití a historický vývoj, s uvedením některých zajímavých a málo známých faktů. Uvádí také vybrané zbraně a jejich hlubší rozbor či některé klíčové části při jejich výrobě.

Klíčová slova

chladné zbraně, čepel, kov, kovář, vývoj

Abstract

The aim of this bachelor thesis is a summary of relevant information concerning cold arms. Concerning the amount of content of this topic, this thesis is focused on general knowledge regarding the types, usage and development of cold arms, with mentioning some interesting and less known facts. It also contains deeper analysis of some chosen cold arms or key parts in their manufacture process.

Keywords

cold arms, blade, metal, blacksmith, development

Bibliografická citace

STŘECHOVSKÝ, Jan. *Chladné zbraně* [online]. Brno, 2020 [cit. 2020-06-23]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/125252>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav materiálových věd a inženýrství. Vedoucí práce Eva Mollíková.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Chladné zbraně vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, které jsou součástí této práce.

V Brně dne:

Podpis:

Poděkování

Rád bych poděkoval své vedoucí Ing. Evě Mollikové Ph.D. ,Paed IGIP za cenné rady, vedení a hlavně trpělivost při zpracování této bakalářské práce. Dále bych rád poděkoval Ing. Danielu Drdlíkovi, Ph.D. za rady a podněty během seminářů o bakalářské práci a svým rodičům za podporu během studia.

Obsah

1	Cíle práce	1
2	Úvod	1
2	Historie zbraní	1
2.1	Doba Kamenná	1
2.2	Doba Bronzová	3
2.3	Doba Železná	5
3	Základní rozdělení chladných zbraní	6
3.1	Zbraně útočné	7
3.1.1	Zbraně bodné a dřevcové	7
3.1.2	Zbraně sečné	8
3.1.3	Zbraně tupé	8
3.1.4	Zbraně pro boj na dálku	9
3.2	Zbraně určené k obraně	10
3.2.1	Zbroj	10
3.2.2	Štít	11
4	Vybrané zbraně, jejich historie a technologie	12
4.1	Katana	12
4.1.1	Historie	12
4.1.2	Technologie	13
4.2	Ulfberht	16
4.2.1	Historie	16
4.2.2	Technologie	18
5	Konstrukce čepele pomocí zakování jádra	18
6	Typologie mečů	20
6.1	Petersonova typologie	20
6.2	Oakeshottova typologie	20
6.2	Geibigova typologie	20
7	Damascénská ocel	21
7.1	Pravý damask	21
7.2	Npravý damask	21

8	Tepelné zpracování chladných zbraní	22
8.1	Kalení	22
8.2	Popouštění	22
8.3	Žihání	23
9	Repliky chladných zbraní	23
9.1	Repliky výstavní	23
9.2	Repliky s užitím novodobých technologií	23
9.3	Repliky tvořené historickým postupem	23
10	Závěr	25
11	Literatura	26
12	Seznam obrázků	29

1 Cíle práce

Chladné zbraně jsou nedílnou součástí lidské historie, kde hrály jednu ze zásadních rolí, jak v rozvoji ekonomiky a metalurgie, tak v mocenském rozpínání říší. Po konzultaci vybrány hlavní cíle této práce, zabývající se chladnými zbraněmi, které shrnují jejich vlastnosti a význam.

- Uvést stručnou historii vývoje a používání chladných zbraní
- Rozdělit chladné zbraně do základních skupin a uvést jejich charakteristiky a použití
- Uvést materiály používané k výrobě vybraných druhů chladných zbraní
- Pojednat o klíčových technologiích při jejich výrobě a jejich postupný vývoj v historii
- Popsat celkový proces výroby daného typu chladné zbraně
- Porovnat historickou chladnou zbraň s novodobou replikou
- Pojednat o obraně proti chladným zbraním a krátce uvést její vývoj

2 Úvod

2.1 Historie

Historický vývoj lidstva byl nepochybně ovlivněn objevováním nových materiálů a vývojem jejich zpracování. Je možné dokonce tvrdit, že tento postup ve zpracování materiálů byl jedním z hlavních hybatelů vývoje lidstva. Zejména v době pozdního pravěku, starověku a středověku byl pak vývoj a zpracování kovů úzce spjat s výrobou chladných zbraní, vzhledem k neustávajícím konfliktům té doby. Zde je ovšem nutno zmínit význam vývoje. Jako příklad bylo vybráno sjednocení Číny, kde vládce jednoho ze sedmi válčících států tehdejší Číny Qin Shi Huang vyslal armádu užívající bronzové vybavení. [31] Tato vojska opakovaně porážela ostatní státy, které v té době přechází na vybavení železné. Kromě využití strategie v bitvě se tato vítězství dají přisoudit právě vybavení z bronzu, které prošlo staletími vývoje oproti poměrně novému železu bez hlubších technologických úprav.[31] Z tohoto faktu můžeme usoudit, že přechod mezi používanými materiály nebyl skokový, ale spíše postupný.

2.1.1 Doba kamenná [7] [13]

Již od doby, kdy se člověk naučil užívat kamenné nástroje, je používal pro výrobu zbraní. Po většinu tohoto období hrály chladné zbraně v životě tehdejších lidí nenahraditelnou každodenní roli, a to jak jejich výroba tak pravidelná údržba, jak můžeme vidět například i na obrazech Zdeňka Buriana, Obr. 1.[37] O první používané zbraně se dodnes vedou diskuze, nejpravděpodobnější jsou však dvě zbraně, které se datují do stejné doby. Jde o jednoduchý oštěp a prak. Oštěp byl složený ze dřevěné rukojeti a vázaného kamenného nástroje, který sloužil jako hrot. Prak byl oproti dnešnímu značně zjednodušený a neobsahoval dřevěnou část sloužící jako rukojeť.

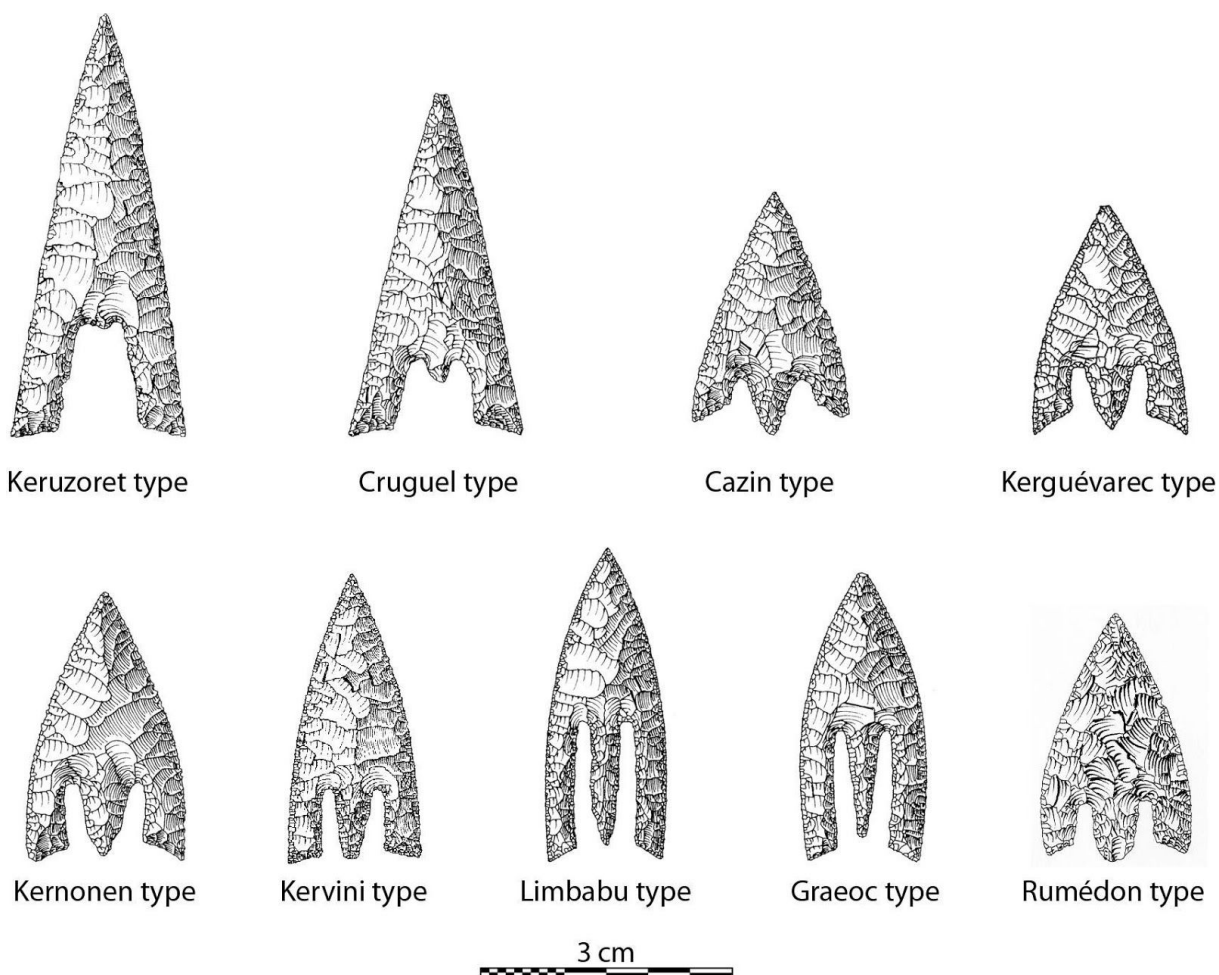
Tyto nejstarší zbraně datujeme až 400 000 př.n.l., nalezené v oblasti dnešního Německa.[33] V moderní době ovšem můžeme pozorovat určité kmeny šimpanzů v oblasti Senegalu, které užívají oštěpy k lovu, což naznačuje, použití prvních zbraní nemuselo být nutně lidmi.[32] Je však otázkou zda se jedná o samostatnou iniciativu tohoto kmene, či převzetí technologie od lidí v průběhu času.



Obr. 1 - Ilustrace významu zbraní v tehdejší životě od Zdeňka Buriana [37]

Tyto počáteční zbraně pak se postupně vyvíjely v další formy, postupně se pak objevuje primitivní sekera či nůž. Tento vývoj byl poměrně plynulý, jelikož první prototypy těchto nových forem přichází poměrně rychle a časem jsou upravovány pro lepší použití. Je ovšem překvapivé, že první hroty šípů datujeme až na 20 000 př.n.l., což ukazuje na značnou prodlevu oproti ostatním formám zbraní zpracovaných z kamene.[7] Důležitou vlastností těchto hrotů šípů je jejich rozmanitost spojená s tradicí každého kmene, což nám v moderní době značně napomáhá sledovat migrace těchto kmenů.[7] Některé typy hrotů užívaných na přelomu s dobou bronzovou

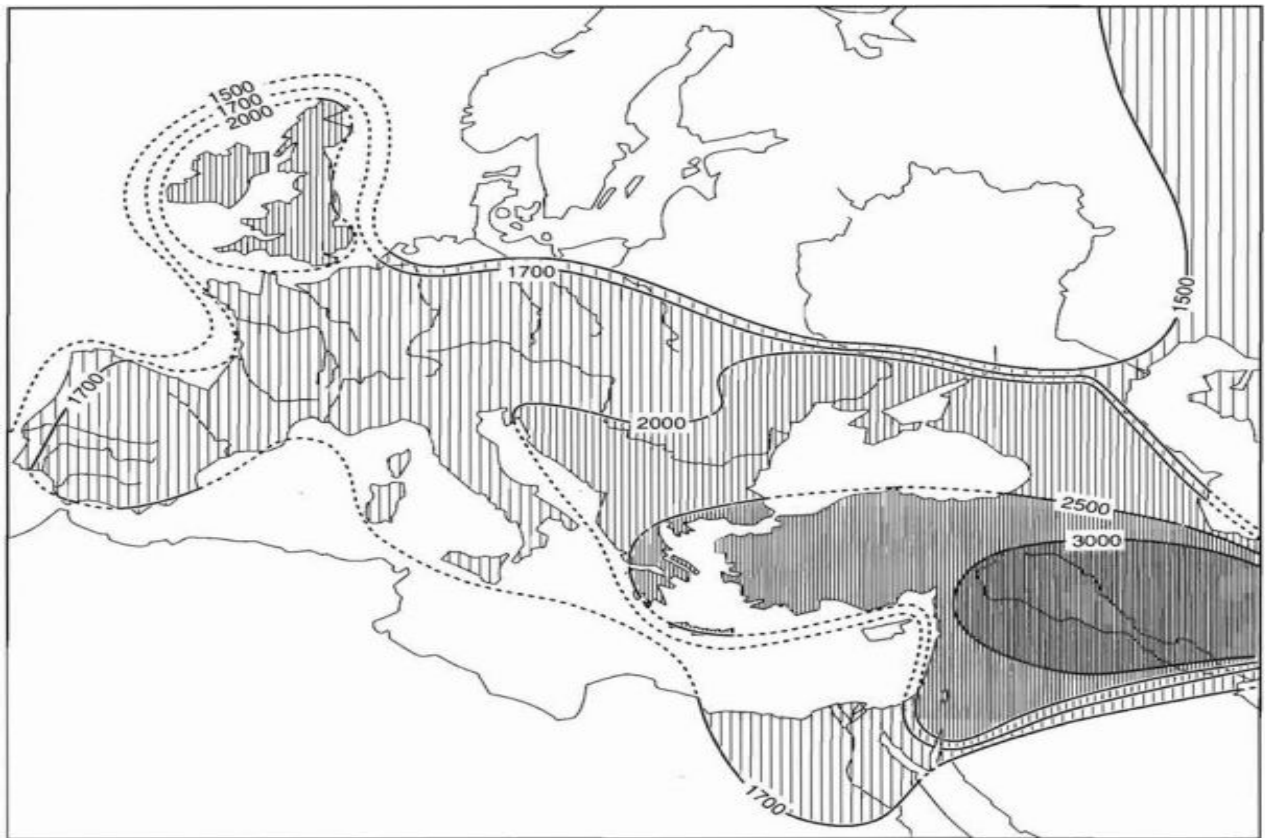
můžeme vidět na obr.2.[38] Vývoj kamenných zbraní pokračoval až do doby bronzové, avšak jejich užívání přetrvalo i do pozdějších dob. Jak dokazují nálezy v Normandii, šípky s kamenným hrotem byly používány i v pozdním 8. století našeho letopočtu, nejspíše kvůli nedostatku bronzu a železa, či práce a času potřebného pro jejich zpracování.



Obr. 2 - Seznam některých typů hrotů z přelomu doby kamenné a bronzové [38]

2.1.2 Doba Bronzová [2] [3] [13] [14]

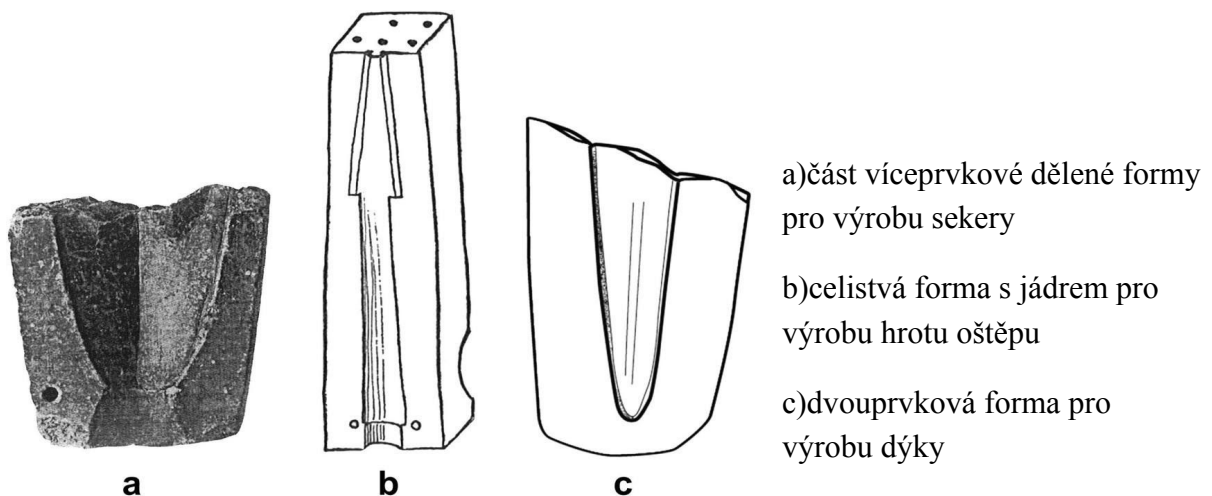
Ve 4. tisíciletí př.n.l., přesněji kolem 3300 př.n.l., přechází první civilizace na dalších 2000 let do doby bronzové. V době bronzové dochází k rozkvětu civilizací právě díky pokroku přinesenému objevem a zpracováním tohoto nového kovu.[13] K těmto významným civilizacím patří například Sumerové, Babyloňané, Asyřané, Řekové, Turkové a Egypťané. Postupné rozšiřování technologie zpracování bronzu do Evropy, a tak i přechod na dobu bronzovou, je znázorněn na obr.3.[12]



Obr. 3 - Časová mapa šíření technologie zpracování bronzu do Evropy [12]

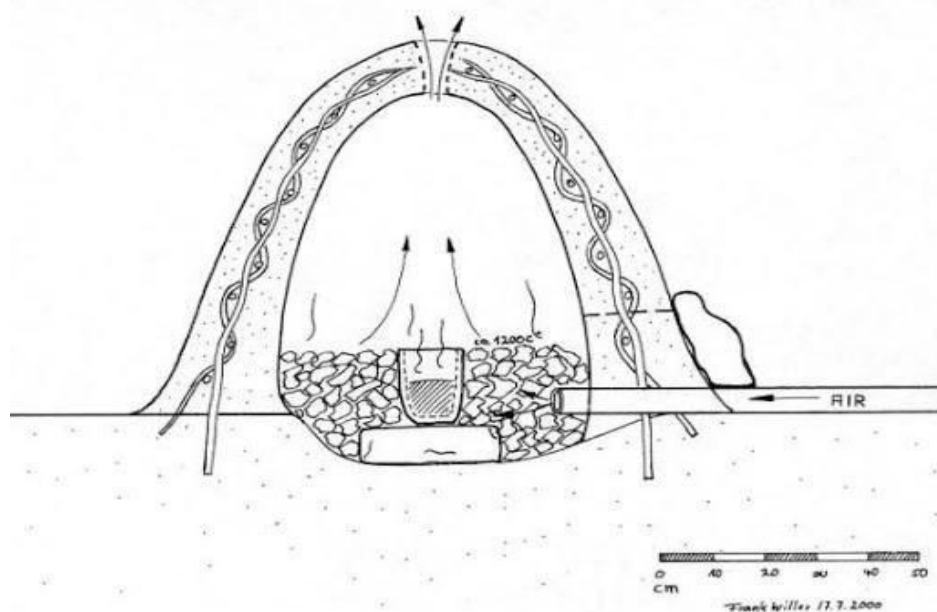
Již dříve užívaná měď měla své využití jako materiál na výrobu různých doplňků jako náhrdelníky či náramky. Bronz, jakožto slitina mědi a cínu s dalšími příměsemi, představoval v tehdejší době ideální materiál pro výrobu zbraní, jelikož byl tvrdší a tato vlastnost se dala dále ovlivnit výrobním procesem.

Ve srovnání se železem či ocelí je tvrdost bronzu stále poměrně malá, proto byly během doby bronzové velice časté dýky, meče až na výjimky nepřesahovaly 80 centimetrů na délku a kopí a oštěpy měly kovový pouze hrot. Díky vysoké slévatelnosti bronzu byly zbraně odlévány do forem, nejpoužívanějším typem byly vytavitelné formy ze slínu s voskovým jádrem.[2] Typy forem se dále měnily dle odlévané zbraně, jak můžeme vidět na obr. 4.[2]



Obr. 4 - Různé typy forem pro odlévání bronzových zbraní [2]

Odlévání obecně produkuje dendritickou strukturu s rozdílným složením a póry. Metoda homogenizace struktury tehdejší doby zahrnovala deformaci materiálu za studena v kombinaci s žiháním. Při deformaci materiálu za studena může postupně dojít k praskání materiálu, čemuž má zabránit žihání. V technologii výroby některých zbraní a zbrojí zde také hraje roli technologie pájení, u které nálezy naznačují, že byla použita již ve 26. století př.n.l. v oblasti Mezopotámie.[3] Struktura pece jež byla v tomto období používána pro výrobu bronzu je uvedena na obr. 5.[39]

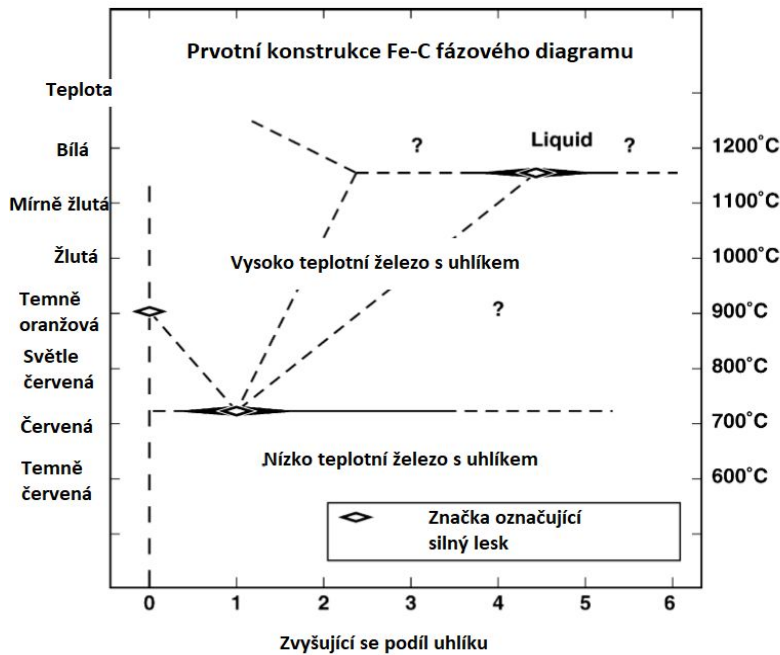


Obr. 5 - Jedna ze struktur pece pro tavbu bronzu [39]

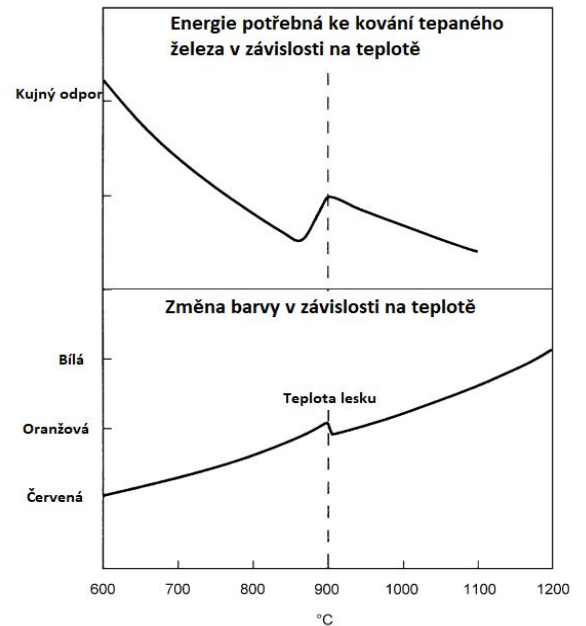
2.1.3 Doba Železná [1] [8] [10] [9] [4] [13]

Začátek doby železné se datuje kolem roku 1000 př.n.l. V tomto období přichází velký posun ve zpracování a použití železa. Díky specifickým vlastnostem železa a možnosti jejich úpravy při jeho spojení s příměsemi, je možné vytvoření velkého množství technologických a metalurgických procesů za účelem vytvoření materiálu se specifickými vlastnostmi. Zbraně rané doby železné však nebyly velice kvalitní, jelikož některé technologické procesy nebyly v té době známy.[8] Například vytvrzování železa při výrobě zbraní v rané době železné bylo prováděno mechanickou deformací materiálu místo užití technologie kalení, další nevýhodou byla neznalost sycení železa uhlíkem pro zlepšení vlastností.[10] S přechodem do pozdější doby železné a dále starověku se empiricky implementují tyto technologie do procesu výroby, což má za následek zkvalitnění výsledného produktu a výskyt prvotních diagramů popisujících chování materiálu. Pro určení přeměn kovů za různých podmínek byly v tehdejší době empiricky vyhotoveny některé tyto materiálové diagramy pomocí kritérií, které byl kovář schopen pozorovat: barva,

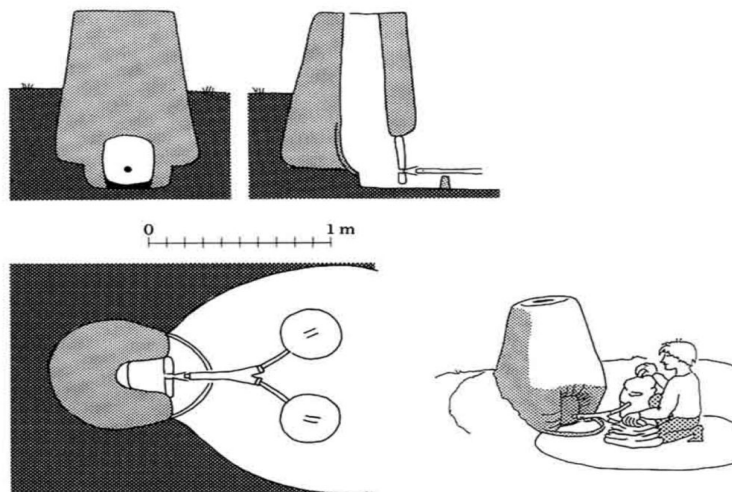
pevnost při dané teplotě, tvrdost a pevnost při pokojové teplotě, magnetické vlastnosti. Poslední pomůckou pro kováře bylo povědomí o dvou strukturách železa, které se lišily svou hustotou. Na základě těchto pozorovatelných kritérií byly sestaveny diagramy na obrázcích 6 a 7.[4] Dále jeden z používaných druhů pece pro tavbu vidíme na obr. 8.[10]



Obr. 7 - Primitivní Fe-C diagram [4]



Obr. 6 - Znázornění tehdejších diagramů pro kujný odpor a změnu barvy v závislosti na teplotě [4]



Obr. 8 - Pec pro tavbu železa v době železné [10]

3 Základní rozdělení chladných zbraní [16] [19] [27]

V dalším textu se práce věnuje rozdělení chladných zbraní dle jejich charakteristik. Chladné zbraně jsou v základu rozděleny dle jejich účelu a jejich dosahu. Jako takové je pak dle účelu dělíme na zbraně určené pro útok a obranu. Dle dosahu je poté dělíme

na zbraně pro použití na blízko a na dálku. Dále můžeme zbraně rozdělit na další poddruhy ve zmíněných kategoriích. [27]

3.1 Zbraně útočné

Jako útočné zbraně můžeme charakterizovat většinu chladných zbraní. Splňují totiž poměrně přímočarou charakteristiku, musí být schopny zranit či zabít protivníka, bez ohledu na použitý materiál. Jsou tedy k tomuto navrženy a útok je považován za jejich primární účel, přesto mohou být využity též k obraně. Jejich obranné vlastnosti však závisí na předpokladu pro jejich použití, který ovlivňuje jak použitý materiál, tak technologii zpracování. Na rozmezí 13. a 14. století n.l. se však v Evropě začínají rozšiřovat zbraně palné, které postupem času vytlačí chladné zbraně z praktického užití.[34]

Útočné zbraně je dále možno rozdělit na: bodné, sečné, tupé.

3.1.1 Zbraně bodné a dřevcové

Bodné zbraně se vyznačují koncentrací síly do jednoho bodu na špičce, čímž se zvyšuje jejich potenciál učinit poškození i v případě, že protivník užívá obranných prostředků. Hlavním pohybem při jejich použití je tedy výpad, jedná-li se o zbraně pro boj zblízka. Dále až na výjimky (dýky, nože) disponují větším dosahem nežli zbraně sečné či tupé, což přináší v boji nespornou výhodu. Nejrozšířenějšími zástupci tohoto druhu zbraně jsou kopí a jeho pozdější modifikace jako např. halapartna či oštěp. Zároveň k novodobě využívaným bodným zbraním patří bodák připojený k puškám který se objevuje s vývojem palných zbraní. Cílová oblast útoku zde není jasně specifikována, povětšinou se jedná o hrudní plát díky jeho velikosti, útok zbraní bodnou je tedy spíše omezen pohybem nežli cílovou plochou. Dalším možným názvem této kategorie jsou zbraně dřevcové jelikož jsou složeny z kovové násady a dřevěného těla. Tomuto popisu se však vymykají pozdější halapartny těžké pěchoty a krátké dýky. Příklady některých dřevcových zbraní jsou uvedeny na obr. 9.[42]

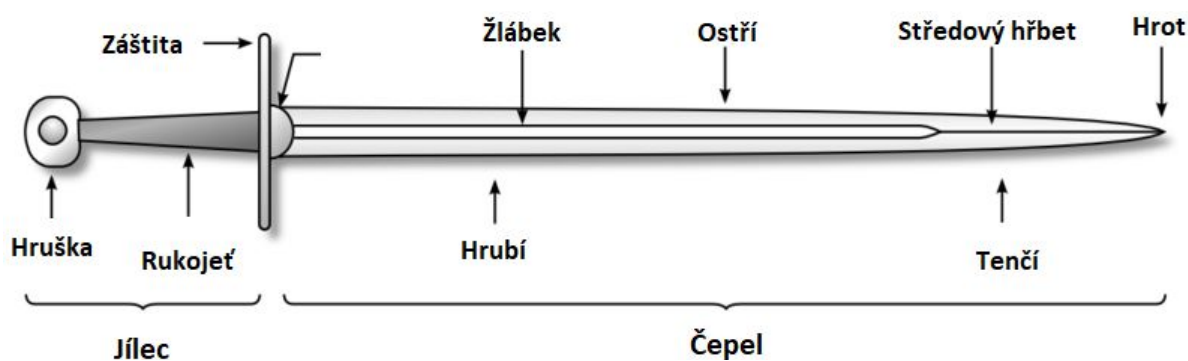


Obr. 9 - 3D modely některých dřevcových zbraní [42]

3.1.2 Zbraně sečné

Sečné zbraně se vyznačují svým ostřím, jako částí zbraně určenou ke způsobení poškození. Hlavním pohybem při použití je tedy pohyb sečný, při kterém je síla soustředěna na tenkou čepel, ovšem v závislosti na typu zbraně mohou být využity jako zbraně bodné. Cílené poškození protivníka je způsobeno seknutím, které má za následek silné krvácení a které vede ke smrti, pokud oponent není zabit samotným seknutím.

Nejrozšířenějšími zástupci jsou meče, nože, sekery a jejich upravené varianty.[16] Cílovou oblastí jsou většinou nechráněné části těla jako přechody mezi obrannými pláty či hledí, k čemuž je nutná značná přesnost, kterou sečné zbraně disponují. Meč s popisem jeho částí vidíme na obr. 10.[43]



Obr. 10 - Meč s výčtem jeho částí [43]

3.1.3 Zbraně tupé

Tupé zbraně můžeme charakterizovat pomocí jejich koncové části, ve které je soustředěna většina váhy zbraně. Určujícím pohybem je pohyb po části kružnice, díky kterému zbraň dosáhne vysoké úhlové rychlosti právě působením hmoty soustředěné na konci. Cílené poškození nemá za cíl proniknout obranou protivníka, nýbrž tuto obrannou část ignorovat, či značně poškodit. Cílové oblasti útoku jsou pak většinou obrněné části, jako například helma či hrudní plát, kde pokud dojde k deformaci obranné části, je poškození zdraví protivníka téměř jisté. Mezi tupé zbraně patří například: kropáč, palcát, řemdih, bojové kladivo.[16] Některé z nich vidíme na následujícím obr. 11.[42]



Obr. 11 - 3D modely některých tupých zbraní [42]

3.1.4 Chladné zbraně na dálku

V této podkategorii se liší česká a anglicky psaná literatura, přesněji je zde jinak definován přechod mezi chladnou a střelnou zbraní. Česká literatura uvažuje zbraně skládající se z více oddělených částí obsahujících projektil, například šíp, jako zbraně střelné. Anglicky psaná literatura ovšem jako zbraně střelné považuje pouze zbraně využívající energii zážehu, tedy energii chemické reakce střelného prachu, k vystřelení projektilu. Tudíž historické zbraně jako například luk a šíp, či balista a další obléhací stroje, které nevyužívají střelný prach, mohou být takto charakterizovány jako druh chladných zbraní. Z pohledu české literatury tak existuje pouze velice málo zbraní charakterizovaných jako chladné zbraně pro použití na větší vzdálenost. Jednou z takto charakterizovaných zbraní jsou pak vrhací nože, které splňují výše zmíněnou podmínku, že se neskládají z více částí. Je ovšem zajímavé, že modifikace vrhacích nožů byly široce rozšířeny v oblasti Japonska, kde sloužily jako zbraně chudších vrstev, které neměly finanční prostředky a postavení pro nákup tehdejších mečů. Jejich původ lze tedy vystopovat k tehdejšímu farmářskému vybavení. Nejznámějšími exempláři je pak Kunai a Shuriken, které jsou uvedeny na obrázcích 12 a 13.[40][41]



Obr. 12 - Vrhací nůž - Kunai [40]



Obr. 13 - Vrhací hvězdice - Shuriken [41]

3.2 Zbraně obranné [16][19]

Zbraně obranné, také definovány jako obrana proti zbraním útočným, nejsou charakterizovány svou aktivní plochou jako je čepel či hrot, jelikož jejich důležitou částí je vždy vnější plocha. Jsou charakterizovány pomocí částí těla které jsou určeny chránit, stylu jejich výroby, případně dle typu poškození kterému mají za účel zabránit. Hlavním požadavkem na jejich funkci je tvrdost, ovšem za udržení určité pevnosti. Mezi obranné zbraně patří například : helma, štít, hrudní plát, chrániče nohou a rukou, které jsou většinou spojené s hrudním plátem a tvoří brnění.[19]

3.2.1 Zbroj

Zbroj byla základním obranným prostředkem v celé lidské historii od prvních zbraní až po rozšíření střelných zbraní, proti kterým je tehdejší zbroj neúčinná. Tento přechod opět nebyl skokový, v prvotní fázi vývoje střelných zbraní byly kovové zbroje stále používány a upraveny do různých forem, které pomáhaly ať už při zastavení či odklonění kulky. Drastický vývoj střelných zbraní se ale dostal do bodu, kdy kovové zbroje nebyly schopny vydržet přímý náraz kulky a zároveň být nositelné. Znovu se poté vrací ve formě neprůstřelných vest v moderní historii.

Historické zbroje byly většinou vyrobeny z kůže či kovu rozloženého do více částí. Zbroje se většinou skládaly ze dvou částí. Vnější a vnitřní. Vnitřní část měla účel vycpávky, pro větší pohodlí a lepší pohyblivost. Vnější část byla hlavním obranným prostředkem, byla tvořena kovovými částmi spojenými různými způsoby, v některých případech kov nahrazovala kůže. Na obr. 14 jsou představeny některé základní typy zbrojí, které se liší ve stylu a spojení ochranných prvků vnější části.[44]

Většina druhů plátových či šupinových zbrojí se snažila poskytnout co největší ochranu, která byla vysoce ovlivněna zpracováním a výběrem materiálu, a zároveň co největší mobilitu jejich uživatele. Plátová zbroj má proto velké množství variací, například zbroj těžkooděnců či těžké jízdy se značně přikláněla ke zvýšení obrany na úkor jejich mobility. Kroužkové brnění bylo speciální typ zbroje, která buďto byla nošená mezi vnitřní a vnější vrstvou, a nebo jako samostatná vnější část.[19] Poskytovala dobrou ochranu proti průrazu zejména šípů či bodnou zbraní. Dalšími součástmi zbroje byly chrániče rukou a nohou, které byly vyrobeny ve stejném typu jako zbroj, jejíž byly součástí. Helmy byly vytvářeny z celistvého kovu, aby chránily lebku před poškozením hlavně tupým nárazem. Poslední částí zbroje byly boty, které byly nejprve vyráběny kožené a poté kovové s vycpávkou.



Obr. 14 - Některé zbroje ze středověku [44]

3.2.2 Štít

Štít je velice všestranným obranným prostředkem, který má v některých ohledech lepší obranné vlastnosti než zbroj. Jeho vývoj můžeme sledovat od proutěných štítů až po celokovové štíty ze speciálně tvrzeného kovu. Stejně jako u zbrojí pozorujeme jejich značný úpád s nástupem střelných zbraní a jejich moderní využití v policejních štítech. Po většinu starověku a středověku se jako hlavní materiál pro jejich výrobu používalo dřevo, které bylo často zesíleno pomocí kovu, což můžeme pozorovat na obr. 15.[42] Ve vrcholném středověku se čím dál častěji objevují celokovové štíty používané zejména těžkou pěchotou či jízdou. Štíty lze dělit jak z hlediska materiálu ze kterého jsou vyrobeny, tak z hlediska jejich použití, ale také dle jejich velikosti. Jako takové je dělíme na malé, střední a velké. Užití velkých štítů můžeme vidět u Římanů kteří používali štít scutum pro svou pěchotu, či použití pavézy během husitských válek. Štíty střední velikosti byly zdaleka nejrozšířenější, poskytovaly větší volnost pohybu a tedy možnost aktivní obrany a zároveň měli dostatečně velkou plochu pro odklonění úderu. Jejich hojné užití můžeme sledovat například u kmenů vikingů. Malé štíty byly většinou používány jízdou či kopiníky vzhledem k možnosti jejich přichycení přímo na chrániče rukou.



Obr. 15 - 3D modely některých štítů [42]

4 Vybrané zbraně, jejich historie a technologie

Tato kapitola je věnována historicky ale i metalurgicky významným chladným zbraněm, jmenovitě dvěma mečům: katana a Ulfberht. Bylo rozhodnuto vybrat tyto exempláře z důvodu jejich významu, ale také pro možnost následného srovnání jejich výrobního procesu jakožto stejného typu chladné zbraně.

4.1 Katana [1] [11] [13] [25]

Výroba typu meče známého jako katana je velice zajímavá i z materiálového hlediska. Je při ní využita řada složitých metalurgických procesů, které vedou k výsledným vlastnostem meče, jež jsou značně komplikované a prokazují řadu let výzkumu kovářů v této oblasti.[11] Výroba je nyní v Japonsku považována za vrcholné kovářské dílo a stále se těší velké oblibě jak z historického, tak sběratelského hlediska.

4.1.1 Historie

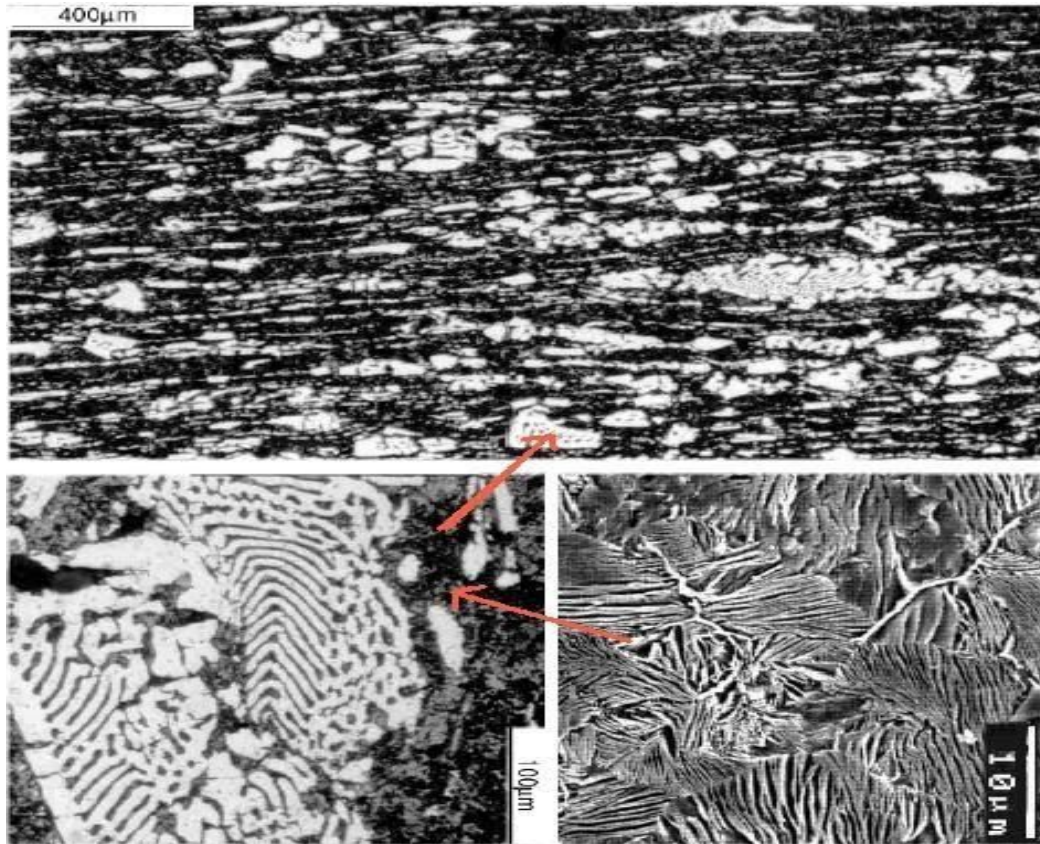
Kořeny vývoje tradičních zbraní můžeme v Japonsku datovat k období Heian (794 - 1185).[11] V tomto období se objevují zahnuté meče tachi. Tyto meče byly díky své poměrně nízké váze, velké délce a sečnému ostří určeny pro jízdu, jež tvořila velkou část tehdejších jednotek v Japonsku. V pozdějších obdobích s příchodem meče uchigatana se tachi, s mírně pozměněným designem a přidaným objemem, stává obouručním mečem. Jak již bylo naznačeno, následujícím vývojovým krokem je uchigatana z období Kamakura (1185 - 1333).[11] Designem velice podobná kataně

avšak velice rozdílná co se týče kvality a užitých materiálů. Japonsko prochází v tomto období dvěma invazemi Mongolů, jejichž zbroj značně poškozovala čepel mečů, jejich spotřeba proto výrazně vzrostla a kováři tak byli nuceni zaměřit se na kvantitu místo zvyšování kvality. Zásadní zlom přichází v období Azuči-Momoyama (1568 - 1600).[11] V této době ustávají neustálé konflikty, dochází tak k posílení ekonomiky a snížení kvantity objednávek, kováři se tak vracejí ke tvoření vysoce kvalitních zbraní.

4.1.2 Technologie

Výroba zbraní začíná výběrem materiálu. Tradičním základním materiálem pro výrobu japonských čepelí, zejména mečů katana je ocel Tamahagane nebo Oroshigane.[25] Tamahagane je vyráběná v japonské peci Tatara po dobu 36 - 72 hodin. Je to velice čistá ocel v porovnání s ostatními, užívanými v téže době. Za použití moderních metalurgických metod není obtížné vyrobit ocel o vyšší čistotě, avšak tato ocel nepřesáhne kvalitu Tamahagane při výsledných vlastnostech ukované zbraně.[11] Mikrostrukturu této oceli můžeme vidět na obr. 16.[25] Na kterém vidíme perlit a cementit, při různém zvětšení. Ocel Oroshigane nemá konkrétní složení neboť se jedná o ocel kterou si kovář připraví sám. Následuje proces kování, který v sobě zahrnuje velice důležitou část zvanou překládání.

Vybrané kusy oceli Tamahagane jsou nejprve naskládány na sebe, občas je mezi ně přidána nízkouhlíková ocel či zbytkové železo. Poté jsou obaleny papírem namočeným ve vodě, vrstvou jílu a vrstvou popela jež zabrání oxidaci. Tato ochranná vrstva musela být re-aplikována při každém zahřívání, tento proces je tak velice časově náročný. Po zahřátí takto chráněné oceli na 1300°C a odstranění ochranné vrstvy následuje kování, které probíhá tak dlouho dokud se šířka nebo délka zdvojnásobí. Následně je ocel pomocí dláta oslabena, přehnuta a zakována. Tímto procesem procesem skládání dochází k rovnoměrnému rozložení struktury kovu a zvýšení houževnatosti, což zahrnuje i velice důležité rovnoměrné rozložení uhlíku, které většinou končí na 0.7 % v každé části.[1] Tento proces zvyšuje mechanické vlastnosti oceli až do čtrnácti ohybů, jak bylo zjištěno moderními metodami, proto byl tento proces při historické výrobě opakován šestnáct až sedmáct krát.[1] Dle zvoleného způsobu ohýbání můžeme na výsledném produktu pozorovat různé struktury.



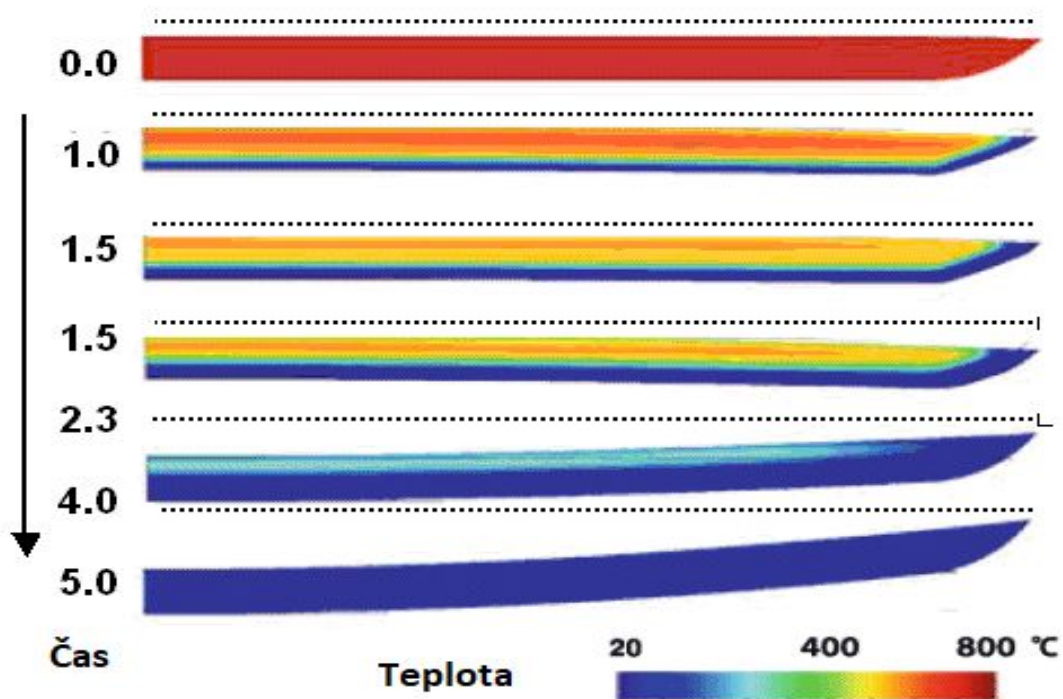
Obr. 16 - Mikrostruktura oceli Tamahagane [25]

Další částí v procesu je zakování měkkého jádra. Tento proces výrazně ovlivňuje jak vlastnosti výsledného produktu tak jeho tvar např. u katany. Po zakování jádra je čepel vytvarovaná do podoby výsledného produktu. Katana je například vykována do tvaru meče avšak rovného, svůj prohlý tvar získá až během následného procesu kalení.[25] Dříve než je přikročeno k závěrečnému nahřátí meče před kalením, je na meč velice přesně nanesena vrstva jílu a popela, jenž je směrem k ostří tenčí: obr. 17.[20] Tato vrstva hraje významnou roli při metalurgické přeměně během procesu kalení.[11]



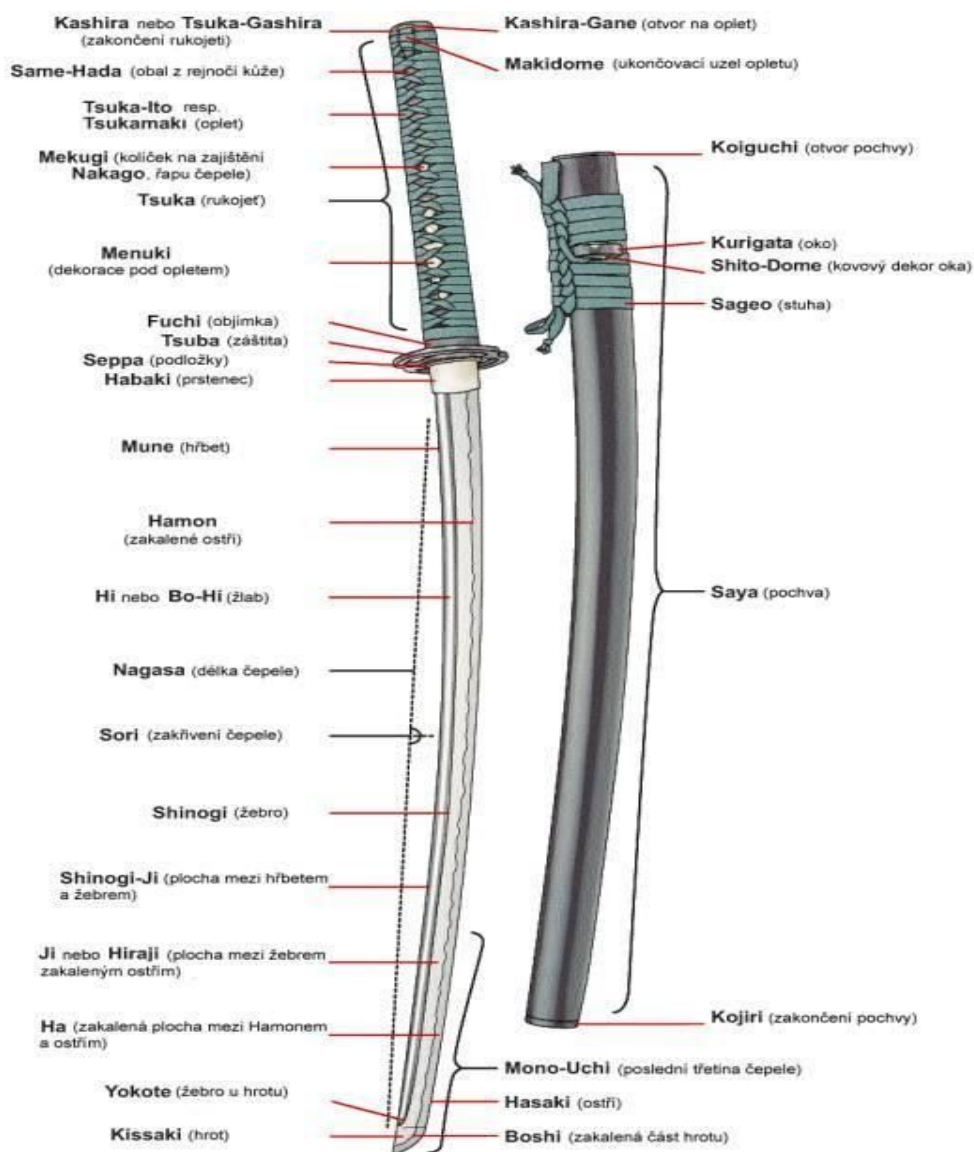
Obr. 17 - Nanášení ochranné vrstvy pro parciální kalení [20]

Na ostří je nanesena vrstva výrazně tenčí, při kalení tedy dochází k rychlému ochlazení a za pomoci ochranné vrstvy jílu která brání úniku uhlíku, dochází k vytvoření martenzitické struktury která způsobuje žádanou tvrdost. Díky tomuto přechodu na martenzitickou strukturu se vytváří charakteristický průhyb a také vnitřní pnutí, které přidává na odolnosti u meče katana.[25] Průběh vlivu ochranné vrstvy na teplotní změnu sledujeme na obr.18.[45] Díky rozložení jílu na čepeli také dochází k vytvoření charakteristické linie hamon, kterou jsou tyto meče proslavené.



Obr. 18 - Průběh kalení meče katana a viditelná změna objemu struktury způsobující průhyb [45]

Jedná-li se o zbraně, které mají dvě čepel, k tomuto průhybu nedochází. Opačná, tedy zadní část meče je naopak díky poměrně tlusté vrstvě jílu chlazená pomalu, dochází zde tak k perlitické přeměně a materiál je pak velice houževnatý. Tato kompozice japonských mečů jim dodává jejich bezesporné výhody velice kvalitního ostří z tvrdého materiálu a měkkého jádra, které je schopno pohltit energii nárazu. Posledním krokem při výrobě je pak broušení a leštění. Broušení je rozděleno na 6 kroků, při změně hrubosti brusného kamene. Leštění pak na 7 kroků.[11] Tento proces upraví čepel do její konečné na podoby obr. 19.[20]



Obr. 19 - Meč katana s výčtem jeho částí [20]

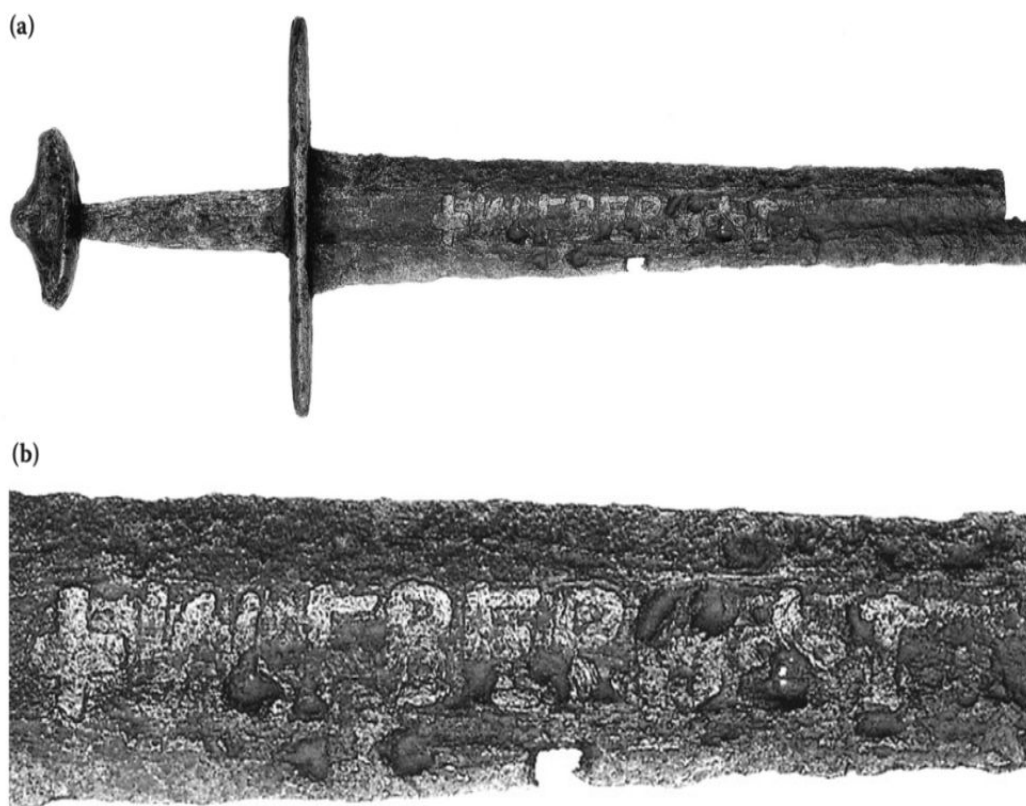
4.2 Meče Ulfberht [15] [22] [26] [28]

Jedny z největších přínosů pro výzkum tohoto typu meče má Alan Williams jehož kniha s názvem *The Sword and the Crucible* pojednává o historii základů výroby a úpravy kovů, hlavně železa.[48] Dále uvádí velice detailní rozbor právě ulfberht mečů, které Alan Williams označil jako jedny z nejlepších v historii a zmiňuje je také ve svých dalších odborných pracích.

4.2.1 Historie

Okolo sta mečů nesoucích rytinu “+VLFBERH+T”, nebo “+VLFBERH+”, které se ovšem ukázaly jako padělky z nekvalitní oceli.[26] Tyto meče byly nalezeny na různých místech v severní Evropě, s největší koncentrací v oblasti Skandinávie.[28] Hlavním rozdílem mezi padělky a originálem bylo právě písmeno T a jeho precizní umístění.[48] Historický výzkum naznačuje, že tato rytina byla značka či jméno

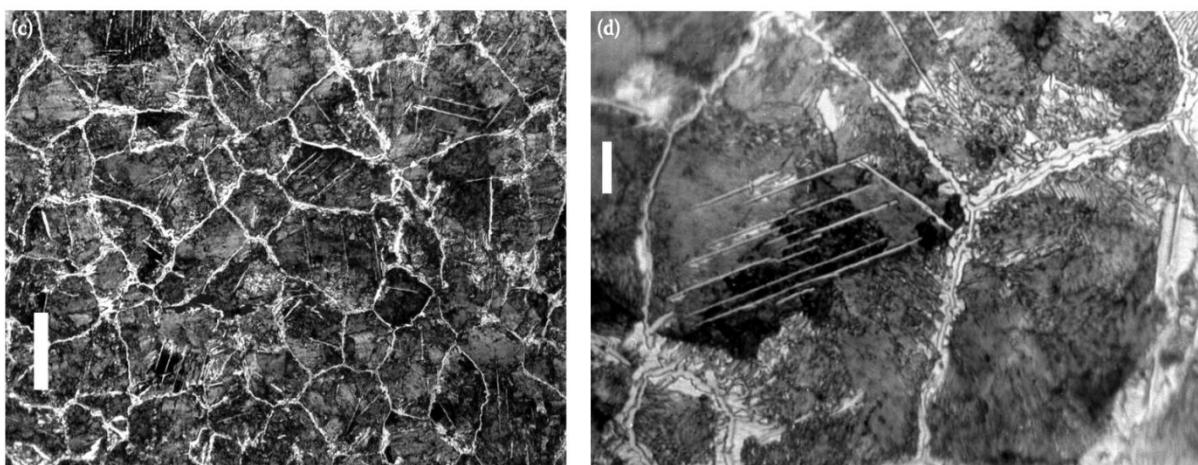
výrobce těchto mečů. Avšak vzhledem k faktu, že tyto meče byly vykovány v rozsahu 8. až 11. století n.l. se historikové přiklánějí k názoru jenž toto jméno přisuzuje kovářské rodině s vlastním výrobním postupem.[sword and crucible] Co do kvality těchto mečů v oblasti Evropy, “Ulfberht” meče neměly konkurenci až do doby průmyslové revoluce, na tehdejší dobu měly totiž nezvykle vysoký obsah uhlíku a velice málo nežádoucích příměsí ze strusky.[22] Jednou ze záhad výroby těchto mečů je právě samotný materiál. Podle historických nálezů je téměř nemožné, aby se tak čistá ruda, jako byla použita při jejich výrobě, vyskytovala v tehdejší Evropě. Nejpravděpodobnějším vysvětlením je import kvalitní tyglíkové oceli ze střední Asie, která se v Evropě jinak vyskytla až o 800 let později.[15] To podporuje i fakt, že se tyto meče začaly vyrábět v době, kdy byla otevřena Volžská obchodní cesta přes Rusko a kvalita materiálů použitých v těchto zbraních upadá v 11. století n.l., kdy byla tato obchodní cesta znovu uzavřena.[15] Ukázka dochovalého Ulfberht meče je uvedena na obr.20.[15]



Obr. 20 - Fotografie dochovaného Ulfberht meče [15]
a) celý exemplář
b) přiblížení na rytinu

4.2.2 Technologie

Výroba tyglíkové oceli byla velice náročný proces, který šlo provést dvěma způsoby. Zahřátím tepaného železa spolu s organickým materiálem, nebo zahřátím tepaného železa spolu s litinou po dobu několika dní. Nutné je také přidání chemicky aktivních materiálů které se naváží na nečistoty a vytváří strusku. Pomalé chlazení této oceli vytvoří dendrity, které mimo jiné snižují jeho kujnost.[22] Díky tomu je poté kování čepele velice náročné a s použitím moderních metod zabere 11 hodin času.[28] V další části je vyryt charakteristický nápis “+VLFBERH+T” a čepel je poté opět zahřata, aby se rytina usadila. V poslední části kovář vytvoří jeden až dva žlábků za účelem rozšíření čepele a lepšího rozložení váhy. Následuje poslední krok před finálními povrchovými úpravami, kde je čepel znovu zahřata a následuje proces kalení ve vodě či oleji. Výslednou mikrostrukturu těchto mečů můžeme pozorovat na obr. 21.[15]. Kde na první fotografii vidíme Perliticko cementickou strukturu (měřítko 20 μ m). Na druhé pak zvětšení první, kde pozorujeme perlit s jehličkovým cementitem (měřítko 5 μ m)



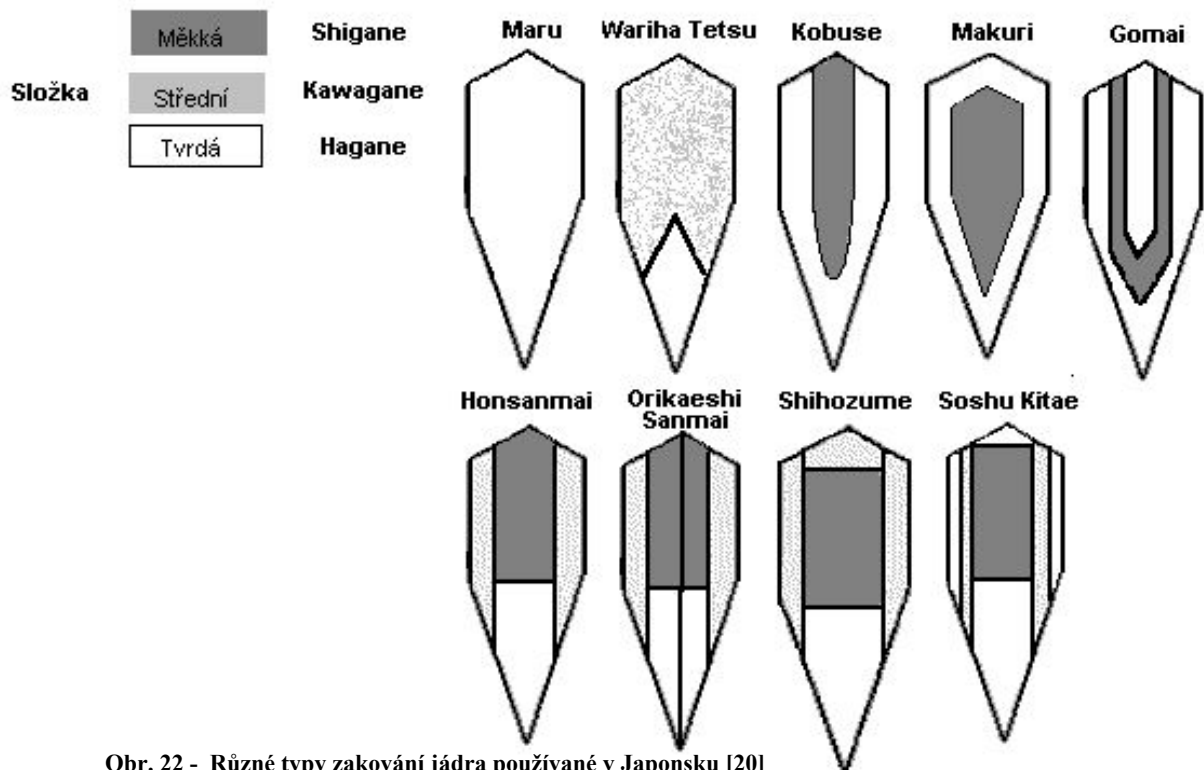
Obr. 21 - Mikrostruktura meče Ulfberht [15]

c) viditelný perlit a cementit s měřítkem 20 μ m

d) zvětšení prvního snímku - perlit s viditelným jehličkovým cementitem a měřítkem 5 μ m

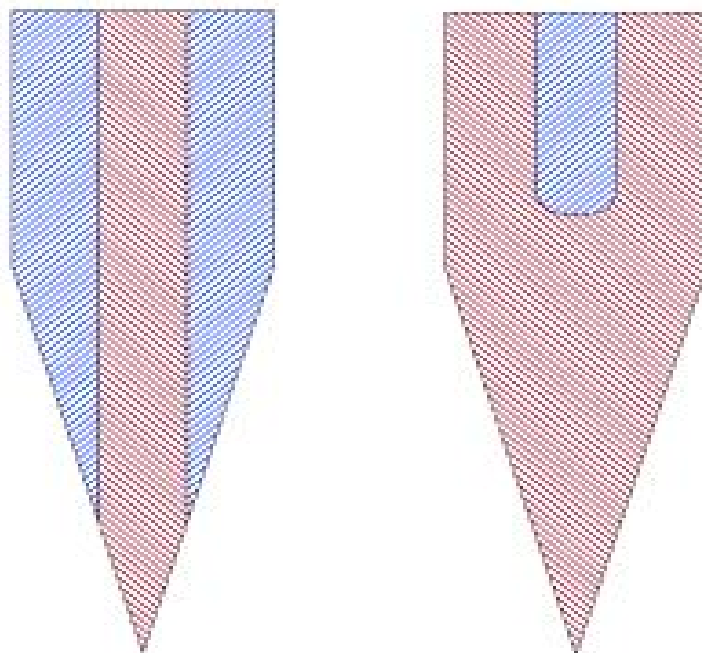
5 Konstrukce čepele pomocí zakování jádra [20]

Tato technika se hojně používala v oblasti Japonska. Narozdíl od Evropy, kde se problém spojení potřebných vlastností materiálu pro výrobu kvalitních zbraní snažili vyřešit pomocí damascénské oceli, se zde objevují techniky zakování jádra z měkké oceli do oceli tvrdé pro dosažení požadovaných vlastností. Toto byl předvoj pro tzv. sendvičovou ocel, která se stala velice populární v Evropě po průmyslové revoluci. Různé způsoby zakování těchto ocelí drasticky ovlivnily výsledné vlastnosti zbraně. Tradiční japonské způsoby zakování jádra zahrnují poměrně velké množství variant tohoto postupu, jak můžeme vidět na obr. 22.[20] Díky těmto způsobům zakování jádra a kalení kontrolovaného pomocí ochranné jílové vrstvy vzniká linie hamon.



Obr. 22 - Různé typy zakování jádra používané v Japonsku [20]

U pozdějších zbraní vytvořených v Evropě můžeme obecně pozorovat dva typy zakování jádra, které se nacházely v největší oblibě.[20] Prvním je metoda vložení nízkouhlíkové oceli mezi vysokouhlíkovou ocel, to má po zušlechtnění za následek zvýšení odolnosti, jelikož nedostatek houževnatosti tvrdého obalu je kompenzován právě měkkým jádrem. Další možnou metodou je zakování tvrdého, vysokouhlíkového jádra do obalu měkčí, nízkouhlíkové oceli. Tento měkčí obal dodává čepeli pružnost a zastavuje šíření trhlinek v ušlechtilém jádru. Tyto způsoby zakování jsou uvedeny na obr.23. [47]



Obr. 23 - Evropské typy zakování jádra - (červená = vysokouhlíková ocel, modrá = nízkouhlíková ocel) [47]

6 Typologie mečů [23] [24] [36]

Archeologická typologie je zobecňující vědecká metoda, která v případě chladných zbraní pomáhá určit jejich původ a přibližné období, kdy byla zbraň vyrobena a užívána, na základě fyzické podobnosti. Typologie využívá některé charakteristické rysy zbraní pro jejich zařazení do typů. U mečů definujeme jejich charakteristiku pomocí: tvaru průřezu čepele, míry zúžení čepele směrem k hrotu, délky, žlábků implementovaného do čepele, tvaru hrušky a záštity. Typologie je prvním krokem při zařazení zbraně do historického období. Typologie zbraně a její podtypy jsou často uvedeny v muzeích při prezentaci těchto exemplářů. Téměř všechny zbraně od 12. století př.n.l. podléhají určité typologii, pro znázornění byly vybrány některé typologie mečů, jejichž plnou podobu můžeme najít v příloze této práce.

6.1 Petersenova typologie [35]

Jednou z prvních významných typologií je typologie, jež zavedl archeolog Jan Greve Thaulow Petersen v jeho knize "The Norwegian Viking Swords" roku 1919.[35] Petersenova typologie je zaměřena na meče období vikingů, tedy mezi 8. a 12. stoletím. Hlavními kritérii této typologie jsou rukojeť, hruška a záštita, přesněji tvary těchto součástí. V původní typologii rozeznáváme 15 typů a další podtypy, tato typologie byla však postupně upravena na 7 typů a jejich podtypy. Tyto kritéria jsou dostačující, neboť v tomto období nepozorujeme přílišné změny ve stylizaci dalších součástí meče.

6.2 Oakeshottova typologie [23]

Další významnou typologií je typologie, jež zavedl historik Ewart Oakeshott roku 1960 v jeho knize The Archeology of Weapons. Tato typologie časově přímo navazuje na Petersonovu a nese některé její prvky, zahrnuje středověké meče od 11. do 16. století. V této typologii rozeznáváme 13 typů a některé další podtypy, děleny dle tvaru průřezu čepele, míry zúžení čepele, délky, žlábků implementovaného do čepele, tvaru hrušky a záštity.

6.3 Geibigova typologie [24]

Poslední typologií jež byla vybrána, je typologie, kterou zavedl Alfred Geibig roku 1991. Tato typologie zahrnuje oblast evropy, jmenovitě Francie mezi 8. a 12. stoletím. Geibigova typologie je poměrně odlišná od předchozích i přes fakt, že přebírá některé jejich prvky, je jí totiž možné rozdělit do dvou částí. První část, jež je převzata z typologií, které zavedli Peterson a Oakeshott, se zabývá tvary užitých hrušek a je doplněna o některé jejich pozdější stylizace. Druhá část, jež je značně odlišná od původních typologií, se zabývá čepelí, ne však jejím tvarem, nýbrž užitým materiálem a jeho zpracováním a stylizací. Tato myšlenka je podložena průběžnou změnou zpracování kovu v této době, je tedy poměrně snadné zařadit exemplář čepele do

období, kde materiálové složení a stylizace odpovídající tomuto exempláři byla v oblibě.

7 Damascénská ocel [4] [5] [20]

Tento typ vysoce kvalitní oceli nese svůj název dle mesta Damašek, skrze které byla tato ocel importována do Evropy z Indie, kde má tato ocel zdokumentovány své kořeny. Tato ocel je známa díky svým nadřazeným vlastnostem oproti oceli používané v tehdejší Evropě, ale také díky svému charakteristickému vzorování tzv. mramorování. V dnešní době rozlišujeme dva typy damascénské oceli, prvním typem je původní ocel dovážená z Indie, takzvaný pravý damask, druhým typem je pak výsledek snažení kovářů napodobit výrobní postup pravého damasku, takzvaný nepravý damask.[5] Základním postupem výroby damasku je kovářské svařování a překládání.[20] Ocel je zahřáta, což umožní kovářské svaření dvou kusů materiálu do jednoho. Takto připravený materiál je postupně překládán pro zlepšení mechanických vlastností a zvýšení homogenity materiálu. Právě proces překládání je jednou z nejtěžších částí jelikož vyžaduje vysokou přesnost aby nebyl výsledný produkt znehodnocen.

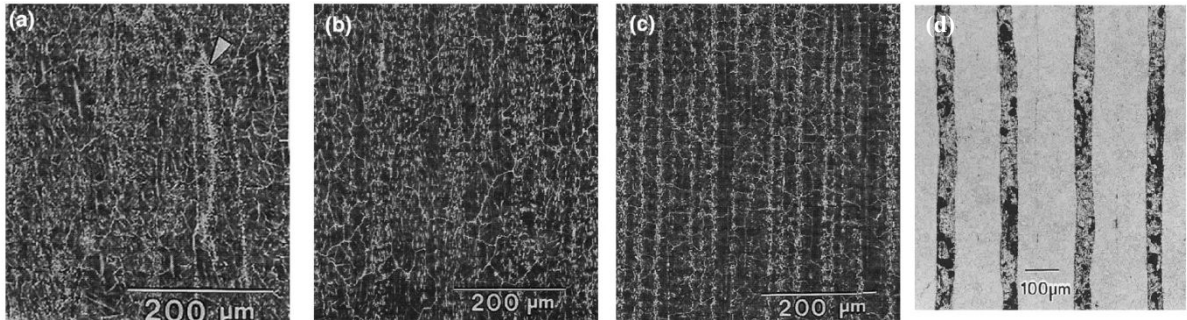
7.1 Pravý damask

Přesný výrobní postup pravého damasku byl ztracen v průběhu času, avšak díky moderním technologiím můžeme přesně popsat jeho vlastnosti i mikrostrukturu. Obecně se jedná o vysokouhlíkovou ocel, kde se obsah uhlíku držel okolo 1,6 % a byla vysoce heterogenní oproti damasku nepravému, jelikož byla kována ze stejného typu oceli.[4] Podle historických nálezů to byla tyglíková ocel, což vysvětluje vysoký podíl uhlíku. Jednou z možných metod dosažení takové struktury bylo kovářské sváření plátů při poměrně nízkých teplotách, okolo 700°C při kterých nedochází k difuzi uhlíku.[5] Další metodou která mohla mít stejný výsledek je segregace fosforu v materiálu před samotným procesem.[13] Pravý damask je historicky i materiálově tak významný, že byl jedním z prvních exemplářů který byl podroben zkoumání mikrostruktury. Historický dopad pravého damasku je nesmírný zejména pro oblast evropy, kde díky této předloze dochází k prudkému vývoji metalurgie, právě díky snaze přiblížit se takto kvalitnímu materiálu a vytvoření damasku nepravého.

7.2 Nepravý damask

Nepravý damask je výsledkem snažení kovářů přiblížit se damasku pravému. S pravým damaskem sdílí výrobní postup svařování a překládání ovšem s tím rozdílem, že jsou užity dva různé typy oceli, vysokouhlíková a nízkouhlíková, tedy tvrdá a měkká ocel.[4] Tyto oceli jsou poté svařeny dohromady velice podobnou metodou, avšak teplota, při které jsou kovářsky svařeny, se pohybuje mezi 1100°C a 1400°C.[5] Nespornou výhodou tohoto postupu je kombinace vlastností obou ocelí ve výsledném

produktu, který tak dosahoval vysoké tvrdosti i houževnatosti. Na obr. 24, který je níže můžeme vidět rozdílnou mikrostrukturu pravého a nepravého damasku.[46]



Obr. 24 - Mikrostruktura damasku na čepeli meče [46] a)Pravý damask po 27 kovacíh cyklech b)Pravý damask po 34 kovacíh cyklech c)Pravý damask po 70 kovacíh cyklech d)Nepravý damask

8 Tepelné zpracování chladných zbraní [6] [9] [36]

Typy tepelných zpracování, které se používají při výrobě meče a značně ovlivňují jeho vlastnosti změnou mikrostruktury. Některé tyto procesy byly při výrobě naprosto nezbytné, některé byly používány jako suplementární procesy které pomáhaly při určitých krocích výroby. Nejdůležitějším tepelným procesem při výrobě meče je kalení.

8.1 Kalení

Při procesu kalení se ocel zahřeje na kalící teplotu a poté je prudce ochlazena vodou či olejem. Proces kalení způsobuje mikrostrukturní změny v materiálu, kde po skončení tohoto procesu vzniká martenzitická struktura. Tato struktura vede k výsledným vlastnostem po kalení, což je vysoká tvrdost a odolnost, doprovodným jevem kalení je vznik vnitřního pnutí a zvětšení objemu kalené součásti.[9] Tyto doprovodné jevy však s sebou mohou přinášet problémy jako například deformace, iniciace trhlin z důvodu snížené houževnatosti, křivení materiálu. Tyto problémy spojené s kalením byly částečně vyřešeny díky zakování jádra či užitím jiných tepelných zpracování.

8.2 Popouštění

Proces který vždy následuje po procesu kalení a jeho výsledkem je odstranění vnitřního pnutí a zvýšení houževnatosti materiálu. Jelikož kalení zvyšuje tvrdost na úkor houževnatosti je tento proces velice důležitý pro kvalitní výsledný produkt s vyváženými oběma charakteristikami. Principem tohoto procesu je ohřátí materiálu na popouštěcí teplotu v peci a jejího udržení po dobu asi 2 hodin.[6] Popouštění dělíme na dva hlavní typy.

- 1) Popouštění při nízkých teplotách (napouštění) - probíhá v teplotním rozmezí 100 – 350 °C. Jeho cílem je hlavně snížení vnitřního pnutí a stabilizace rozměrů. [36]
- 2) Popouštění při vysokých teplotách - probíhá v rozmezí 400 - 650 °C. Jeho cílem je dosažení vysoké houževnatosti a zároveň dobrých pevnostních vlastností. [36]

8.3 Žihání

Žihání je proces s opačným účinkem než kalení, tedy snížením tvrdosti a zvýšení houževnatosti materiálu. Využívá se pro zlepšení některých mechanických vlastností a také k zmírnění účinků kalení či tváření. Princip spočívá v ohřevu na žihací teplotu a následném pomalém ochlazování. Žihací teplota a výdrž na teplotě závisí na typu žihání.

- 1) Žihání rekrystalizační - 550-700 °C, 1 hodina a více výdrž na teplotě, změna vnitřních vazem mezi atomy [36]
- 2) Žihání ke snížení pnutí - 600-630 °C, 1-10 h výdrž na teplotě, ke snížení vnitřního pnutí [36]

9 Repliky chladných zbraní [28] [29] [30]

Před samotným srovnáním je nutné si uvědomit fakt, že nesespecializované chladné zbraně se dnes využívají velice málo. Jednou z výjimek je například nůž, který i dnes má široké nebojové využití. Nože se však vyvíjejí dál i přes nástup střelných zbraní právě z tohoto důvodu a mají tak poměrně málo replik historických nožů. Většina replik se zaměřuje na zbraně železné, velice málo na ostatní kovy. Obecně rozeznáváme 3 typy replik historických zbraní.

9.1 Repliky výstavní

Prvním typem jsou repliky výstavní. Tento typ replik je vyráběn pomocí moderních technologií a většinou z nerezové oceli. [30] To má za následek poměrně dlouhou dobu po kterou mohou být vystaveny aniž by byla nutná jejich údržba a poměrně nízkou cenu. Nevýhodou je zde ovšem použitelnost, pokud se na meči nachází materiálové nedokonalosti či je podroben špatné tepelné úpravě, může se stát velice křehkým. To by způsobilo značné problémy či zranění při jeho použití. [30]

9.2 Repliky s užitím novodobých technologií

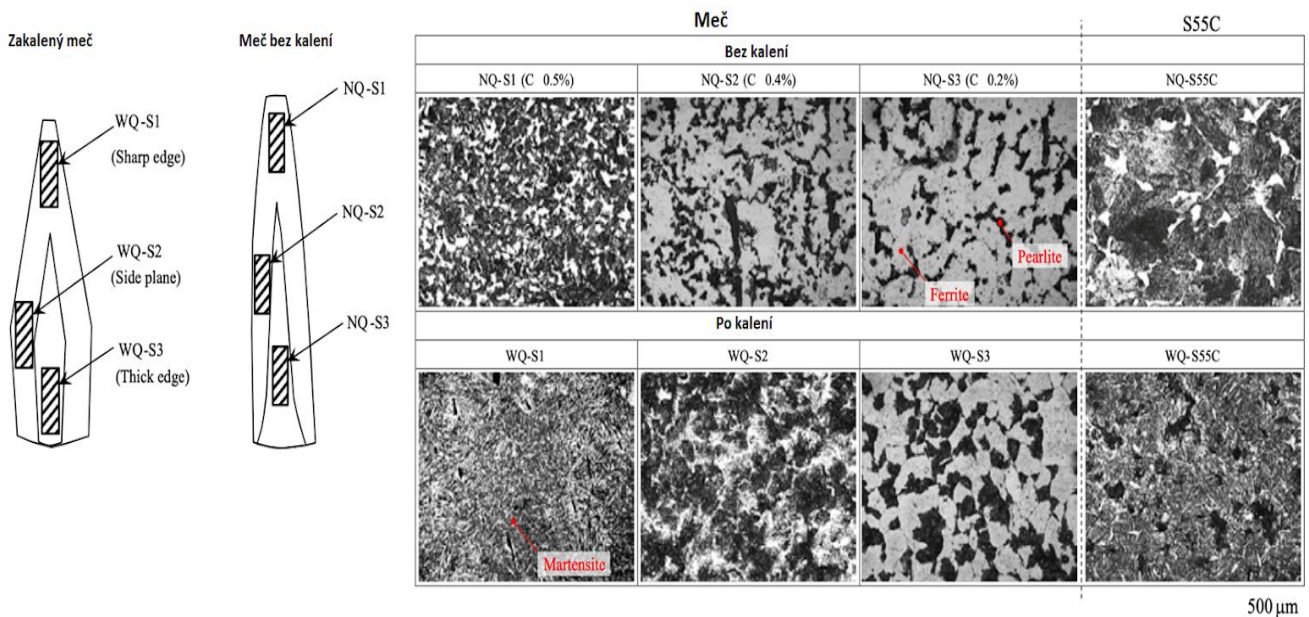
Druhým typem jsou repliky vyrobené pomocí moderních metod a materiálů. Tento typ replik je velice kvalitní, neboť se snaží docílit co nejlepších vlastností pravé zbraně za použití moderních technologií. Novodobý kovář má tedy nespornou výhodu jak v čistotě materiálu tak v možnosti přesného měření a lepšího porozumění samotných procesů v materiálu oproti kovářům z historie. Většina těchto replik je vyrobena z oceli EN45, je ovšem možné použití jiného materiálu s přihlédnutím k vlastnostem, např. S55C či jinou uhlíkovou ocel.[29] Výsledné repliky jsou tak velice podobné jak vzhledově tak vlastnostmi, ovšem bude zde odlišná mikrostruktura a složení.

9.3 Repliky tvořené historickým postupem

Třetím typem replik jsou repliky dle historické předlohy. U tohoto typu replik je vynaloženo nejvíce času i práce, protože se snaží co nejvíce následovat historický

postup včetně výběru a úpravy materiálu. Richard Furrer jako jeden z mála či jediný kovář na světě dokázal vyrobit téměř přesnou repliku Ulfberht meče. [28] Jak již bylo zmíněno výše největším problémem při vytváření tohoto meče pro něj bylo vykování čepele z ingotu tyglíkové oceli do podoby čepele, tento proces zabral 11 hodin [28]. Největší problém tehdejších kovářů byla výroba tyglíkové oceli, tento proces je ovšem v moderní době běžný a proto nepředstavoval problém pro novodobého kováře. Jedním ze speciálních případů tohoto typu jsou meče katana. Tyto meče se dodnes vyrábí tradičním způsobem, pod vedením kovářských škol, které se od sebe liší některými detaily jako např. kresbou linie hamon, způsoby překládání oceli, ocelí Oroshigane atd. Zde by tedy výsledný produkt měl nést všechny 3 charakteristiky původního meče, vzhled, vlastnosti i složení. Rozlišujícím faktorem pak bude mikrostruktura, která se nejspíše bude lišit z důvodu dokonalejšího porozumění materiálu a tepelných procesů.

Obecně je těžké porovnat repliku a historický meč, vzhledem k různým typům replik. To je z důvodu jak velice čistých a kvalitních moderních materiálů moderní doby tak z důvodu použití moderních technologií a přístrojů. Z čehož můžeme vyvodit další problém, a to je kvalita. Novodobé repliky stejného typu nesou povětšinou stejné vlastnosti, naopak historické meče mohly mít fundamentálně jiné vlastnosti, které záleží hlavně na zručnosti a znalosti kováře. Vyjma meče katana u jehož výroby byly k dispozici velice kvalitní materiály jako například ocel Tamahagane již v minulosti. Výsledek zde tedy záleží na preciznosti a postupu výroby. Na obr. 25. vidíme rozdílnou mikrostrukturu a její změnu pro vzorky z meče a oceli používané pro některé repliky.[46]



Obr. 25 - porovnání mikrostruktury různých částí meče a materiálu pro výrobu replik [46]

10 Závěr

Historie a výroba chladných zbraní je v moderní době velice zajímavým a stále rozvíjeným tématem. A to ať už se jedná o implementaci moderních technologií, užití technologií historických, nebo naopak zkoumání jejich vývoje a výroby z hlediska materiálových úprav. Jak bylo již uvedeno chladné zbraně nás provází po celou naši historii a je tak možné zkoumat dějiny lidstva pomocí nálezů těchto zbraní. Nepsaným pravidlem je, že válečné snažení posouvá technologii dopředu a chladné zbraně jsou toho zářným příkladem, o vítězství či porážce celých armád rozhodovalo jejich vybavení. Vývoj tohoto vybavení byl tak jedním ze základních kamenů vývoje civilizace tak jak ji známe dnes. Dokonce i v moderních dobách, kdy se praktické užití chladných zbraní značně snižuje, existuje mnoho zájemců z řad laické i odborné veřejnosti, kteří věnují studiu vývoje a výroby chladných zbraní velké a mnohdy celoživotní úsilí.

11 Literatura

- [1] GRAZZI, F., F. CIVITA, A. WILLIAMS, A. SCHERILLO, E. BARZAGLI, L. BARTOLI, D. EDGE a M. ZOPPI. Ancient and historic steel in Japan, India and Europe, a non-invasive comparative study using thermal neutron diffraction. Springer-Verlag 2011 [online]. 2011 [cit. 2020-06-23]. DOI: 10.1007/s00216-011-4854-1. Dostupné z: https://www.academia.edu/14424105/Ancient_and_historic_steel_in_Japan_India_and_Europe_a_non-invasive_comparative_study_using_thermal_neutron_diffraction
- [2] EL MORR, Ziad a Michel PERNOT. Middle Bronze Age metallurgy in the Levant: evidence from the weapons of Byblos. *Journal of Archaeological Science*. 2011, , 2613-2624.
- [3] PARE, Christopher. *Metals make the world go round: The supply and circulation of metals in bronze age Europe*. 1. Oxford: Oxbow Books, 2000. ISBN 1 84217019 8.
- [4] SHERBY, Oleg D. a Jeffrey WADSWORTH. Ancient blacksmiths, the Iron Age, Damascus steel and modern metallurgy. *Journal of materials processing technology*. 2001, , 347-353.
- [5] SRINIVASAN, Sharada a Srinivasa RANGANATHAN. *INDIA'S LEGENDARY 'WOOTZ' STEEL: AN ADVANCED MATERIAL OF THE ANCIENT WORLD*. 1. Bangalore: National Institute of Advanced Studies, 2004. ISBN 9788173717215.
- [6] TYSON, Jeff. *How Sword Making Works: Cutting to the Chase*. *How stuff works* [online]. [cit. 2020-06-25]. Dostupné z: <https://science.howstuffworks.com/sword-making6.htm>
- [7] HUGHES, Susan S. *Getting to the Point: Evolutionary Change in Prehistoric Weaponry*. *Journal of Archaeological Method and Theory*. 1998, 5(4), 345-408.
- [8] ERB-SATULLO, Nathaniel L. *The Innovation and Adoption of Iron in the Ancient Near East*. Springer [online]. 2019 [cit. 2020-06-23]. Dostupné z: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10814-019-09129-6>
- [9] LANG, Janet a A.R. WILLIAMS. The Hardening of Iron swords. *Journal of Archaeological Science*. 1975, 2, 199-207.
- [10] HOŠEK, Jiří, Henry CLEERE a Lubomír MIHOK. *The Archeometallurgy of Iron: Recent Developments in Archaeological and Scientific Research*. 1. Helvetica & Tempora. ISBN 978-8087365-41-0.
- [11] MORIMOTO, Michael. *The Forging of a Japanese Katana*. Colorado School of Mines, 2004.
- [12] TÖRÖK, Béla, Árpád KOVÁCS a Zsolt GALLINA. *Iron metallurgy of the Pannonian Avars of the 7th - 9th century based on excavations and material examinations*. 1. Deutsches Bergbau-Museum Bochum: Springer, 2015. ISBN 978-3-937203-74-4.
- [13] TYLECOTE, R. F. *A history of metallurgy*. 2nd ed. London: Institute of materials, 1992. ISBN 19-026-5379-3.
- [14] GREGORIEV, Stanislav. *EASTERN INFLUENCES AND THE TRANSITION TO NEW TYPES OF METAL WORKING AT THE END OF THE EARLY BRONZE AGE IN CENTRAL EUROPE*. *MUSAICA ARCHAEOLOGICA* [online]. 2018, 3-2 [cit. 2020-06-23]. 2453-8701. Dostupné z:

https://www.academia.edu/38655160/Eastern_influences_and_the_transition_to_new_types_of_metalworking_at_the_end_of_the_Early_Bronze_Age_in_Central_Europe

[15] WILLIAMS, Alan. Crucible steel in medieval swords. London W1U 3BN, UK. Dostupné také z: https://www.academia.edu/6426127/Crucible_steel_in_medieval_swords

[16] MARKOV, Zoran a Dragutin PETROVIĆ. Cold Arms. Gradski muzej Vršac: Gradski muzej Vršac, 2012. ISBN 978-86-83911-52-3.

[17] CALLISTER, W. D. Materials science and engineering: an introduction. 6th ed. New York: John Wiley and Sons, 2003. ISBN 0-471-22471-5.

[18] PLEINER, R. Iron in archaeology: early European blacksmiths. Praha: Archeologický ústav AV ČR, 2006. ISBN 8086124622.

[19] ŠACH, J. a P. MOUDRÝ. Chladné zbraně: období habsburské monarchie 1526-1918. Praha: Aventinum, 2009. ISBN 978-80-7442-000-9

[20] ČECHLOVSKÝ, Stanislav a Michal ČERNÝ. Povídání o damaškové a vrstvené oceli - část 2. Noze-nuz [online]. [cit. 2020-06-24]. Dostupné z: <http://www.noze-nuz.com/recenze/damasek2/damasek2.php>

[21] COTLIER, Emily. Sword typologies and why we need them. <https://swords.co.nz> [online]. 2018 [cit. 2020-06-24]. Dostupné z: <https://swords.co.nz/sword-typologies-and-why-we-need-them/>

[22] CUI, Alina. The Ulfberht Sword: On Loan from Laird Landmann. BOWDOIN JOURNAL OF ART. 2020, , 1-28.

[23] Oakeshott typology. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2020 [cit. 2020-06-24]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Oakeshott_typology

[24] MILLER, Christopher L. The Sword Typology of Alfred Geibig. Myarmoury.com [online]. 2020 [cit. 2020-06-24]. Dostupné z: https://myarmoury.com/feature_geibig.html

[25] FÖLL, H. Metallurgy of the Japanese Sword. Tf.uni-kiel.de [online]. [cit. 2020-06-24]. Dostupné z: https://www.tf.uni-kiel.de/matwis/amat/iss/kap_b/backbone/rb_6_4.html

[26] FÖLL, H. Ulfberht Swords. Tf.uni-kiel.de [online]. [cit. 2020-06-24]. Dostupné z: https://www.tf.uni-kiel.de/matwis/amat/iss/kap_b/backbone/rb_4_3.html

[27] Papirovehelmy [online]. Borovany [cit. 2020-06-24]. Dostupné z: <http://www.papirovehelmy.cz/zbrane.html>

[28] KLIGER, Isabelle. The secret science behind the Viking supersword "Ulfberht". Linde stories [online]. [cit. 2020-06-25]. Dostupné z: <https://linde-stories.com/the-secret-science-behind-the-viking-supersword-ulfberht/>

[29] PEARCE, Michael. The Medieval Sword in the Modern World. 1. 2007. ISBN 978-1-4303-2801-8.

- [30] Sword replica. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2020 [cit. 2020-06-25]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Sword_replica
- [31] Fexen. Qin. In: History stack exchange [online]. 2013 [cit. 2020-06-26]. Dostupné z: <https://history.stackexchange.com/questions/2515/have-there-been-any-notable-battles-fought-with-steel-vs-bronze-weapons>
- [32] HOPKIN, Michael. Chimps make spears to catch dinner. Nature [online]. 2007 [cit. 2020-06-26]. Dostupné z: <https://www.nature.com/news/2007/070219/full/070219-11.html>
- [33] KOUWENHOVEN, Arlette P. World's Oldest Spears. Archive archeology [online]. [cit. 2020-06-26]. Dostupné z: <https://archive.archaeology.org/9705/newsbriefs/spears.html>
- [34] History of the firearm. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2020 [cit. 2020-06-26]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/History_of_the_firearm
- [35] PETERSEN, Jan. THE NORWEGIAN VIKING SWORDS. Viking Sword [online]. [cit. 2020-06-26]. Dostupné z: <http://www.vikingsword.com/petersen/ptsn054.html>
- [36] Tepelné zpracování. Jhamernik.sweb [online]. [cit. 2020-06-26]. Dostupné z: http://jhamernik.sweb.cz/tepelne_zpracovani.htm
- [37] BURIAN, Zdeněk. Pravěk. In: Pinterest [online]. 1956 [cit. 2020-06-23]. Dostupné z: <https://www.pinterest.it/pin/502292164671678366/>
- [38] NICOLAS, C. Types of Armorican arrowheads [online]. In: . Maison de l'Archéologie et de l'Ethnologie [cit. 2020-06-23]. Dostupné z: <http://journals.ed.ac.uk/lithicstudies/article/view/1126/1632>
- [39] WILLER, Frank. Cross-section of the oven. In: [Http://openarchaeology.info](http://openarchaeology.info) [online]. 2000 [cit. 2020-06-23]. Dostupné z: <http://openarchaeology.info/issue-2012-3/ea/experimental-reconstruction-bronze-merovingian-treasure-box-sixth-century-ad>
- [40] Kunai. In: [Https://noze-a-mece.heureka.cz/](https://noze-a-mece.heureka.cz/) [online]. [cit. 2020-06-23]. Dostupné z: <https://noze-a-mece.heureka.cz/chladne-zbrane-vrhaci-nuz-naruto-kunai/>
- [41] Shuriken. In: [Https://www.ipponshop.cz](https://www.ipponshop.cz) [online]. [cit. 2020-06-23]. Dostupné z: <https://www.ipponshop.cz/shuriken-7-pouzdro/>
- [42] Unreal engine [online]. [cit. 2020-06-26]. Dostupné z: <https://www.unrealengine.com/marketplace/en-US/product/>
- [43] Jílec. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2020 [cit. 2020-06-26]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/J%C3%ADlec>
- [44] Armor types. In: Refreshing manna [online]. [cit. 2020-06-26]. Dostupné z: <https://refreshingmanna.org/boasting-of-your-armor/>

[45] FÖLL, H. Metallurgy of the Japanese Sword part 2. Tf.uni-kiel.de [online]. [cit. 2020-06-24]. Dostupné z:

https://www.tf.uni-kiel.de/matwis/amat/iss/kap_b/backbone/rb_6_3.html

[46] OKAYASU, M., H. SAKAI a T. TANAKA. Mechanical Properties of Samurai Swords (Carbon Steel) Made using a Traditional Steelmaking Technology (tatara). Journal of Material Sciences & Engineering. 4(2). DOI: 10.4172/2169-0022.1000162.

[47] BUKVIC, Tomáš. Zakování jádra [online]. In: . 2019 [cit. 2020-06-26]. Dostupné z: <https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn%3AANd9GcQ0NBIRks7FR-8F36LlfZKQ6VvTwuzi2ouKFQ&usqp=CAU>

[48] WILLIAMS, Alan. The Sword and the Crucible. 2012. ISBN 978-90-04-22933-4.

12 Seznam obrázků

Obr. 1 - Ilustrace významu zbraní v tehdejší životě od Zdeňka Buriana [37]

Obr. 2 - Seznam některých typů hrotů z přelomu doby kamenné a bronzové [38]

Obr. 3 - Časová mapa šíření technologie zpracování bronzu do Evropy [12]

Obr. 4 - Různé typy forem pro odlévání bronzových zbraní [2]

Obr. 5 - Jedna ze struktur pece pro tavbu bronzu [39]

Obr. 6 - Znázornění tehdejších diagramů pro kujný odpor a změnu barvy v závislosti na teplotě [4]

Obr. 7 - Primitivní Fe-C diagram [4]

Obr. 8 - Pec pro tavbu železa v době železné [10]

Obr. 9 - 3D modely některých dřevcových zbraní [42]

Obr. 10 - Meč s výčtem jeho částí [43]

Obr. 11 - 3D modely některých tupých zbraní [42]

Obr. 12 - Vrhací nůž - Kunai [40]

Obr. 13 - Vrhací hvězdice - Shuriken [41]

Obr. 14 - Některé zbroje ze středověku [44]

Obr. 15 - 3D modely některých štítů [42]

Obr. 16 - Mikrostruktura oceli Tamahagane [25]

Obr. 17 - Nanášení ochranné vrstvy pro parciální kalení [20]

Obr. 18 - Průběh kalení meče katana a viditelná změna objemu struktury způsobující průhyb [45]

Obr. 19 - Meč katana s výčtem jeho částí [20]

Obr. 20 - Fotografie dochovaného Ulfberht meče [15]

a) celý exemplář

b) přiblížení na rytinu

Obr. 21 - Mikrostruktura meče Ulfberht [15]

c) viditelný perlit a cementit s měřítkem 20 μ m

d) zvětšení prvního snímku - perlit s viditelným jehličkovým cementitem a měřítkem 5 μ m

Obr. 22 - Různé typy zakování jádra používané v Japonsku [20]

Obr. 23 - Evropské typy zakování jádra - (červená = vysokouhlíková ocel, modrá = nízkouhlíková ocel) [47]

Obr. 24 - Mikrostruktura damasku na čepeli meče [46]

a) Pravý damask po 27 kovacích cyklech

b) Pravý damask po 34 kovacích cyklech

c) Pravý damask po 70 kovacích cyklech

d) Nepravý damask

Obr. 25 - porovnání mikrostruktury různých částí meče a materiálu pro výrobu replik [46]