



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

VÝROBA LOVECKÉHO NOŽE Z DAMAŠKOVÉ OCELI

PRODUCTION OF DAMASK STEEL HUNTING KNIVES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Pavel Vagunda

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Milan Kalivoda

BRNO 2020

Zadání bakalářské práce

Ústav:	Ústav strojírenské technologie
Student:	Pavel Vagunda
Studijní program:	Strojírenství
Studijní obor:	Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce:	Ing. Milan Kalivoda
Akademický rok:	2019/20

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Výroba loveckého nože z damaškové oceli

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Výroba prototypu loveckého nože s využitím teoretických a rozsáhlých praktických znalostí autora.

Cíle bakalářské práce:

- Historie výroby nožů
- Technologický proces využívaný v současné době
- Výroba prototypu
- Zhodnocení dosažených parametrů

Seznam doporučené literatury:

FOREJT, Milan a Miroslav PÍŠKA. Teorie obrábění, tváření a nástroje. 1. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2006. 225 s. ISBN 80-214-2374-9.

FREMUNT, Přemysl a Tomáš PODRÁBSKÝ. Konstrukční oceli. 1. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 1996. 262 s. ISBN 80-85867-95-8.

HUMÁR, Anton. Materiály pro řezné nástroje. 1. vyd. Praha: MM publishing, s. r. o., 2008. 240 s. ISBN 978-80-254-2250-2.

LEINVEBER, Jan, Jaroslav ŘASA a Pavel VÁVRA. Strojnické tabulky. 3. vyd. Praha: Scientia, s. r. o., 2000. 986 s. ISBN 80-7183-164-6.

MASLOV, Jevgenij Nikiforovič. Teorie broušení kovů. 1. vyd. Praha: SNTL, 1979. 248 s.

MÁDL, Jan et al. Jakost obráběných povrchů. 1. vyd. Ústí nad Labem: UJEP, 2003. 180 s. ISBN 80-7044-639-4.

MICHNA, Štefan et al. Encyklopedie hliníku. 1. vyd. Prešov: Adin, 2005. 700 s. ISBN 80-89041-88-4.

PATŘIČNÝ, Martin. Dřevo krásných stromů. 3. vyd. Praha: Grada, 2005. 144 s. ISBN 978-80-2-7-1193-5.

PÍŠKA, Miroslav et al. Speciální technologie obrábění. 1. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2009. 252 s. ISBN 978-80-214-4025-8.

Příručka obrábění, kniha pro praktiky. 1. vyd. Praha: Sandvik CZ, s. r. o. a Scientia, s. r. o., 1997. 857 s. ISBN 91-972299-4-6.

PTÁČEK, Luděk et al. Nauka o materiálu I. 2. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2003. 516 s. ISBN 80-72-4283-1.

PTÁČEK, Luděk et al. Nauka o materiálu II. 2. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2003. 516 s. ISBN 80-72-4283-1.

SAMEK, Radko, Zdeněk LIDMILA a Eva Šmehlíková. Speciální technologie tváření, 2. část. 1. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2011. 163 s. ISBN 987-80-214-4406-5.

SHAW, Milton Clayton. Metal Cutting Principles. 2nd ed. Oxford: Oxford University Press, 2005. P. 651. ISBN 0-19-514206-3.

ZEMČÍK, Oskar. Nástroje a přípravky pro obrábění. 1. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2003. 193 s. ISBN 80-214-2336-6.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2019/20

V Brně, dne

L. S.

doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá kompletní technologií výroby loveckého nože z damaškové oceli. Technologie je navržena pro výrobu prototypů, případně kusovou výrobu. Dle navržené technologie byla provedena výroba prototypu, která je zdokumentována v třetí části bakalářské práce.

Klíčová slova

lovecký nůž, damašková ocel, kování, výroba nože, broušení

ABSTRACT

This bachelor thesis deals with complete technology of production of damask knife. The technology is designed for piece production or prototype production. According to the proposed technology, a prototype was produced, which is documented in the third part of the document.

Key words

Hunting knife, damask steel, forging, knife making, grinding

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

VAGUNDA, Pavel. *Výroba loveckého nože z damaškové oceli*. Brno, 2020. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/121750>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. 37s. 2 přílohy. Vedoucí práce Milan Kalivoda.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Výroba loveckého nože z damaškové oceli vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum-----
Pavel Vagunda

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto panu Ing. Milanu Kalivodovi z VUT v Brně za cenné rady a vedení bakalářské práce.

Další poděkování patří Jirkovi Pražákovi a Petru Melichárkovi za poskytnutí fotografií,

Za asistenci ve školní kovárně děkuji panu Kratochvílovi

OBSAH

ABSTRAKT	4
Klíčová slova	4
ABSTRACT.....	4
Key words	4
PROHLÁŠENÍ.....	5
PODĚKOVÁNÍ	6
OBSAH.....	7
ÚVOD.....	9
1 ROZBOR SOUČÁSTI.....	10
1.1 Nůž v Lovectví.....	10
1.2 Rozdělení dle konstrukce.....	10
1.2.1 Konstrukce s pevnou čepelí	10
1.2.2 Zavírací nože.....	11
1.3 Rozdělení dle tvaru výbrusu	11
1.4 Materiály používané na výrobu čepele	12
1.4.1 Nekorozivzdorné oceli	12
1.4.2 Korozivzdorné oceli.....	12
1.4.3 Damašková a damascénská ocel	12
1.5 Princip výroby damaškové oceli.....	13
1.5.1 Vliv legujících prvků na vlastnosti oceli	14
1.5.2 Vznik damaškového vzoru.....	15
1.6 Materiály na výrobu rukojeti	15
1.7 Záštit.....	15
2 TECHNOLOGICKÉ OPERACE VYUŽÍVANÉ V SOUČASNÉ DOBĚ.....	16
2.1 Svařování metodou TIG.....	16
2.2 Kování.....	16
2.2.1 Kovářské svařování.....	16
2.3 Broušení břitů, brousicí pásy, brousicí zrna	17
2.4 Tepelné zpracování	18
2.5 Dokončovací operace.....	18
2.6 Broušení fasety	19
3 PRACOVNÍ POSTUP	20
3.1 Předběžný návrh tvaru a materiálů	20
3.2 Výroba čepele	21
3.2.1 Výroba a svaření balíčku	21

3.2.2 Výpočet velikosti polotovaru před kováním.....	21
3.2.3 Kování.....	23
3.2.4 Výbrus břítu	24
3.2.5 Tepelné zpracování	26
3.2.6 Dokončovací operace čepele	27
3.3 Výroba záštity	27
3.4 Výroba rukojeti	27
3.5 Broušení fasety	30
4 DISKUSE.....	31
4.1 Ztráty opalem.....	31
4.2 Praskliny při rovnání drážek-vlnový vzor	31
4.3 návrhy pokračování řešení	32
ZÁVĚR	33
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	34
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	36
SEZNAM PŘÍLOH.....	37

ÚVOD

Nůž je základní pracovní nástroj, bez kterého bychom si snad nedokázali představit každodenní život. Nože byly od nepaměti používány při lovu a následném zpracování zvěře, přípravě jídla, rituálům a soubojům. Byly vyráběny z rozličných materiálů a rozličných tvarů (obr. 1). Postupem času se objevovaly nové technologie zpracování materiálu, díky čemuž docházelo ke tvorbě kovářských skvostů a mimo jiné vzniku damascénské a damaškové oceli, která si nese svou váhu i po staletí, jako kdysi mytická ocel. I dnes jsou z ní vyráběny různé nástroje nejen nože, často k dekorativním účelům, kvůli její stále poměrně hodně vysoké výrobní ceně. Technologie v dnešní době se však oproti těm před dvěma tisíci lety změnily. Technologické postupy a průběh výroby damašku a ruční tvorba originálních prototypů v dnešní době je popsána v bakalářské práci.

Cíle bakalářské práce:

Cílem bakalářské práce je navržení vhodné technologie výroby loveckého nože z damaškové oceli obsahující: návrh materiálu, technologie výroby polotovaru, tepelného zpracování, dokončovacích operací. Na základě teoretických a praktických znalostí vyrobit prototyp včetně kovových i nekovových částí.



Obr. 1 Ukázka různých druhů loveckých nožů vlastní tvorby.

1 ROZBOR SOUČÁSTI

Nůž je významný nástroj všech dob. Za dobu jeho existence prošel tento základní nástroj velkým vývojem. Počínaje ostrými kameny z pravěkých dob, kde se jednalo o pazourek s ostrou hranou, ke kterému byla později přidělena rukojeť kostěná, nebo dřevěná. Tyto univerzální nástroje s ostrou hranou byly archeology považovány za první nože [1]. Dnes se s noži setkáme téměř na každém kroku. Existuje nepřeberné množství druhů určených k různým činnostem. Nože kuchyňské, bojové, pracovní a lovecké [2].

1.1 Nůž v Lovectví

Hlavním úkolem loveckého nože je použití jako pracovní nástroje, pro zpracování lovené zvěře. Má také význam estetického doplňku každého lovce. Při výrobě je nůž přizpůsobován lovcovi délkou, tloušťkou a šířkou čepel, materiálem čepel, rukojeti a konstrukcí pouzdra. Výroba je proto často zakázkovou záležitostí, kdy je vyroben jeden originální kus. Ta dodává noži jedinečnost a originalitu. Na obr. 2 je lovecký nůž, jehož výrobou se bakalářská práce zabývá [2].



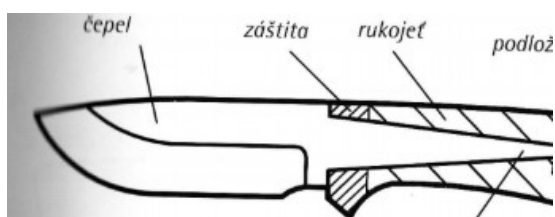
Obr. 2 Lovecký nůž z damaškové oceli- obsah bakalářské práce

1.2 Rozdělení dle konstrukce

Tato kapitola se bude zabývat rozбором konstrukcí uspořádání čepel a rukojeti

1.2.1 Konstrukce s pevnou čepelí

Jedná se o nejjednodušší konstrukci, kdy je čepel pevně spojena s rukojetí. Zde se dále dělí na konstrukci s částečnou stopkou- trnem (obr. 3), kdy je materiál rukojeti z jednoho kusu a trn je do něj upevněn prostřednictvím šroubového spoje, pomocí lepidla, nebo nýty. Trn je schován uvnitř rukojeti. Tyto nože mají na rozdíl od druhého typu nižší hmotnost. Druhý typ se vyznačuje konstrukcí s plnou stopkou, anglicky nazýván „fulltang“ (obr. 4). V tomto případě je celá plocha, jak čepel, tak i rukojeti, tvořena jedním kusem oceli. Ocel je tedy součástí rukojeti a je jí vidět po celém obvodu. Tato konstrukce je použita obvykle na pracovní nože, které jsou určeny nejen k řezání, ale také k sekání a to z důvodu absence velkých koncentrátorů napětí při přechodu čepel v trn [3].



Obr. 3 s trnem [3]



Obr. 4 s plnou stopkou [3]

1.2.2 Zavírací nože

Jsou určeny obvykle ke každodennímu nošení. Mají čepel upevněnou v rukojeti pomocí čepu a ložiska. Konstrukce je ve všech případech podobná. Liší se především velkým množstvím různých druhů pojistek pro zajištění otevřené čepele.[3]

1.3 Rozdělení dle tvaru výbrusu

Geometrie má spolu s typem materiálu hlavní vliv na řezné vlastnosti a trvanlivost ostří (čas mezi dvěma broušeními). Obecně platí, že čím menší úhel ostří, tím má nástroj lepší řezivost na úkor trvanlivosti ostří. Řezivostí se myslí schopnost nástroje pronikat materiálem, Čím je lepší řezivost, tím snadněji nástroj proniká. Zároveň platí, že čím je větší úhel břítu, tím má čepel větší průřez a tím pádem větší pevnost [4]. Existují různé geometrie břítu. Na obr. 5 je přehled nejpoužívanějších břitů na loveckých nožích:

- **Klínové s fasetou** U loveckých nožů je nejpoužívanější. Čepel má díky fasetě větší průřez. Vrcholový úhel fasety je 30-40°. Toto ostří má nejlepší poměr pevnosti, trvanlivosti ostří a řezivosti. [5]



Obr. 5 Různé geometrie břítu:

1. Dutý, 2. Vysoký klínový, 3. Nízký klínový (*skandinávský*), 4. Jednostranný klínový, 5. Klínový s fasetou, 6. Konvexní [5]

1.4 Materiály používané na výrobu čepelí

Materiály na výrobu čepelí nožů jsou především nízké a vysokolegované nástrojové oceli, které se dále dělí na korozivzdorné, nekorozivzdorné a damaškové. Základním požadavkem na materiál použitý pro konstrukci čepelí jsou tvrdost a houževnatost. K získání potřebné tvrdosti materiálu je nutná zaručená kalitelnost, která je dána obsahem uhlíku, nebo uhlíkovým ekvivalentem [3].

1.4.1 Nekorozivzdorné oceli

Oceli nízkolegované i vysokolegované se vyznačují dobrou řezivostí a dobrou broušitelností. Oproti korozivzdorným ocelím je nutné dbát zvýšené pozornosti při jejich udržování. Korozí se v tomto případě zabraňuje pouze neustálou údržbou mazáním.

Nekorozivzdorné oceli s nízkým obsahem chromu (do 13 %) obsahují karbidotvorné legující prvky, jako jsou wolfram, vanad, molybden, nikl. Vytváří ve struktuře velké množství tvrdých karbidových částic, které dávají materiálu výbornou tvrdost a ostrost. Jejich velká výhoda je dobrá broušitelnost, kterou ocení uživatel především při broušení ostří. Zvláštní skupinou nekorozivzdorných ocelí jsou oceli práškové metalurgie. Dosahují nejlepších mechanických vlastností ze všech ocelí a to především díky přesnému obsahu legur a vyššímu obsahu C. Tyto oceli se obsahem C kolem 2 % připomínají složením spíše litiny. Díky technologii lisování a spékání ocelového prášku si však ocel s vysokým obsahem uhlíku zachovává oproti litině jemnou strukturu [4].

1.4.2 Korozivzdorné oceli

Korozivzdorná ocel obsahuje minimálně 13 % chromu. Při této koncentraci je omezeno množství C do 0,5 %. Pro zvýšení obsahu C je nutno zvýšit i obsah chromu. Korozivzdorná ocel se obtížněji brousí. Dosahuje vysoké tvrdosti, nicméně nedokáže v řezivosti konkurovat ocelím nekorozivzdorným. [4]

1.4.3 Damašková a damascénská ocel

Název damascénská a damašková ocel je odvozena od názvu Syrského města Damašek bylo Syrské město po staletí proslulé výrobou a distribucí vysoce kvalitní oceli stejnojmenného názvu „damascénská“. Po staletí byla tato ocel opředena mnoha mýty a tajemnem. Zbraně z damascénské oceli byly údajně schopny proseknout i nepřátelskou zbroj. Damašková ocel, ač je vyrobena naprosto odlišnou technologií nese podobné jméno, z důvodu vizuální podobnosti.

- **Damascénská ocel**

První typ je tzv. litá damascénská ocel (obr. 6) anglicky zvaná „wootz“. Původní damascénská ocel byla podle archeologických nálezů vyráběna nejdříve 500 let př. n. l. Její výroba spočívala v tavbě velmi čisté oceli s vysokým obsahem uhlíku a dalšími přísadami. Po roztavení a zchladnutí byl ingot (obr. 7) následně kován do polotovarů s rozličnými strukturními vzory. Přesný postup výroby však nebyl dochován. S postupem času se staré znalosti, předávané z generace na generaci, začaly vytrácet a kováři již nebyli schopni vyrobit ocel stejné kvality, jako jejich předkové. Kolem roku 1750 n. l. se odhaduje výskyt poslední vysoce kvalitní damascénské oceli. Mladší nálezy damascénských zbraní mají sice její typickou kresbu, nicméně kvalita ostří nedosahuje kvality starších nálezů. Dnes je

vyráběna technologií tavení vysoce jakostní oceli s obsahem 1,2-2 % C a dalšími legujícími prvky v tavícím kelímku. Pomalým chladnutím, dojde k růstu dendritické struktury austenitu a vytěsňování karbidů na okraj dendritů.

Tím vznikne typická provazcovitá struktura zvaná Mohamedův děšť. Jedná se pouze o jeden z mnoha vzorů, které uměli tehdejší kováři vyrobit. Po vychladnutí se vzniklý ingot dále zpracovává kováním do požadovaného tvaru. Je však třeba dát pozor na kovací teplotu, aby nedošlo k rozpuštění dendritů. Po vykování hrubého tvaru a následném broušení a leptání se objeví mramorovitá kresba [6].



Obr. 6 Damascénská ocel po naleptání [5]



Obr. 7 Ingot [5]

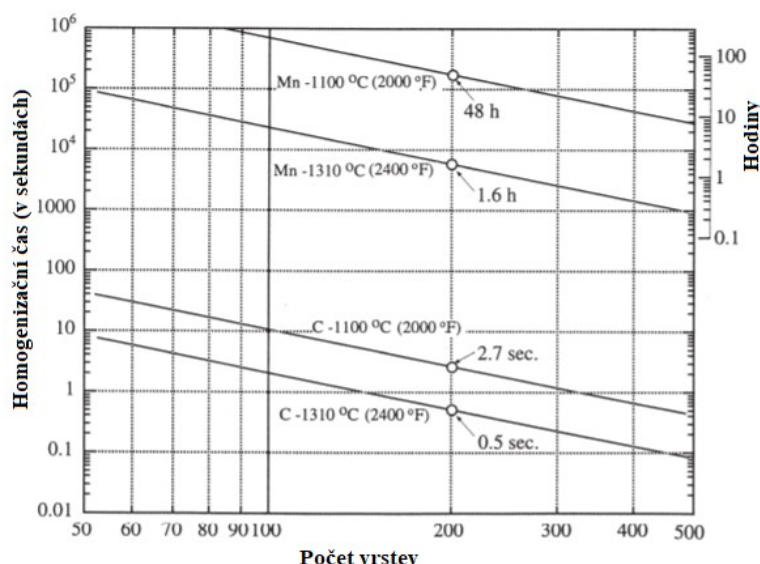
- **Damašková ocel**

Druhým typem je vzorová, nebo také vrstvená damašková ocel, která je v Česku často nazývána jako svářkový damašek. V angličtině nese název „laminated damask steel“, nebo také „patern welded steel“. V Evropě byli touto ocelí proslulí především Vikingové. Vzniká spojením dvou ocelí s odlišnými mechanickými vlastnostmi, kterými jsou tvrdost a houževnatost. Dnešní výroba spočívá ve svaření kovářským způsobem střídajících se vrstev dvou různých ocelí. Vytvoří se balíček střídajících se plechů. Svařený balíček se dále překládá a torduje, čímž je dosaženo různých vzorů. Výsledný damašek by měl být tvořen 100 až 500 vrstvami. Pokud počet vrstev přesáhne hranici 500, je potom nazývána mikrodamaškem. Speciálním druhem je korozivzdorná „damasteel“, ta se vyrábí slinováním prášků nerezových nástrojových ocelí dnešní době je vrstvená damašková ocel vyráběna hlavně kvůli vzhledu, než kvůli vlastnostem [7].

1.5 Princip výroby damaškové oceli

Damašek vzniká překládáním dvou ocelí o různém chemickém složení. Počet vrstev roste geometrickou řadou v závislosti na počtu přeložení. První ocel by měla dosahovat vyšší tvrdosti, zatímco druhá vyšší houževnatosti. Výsledné vlastnosti tohoto kompozitu jsou pak kombinací dobrých vlastností obou ocelí. V mnohých diskusích a internetových článcích se hovoří o použití dvou ocelí s různou koncentrací uhlíku. Mělo by se jednat o kombinaci např. nástrojové kalitelné a nekalitelné konstrukční oceli. V praxi jsou po vyleptání takového damašku sice zřetelné různobarevné vrstvy, díky různému obsahu substitučních legur nicméně kombinace těchto dvou ocelí je z hlediska funkčního použití pro čepel zbytečná. V celkovém průřezu dojde pravděpodobně k homogenizaci uhlíku a může se i stát, že procento uhlíku klesne pod kritickou hodnotu a tím se stane výsledný laminát nekalitelný. To že homogenizace C proběhne poměrně rychle, vyplývá z následujícího grafu (obr. 8). Na rozdíl substituční atomy, např. Mn, podléhají difuzi jen velmi málo viz. graf. Proto je třeba vybírat kombinace ocelí zaručeně kalitelných, aby měly

rozdílný vliv na mechanické vlastnosti především substituční legury [7]. To platí především pro velmi jemné lamináty. Při leptání výsledného damašku dojde díky rozdílnému obsahu legur také ke zvýraznění daného vzoru. Damašková ocel může být také korozivzdorná. Svařování korozivzdorných ocelí s vysokým obsahem chromu je však podstatně obtížnější. Proto se tyto damašky vyrábí jen v omezené míře a to především k použití ve šperkařském průmyslu [6].



Obr. 8 Graf závislosti homogenizačního času na počtu vrstev při dané teplotě, kdy jsou koncentrace daných prvků mezi vrstvami vyrovnány pro tloušťku materiálu 6,4 mm [8].

1.5.1 Vliv legujících prvků na vlastnosti oceli

Legujících prvků je několik a hlavní vliv mají tyto následující:

Nikl

Zjemňuje zrna, zvyšuje mez kluzu, zajišťuje vysoké hodnoty vrubové houževnatosti při normální a snížené teplotě. V kombinaci s Cr zvyšuje prokalitelnost, plasticitu a houževnatost.[9]

Molybden

Je feritotvorný, rozpouští se částečně ve feritu a zvyšuje jeho tvrdost. Po zakalení zvyšuje jeho stabilitu a posouvá jeho rozpad k vyšším teplotám.[9]

Vanad

Patří mezi silné feritotvorné prvky. S uhlíkem tvoří velmi stabilní karbid. Karbidy vanadu mají vysokou tvrdost. Malé množství vanadu má vliv na zpomalení růstu zrna austenitu a pomáhá zjemnit zrna.[9]

Mangan

Zvyšuje pevnost bez zhoršení plasticity, zvyšuje prokalitelnost.[9]

1.5.2 Vznik damaškového vzoru

Damaškových vzorů je nespočetné množství. Vzory mohou být buďto vrstvené, nebo mozaikové. Způsob výroby daného vzoru vrstveného damašku spočívá nejprve v překládání jednotlivých vrstev za kovářských svářecích teplot, tordování, vybrušování drážek a následného dokování, jako například u vlnového vzoru (obr. 9). Mozaikový damašek obr. 10 vzniká kombinací různých druhů vrstveného damašku a následného svaření. Je možno vyrobit téměř jakýkoli vzor který kováře napadne.[7]



Obr. 9 Vrstvený damašek s vlnovým vzorem
(POKORNÝ Jiří)



Obr. 10 Mozaikový damašek
(MELICHÁREK Petr)

1.6 Materiály na výrobu rukojeti

Na rukojeti bývá většinou jiný materiál než na čepeli nože. Použití přírodních materiálů na loveckých nožích je znakem cennosti, zatímco umělé materiály jsou používány méně často. Nejpoužívanějším materiálem na výrobu rukojetí je dřevo. Je příjemné na dotek, za vlhka neklouže a v zimě má příjemnou teplotu. Jedná se především o hustá, těžká dřeva s velkým obsahem přírodních olejů. Ty zaručují rozměrovou stálost při změně vlhkosti a teploty. Jedná se například o dřeva tropická, vzácných stromů, fosilní. Nevýhoda je v tom, že dřevo je přírodní materiál a kvůli tomu není možné úplně předejít rozměrovým změnám v důsledku změny vlhkosti [10]. Dalšími přírodními materiály mohou být kosti, rohy, parohy, slonovina, mamutí stoličky, jantar nebo perleť. Spolu se dřevem je možné pórovité přírodní materiály stabilizovat podtlakovým napuštěním syntetickou pryskyřicí a následným vytvrzením. Výsledný kompozitní materiál je již rozměrově stálý, neinteraguje na změny vlhkosti a při obrábění připomíná spíše plast [3].

1.7 Záštit

Záštit je funkčním prvkem nože. Zabraňuje sklouznutí ruky na čepel. Je vyrobena z oceli, bronzu, damašku, kosti, plastu nebo dřeva. Záštit může být obráběna, nebo odlévána. Některé nože záštitu nemají a rukojeť tak přechází přímo v čepel. [11]

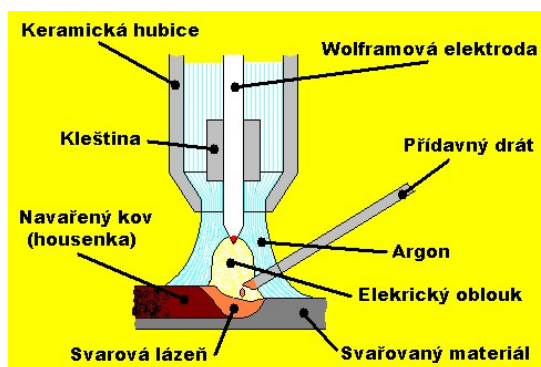
2 TECHNOLOGICKÉ OPERACE VYUŽÍVANÉ V SOUČASNÉ DOBĚ

Následující kapitoly budou rozebírat technologie, které jsou potřeba pro komplexní výrobu jednotlivých částí i celku.

2.1 Svařování metodou TIG

Jedná se o svařování elektrickým obloukem netavnou elektrodou v inertní atmosféře. Svařovat lze jak s přídavným, tak bez přídavného materiálu. Výhoda svařování damašku bez přídavného materiálu spočívá v tom, že nedochází k zanesení svaru slitinou jiného chemického složení, než je vyžadováno.

Při svařování stejnosměrným proudem bez přídavného materiálu, elektrický oblouk mezi špičkou wolframové elektrody (-) a materiálem natavuje povrch materiálu (+) (obr. 11). Proudící plyn keramickou hubicí zabraňuje oxidaci povrchu a tak se natavený kov slije dohromady a vznikne tak svarový spoj. Výhoda TIG svařování spočívá v možnosti svařovat střídavým proudem vysokolegované i nesvařitelné oceli s vysokým obsahem uhlíku a barevné kovy, případně přepólováním pólů i hliník [12].



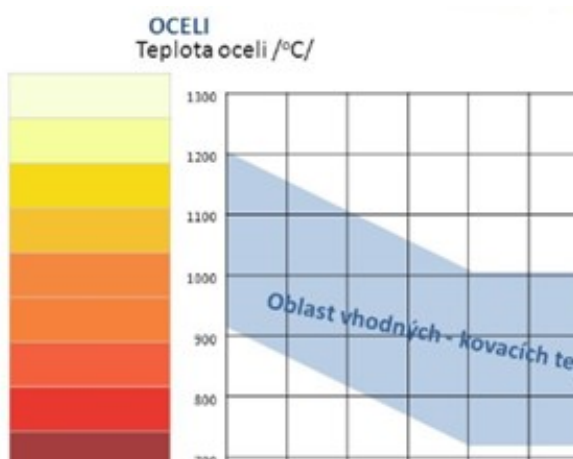
Obr. 11 Schema svařování TIG [13]

2.2 Kování

Kování je metoda tváření za tepla bez překrytí. Kování lze rozdělit na ruční a strojní, a na volné a zápuskové[4]. Jelikož je s materiálem pracováno za vysokých teplot, materiál na povrchu oxiduje a vznikají tak okuje, tvořící ztráty, které je třeba odstranit[9].

2.2.1 Kovářské svařování

Svařování kovářským způsobem je zástupcem svařování působením tepla a tlaku. Svařování probíhá při teplotách 70-90 % teploty tání. Obrobek je také nutno chránit tavidlem před oxidací. Při ručním volném kování malých polotovarů není možné zjištění přesné teploty kvůli rychlému chladnutí. Z toho důvodu je v kovářských dílnách teplota určována vizuálním porovnáním barev pro danou teplotu z tabulky (obr. 12) [14]. Při posledním ohřevu je kovadlina polita vodou. Ohřátý polotovar se položí na kovadlinu a udeří se do něj kladivem. Voda se okamžitě změní v páru a vymrští okuje.



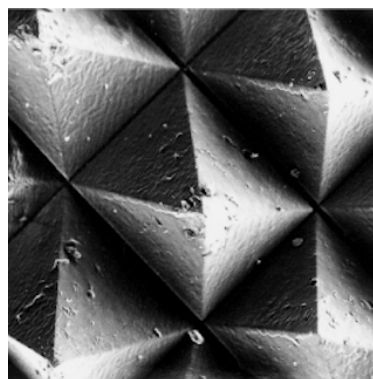
Obr. 12 Tabulka kovacích teplot dle barvy [15]

2.3 Broušení břitu, brousící pásy, brousící zrno

Vykováný polotovár je při kusové výrobě nejčastěji broušen na pásových bruskách. Výběr vhodného brusiva je dán typem materiálu, který bude broušen. V případě nožů z nástrojové oceli se nabízí použití keramického zrna na hrubování (obr. 13). Na dokončovací práce pak pásy se strukturovaným zrnem (obr. 14), které rovnoměrně odebírá materiál s přesnou hloubkou řezu, která dodává broušenému povrchu rovnoměrný vzhled bez viditelných hlubokých vrypů. Na finální dokončení je použito brousících vodních papírů, případně leštící pasty pokud je vyžadován zrcadlový lesk. Při broušení se postupuje od nejhrubšího zrna po nejjemnější za cílem dosáhnout požadovanou drsnost povrchu (tab. 1).



Obr. 13 Brousící pás s keramickým zrnem [11]



Obr. 14 Strukturované zrno 3M Trizact [11]

Tab.1 Použití hrubostí pro dané operace

Typ operace	Hrúbost zrna	Brusivo	Označení
Hrubování	P40-P120	Keramika	VSM XK 870X
Dokončení před kalením	P240-P360	Keramika	VSM XK 870X
Sjednocení povrchu po kalení	P240-P600	Strukturované zrno	3M Trizact 237AA
Finální úprava po kalení	P500-P1500	Karbid křemíku	Brousící papír voděodolný

Kvalita provedení ostří závisí vždy na zkušenostech brusiče. Existuje mnoho přípravků, kterými lze docílit vizuálně hezkého výsledku. Nicméně všechny mají nevýhodu v proměnlivém úhlu ostří. Nejstejnomyšlnější ostří při kusové výrobě tak lze vytvořit po dostatečném natrénování držením čepele v ruce.

2.4 Tepelné zpracování

Nástrojové oceli je třeba kalit a popustit dle informací z materiálového listu. Kalicí teploty se v hutním průmyslu pro nový materiál určují experimentálně. Zjištění přesných kalicích teplot pro damaškovou ocel v malých várkách je tedy složité, jelikož se každá várka může lišit. Nezáleží jen na obsahu C, ale také na obsahu a typu legur. V praxi se kalicí teplota volí podle oceli s vyšší kalicí teplotou s ohledem na druhou ocel s nižší kalicí teplotou. Při kalení je potřeba čepel chránit před oxidační korozi a oduhličením povrchu. Lze použít buď žáruvzdorný nátěr, nebo kalicí austenitickou folii. Pokud ochlazování podle materiálových listů obou ocelí má probíhat do oleje, je potřeba uvážit kalení do vody. Protože přestup tepla mezi olejem a čepelí je samotnou kalicí folií zpomalen a ochlazování ve vodě by tak mohlo chladnutí urychlit.

2.5 Dokončovací operace

Požadovaného vzhledu a konečných mechanických vlastností je dosaženo pomocí následujících operací:

Leptání

Je druh chemického obrábění, při kterém dochází k řízenému úběru materiálu pomocí nástroje- chemické látky pomocí chemické reakce na povrchu materiálu. Většinou použitím kyseliny [16]. Při leptání damaškových ocelí je nejčastěji používána kyselina dusičná a chlorid železitý. Při použití chloridu železitého je jeho ideální koncentrace 40 %. Příliš vysoká koncentrace chloridu v roztoku může mít totiž za následek, že se již další železo nebude rozpouštět. Příliš malá koncentrace zase prodlouží dobu leptání. Pro zvýšení leptací rychlosti se roztok přehřívá ve vodní lázni [17].

Žárové patinování

Je druh povrchové úpravy, při nichž je ocel vystavena vysoké teplotě v oxidačním prostředí. Na povrchu tak vznikne vrstva oxidů, která zvyšuje korozní odolnost. Pro zvýšení korozní odolnosti a lesku se zoxidovaná vrstva také napouští včelím voskem, olejem, nebo speciálními barvami [18].

2.6 Broušení fasety

Aby nůž nabyl užité hodnoty a požadované ostrosti, je broušen strojně, nebo ručně. Ke strojnímu broušení jsou použity pomaloběžné brusky (obr. 15) a k tradičnímu ručnímu broušení kameny (obr. 16). Broušení probíhá vždy proti ostří od hrubosti P400, po velmi jemné kameny, nicméně pro lovecké potřeby postačí nejjemnější kámen hrubosti P3000. Vrcholový úhel fasety je broušen pro lovecké účely mezi 30- 40°. U strojního broušení je úhel nastaven pomocí přípravku, zatímco u ručního závisí přesnost nastavení úhlu na pevných rukou a zkušenosti brusiče, případně použití přípravku, nebo brusné sady. Použití přípravků má vliv na to, že úhel není stejný po celé délce čepele, stejně jako u základního výbrusu. Pokud je tedy vyžadován stejný úhel ostří po celé délce, lze toho lépe dosáhnout ručním broušením. Materiály brousek jsou buď syntetické, přírodní nebo diamantové. Diamantové brusky jsou univerzální. Syntetické se skládají z brusiva a pojiva. Platí, že pro tvrdší oceli se hodí kameny s pevnějším pojivem a naopak. Přírodní kameny obsahují přírodní pojivo a platí pro ně stejné pravidla, jako pro syntetické. Pro zrcadlový lesk je použito brusné pasty na koženém řemeni. Leštění na rozdíl od broušení probíhá pouze po ostří [19].



Obr. 15 Pomaloběžná bruska [20]



Obr. 16 Syntetický brousící kámen pro ruční broušení

3 PRACOVNÍ POSTUP

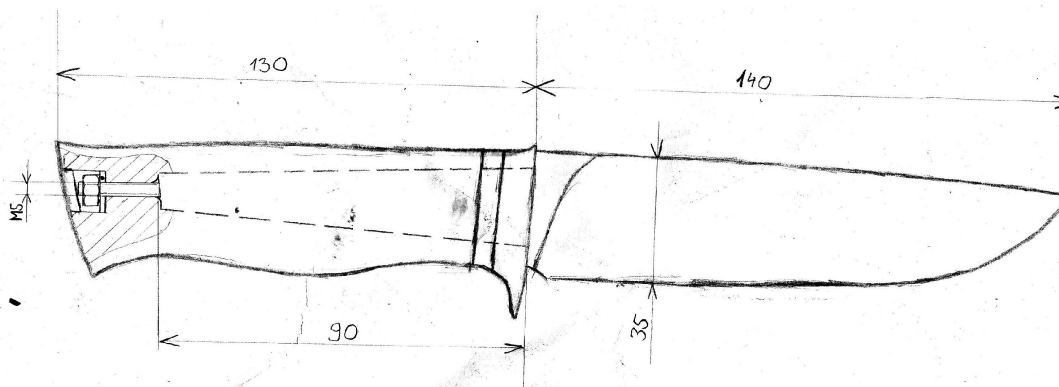
Přehledný pracovní postup je v tab. 2, detailní postup je příloze č. 1

Tab. 2 Stručný technologický postup výroby

Technologický postup-přehled		
Číslo operace	Název operace	Popis operace
1.	Návrh součásti	Navrhnout tvar, rozměry a materiál
2.	Kování polotovaru	Svařit balíček, postupně překládat, vykovat tvar polotovaru
3.	Broušení	Hrubovat obrys, hrubovat výbrus
4.	Tepelné pracování	Kalit do oleje, popustit
5.	Výroba záštity	Frézovat drážku pro trn, brousit vnější tvar, patinovat
6.	Výroba rukojeti	Vrtat a dlabat drážku pro trn do rukojeti i kostěné vložky, brousit vnější tvar
7.	Dokončovací operace	Brousit čepel na finální drsnost, leptat v FeClO_3 , napustit komponenty olejem a leštit
8.	Montáž komponentů	Spasování jednotlivých dílů, dobroušení,

3.1 Předběžný návrh tvaru a materiálů

Nejprve byl vytvořen návrh tvaru včetně základních rozměrů (obr. 17). Návrh slouží převážně pro orientaci výrobce prototypu a byl kreslen ručně na papír. Jelikož byla většina práce provedena na ručních strojích, bez vestavěných měřidel, rozměry jsou víceméně orientační. Po navržení tvaru byl navržen materiál, který byl uzpůsoben tvarovým požadavkům. Na čepel z damašku byly zvoleny materiály 1.2842 a 75NiCr. Damašek bude mít vlnovitý vzor o 500ti vrstvách. Rukojet' bude upevněna na trn se skrytou maticí. Na trn nože bude na jeho dřík navařena pomocí svařovací metody WIG závitová tyč M5. Záštita bude vyrobena z patinované oceli S235JR. Mezi záštitou a dřevěnou rukojetí bude kostěná vložka. Na rukojeti bude drhnuté dřevo wenge, záslepka na matici bude taktéž kostěná. Výbrus čepelce bude vysoký klínový s fasetou.



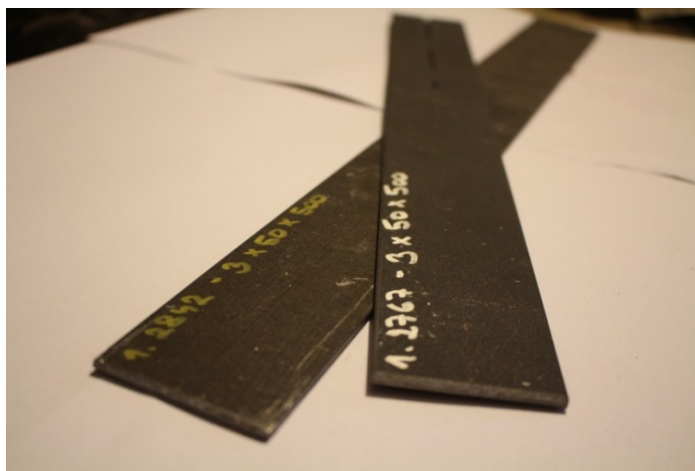
Obr. 17 Návrhový výkres

3.2 Výroba čepele

Výroba čepele je neobsáhlejší částí výroby nože, obzvláště pak příprava a tvorba polotovaru. Kompletní detailní popis výroby je popsán v následujících kapitolách:

3.2.1 Výroba a svaření balíčku

Na výrobu damaškové čepele byla vybrána vanad molybdenová ocel jakosti 1.2842. Druhá ocel měla být původně niklová ocel 75NiCr, ale jelikož se jí nepodařilo sehnat, bylo použito oceli jakosti 1.2767 s nižším obsahem niklu. Polotovar pro ocel byl válcovaný plech (obr. 18).



Obr. 18 Polotovar- válcovaný plech ocel 1.2842 a 1.2767

Velikost polotovaru byla ovlivněna požadovaným počtem vrstev. Množství vrstev roste geometrickou řadou. Při kování by mělo docházet k 1- 3% opalu kovaného materiálu [9]. Proto bylo potřeba volit polotovar větší. Velikost potřebného polotovaru byla vypočtena v kapitole 3.2.2.

3.2.2 Výpočet velikosti polotovaru před kováním.

Potřebná hmotnost polotovaru pro 1 čepel před broušením je zvolena na hodnotu (m_p)

$$m_p = 0,35 \text{ kg}$$

Je uvažováno 3 % opal na jedno přeložení. Celkově budou provedeny 4 překlady.

Teoretická hmotnost před kováním pro jednu čepel (m_f) je:

$$m_f = \frac{m_p}{0,97^4} = 0,40 \text{ kg} \quad (1)$$

Teoretická hmotnost polotovaru před kováním pro dvě čepele (m_{f2}) je:

$$m_{f2} = 2 \cdot m_f = 0,80 \text{ kg} \quad (2)$$

Po nadimenzování byla zvolena hmotnost polotovaru před kováním (m_{fc})

$$m_{fc} = 1,10 \text{ kg}. \quad (3)$$

Po čtvrtém přeložení přeložení je teoretická hmotnost polotovaru (m_{pc}):

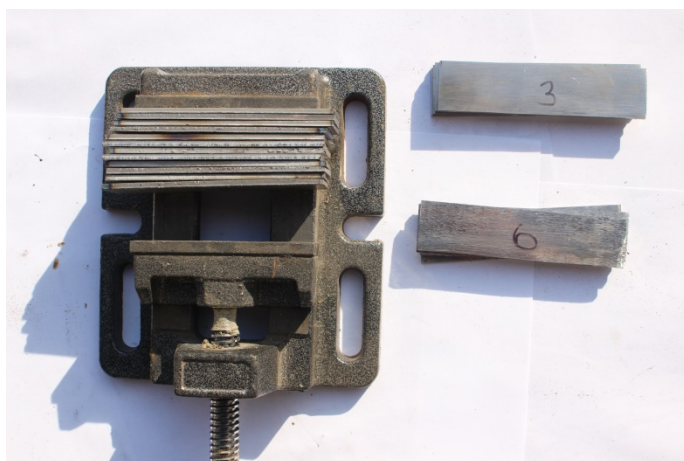
$$m_{pc} = 0,97^4 \cdot m_{fc} = 0,974 \text{ kg} \quad \text{Ztráty opalem činí celkem 11,8 \%} \quad (4)$$

Ve skutečnosti byl opal mnohem větší. Po čtyřech přeloženích činil 62 % z původního polotovaru. Tato skutečnost je dále rozebrána v kapitole 4. diskuse.

Plechové polotovary výše zmíněných ocelí byly nařezány na rozměr 25x100 mm. a zbaveny nečistot a okují broušením na pásové brusce (obr. 19). Pak byly střídavě naskládány do balíčku (obr. 20) a svařeny metodou WIG (obr. 21). Broušení plechů před složením balíčku bylo důležité proto, aby se zamezilo při prvním svaření k vnesení nečistot do sváru, a výsledný svár byl tak co nejčistší. Svařovací metoda WIG bez přídavného materiálu byla zvolena z důvodu zamezení vnesení materiálu, než který je požadován. Nakonec byla k balíčku přivařena manipulační tyč.



Obr. 19 Broušení nařezaných plechů



Obr. 20 Skládání balíčku



Obr. 21 Svařeny balíček

3.2.3 Kování

Svařený balíček byl nejprve nahříván na teplotu odpovídající cca 800 °C. Poté byl posypán tetraboritanem sodným, který plní funkci tavidla. Tavidlo po rozpuštění, vteče do mezer, a při dalším působení tepla ve výhni roztaví okraje a vytvoří ochrannou vrstvu, která zamezí další oxidaci jak na povrchu, tak i v mezerách mezi jednotlivými vrstvami. Rozpuštěné oxidy jsou při prvním úderu bucharu vymrštnuty z mezer a nahřátá ocel spojena ve svařenec. Nahřátí na svařovací teplotu bylo provedeno v uhelné výhni. Pro dané materiály je svařovací teplota 1200- 1300 °C [21]. V tabulce barev ji odpovídá zářivě žlutobílá. Z polotovaru by neměly po vytažení z výhně odletovat jiskry. Jiskry značí příliš vysokou teplotu, při které začíná materiál na povrchu téct. Dochází tak k velkým ztrátám materiálu oxidací (opalem), který často končí upálením polotovaru, neboť materiál vteče do výhně a uhoří, nebo povrch příliš zoxiduje a při dalším kování popraská. Pro rozkování byl použit pneumatický buchar CFA- 80 (obr. 22).



Obr. 22 Kování na bucharu CFA-80

Po prvním rozkování, (obr. 23) byl polotovar nařezán, povrch obroušen a znovu svařen (obr. 24) metodou TIG. Pak zase kován. Poté následovalo další kování. Postup byl opakován do vytvoření pásoviny s množstvím vrstev 540.

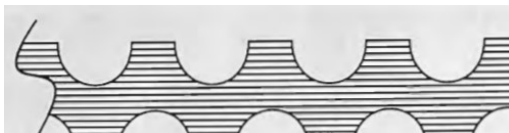


Obr. 23 Po prvním rozkování



Obr. 24 První přeložení

Původní myšlenka byla vyrobít vzorovou strukturu připomínající vlny. Do vykované pásovině následovalo vybroušení drážek kolmo skrze jednotlivé vrstvy. Poté proběhlo rozkování ostří do roviny (obr. 25, obr. 26, obr. 27).



Obr. 25 Vybroušené drážky napříč vrstvami [7]



Obr.26 Rozkované drážky do roviny tvořící vlny [7]



Obr. 27 Vybroušené drážky skrze vrstvy

Při rozkování vybroušených drážek v první polovině polotovaru, došlo ke vzniku příčných trhlin kolmo na vrstvy. Důsledkem nedostatku materiálu byla ze zbytku polotovaru vykována čepel bez dalšího drážkování tzn. S rovnými vrstvami. Dále o problému viz diskuse.

Po vykování požadovaného tvaru byl polotovar žíhán naměkko pro snadnější obrobiteľnosť. Žíhání probíhalo v elektrické odporové peci po dobu 12 hodin při teplotě 720 °C.

3.2.4 Výbrus břitu

Brousící práce probíhaly na pásové brusce. Nejprve byl vybroušen do roviny o stejnoměrné tloušťce 4 mm, zbaven okují a oduhličené vrstvy a pak vybroušen obrys. Následovalo hrubování ostří na páse o hrubosti P40. Při hrubování a následně i při dokončování, je třeba nejen pohybovat s čepelí zleva doprava, ale dělat při tom kývavý pohyb směrem ke špičce, aby byl zachován broušený úhel, jak u kořene, tak u špičky (obr. 28).



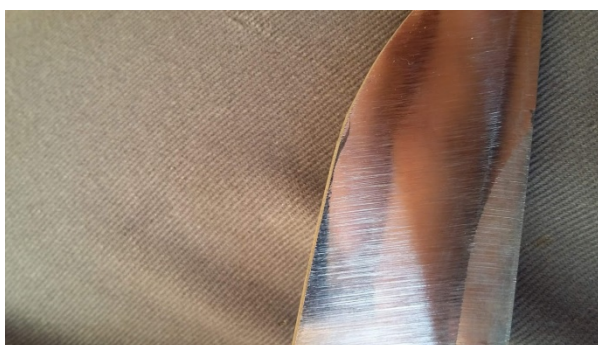
Obr. 28 Kývavý pohyb pro zachování stejného úhlu ostří (znázorňuje modrá šipka)

Základní výbrus je klínový s fasetou. Před kalením je potřeba nechat přídavek na obrábění po kalení 0,5 mm, což také zamezí kroucení ostří při kalení. Na obr. 29 je černě znázorněn průřez postupně vyhrubovaného ostří, kde čárkovaný obdélník znázorňuje původní polotovár. Nejprve jsou odbrušovány plochy 1 a poté plochy 2. Tento způsob je rychlejší, než odbrušování lineární, díky zmenšení třecí plochy při broušení obsahu 1.



Obr. 29 Postupné odebrání materiálu, nejprve plochy 1, poté plochy 2

Po vyhrubování byla čepel ještě přebroušena na páse o hrubosti P120 a P340, aby se snížila velikost koncentrátorů napětí, které by mohly mít vliv na možné prasknutí čepel při kalení. Při broušení občas vyšly na povrch dutiny a vměstky mezi vrstvami z důvodu špatného svaření, nebo znečištění sváru. Na obr. 30 je vměstek blízko ostří, který po dalším broušení zmizel.



Obr. 30 Vměstek blízko ostří.

3.2.5 Tepelné zpracování

Nejprve proběhlo ohřátí kaliciho oleje na 50 °C. Při této teplotě má kalici olej nižší hustotu a lépe tak odvádí teplo. Tato teplota chladicího média je přípustná pro martenzitickou přeměnu daných ocelí. K nahřívání 20 litrů oleje bylo použito 1kg ocelové závaží, které bylo předeřháto v peci na 500°. Kalená čepel byla zabalena do austenitické fólie (obr. 31) kvůli ochraně před oxidací. Čepel bylo potřeba do folie zabalit tak, aby byl co nejvíce zamezen přístup atmosférického vzduchu a zároveň aby se folie co nejvíce dotýkala čepele a nevznikaly tak vzduchové bubliny mezi fólií a čepelí, které by tvořily nežádoucí izolaci při ochlazování. Poté byla čepel vložena do vyhřáté pece (obr. 32) na 860 °C. Výdrž na austenitizační teplotě 30 min.

Vytažení nahřáté čepele z pece a ponoření do oleje muselo být rychlé, protože má čepel malou tepelnou kapacitu kvůli malé hmotnosti a velké ploše, takže rychle ztrácí požadovanou teplotu. Při ponoření čepele do oleje bylo potřeba dbát na techniku a to tak, že ponoření probíhalo od špičky hřbetem dolů. Hřbet svírá s hladinou cca 70 °. Po ponoření celé čepele s ní bylo v oleji mícháno, kvůli zvěření ohřátého oleje a tak rychlejšímu ochlazení. Touto technikou je nejlépe zamezeno praskání ostří a ohnutí čepele.

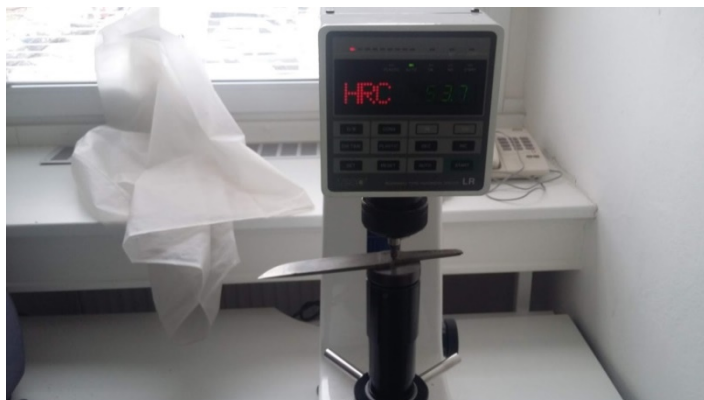


Obr. 31 Zabalení čepele do austenitické folie



Obr. 32 Kalicí elektrická pec

Po vyjmutí z oleje byla dochlazena ve vodě, zbavena kalicí folie a vložena do druhé pece a s popouštěcí teplotou 200 °C 2x na 30 minut. Po popuštění čepel zchladla volně na vzduchu. Po kalení a popuštění, proběhlo měření tvrdosti na digitálním tvrdoměru HRC (obr. 33). Měřená tvrdost dosahovala 54- 56 HRC, což je pro lovecký nůž dostačující. Měření probíhalo na trnu čepele.



Obr. 33 Tvrdoměr HRC

3.2.6 Dokončovací operace čepele

Zakalená a popuštěná čepel byla dále broušena na pásové brusce pásy P120 následně P320 a pásem se strukturovaným zrnem P400, poté ručně brousicími papíry P400 po P1500 pod vodou. Vybroušená čepel byla očištěna a odmaštěna a leptána. Leptání probíhalo v roztoku 40 % FeCl_3 o teplotě 60 °C po dobu 30 sekund (obr. 34). Ocel s nižším obsahem Ni byla vyleptána více do hloubky a tmavěji, než ocel s vyšším obsahem Ni. Po vyjmutí z leptací lázně byla ponořena ještě do neutralizační lázně roztoku Na_2CO_3 a následně ošetřena olejem k zamezení koroze.



Obr. 34 Leptání čepele

3.3 Výroba záštity

Záštitka je vyrobena z konstrukční oceli. Po změření rozměrů v místě záštity na čepeli byl na ocelovou pásovinu tloušťky 10 mm nakreslen obrys drážky a vnějšího obvodu. Dělení materiálu probíhalo ruční pilou na ocel. Drážka pro trn byla nejprve předvrtána vrtákem $\phi 3$ mm několika děrami, poté vyfrézována ruční frézou s čtyřbřitou frézou $\phi 3$ mm a pilována jehlovým pilníkem tak, aby přesně doléhala na trn. Poté byl obroben vnější tvar záštity pomocí pilníků, úhlové brusky a mikrobrusky.

Záštitka byla následně patinována ve výhni v oxidačním plameni při teplotě 800-900 °C a následně napuštěna včelím voskem.

3.4 Výroba rukojeti

Rukojeť se skládá z kostěného kroužku a dřeva jménem wenge a kostěné zášlepky.

Z hovězí kosti byl vybroušen kvádr o rozměrech 25x 15x 4 mm. Do něj byla stejným způsobem, jako do záštity vytvořena drážka pro trn.

Na dřevěnou část ruky byl použit přířez ve tvaru kvádru o rozměrech 136x 46x 26 mm. Na dřevo byl nejprve obkreslen tvar trnu nože. Poté byla středem náčrtu vyvrtána díra a pomocí speciálního dláta (obr. 35) byla vrtaná díra vydlabána tak, aby přesně pasovala na čepeli (obr. 36).



Obr. 35 Speciální dláto vyrobené z pilového listu



Obr. 36 Dlabání drážky

Na konec čepule byla navařena závitová tyč a ze zadní strany špalík taktéž vyvrtána díra na rozměr závitové tyče, tak aby špalík přesně lícovál s trnem a kostěným kroužkem. Neopracovaná rukojeť byla složena v celek (obr. 37), stáhnuta maticí a pomocí pilníků a brusky bylo dosaženo požadovaného tvaru, následně byla rukojeť rozebrána a každý díl samostatně dodělán jemnými brousicími papíry až do hrubosti P1500.



Obr. 37 Rukojeť před opracováním

Poté bylo vyfrézováno ruční frézku zhloubení do zadní části rukojeti pro zapuštění matice. (obr. 38), závitová tyč byla zkrácena a matice ukryta dovnitř rukojeti.

Ruční frézka: Elektrický obráběcí stroj s otáčkami 10 000 až 30 000 ot/min. Do sklíčidla se upevňují frézy. Drží se v ruce, používá se na jemné dokončovací operace.



Obr. 38 Zapuštěná matice

Do zhloubení byla vložena záslepka, která byla vybroušena z hovězí kosti na rozměr zhloubení, nalisována mírně s přesahem (obr. 39).



Obr. 39 Kostěná záslepka

Dřevo na rukojeti bylo dále drhnuto ocelovým kartáčem. Měkčí část dřeva byla vydrhnuta do hloubky asi 0,5 mm. Tvrdá část tvoří drsnou strukturu povrchu příjemnou na úchop.

Nakonec byla celá rukojeť napuštěna fermeží a přeštěněna včelím voskem pro zvýšení vodoodpudivosti a lesku.

3.5 Broušení fasety

Broušení fasety probíhalo ručně. Nejprve byla faseta hrubována na diamantovém brousku hrubosti P400, dále na syntetických Japonských brousicích kamenech Suehiro Cerax o hrubostech P1000 a P3000 (obr. 40). Na závěr byla přeleštěna na koženém řemeni se zelenou leštící pastou I.



Obr. 40 Broušení fasety na brousicím kameni Suehiro Cerax

4 DISKUSE

Při výrobě došlo k několika nepředvídaným situacím, které jsou popsány v následujících kapitolách.

4.1 Ztráty opalem

Celkové ztráty při kování činily 62 %. Oproti 11,8 % z výpočtu, což bylo mnohem více, než uvádí dostupné zdroje.

Bylo vycházeno ze zdrojů uvažující opal při kovacích teplotách. Svařovací teploty jsou však mnohem vyšší a bylo potřeba pro dosažení těchto teplot nechat polotovary déle ve výhni. Tím byl materiál vystaven silnější oxidaci. V dostupných zdrojích nebylo nalezeno více o velikosti opalu při svařovacích teplotách.

4.2 Praskliny při rovnání drážek-vlnový vzor

Při rovnání polotovaru s vybroušenými drážkami za cílem vzniku vlnového vzoru za kovací teploty 800- 950 °C došlo ke vzniku trhlin neobvyklým způsobem a to kolmo na jednotlivé vrstvy (obr. 41). Praskliny se objevovaly náhodně jak na kraji polotovaru, tak uprostřed. Domnívám se, že je to způsobeno příliš nízkou kovací teplotou a pro rozkování drážek je potřeba pracovat za vyšších teplot, než jen kovacích, jak udávají materiálové listy. Popraskaný materiál byl odřezán a později zkusmo rozkován za svařovacích teplot s přítomností velkého množství tavidla, byl proveden testovací brus a lept. Výsledek byl kladný a pouze 2 velké trhliny zůstaly uvnitř čepele (obr. 42). Nicméně zbytek damaškového polotovaru již drážkovaný nebyl, z důvodu nedostatku materiálu a financí. Vrstvy tak byly ponechány pouze podélné. Na špičce čepele je však několik vln. Které již za vyšších kovacích teplot (1000- 1100 °C) nepraskaly.



Obr. 41 Příčná prasklina



Obr. 42 Vlnovitý vzor se dvěma velkýma prasklinama uprostřed

4.3 návrhy pokračování řešení

Nadále by bylo zajímavé prozkoumat rychlosti chladnutí malých objektů, jako například tenkých čepelí nožů, při manipulaci mezi pecí a nádobou s chladicím médiem tak, aby proběhla v materiálu martenzitická přeměna. Zda je potřeba materiál nahřívat na vyšší teplotu, než udává materiálový list pro danou ocel,

ZÁVĚR

V bakalářské práci byla zpracována kompletní technologie výroby loveckého nože z damaškové oceli včetně následného vyrobení prototypu.

Téma začíná uvedením do historie původu nožů od pravěku až po současnost, původu a vzniku damaškové oceli. Dále se věnuje rozboru používaných materiálů, konstrukcí a tvarů používaných v současnosti.

Větší kapitola se věnuje výrobě a zpracování damaškové oceli. Následuje rozbor a použití technologií potřebných pro danou výrobu.

Na základě teoretických a praktických informací, byl zhotoven prototyp podle vlastního návrhu. Jedná se o funkční prototyp odpovídající vlastnostem, které od něj byly očekávány v návrhu. Kvůli nedostatku financí však nebylo možno splnit osobní cíl a to vytvoření vlnovitého vzoru vznikem neočekávaných situací.

Na výrobu čepele bylo použito jakostních materiálů vysoké ceny. Kovářské svařování se v mém případě také ukázalo, jako velmi ztrátové a neekonomické. Je to také pravděpodobně důvod vysoké ceny komerčních nástrojů damaškové oceli.

Při práci vznikly nečekané problémy, jako například praskání čepele, které by si zasloužily další průzkum, který by se již hodně odkláněl od tématu, popsaných v kapitole 4. diskuse. Při výrobě polotovaru bych příště volil jiný poměr množství ocelí v jednotlivých vrstvách. Výše byl použit poměr 1.2842 a 1.2767 1: 1. Domnívám se, že při poměru 3:1 s větším množstvím 1.2842 by čepel dosahovala ještě vyšší tvrdosti a především by byl vzor výraznější.

Výrobek se i přes mnohé úskalí, která byla v jednotlivých kapitolách rozebrána, v konečném důsledku velmi povedl. Zhotovení výrobku vyžadovalo velké množství ruční práce, což také souvisí s určitým stupněm zručnosti a kreativity. Další fotodokumentaci lze vidět v příloze č. 2

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] BYAM, Michele. *Staré zbraně: obrazový průvodce vývojem ručních zbraní od pěstního klínu doby kamenné po legendární pušky Divokého západu*. Bratislava: Tatran, 1992. ISBN: 80-222-0363-7
- [2] Vývoj nožů. *Chladnezbrane.eu* [online]. Velký Osek, Nádražní 81, 2017 [cit. 2019-03-19]. Dostupné z: <https://www.chladnezbrane.eu/clanky-a-recenze/vyvoj-nozu/>
- [3] PAJL, Josef. *O nožích: nejen loveckých*. Praha: Grada Publishing, 2010. ISBN 978-80-247-3502-3.
- [4] HLUCHÝ, Miroslav a Jan KOLOUCH. *Strojírenská technologie I*. 4. rev. 2. vyd. Praha: Scientia, 2007. ISBN 978-80-86960-26-5.
- [5] ČERNÝ CSC, doc. Nože Nůž. [Http://www.noze-nuz.com/](http://www.noze-nuz.com/) [online]. Nová Paka, Staropacká 111, [cit. 2019-03-20]. Dostupné z: http://www.noze-nuz.com/nozirske_oceli/ocele.php
- [6] ALMÉN, Torsten, Göran SVENSSON a Gustavbergs SMIDE. *Reproduction of damascus steel (wootz), patter and blade forging*. 2007. Scientific article. Mälardalens University. 6s.
- [7] HRISOULAS, Jim. *The pattern-welded blade: artistry in iron*. Boulder, Colo.: Paladin Press, 1994. ISBN 0873647734.
- [8] VERHOEVEN, John a Howard CLARK. *Carbon Diffusion Between the Layers in Modern Pattern-Welded Damascus Blades*. Department materials Science and Engineering, 1998. Scientific article. Iowa state University, Ames, IA 50011, and Morgan Valley Forge. 9s.
- [9] PTÁČEK, Luděk. *Nauka o Materiálu I*. CERM. 2003. ISBN 9788072042487.
- [10] PATŘIČNÝ, Martin. *Patříčný nejen dřevo*. 2. vyd. Praha: I. Železný, 2001. ISBN 80-240-2288-5.
- [11] PÍSKAČ a syn, *Profesionální výrobce nožů* [online]. Jihlava, 2014 [cit. 2019-10-09]. Dostupné z: <https://www.piskacasyn.cz>
- [12] AIRPRODUCT s.r.o. *Technické plyny, průmyslové plyny*. - airproducts.cz. [online]. Copyright © [cit. 10.10.2019].: Dostupné z: http://www.airproducts.cz/~media/Files/PDF/industries/metals/CZ_Priruckasvarece.pdf?la=cs-CZ, b.r
- [13] KOUTNÝ, Jiří. *TIG svařování. Svarbazar* [online]. [cit. 2019-10-09]. Dostupné z: <https://www.svarbazar.cz/phprs/view.php?cisloclanku=2008011702>
- [14] SIMS, Lorelei. *The backyard blacksmith: traditional techniques fot the modern smith*. New York: Crestline, 2009. ISBN 978-0-7858-2567-8.
- [15] ČERNOBILA, Lubomír. *Kovací teploty oceli*. Střední odborná škola Luhačovice, 2012, 16 s.
- [16] MACHÁČEK, David. *Chemické technologie obrábění*. Brno, 2015. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Ing. OSIČKA Karel Ph.D.
- [17] Knife forum. *Knife forum* [online]. [cit. 2019-03-19]. Dostupné z: <http://www.knife.cz/Default.aspx?tabid=53&g=posts&t=10405>
- [18] BEALER, Alex. *The art of blacksmithing*. 2. rev. 1. ed., New York: Castle Books, 2009. ISBN 978-0-7858-0395-9.

- [19] LEE, Leonard. *The Complete Guide to Sharpening*. Taunton, 1996. ISBN 9781561581252.
- [20] Tormek Přípravek SVM-45 na nože. In: *Šimek proficentrum s.r.o.* [online]. [cit. 2019-10-18]. Dostupné z: <https://www.simek.eu/pripravek-svm-45-na-noze/>
- [21] NIETFELD, Dick. *Shady Grove blacksmith shop* [online]. 2018 [cit. 2019-05-30]. Dostupné z: http://www.blksmith.com/heat_colors.htm

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratka	Popis
C	Uhlík
°C	Teplota ve stupních Ceosia
HRC	Tvrдость dle Rockwella
Mn	Mangan
Ni	Nikl
P	Hodnota hrubosti brusiva. Počet brousicích částic na 1cm^2
Mn	Mangan
TIG/WIG	„Tungsten inert gas“, svařování netavnou elektrodou
s	Sekunda
Wootz	Tavená ocel s dentritickou strukturou
Fulltang	Konstrukce rukojeti pouze pomocí příložek
Damascénská ocel	Ocel s dentritickou strukturou, tvořící kresby
Damašková ocel	Vrstvená ocel kovářsky svařená
Damasteel	Korozivzdorný damašek firmy Damasteel
Wenge	Exotické dřevo

SEZNAM PŘÍLOH

1. Podrobný technologický postup
2. Fotodokumentace hotového výrobku

PŘÍLOHA 1 (1/8)

Detailní technologický postup

Technologický postup			
Číslo operace	Název operace	Popis operace	Seznam strojů, nástrojů a chemikálií
1	Řezání I.	2x polotovar o velikosti 500x50x3, řezat úhlovou bruskou na 20 dílů o velikosti 100x25x3.	Úhlová bruska
2	Čistění před svařením	Každý díl rovinně brousit na páse hrubosti P40 do matného lesku bez viditelných nečistot	Pásová bruska, brousicí pás VSM XK 870X P40
3	Skládání plechů	Plechý skládat do svěráku střídavě materiál 1.2842 a 1.2767, poté stáhnout svěrákem.	svěrák
4	Svaření I.	Plechý svařit metodou WIG bez přídavného materiálu nejprve na všech rozích, pak 2x příčně.	Svařovací inverter s WIG hubicí
5	Ohřev I.	V uhelné výhni ohřát na 1000 °C, posypat boraxem a nechat jej vtéct mezi jednotlivé vrstvy. Postup opakovat alespoň 2x	kovářská výheň, borax (tetraboritan sodný)
6	Ohřev II.	Ohřát na svařovací teplotu 1300 °C,	výheň
7	Rozkování I	Kovat na bucharu, kolmo na vrstvy 5 úderů z jedné strany, 5 z druhé, otočit o 90 stupňů, 3 údery rovnoběžně s vrstvami z jedné, pak z druhé strany.	Buchar CFA-80
8	Ohřev III.	Při poklesu teploty kovaného polotovaru na 800 °C, ohřev na teplotu 1100 °C,	výheň

PŘÍLOHA 1 (2/8)

Detailní technologický postup

9	Rozkování II	Opakovat operaci 7-8, dokud nemá polotovár rozměry 40x10xX (X je délka, která může být různá)	buchar
10	Řezání II	Rozkovaný pás řezat na 4 díly. Předběžně složit na sebe a poté brousit okraje ze stran, které se dotýkají.	Úhlová bruska
11	Druhé přeložení	Opakovat operaci 4-10, pro počet vrstev 80.	
12	Třetí přeložení	Opakovat operaci 4-10, ale v bodě 10 řezat jen na 3 díly (240 vrstev)	
13	Čtvrté přeložení	Opakovat operaci 4-10, ale v bodě 10 řezat jen na 2 díly (580 vrstev)	
14	dokování	Opakovat operaci 8, pak kovat do předběžného tvaru dle výkresu kladivem ručně na kováčtině. Nejprve vykovat tvar špičky, poté stopku a nakonec srovnat.	Kladivo, kováčtina
15	Žíhání naměkko	Žíhat naměkko v peci po dobu 12 hodin. Chládnout pozvolna v peci.	Elektrická odporová pec
16	Broušení obrysu	Brousit obrys čepele na pásové brusce se stolkem kolmým na pás.	Pásová bruska brousící pás VSM XK 870X P40, stolec
17	Rovinné broušení	Brousit rovinně na pásové brusce. Průběžně kontrolovat tloušťku šuplerou, aby byla podélně stejná. Brousit do odstranění všech okrajů na čepeli.	Pásová bruska brousící pás VSM XK 870X P40,
18	Příprava před broušením ostří	Lihovou fixou nabarvit hranu budoucího ostří a naznačit podélný střed ostří. Nakreslit tvar ostří. Na čepel přišroubovat přípravek pro zamezení přebroušení.	Lihová fixa, přípravek na zamezení přebroušení

PŘÍLOHA 1 (3/8)

Detailní technologický postup

19	Hrubování	Směr pohybu pásu je proti budoucímu ostří. Čepel držet pravou rukou přípravek a palcem levé ruky tlačit na špičku čepele, pohybovat čepelí přiloženou k pásu od přípravku ke špičce. Při špičce čepel zhoupnout do kolébky pro vytvoření stejnoměrného úhlu výbrusu. Po několika podélných pohybech kontrolovat vizuálně úhel a výšku výbrusu. Průběžně chladit v nádobě s vodou. Totéž opakovat pro druhou stranu čepele s prohozením rukou. Hrubovat do tloušťky ostří 1 mm.	Pásová bruska brousící pás VSM XK 870X P40. Ochranné rukavice, nádoba s vodou
20	Broušení I	Brousit stejně viz. operaci 19. Do tloušťky ostří 0,3 mm. Opravy na tvaru provést případným přitlačením palci obou rukou na horní, nebo spodní část čepele.	Pásová bruska brousící pás VSM XK 870X P120.
21	Dokončování I	Brousit všechny plochy, nesmí zůstat hluboké vrypy v ostří od předchozích pásů.	Pásová bruska brousící pás VSM XK 870X P320.
22	Příprava čepele před kalením	Čepel zabalit do kalicí folie. 2 vrstvy z každé strany, zahrnout konce a tupým hrotem dotvarovat tak, aby folie co nejvíce přilehala na čepel.	Austenitická fólie, nůžky, ochranné rukavice,
23	Přehřev oleje	Kalicí olej 15litrů přehřát na 50 °C nahřátým závažím na 500 °C.	Závaží 1kg, odporová pec, 20l kalicí olej Paramo TK40
24	Ohřev kalení	Odporovou pec nastavit na 860 °C, po dosažení teploty vložit čepel do pece na výšku ostřím vzhůru (zabrání kroucení čepele při ohřevu). Výdrž 30 minut na teplotě.	Odporová pec

PŘÍLOHA 1 (4/8)

Detailní technologický postup

25	Kalení	Vyndat kleštěmi nahřátý polotovar a ponořit do oleje hřbetem dolů, tak aby hřbet svíral s hladinou přibližně 70°, špičkou napřed. (tento postup se osvědčil pro minimalizaci praskání čepel při vnoření do oleje.	Olej Paramo TK 40, kleště
26	popouštění	Po vyndání z oleje dochladiť ve vodní lázni, vybalit z kalicí folie a popustit ve vyhřáté peci na 200 °C 2x 30 minut.	Odporová pec, vodní lázeň
27	Broušení II	Na čepel znovu namontovat přípravek. mírně zkroucenou čepel, nebo oduhličenou vrstvu odbrousit a srovnat na pásové brusce s brousicí pásem o hrubosti P120 postupem viz operace 19	Pásová bruska brousicí pás VSM XK 870X P120.
28	Měření tvrdosti	Po popuštění měřit tvrdost na tvrdoměru se stupnicí HRC. Tvrdost by měla být 54 až 58HRC.	Tvrdoměr HRC
29	Broušení III.	Sjednotit povrch a zahladit hrubé vrypy od předchozího broušení. postupovat jako v operaci 19. Pozor na probroušení ostří.	Pásová bruska brousicí pás 3M Trizact P 400
30	Ruční broušení	Již bez přípravku upnout čepel vodorovně na hranu stolu. Obalit dřevěný hranol brousicím papírem, nanést vrstvu vody na čepel a tahavými pohyby od stopky ke špičce brousit tak dlouho, dokud nezmizí vrypy od předchozího broušení. Poté pokračovat jemnějším papírem stejný postup	Brousicí papíry vodní hrubosti P240-P500-P1000-P1500. Dílenská svorka.

PŘÍLOHA 1 (5/8)

Detailní technologický postup

31	Leptání	V gumových rukavicích si připravit si 40% roztok Chloridu železitého o teplotě 60 °C. Ponořit na 10 sekund čepel do leptacího roztoku. Poté vyjmout a setřít leptanou vrstvou vatou. Postup opakovat asi 4x. Záleží na stáří a znečištění chloridu.	Gumové rukavice, Chlorid železitý, vata.
32	Broušení po leptání	Po leptání brousit zlehka pod tekoucí vodou vyleptaný vzor brousicí papírem o hrubosti P 2000. Brousit, dokud se neobjeví hezky vrstevnice světlé složky.	Brousicí papír vodní P2000
	Přivaření závitové tyče	Na konec trnu navařit metodou TIG závitovou tyč M4.	Závitová tyč M4-50 mm. TIG svářečka.
	Výroba záštity		
33	Řezání II	Z pásoviny tloušťky 10 mm uřezat polotovar 20x30x10	Úhlová bruska
34	Vrtání drážky pro trn	Narýsovat rýsovací jehlou osu rovnoběžnou s nejdelší stranou polotovaru. Odměřit z čepele výšku trnu a v dané délce vyvrtat několik děr.	Vrták o průměru 4 mm
35	Frézování drážky	Ruční frézku frézovat drážku mezi vyvrtanými děrami. Poté dokončit drážku jehlovým pilníkem	Ruční frézka, fréza 3 mm, pilník.
36	Broušení záštity	Čepel obalit několika vrstvami papírové pásky pro ochranu, nasadit polotovar záštity, obkreslit lihovkou tvar a na pásové brusce ručně hrubovat obrys záštity.	Pásová bruska brousicí pás VSM XK 870X Hrubost P40-P120
37	Broušení IV	Hrubovanou záštitu dobrousit mikrobruskou, karbidovými frézičkami různých tvarů	Mikrobruska, mikrofrézy

PŘÍLOHA 1 (6/8)

Detailní technologický postup

31	Leptání	V gumových rukavicích si připravit si 40% roztok Chloridu železitého o teplotě 60 °C. Ponořit na 10 sekund čepel do leptacího roztoku. Poté vyjmout a setřít leptanou vrstvou vatou. Postup opakovat asi 4x. Záleží na stáří a znečištění chloridu.	Gumové rukavice, Chlorid železitý, vata.
32	Broušení po leptání	Po leptání brousit zlehka pod tekoucí vodou vyleptaný vzor brousicí papírem o hrubosti P 2000. Brousit, dokud se neobjeví hezky vrstevnice světlé složky.	Brousicí papír vodní P2000
	Přivaření závitové tyče	Na konec trnu navařit metodou TIG závitovou tyč M4.	Závitová tyč M4-50 mm. TIG svářečka.
	Výroba záštity		
33	Řezání II	Z pásoviny tloušťky 10 mm uřezat polotovar 20x30x10	Úhlová bruska
34	Vrtání drážky pro trn	Narýsovat rýsovací jehlou osu rovnoběžnou s nejdelší stranou polotovaru. Odměřit z čepele výšku trnu a v dané délce vyvrtat několik děr.	Vrták o průměru 4 mm
35	Frézování drážky	Ruční frézku frézovat drážku mezi vyvrtanými děrami. Poté dokončit drážku jehlovým pilníkem	Ruční frézka, fréza 3 mm, pilník.
36	Broušení záštity	Čepel obalit několika vrstvami papírové pásky pro ochranu, nasadit polotovar záštity, obkreslit lihovkou tvar a na pásové brusce ručně hrubovat obrys záštity.	Pásová bruska brousicí pás VSM XK 870X Hrubost P40-P120
37	Broušení IV	Hrubovanou záštitu dobrousit mikrobruskou, karbidovými frézičkami různých tvarů	Mikrobruska, mikrofrézy

PŘÍLOHA 1 (7/8)

Detailní technologický postup

38	Vrtání rukojeti	Na hranol připraveného dřeva o rozměrech 150x50x40 mm načrtnout tužkou tvar rukojeti včetně drážky pro trn. Upnout špalík do svěráku na výšku, vrtat na stojanové vrtače do hloubky viz vnější nákres drážky.	Wenge 136x46x29 mm. ,tužka, svěrák, stojanová vrtačka, vrták o průměru 5 mm.
39	Dlabání drážky	Upevnit hranol dřeva do stolního svěráku, speciálním dlátem (obr. 35). Dlabat drážku dle vnějšího náčrtu. Střídavě dlabat a zkoušet strkat trn do drážky. Jakmile trn hezky pasuje do drážky, Vložit trn a z druhé strany jej přitáhnout maticí.	Svěrák, drážkovací dláto, matice M4.
40	Tvarování rukojeti	Pomocí rašple a pilníků tvarovat dřevo rukojeti do požadovaného tvaru	Rašple, různé pilníky (rovný, kulatý, oblý)
41	Frázování zahloubení	Ruční frézou frézovat zahloubení pro matici, $\phi 10$ mm. Hloubka 8 mm.	Matice M4, ruční frézka, fréza $\phi 6$.
42	Dokončení před impregnací	Nahrubo vytvarovanou rukojeť brousit brousícími papíry. Brousit postupně od nejhrubšího po nejjemnější	Brousící papír P80, P120, P500, P1000
43	Drhnutí	Pomocí ocelového kartáče vydrhnout z rukojeti měkčí část dřeva do hloubky 0,3 mm.	Ocelový kartáč
44	Zaslepení matice	Z kosti tloušťky 4 mm, na pásové brusce vybrousit tvar, lícující do díry s maticí. Smontovat rukojeť a zatlouci a zabrousit papírem P600.	Pásová bruska, kost tl. 4 mm. Brousící papír P 600.
45	Impregnace	Fermež rozehrát na 80 °C, ponořit rukojeť do horké fermeže na 30 vteřin, vytáhnou, nechat okapat, a utřít hadrou.	Fermež, hadr

PŘÍLOHA 1 (8/8)

Detailní technologický postup

46	Hrubování fasety ostří	Na diamantové broušící desce brousit pod úhlem 20°, celkovým vrcholovým úhlem 40°, následujícím způsobem: Nůž držet dvěma rukama za rukojeť a uprostřed čepele. Brousit tahavými pohyby směrem proti ostří i po ostří pod daným sklonem střídavě z obou stran, dokud nevznikne otřep. Poté pokračovat dalším bodem.	Diamantový broušící kámen Atoma 400
47	Broušení fasety	Namočit kámen na 10 minut do vody. Poté uložit do držáku. Brousit pod stejným způsobem jako v operaci 47. Dokud nezmizí hrubé vrypy od předchozího broušení. Jakmile zmizí, čtyřmi tahy z každé strany brousit již pouze směrem proti ostří vždy od špičky k záštitě. Brousit střídavě pravou a levou stranu. Na kameni vzniká kaše z brusiva a vody. Povrch během broušení nesmí vyschnout a kaši nestírat	Broušící kámen Suehiro CERAX 1000
48	Dokončení fasety	Brousit stejným způsobem, jako v operaci 48.	Broušící kámen Suehiro CERAX 3000
49	Leštění fasety	Postup stejný jako v operaci 48. Fasetu leštit do zrcadlového lesku.	Kožený pás se zelenou lešticí pastou I

PŘÍLOHA 2 (1/2)

Fotodokumentace hotového výrobku



PŘÍLOHA 2 (2/2)

Fotodokumentace hotového výrobku

