

Parciální kalení nerezových ocelí

Vlastimil Chalupa

Bakalářská práce
2016

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav výrobního inženýrství
akademický rok: 2016/2017

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Vlastimil Chalupa**
Osobní číslo: **T14097**
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Technologická zařízení**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Parciální kalení nerezových ocelí**

Zásady pro vypracování:

- 1. Vypracování literární studie na dané téma**
- 2. Příprava zkušebních vzorků pro experimentální část**
- 3. Provedení experimentu**
- 4. Vyhodnocování naměřených výsledků**

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

Dle doporučení vedoucího bakalářské práce

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. David Maňas, Ph.D.**
Ústav výrobního inženýrství

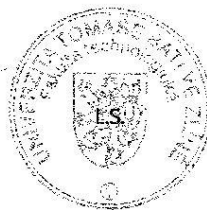
Datum zadání bakalářské práce: **2. ledna 2017**

Termín odevzdání bakalářské práce: **19. května 2017**

Ve Zlíně dne 31. ledna 2017



doc. Ing. František Buňka, Ph.D.
děkan



prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D.
ředitel ústavu

Příjmení a jméno: ŠTĚPÁN BĀTĀ

Obor: IT

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60³⁾ odst. 2 a 3 mohu užit své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 18. 5. 2017



1) zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlédnutí veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

2) zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

³⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Bakalářská práce řeší problém parciálního kalení nerezových ocelí. Pro experimentální část byly vybrány následující typy ocelí, které zahrnují jak nerezové, tak uhlíkové a slitinové oceli. Změna struktury po zakalení a tím její mechanické vlastnosti byly hodnoceny instrumentovanou zkouškou mikro-tvrdomosti na mikrotvrdoměru Micro-Combi Tester od firmy CSM Instruments. Měření probíhalo dle příslušné normy ČSN EN ISO 14577. Naměřené výsledky byly graficky znázorněny a vyhodnoceny. Měření probíhalo ve třech oblastech (na hřbetu, v ose a na ostří) na testovaném zkušebním vzorku. Výsledky měření ukázaly zlepšení mechanických vlastností u parciálně kalených ocelí s vysokým obsahem chromu.

Klíčová slova: nůž, tepelné zpracování, nerezová ocel, měření

ABSTRACT

Bachelor work solves the problem of partial hardening of stainless steels. For the experimental part, the following types of steels were selected, including both stainless and carbon and alloy steels. Changes in the structure after tempering its mechanical properties were evaluated using the Micro-Combi Tester Micro-Combo Tester Micro-Combi Tester of CSM Instruments. The measurements were carried out according to the relevant standard ČSN EN ISO 14577. The measured results were plotted and evaluated. Measurements were carried out in three areas (on the back, the axis and the blade) on a test sample. The results of the measurements showed an improvement in the mechanical properties of partially hardened steels with a high chromium content.

Keywords: knife, heat tempering, stainless steel, measurement

Souhlasím s tím, že s výsledky mé práce může být naloženo podle uvážení vedoucího bakalářské práce a vedoucího ústavu. V případě publikace budu uveden jako spoluautor. Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD.....	10
I TEORETICKÁ ČÁST.....	11
1 MATERIÁLY VHODNÉ PRO VÝROBU ČEPELE.....	12
1.1 UHLÍKOVÉ OCELI.....	12
1.2 KOROZIVZDORNÉ OCELI	13
1.3 NÁSTROJOVÉ OCELI.....	15
1.3.1 Nástrojové oceli uhlíkové	15
1.3.2 Nástrojové oceli slitinové legované	16
1.4 SVÁŘKOVÁ OCEL – „DAMAŠEK“	18
2 TEPelnÉ ZPRACOVÁNÍ	19
2.1 ŽÍHÁNÍ	19
2.1.1 Žíhání bez překrystalizace.....	20
2.1.2 Žíhání s přeskystalizací.....	21
2.2 KALENÍ	21
2.2.1 Martenzitické kalení.....	23
2.2.2 Bainitické kalení.....	24
2.2.3 Parciální kalení.....	25
2.3 POPOUŠTĚNÍ	25
3 ROZDĚLĚNÍ NOŽŮ	26
3.1 DLE KONSTRUKCE	26
3.1.1 Pevné.....	26
3.1.2 Zavírací	26
3.2 DLE TVARU ČEPELE	30
3.3 DLE GEOMETRIE VÝBRUSU	31
II PRAKTICKÁ ČÁST	34
4 CÍLE PRAKTICKÉ ČÁSTI.....	35
5 TESTOVACÍ VZORKY	36
5.1 MATERIÁLY POUŽITÉ NA VÝROBU VZORKŮ	36
5.2 VÝROBA TESTOVACÍCH VZORKŮ	36
5.2.1 Technologický postup při výrobě testovacích vzorků	36
5.2.2 Fotodokumentace z výroby testovacích vzorků	37
5.3 TEPelnÉ ZPRACOVÁNÍ JEDNOTLIVÝCH VZORKŮ	44
6 MĚŘENÍ TVRDOSTI.....	45
6.1 PŘÍPRAVA MĚŘENÍ.....	45
6.2 MĚŘENÍ.....	45
6.3 NAMĚŘENÉ HODNOTY	45
6.4 VÝSLEDKY MĚŘENÍ A DISKUZE	46
6.4.1 Vyhodnocení tvrdosti	46

6.4.2	Shrnutí výsledků tvrdosti pro jednotlivé materiály	48
6.4.3	Vyhodnocení vtiskové tvrdosti - HIT	52
6.4.4	Vyhodnocení vtiskového modulu pružnosti – EIT	55
6.4.5	Vyhodnocení elastické deformační práce - W_{ELAST}	57
6.4.6	Vyhodnocení plastické deformační práce - W_{PLAST}	60
6.4.7	Vyhodnocení poměru elastické deformace k celkové deformaci - nIT	63
ZÁVĚR		65
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY		66
SEZNAM OBRÁZKŮ		67
SEZNAM TABULEK		68
SEZNAM ZKRATEK		69
SEZNAM PŘÍLOH		70

ÚVOD

Nůž je nástroj, který lidstvo provází od nepaměti. Původně pazourkové čepele byly nahrazeny bronzovými, a nakonec ocelovými. Dnes používáme nerezové a nástrojové oceli a jiné speciální slitiny vytvořené práškovou metalurgií.

Při výrobě nože není důležité jen zvolit správný materiál, ale také použít adekvátní tepelné zpracování, vybrat správný tvar výbrusu, tloušťku hřbetu a délku, a to vše podle toho k jaké práci bude nůž primárně určen.

Samotná konstrukce nože ovlivňuje výběr tepelného zpracování. U delších čepelí na hrubší práci je výhodné použít metodu parciálního kalení, kde hřbet nože zůstává pro větší houževnatost nezakalen a ostří je pro větší trvanlivost a řezivost kaleno na vysokou tvrdost.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 MATERIÁLY VHODNÉ PRO VÝROBU ČEPELE

Z historického hlediska se nože vyráběly z nejrůznějších materiálů. Mezi dnes už nepoužívané patří zejména pazourek, obsidián a bronz. Dnes využíváme především nerezové a nástrojové oceli a keramiku.

1.1 Uhlíkové oceli

Jedná se převážně o konstrukční oceli s vysokým obsahem uhlíku.

- **Ocel 1095** - jedná se o ocel s vysokým obsahem uhlíku, kterou je možno kalit až na tvrdost 66 HRC (při kalení do vody). Disponuje je vysokou otěruvzdorností a houževnatostí v lomu. Kvůli malé prokalitelnosti se používá na výrobu nožů. Kvůli nízkému množství legovacích prvků trpí jako ostatní takové uhlíkové oceli prudkým poklesem tvrdosti při popouštění z teplot okolo 260°C. Výsledná tvrdost se pak pohybuje okolo 60 HRC. Z důvodu vysoké křehkosti ostří i při popouštění se doporučuje tento materiál na výrobu spíše menších nožů. Dále je ocel náchylná k prudkému zkřehnutí a snížení houževnatosti (hlavně při rázech) pokud se zvolí nevhodně kalící teplota. Tuto ocel používají renomované nožířské značky jako Mora, Tramontina, Ontario, Tops a Esee. [1]
- **Ocel 52100** – jedná se o ocel s vysokým obsahem uhlíku, obohacena o malé množství chromu a manganu. Tyto legující prvky pomáhají zvětšit hloubku zakalení, zpomalují rozpad perlitu na bainit, což dovoluje kalení do vody nebo do kalícího oleje. Jeli dosaženo teploty 810°C a 0,6% uhlíku, začne vznikat martenzit laťkový který postrádá křehkost martenzitu deskového. Malé množství chromu přidaného do slitiny zvyšuje korozivzdornost. Mnohými je ocel 52100 považována za velmi vhodný materiál na výrobu nožů. Mezi největší výhody patří jemná zrnitost, odolnost vůči abrazi, vyniká trvanlivostí ostří, a přes vysokou tvrdost i dostatečná houževnatost. Dá se také kalit mnoha metodami. [1]
- **Ocel 50100** – Velmi běžná ocel pro nožířské použití, známá pod spoustou komerčních názvů (Carbon V – firma Cold Steel, 0170-6C – firma Camillus). Nejideálnějších výsledků v testu řezivosti byly dosaženy u čepelí zakalených na tvrdost 62 HRC a nabroušením fasety ostří na úhel 22°. Mezi hlavní přednosti této oceli patří vysoká prokalitelnost, velmi jemné zrno, lepší korozivzdorné vlastnosti jako ocel 1095. Dle

nožířských testů patří tato ocel mezi materiály vhodné na běžné nízkonákladové čepce. [1]

- **13 251 (Poldi ESL)** - Ocel vhodná k zušlechťování. Ocel má dobrou odolnost proti otěru. Isotermickým kalením lze dosáhnout při stejné pevnosti v tahu vyšší vrubové houževnatosti a odolnosti proti otěru než při zušlechťování. Ocel je vhodná na méně namáhané pružiny, např. hospodářských strojů, vinuté pružiny a pružnice kolejových vozidel a hospodářských strojů. Dále na kuželové, šroubovité a ploché pružiny, listy k pružinovým bucharům. [2]
- **14 260 (Poldi SCH)** - Ocel je vhodná k zušlechťování. Dále je vhodná na více namáhané pružiny v konečném stavu .7 nebo .8, používané zvláště pro automobily a železniční vozy. [2]

1.2 Korozi-vzdorné oceli

Korozi-vzdorná ocel (slangově nerez, nerezová ocel či nerezavějící ocel) je vysoce legovaná ocel se zvýšenou odolností vůči chemické i elektrochemické korozi. Korozi-vzdornost je založena na schopnosti tzv. pasivace povrchu železa. I když je pasivita korozi-vzdorných ocelí vůči celkové korozi dosažena v mnoha prostředích, lze se setkat v různých specifických prostředích se vznikem různých lokálních druhů koroze – šterbinovou, bodovou, mezikrystalovou a korozi-vzdorným praskáním. Proto se kromě chrómu používají i další prvky, které zvyšují korozi-vzdornost pro daný typ koroze.

Korozi-vzdorné oceli lze rozdělit podle chemického složení a struktury do tří základních skupin: feritické, martenzitické, austenitické oceli a tzv. přechodové skupiny feriticko-austenitické, martenziticko-austenitické a poloferitické oceli. Ačkoli korozi-vzdorné oceli obsahují vysoké množství legur, 12 až 30 % chrómu, až 30 % niklu nebo do 24 % manganu a dalších, vždy se jedná o slitinu uhlíku s železem, tj. ocel.

- **Ocel 420HC** – jedná se o ocel podobnou s materiálem AISI420. Odtě se liší větším množstvím uhlíku. U této oceli lze dosáhnout tvrdosti až 58 HRC, a to při kalení do kalícího oleje a popouštění za teplot do 150°C. I přes nízký podíl primárních karbidů je trvanlivost ostří poměrně vysoká. Ocel 420HC se řadí mezi martenzitické středně nauhličené materiály, s korozi-vzdorností blízkou oceli Sandvik, ale s nižší abrazi-vzdorností. Mezi výhody tohoto materiálu patří zejména velmi snadné ostření a slušná trvanlivost ostří. [1]

- **Ocel INOX** – Švédská ocel, kterou používá světoznámá značka Victorinox. Materiál je z mechanického hlediska velmi podobný oceli 12C27M, oproti které je ovšem obohacen o legující prvky jako Cr a Mo. Díky nim je u INOXu vyšší odolnost vůči otěru a korozi ale nižší prokalitelnost. Nejvyšší tvrdost, jaké lze u této oceli dosáhnout je 60 HRC, firma Victorinox ale INOX tepelně zpracovává na 56 HRC. [1]
- **Ocel AUS8-A** – Jedná se korozi-vzdornou ocel vhodnou pro martenzitické kalení. Austenit u ní vzniká při 1100°C a má 0,57% uhlíku a 13% chromu. Obvykle se kalí do oleje a popouští na 150°C. Takto tepelně zpracovaná má 62 až 63 HRC. AUS8-A používá spousta firem jako CRKT, Cold Steel, Spyderco. Oproti ocelím jako D2 a VG10 má lepší korozi-vzdornost ale nižší řezivost. Paradoxem je že firma Cold Steel vyhrála několik předváděcích zkoušek řezivosti právě s modelem Large Voyager který je vyroben právě z AUS8-A. [1]
- **Ocel 440C** – Jedná se o takzvaně samokalitelnou nerezovou ocel obsahující vysoký podíl uhlíku. Samokalitelností rozumíme schopnost materiálu díky které jde kalit vzduchem. Austenit vznikající při 1100°C obsahuje 0,56% uhlíku a 13,5% chromu. Díky vyššímu množství nerozpuštěných karbidů je abrazi-vzdornější než ocel 12C27 ale má horší trvanlivost ostří. Ocel 440C je považována za materiál s nejvyšší pevností tvrdostí a abrazi-vzdorností ze všech slitinových korozi-vzdorných ocelí. Při testech bylo palcové konopní lano 3000x přeríznuto bez broušení. [1]
- **Ocel N690** - Jedná se o korozi-vzdorný materiál který je svým chemickým složením ekvivalentem k oceli 440C. Oproti 440C je N690 obohacena o 1,5% kobaltu. Hlavní výhody jsou excelentní korozi-vzdornost, houževnatost, výborné řezné vlastnosti. Velmi často používaný materiál firmami jako Extreme Ratio, Benchmade a nově i český Mikov. [1]

- **Ocel VG-10** – Korozivzdorná ocel s vysokým podílem C, velmi podobná 154CM, ovšem s nižším obsahem Mo, vyšším Co a V. Díky podílu kobaltu jsou karbidy daleko stabilnější a vanad zaručuje lepší rafinaci. Tato ocel je často využívána firmami jako A. G. Russell, Al-Mar, Spyderco, Fallkniven. VG-10 je velmi abrazi-vzdorná, vykazuje vysokou stálost ostří, s tím ovšem souvisí vyšší křehkost. V řezivosti se ocel VG-10 vyrovná i ocelím jako S30V. Ve většině nožířských zkoušek jasně překonává oceli jako AUS4-A, AUS8-A nebo 420J2. [1]

Tab. 1 - Chemické složení korozivzdorných ocelí

Ocel	C [%]	Mn [%]	Cr [%]	Ni [%]	V [%]	Mo [%]	Co [%]	Si [%]	Tvrдость [HRC]
420 HC	0.4–0.5	1	12-14	0.5	-	-	-	0.6	55-58
INOX	0.52	0.45	15	-	-	0.5	-	0.6	56
AUS-8A	0.70-0.75	0.5	13.0-14.5	0.49	0.10-0.26	0.1-0.3	-	-	58-60
440C	0.95-1.2	1	16-18	-	-	0.75	-	-	58-59
N690	1.07	-	17	-	0.1	1.1	1.5	-	59-62
VG-10	0.95-1.05	0.5	14.5-15.5	-	0.1-0.3	0.9-1.2	1.5	-	59-62

1.3 Nástrojové oceli

1.3.1 Nástrojové oceli uhlíkové

Na nástroje jsou většinou vhodné méně prokalitelné oceli, aby nástroj byl houževnatější. Na řezné nástroje se volí oceli s větším obsahem uhlíku, asi 0,7 až 1,4 %, na nástroje ke stříhání oceli s 0,5 až 1,2 % C. Na pilníky se používají hlavně uhlíkové oceli a jen výjimečně nízkolegované oceli. U nástrojů na obrábění dřeva bývá obsah uhlíku obvykle nižší než u nástrojů na obrábění kovů. Nástroje pracující rázem (kladiva, pneumatické nářadí) musí být sice tvrdé, ale také dostatečně houževnaté a mívají nejvýše 1 % C.

[2]

- **19 191 (EZH)** – Závítice, závitové čelisti, velké závitníky, malé a střední frézy, razníky pro duté ražení, lisovnice, kolečka na řezání trubek, rýsovací jehly, zubolékařské nástroje. [2]

- **19 222** - Nástroje na obrábění, pilníky, pásové, rámové a ruční pily na kov, tažné trny, ocílky, hodinová pera, kamenické nástroje, ruční a pneumatické sekáče na tvrdé materiály, kalené průvhlaky. [2]
- **19 255 (K1)** - Malé a střední tvrdé pilníky s jemným a středním sekem, pilníky k ostření pil na dřevo, pilníky frézované a rotační. [2]

1.3.2 Nástrojové oceli slitinové legované

Nástrojové oceli slitinové se volí pro více namáhané nástroje. Jsou legované zejména V, Cr, W, Mo, Si, Mn, Ni, hlavně jejich vhodnou kombinací. Trvanlivost ostří rezných nástrojů na obrábění kovů zvyšuje přísada karbido-tvorných prvků, zejména Cr, V a W. Legující prvky také usnadňují kalení a zabraňují vzniku trhlin. Výhodnější jsou oceli rychlořezné, které jsou dobře odolné proti popouštění teplem, vznikajícím při řezu. Nože na stříhání tlustých plechů jsou namáhány hlavně na ohyb a tlak. Musí být proto houževnaté, s nižším obsahem uhlíku (max. asi 0,7 %), současně však velmi odolné proti opotřebení, a proto jsou nejčastěji legovány Cr, Ni, V, Mn. Méně prokalitelné oceli se volí na nástroje namáhané střídavě rázem (pneumatické nářadí). Mají nižší obsah uhlíku a legujícími prvky jsou hlavně Si a Cr, pro velká namáhání ještě W.

[2]

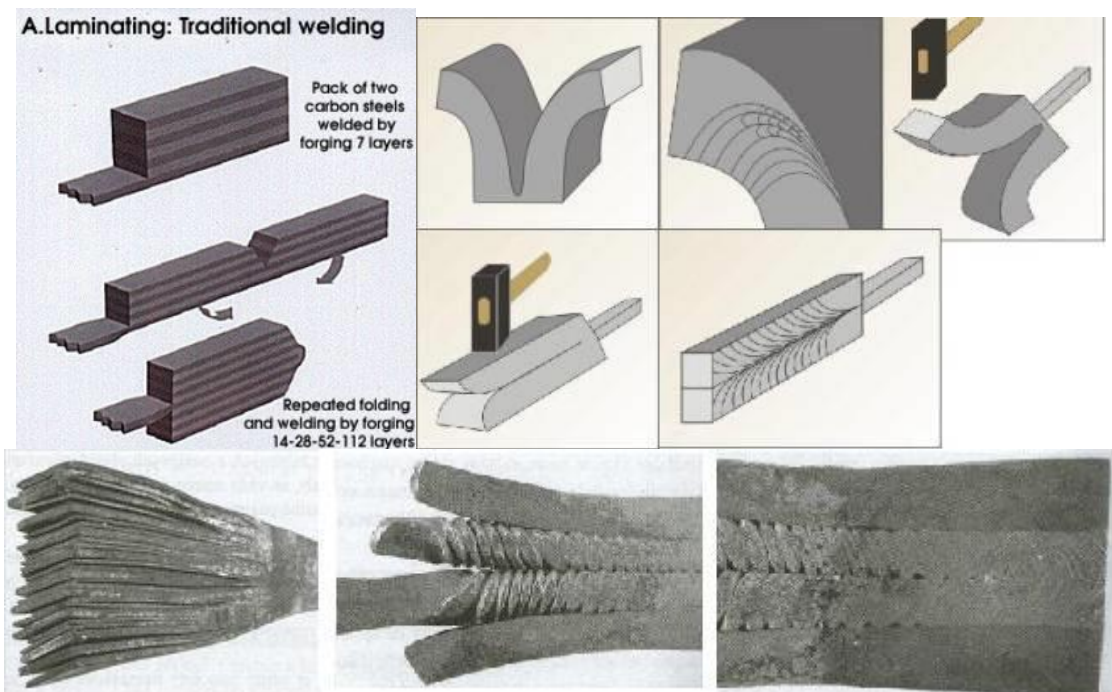
- **19 314 (O1)** - Jedná se nástrojovou ocel vhodnou pro kování v zápustkách. Vyznačuje se vysokým obsahem manganu, díky kterému je austenit při nižších austenizačních teplotách daleko stabilnější. Díky malému obsahu wolframu a vanadu jsou ovlivněny tvary primárních karbidů a tím je bráněno nechtěnému růstu zrna oceli a zároveň s tím roste odolnost vůči abrazi. Při kalení do oleje dosahuje O1 tvrdosti až 65 HRC. Nejčastější použití je výroba raznic, kalibrů, zápustek, čepelí, dobrušovacích podložek a jiných rozměrově stálých součástí. Z nožířského hlediska je velmi dobrá v řezu dřeva, lan a dalších měkkých materiálů. Při řezu fólií a tkanin z měkkých kovů má fazeta ostří tendenci k vyštipování, a to při rázovém i pozvolném zatížení. Při použití s potravinami (kyselé prostředí) ztrácí O1 lesk a rychle se pokrývá patinou. Tato patina je ušlechtilou korozi, která nijak nesnižuje kvalitu čepele. [1]

- **19 356 (EZH SPECIAL)** – nástrojová nízkolegovaná ocel se zvýšeným obsahem vanadu. Vhodná pro nástroje na tváření za studena, u nichž je vyžadována větší houževnatost. [3]
- **19 573 (D2)** jedná se vysoce chromovou nástrojovou ocel vhodnou pro kování za studena. Díky vyššímu obsahu uhlíku mohou vznikat karbidy chromu. Austenitizační teplota je dosahována při 1010°C. D2 má díky velikosti karbidů velmi vysokou abrazi-vzdornost, s níž klesá obrobiteľnosť a „brousitelnost“. Ocel D2 má vysokou odolnosť vůči korozi, ale ne však takovou jako martenzitické nerezové oceli, právě díky tomu že většina chromu je kvůli velkému množství uhlíku obsažena v karbidech. Ty jsou velmi hrubé (až 50 μm na délku) i když dle ASTM je zrnitost hodnocena č. 7,5. V průmyslu se D2 používá nejčastěji na střížníky, razidla, zápustky a nože. Po kalení je nutné odbourat zbytkový austenit zmražením. Při popouštění na 300 °C dosahujeme tvrdosti 64 HRC, při 510°C 58 – 60 HRC, čímž je zajištěna dostatečná houževnatost vůči tvrdosti. [1]
- **19 733 (TENAX NB)** – Wolfram-chrom-křemíková nástrojová ocel. Prostříhovadla značně namáhaná tlakem, pneumatická dláta na tvrdou ocel, razící nástroje mincovní, značkovací razidla, lisovací trny, prostříhovadla. [2]

1.4 Svářková ocel – „Damašek“

Jedná se nejstarší metodu výroby ocelových čepelí, kdy je kovársky docíleno kombinace vlastností dvou či více druhů materiálů. Tyto jsou překládány a kovársky svařovány do paketu. Paket je opakovaně nakouván, překládán nebo torzírován a kovársky svařován za působení ochrany atmosféry tvořené zásypem boraxu. Výsledkem je čepel s kresbou, houževnatostí měkké složky a tvrdostí kalitelné oceli.

V dnešní době se často na výrobu nožů využívá „damašek“ z ocelí 19 314 a 19 418, který kombinuje už tak kvalitní vlastnosti těchto materiálů.



Obr. 1 - Svářková ocel [1]

2 TEPELNÉ ZPRACOVÁNÍ

Tepelné zpracování ocelí funguje na bázi difuze atomů materiálu. Díky tomu můžeme tepelné zpracování dělit na dvě skupiny:

- způsoby, při kterých je difuze podporována; zde patří žíhání
- způsoby, při kterých je difuze potlačována; zde patří kalení

U tepelného zpracování, kde je difuze podporována probíhají děje velmi pomalu, a tak je soustava blízko rovnováze.

Při tepelných zpracováních s potlačenou difuzí dochází k prudkým teplotním změnám, během kterých je setrvačností materiálu porušena rovnováha soustavy.

Dále je možné dělit tepelné zpracování dle výšky teploty ohřevu:

- bez překrystalizace, u kterých je zachována feritická a perlitická struktura
- s překrystalizací, u kterých je feritická a perlitická struktura ohřevem převedena na strukturu austenitickou; tento postup se nazývá austenitizace.

Pokud se jedná o tepelné zpracování bez překrystalizace, tak v materiálu probíhají jen dílčí procesy, které mění polohu a velikost krystalů.

Při tepelných zpracováních s překrystalizací dochází k modifikaci kovu a díky tomu i k zásadním změnám ve struktuře kovů.

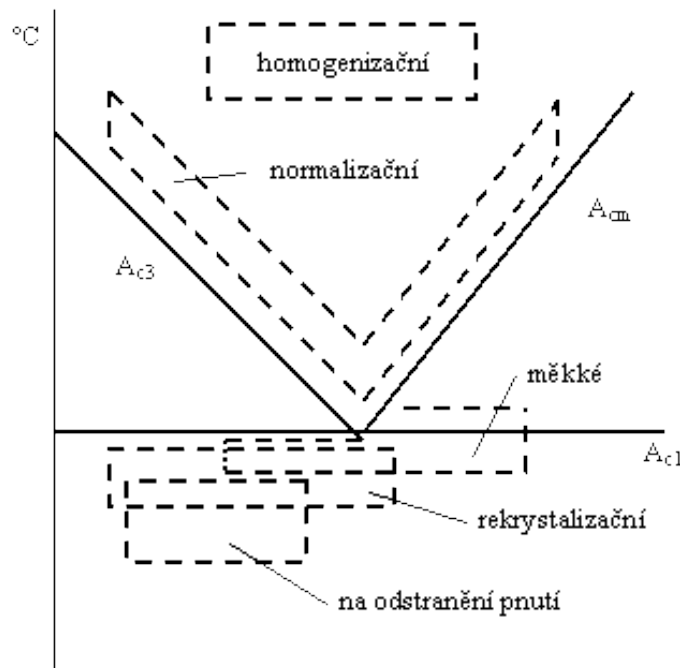
Rovnovážný diagram popisuje pomalé změny, které probíhají při ochlazování austenitu.

Rovnovážné přeměny jsou potlačeny nebo často i vyloučeny rychlými změnami teplot.

Díky tomu může být austenit zachován i pod teplotou A_1 . Vzniklé nerovnovážné struktury mohou mít zcela jiný charakter než struktury rovnovážné. Rozpadem austenitu nazýváme přeměny austenitu pod teplotou A_1 . [4]

2.1 Žíhání

Žíháním dosahujeme u ocelí stavu velmi blízkému rovnováze. Samotný proces spočívá ve velmi pomalém a rovnoměrném ohřevu, dlouhé době prohřátí a pomalého ochlazení. Tímto je podpořena difuze v materiálu. [4]



Obr. 2 - Diagram žihání [4]

2.1.1 Žihání bez překrytalizace

Je to žihání, při němž nedosahujeme teploty A_1 . Patří zde tyto druhy:

- **Žihání rekrytalizační** - Rekrytalizačním žiháním obnovujeme tvárnost oceli, jež byl během předchozího technologického postupu tvářena za studena a tím se zpevnila a zdeformovaly se zrna. Díky ohřevu dochází k urychlení difuze, při níž se rozbitá zrna spojují a obnovuje se tvárná struktura. Teplota ohřevu je 550 až 700 °C.
- **Žihání na odstranění pnutí** - Tímto způsobem žihání se snažíme snížit nebo úplně odstranit pnutí vzniklá uvnitř materiálu během předchozího zpracování (svařování, tváření, nerovnoměrné chladnutí odlitku). Ohříváme na teplotu 500 až 650°C. Díky tomu se sníží mez kluzu materiálu tak, že vnitřní pnutí vyvolá lokální plastickou deformaci krystalů a ty se uvolní.
- **Žihání na měkko** - Touto metodou zlepšujeme obrobiteľnosť materiálu. Cementit, který je obsažený v materiálu může nabývat lamelární a globulární formy. Rychlé otupování břitů je způsobeno lamelárním cementitem. Jeho ohřevem získáváme cementit globulární, který je k nástrojům daleko šetrnější. U podeutektoidních ocelí probíhá žihání při teplotách pod A_1 , v rozmezí 680 až 700 °C. U ocelí nadeutektoidních se užívá kolísavého ohřevu, při němž se využívá setrvačnosti materiálu. Tep-

lota se zvyšuje nad A_1 , ale před začátkem překrystalizace se materiál opět stabilizuje ochlazením pod tuto teplotu. Zvyšování a snižování teploty se několikrát opakuje. Výhodou tohoto postupu je urychlení procesu. [4]

2.1.2 Žihání s přeskystalizací

Je to žihání při teplotách vyšších než A_1 . Patří zde:

- **Žihání normalizační** - jedná se o nejdůležitější a nejčastěji používaný postup. Nejčastěji se s ním setkáváme u podeutektoidních ocelí. Cílem je dosažení jemné struktury s dobrými mechanickými vlastnostmi a bez vnitřních pnutí. Žihání je založeno na skutečnosti, že při překrystalizaci feritu a perlitu na austenit dojde k výraznému zjemnění zrna oceli. Při této metodě žihání je potřeba dosáhnout teploty 30 až 80 °C nad čarami A_{c3} nebo A_{cm} . Prohřátí musí být dostatečně dlouhé, aby vznikl homogenní austenit. Následně materiál chladne na vzduchu. Během nerovnovážné překrystalizace austenitu na ferit a perlit se jemná struktura zachová.
- **Izotermické žihání** – tato metoda slouží k velmi podobným účelům jako normalizační žihání. Nevětší výhodou je kratší doba žihání, na druhou stranu samotný průběh procesu je složitější. Teplota ohřevu je na dolní úrovni pásma ohřevu žihání normalizačního. Po prohřátí se materiál ochlazuje proudem vzduchu až na teplotu, která odpovídá perlitické oblasti dle diagramu ARA. Na této teplotě je výdrž a probíhá izotermicky překrystalizace. Následně se materiál ochladí.
- **Homogenizační žihání** – homogenizační žihání se používá převážně u velkých odlitku ze slitinových ocelí, při jejichž tuhnutí došlo k segregaci uhlíku a přísadových prvků v jejich struktuře. Cílem této metody je dosažení homogenní struktury. Při žihacích teplotách 1000 až 1250 °C velmi hrubné zrna, a proto je nutné po této metodě zařadit ještě žihání normalizační. [4]

2.2 Kalení

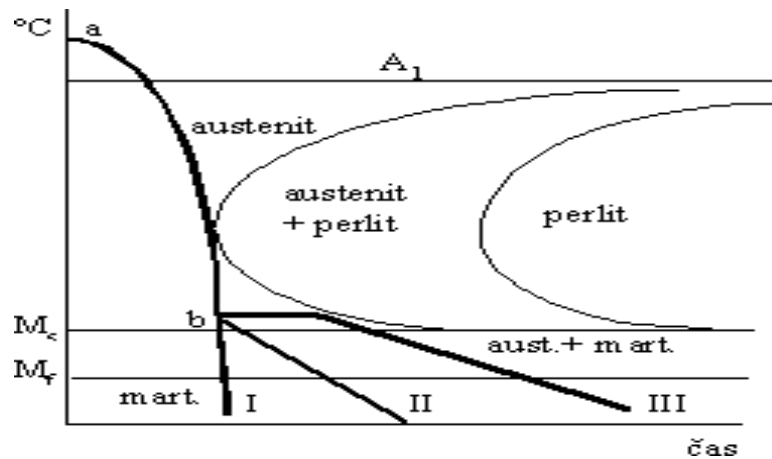
Účelem kalení je zvýšení tvrdosti oceli. Tohoto cíle je možno dosáhnout i jinými způsoby tepelného a mechanického zpracování. Kalení je způsobem nejčastějším.

Principem kalení je převedení perlitického nebo perliticko-feritického slohu (struktury) na sloh martenzitický nebo bainitický. Z toho vyplývá, že kalitelné jsou oceli obsahující alespoň 0,3 % uhlíku. U ocelí s obsahem uhlíku menším se vytváří jen malé množství martenzitu, které se v tvrdosti finální struktury výrazně neprojeví (martenzit je přesycený tuhý roztok uhlíku v železe α). Proto jsou oceli s obsahem uhlíku nižším než 0,2 % označovány jako nekalitelné.

Postup kalení je stejně jako ostatní způsoby tepelného zpracování složen z fáze ohřevu, prohřátí a ochlazení.

Výše ohřívací teploty pro kalení vyplývá ze samého požadavku zvýšení tvrdosti materiálu. V rovnovážném diagramu je pásmo teplot ohřevu pro kalení vyznačeno. Pokud by u ocelí podeutektoidních teplota ohřevu byla v oblasti přechodu austenitu na ferit ($a + f$), změnil by se při ochlazení austenit na martenzit, ale ferit by žádnou přeměnu neprodělal. Získali bychom tak pouze směs tvrdého martenzitu a měkkého feritu. Proto je nutno ohřát materiál až do oblasti austenitu. Pak získáme samý martenzit. Naopak u ocelí nadeutektoidních je vhodné ohřát ocel pouze do oblasti přechodu austenitu na sekundární cementit ($a + sc$). Po ochlazení dostaneme směs tvrdého martenzitu, a ještě tvrdšího cementitu. Při ohřevu vyšším, do pásma austenitu, bychom s vyššími náklady na ohřev získali jen martenzit, tedy strukturu s nižší tvrdostí.

Ochlazení oceli po jejím ohřevu musí být dostatečně rychlé, aby došlo k přeměně austenitu na martenzit. Při rychlém ochlazení ale dochází ke značnému rozdílu teplot na povrchu a uvnitř materiálu a v důsledku teplotních dilatací ke vzniku vnitřních pnutí. Ta mohou způsobit porušení soudržnosti materiálu, zejména po vnějším zatížení. Proto je snahou volit jen bezpodmínečně nutnou ochlazovací rychlost. Optimální rychlostí ochlazení by tedy byla martenzitická horní kritická rychlost. Protože její dodržení je v praxi obtížné, je skutečně užívaná rychlost mírně vyšší. Jak bylo výše uvedeno, závisí poloha křivek v diagramech IRA a ARA na obsahu legujících prvků. S výjimkou kobaltu legující prvky zvyšují prokalitelnost ocelí. Proto u legovaných ocelí k zakalení stačí nižší rychlosti ochlazení než u ocelí uhlíkových. Rychlost ochlazení se reguluje volbou ochlazovacího prostředí. Podle ochlazovací schopnosti je možno chladicí prostředí seřadit od nejrazantnějšího k nejmírnějšímu: vodní sprcha, proudící voda, klidná voda (s různou teplotou), voda s přísadou oleje nebo mýdla, rostlinné nebo minerální oleje (s různou teplotou), roztavené soli, roztavené kovy, proudící vzduch, klidný vzduch. Oceli, k jejichž zakalení postačuje ochlazení na vzduchu se nazývají samokalitelné.



Obr. 3 - Kalící diagram [4]

2.2.1 Martenzitické kalení

Čára I v diagramu IRA (ARA) znázorňuje průběh nepřetržitého kalení. Ochladuje se přímo z teploty bodu a v jediném prostředí, nejčastěji ve vodě. Přejít přes teploty M_s a M_f je prudký, a proto dochází ke vzniku velkého vnitřního pnutí. Tento způsob se používá pouze při nenáročných požadavcích a pro jednoduché součásti.

Čára II znázorňuje průběh lomeného kalení. Z teploty bodu a se ochladuje nejdříve prudce jako v předchozím případě, aby nedošlo ke vzniku perlitu. Při dosažení teploty těsně nad M_s (bod b) se kalený předmět z prvního prostředí vyjme a vloží do prostředí s nižší ochlazovací schopností, například do oleje. Přejít přes teploty M_s a M_f je pozvolnější a vzniklé napětí je menší.

Čára III znázorňuje průběh tak zvaného termálního kalení. První fáze ochlazování je stejná jako v předchozích případech. Po dosažení teploty bodu b se předmět vloží do prostředí, jehož teplota je udržována těsně nad M_s . Může to být například lázeň z roztavených solí. Zde se součást ponechá po určitou dobu, přičemž dochází k částečnému vyrovnání teplot na jejím povrchu a uvnitř. Před okamžikem, kdy by začala přeměna austenitu na bainit se předmět ze solné lázně vyjme a ochladí pod teploty martenzitické přeměny, například na vzduchu. Účelem tohoto složitějšího postupu, který se užívá u náročnějších výrobků včetně nástrojů, je ještě více omezit nebezpečí vzniku vnitřních pnutí.

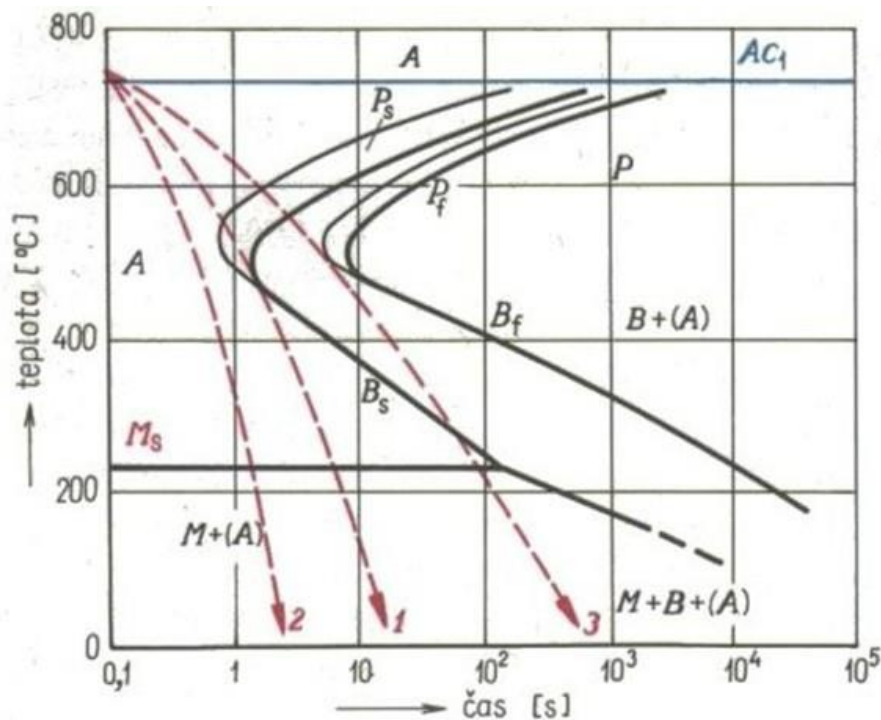
Kalení se zmrazováním se užívá u ocelí, které mají teplotu ukončení martenzitické přeměny (M_f) pod $0\text{ }^\circ\text{C}$. Při kalení do běžných prostředí by u nich nebyla martenzitická přeměna ukončena a materiál by nebyl dostatečně zakalen. Příkladem jsou nadeutektoidní oceli. Nejdříve se provádí ochlazování ve vodě a potom se zmrazuje v prostředí s nízkou teplotou, například v kapaném dusíku. Postup je poměrně nákladný. Známé je použití kalení se zmrazováním u nerezavějících ocelí (například u dražších kuchyňských nožů). [4]

2.2.2 Baitické kalení

Bainit je, jak již bylo popsáno, zvláštní formou perlitu vznikající při přeměně austenitu pod nosem křivek v diagramu IRA (ARA). Má vynikající vlastnosti. Jeho tvrdost se blíží tvrdosti martenzitu, ale na rozdíl od něho je bainit velmi houževnatý. Proto není třeba bainticky kalené oceli na rozdíl od ocelí kalených martenziticky za účelem snížení křehkosti popouštět.

Při izotermickém baintickém kalení se materiál ochladí dostatečně rychle do solné nebo kovové lázně na teplotu odpovídající bodu b , tedy pod nos křivky. V této lázni se předmět ponechá tak dlouho, až se austenit přemění na bainit. Pak se předmět z lázně vyjme a nechá dochládit na vzduchu.

U slitinových ocelí, které v důsledku obsahu legujících prvků mají v diagramech IRA (ARA) zřetelně oddělenou část baintickou od části perlitické je možno provést baintické kalení nepřetržitým procesem. Podle rychlosti ochlazování je výslednou strukturou buď samý bainit (rychlost ochlazování podle čáry I) nebo směs bainitu s martenzitem (rychlost ochlazování podle čáry II). V prvním případě není třeba oceli po kalení popouštět, ve druhém ano. [4]



Obr. 4 - Diagram IRA a ARA [5]

2.2.3 Parciální kalení

Je velmi podobné povrchovému kalení. Při parciálním kalení čepelí musí být nanesená od hřbetu směrem k ostří ochranná vrstva tepelné izolace (například kamnářský tmel, šamot). Ta by měla sahat přibližně 1 cm nad ostří. Při samotném kalení dojde k prudkému ochlazení ostří, zatímco zaizolovaný hřbet zůstává nezakalen. Tímto získáváme ideální vlastnosti pro nůž který bude odolný i při ohybovém namáhání. Po vyleptání v chloridu železitém vystoupí viditelná linka ukazující přechod mezi zakalenou a měkkou částí. Tento způsob kalení se v nožířské terminologii nazývá kalení na „hamon“.

2.3 Popouštění

Cílem popouštění ocelí je snížit jejich křehkost vzniklou při martenzitickém kalení. Popouštění je založeno na částečné přeměně struktury materiálu při teplotách mezi 150 a 400 °C. Nežádoucím jevem spojeným s popouštěním je pokles tvrdosti zakaleného materiálu.

Při popouštěcích teplotách do 180 °C se tetragonální martenzit mění na martenzit kubický. Snížení křehkosti je výrazné, tvrdost se zmenšuje jen nepatrně. Podstatně se sníží vnitřní pnutí uvnitř materiálu. Postup se uskutečňuje vyvařením zakalených výrobků v oleji.

Při popouštění za teplot mezi 180 a 300 °C dochází k rozpadu zbytkového austenitu na bainit. Snížení křehkosti je vyšší než v předchozím případě, vyšší je ale i pokles tvrdosti.

Při popouštění za teplot mezi 300 a 400 °C dochází k úplnému rozpadu martenzitu na velmi jemnou feritickou strukturu s globulárním cementitem. Jehlicovitý tvar feritických zrn se zachovává. Křehkost i tvrdost se snižují podstatně.

Při popouštění za teplot nad 400 °C narůstají cementitové globule, jehlicovitá struktura mizí. Vzniklá struktura, zvláštní forma perlitu nazývaná sorbit, je velmi pevná a houževnatá.

3 ROZDĚLENÍ NOŽŮ

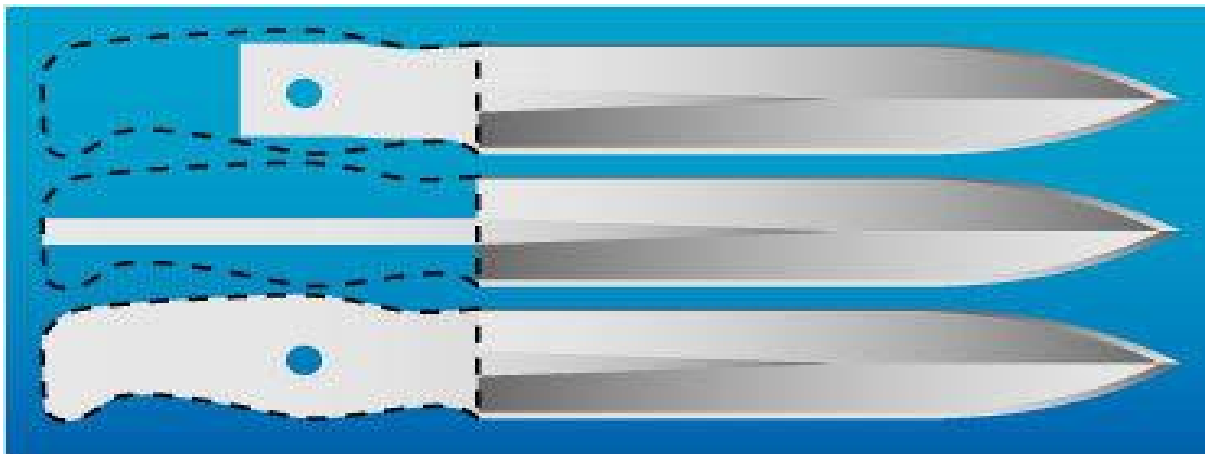
3.1 Dle konstrukce

Dle konstrukce dělíme nože na pevné a zavírací.

3.1.1 Pevné

Pevné nože dle konstrukce dělíme na základě uložení čepele do rukojeti:

- Konstrukce na trn – vhodné na menší a střední nože, výhodou je nižší váha a větší prostor na zkrášlení rukojeti, nevýhodou oslabení nože v oblasti záštity.
- Konstrukce „fulltang“ – vhodné na větší nože a mačety kde se předpokládá hrubší zacházení
- Konstrukce „halftang“ – nepříliš často používaná konstrukce snažící se kombinovat výhody obou výše zmíněných tipů.



Obr. 5 – Pevné nože dle konstrukce. Z vrchu: halftang, trn, fulltang [6]

3.1.2 Zavírací

Zavírací nože dělíme dle systému otevření/pojistky:

- **Sevřený nůž (clasp knife)** - jedná se o typ zavíracího nože s absencí zadní pružiny. Tato velmi jednoduchá konstrukce je použita u světoznámého nože francouzské firmy Opinel. [1]



Obr. 6 – Sevřený nůž [7]

- **Motýlek (bali-song)** – Velmi zvláštní konstrukční řešení tohoto nože má kořeny na Filipínách kolem roku 800 našeho letopočtu. Ručka nože je dělená na dvě části, kterou jsou pomocí čepů spojeny s čepelí. Čepel je uložena v prostoru mezi oběma částmi. Po otevření lze obě rukojeti spojit zdržovou pojistkou. [1]



Obr. 7 – Bali-song [8]

- **Hřbetní zámek (lockback, monolock, backlock)** - Pojistka tohoto typu funguje na bázi odpružené závěrky s výstupkem. Tento výstupek zapadá do odfrézovaného prostoru na čepeli, a tato pozice je zajištěna předejetím pružiny. Ve hřbetu rukojeti je schován mechanismus vypouštění pojistky. Zámek typu lockback vyžaduje použití obou rukou k zavření nože. Jedná se o docela spolehlivý zámek, který je často používán na nožích v zahraničí kde legislativa neumožňuje vlastnit nůž který lze otevřít či zavřít jednou rukou. [1]

FOLDING KNIFE with LOCK FEATURE

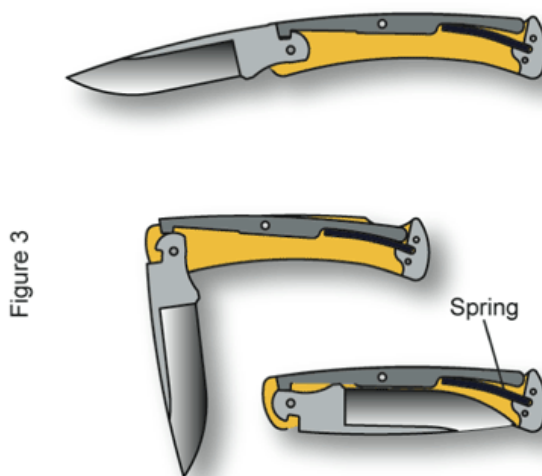


Figure 3

Obr. 8 - Lockback [9]

- **Rámová pojistka (framelock)** Jedná se o jednu variantu zámku vložkového. Místo samotné vložky zde ale plní funkci pružiny samotný rám nože. Díky tomu že je čepel zapřená o celou konstrukci nože, je daleko bezpečnější a pevnější. Velkou výhodou této pojistky úspora na šířce nože (absence vložky). [1]

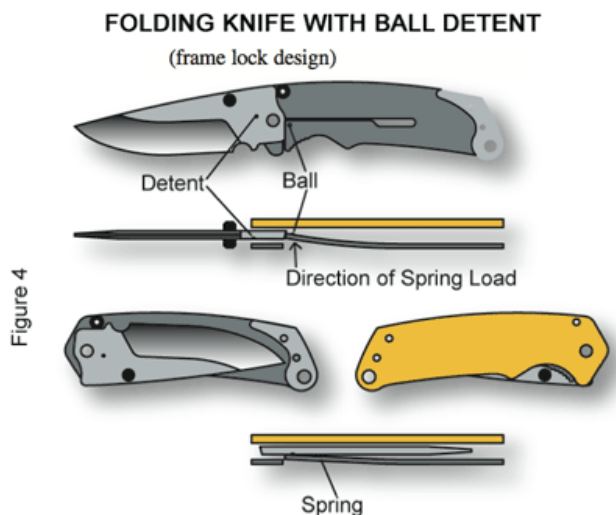


Figure 4

Obr. 9 - Framelock [9]

- **Osový systém (axislock)** - Zámek typu AXIS se vyznačuje vysokou pevností, možností pohodlného ovládání levou, a i pravou rukou a naprostá plynulost chodu čepel. Samotný mechanismus je velmi přístupný pro běžnou údržbu, čištění je velmi jednoduché, protože systém neobsahuje klasické třecí prvky. Samotná funkce pojistky lze popsat takto: v drážce ve vložkách rukojeti se pohybuje pojistka

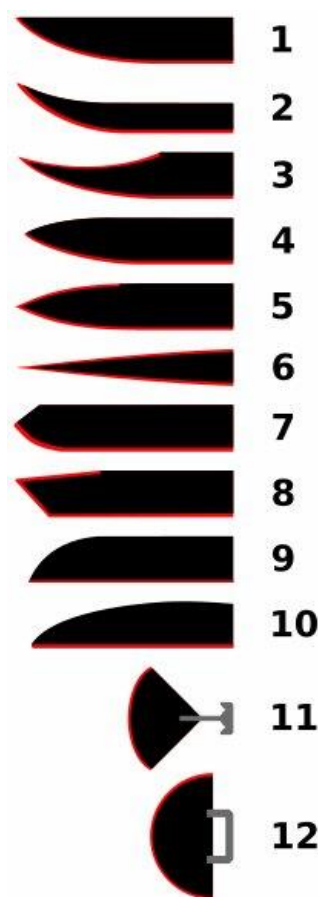
napnutá pružinou. Ve chvíli kdy se pojistka roztáhne do obou stran nože tak zapadne do zadní části čepele. Pružiny typu Omega mají dostatečnou sílu k tomu, aby kolík zapadnul do zadní části čepele. Ve výsledku je zadní strana jištěna mezi dora- zem a kolíkem. Tento patentní systém vlastní firma Benchmade. [1]



Obr. 10 - Axislock [10]

- Existují i další méně časté mechanismy pojistek – integrální, kroužková, bloková, výkyvná, Woodův zámek, Sebenzův zámek, Levitator a další. [1]

3.2 Dle tvaru čepel



Obr. 11 - Tvary čepelí [1]

1. **Normální nebo straightback čepel** má zakřivené ostří a plochý hřbet. Jeden z nejběžnějších tvarů čepelí pro běžné použití. Rovný hřbet navazuje na pozvolna klemtuté ostří, což vyzdvihuje řezný potenciál nože. Je vhodný jak řezání, sekání ale i sekání.
2. **Zakřivená (curved) čepel** - jedná se o čepel se zakřiveným hřbetem a protáhlou špičkou. Celkově se jeví ostří delší. Tento typ nože je uzpůsoben k řezání a sekání.
3. **Clip-point čepel** - hřbet nože je od rukojeti rovný, asi ve dvou třetinách své délky se začíná svažovat k ose. Ostří se pozvolna zvedá tak že se špička nože tvoří přesně v jeho ose. Tento tvar je známý také jako bowie. Svažující se část hřbetu může být nabroušená či osazená falešným ostřím. Tento tvar nože je velmi vhodná k bodání nebo řezání na těžko dostupných místech. V případě ostří na svažujícím se hřbetu je zvýšen bodný potenciál nože – velmi dobře proniká.
4. **Drop-point čepel** - nesymetrická špička lehce nad úrovní osy čepel umožňuje snadné bodání. Je často vidět u zavíracích nožů firmy Victorinox.

5. **Spear-point čepel** (spear=oštěp) - jedná se o symetrický nůž s vystouplým hřbetem a špičkou v ose čepele. Velmi dobrý tvar pro bodání. Bývá často nabroušen i hřbet. Typické pro dýky a vrhací nože.
6. **Needle-point čepel** - trojúhelníkový tvar čepele prudce se zužující ke špici má velmi dobré penetrační účinky. Nejčastěji u nožů určených k boji.
7. **Spay-point čepel** (spay=kastrace) - čepel vyvinutá ke kastraci zvířat.
8. **Westernised tanto style čepel** - je to zdánlivě podobná čepel jako na většině japonských dlouhých a krátkých mečů (katana a wakizashi). Tradiční japonské tanto ostří používá spíš normální tvar (1). Kopírující západní tanto je často přímé, ale může být také mírně zakřivené. Tanto je vlastně druhá hrana na konci ostří v úhlu 60 až 80 stupňů.
9. **Sheepsfoot čepel** - jedná se v podstatě o normální čepel, jen s převráceným ostřím a hřbetem. Zcela rovné ostří je velmi vhodné ke krájení a použití v kuchyni.
10. **Wharncliffe čepel** - velmi podobná sheepfoot čepeli, hřbet se směrem k rukojeti mírně svažuje. Takto tvarovaná čepel je mnohem mohutnější než nože srovnatelných velikostí.
11. a 12. **Ulu (nůž Inuitských žen)** - jedná se o velmi atypický tvar nože. V podstatě je to nabroušená výseč kruhu. Rukojeť je umístěna ve středu hřbetu. Vhodný ke stahování, porcování škrabání. Tento tvar nože se nejčastěji vyskytuje u Eskymáků. [1]

3.3 Dle geometrie výbrusu

Vliv profilu čepele je tedy vlastně pokračováním vlivu tloušťky. Pokud nebudeme uvažovat jednostranně broušenou čepel, tzv. Chisel, která má jen jednostranný profil, můžeme u oboustranně broušených čepelí zvažovat vliv dutého (konkávního) profilu, vliv V-profilu, který je v literatuře označován i jako klínový, vliv šavlovitého tvaru profilu a vypouklého (konvexního) profilu. Každý profil má své klady a zápory. [1]



Obr. 12 - Geometrie výbrusů [1]

1. **Dutý výbrus** - jedná se o symetrický výbrus. Tímto výbrusem je docíleno velmi ostrých hran, které jsou ale velmi náchylné na poškození oproti jiným typům výbrusů. Dutý výbrus je krajně nevhodný k sekání. Typickým příkladem použití tohoto výbrusu jsou břitvy na holení.
2. **Plochý výbrus** - velmi běžný výbrus který se symetricky zužuje od hřbetu k ostří. Těžko se brousí, protože je nutné odstraňovat materiál po celé délce výbrusu. Často bývá tato nevýhoda kompenzována tím, že se na ostří vytvoří faseta pod tupějším úhlem a brousí se až ta. Nízká trvanlivost ostří je vykoupena velmi vysokou ostrostí. Nejčastěji lze tento výbrus spatřit u finských nožů typu puukko a u velkého množství kovaných nožů.
3. **Šavlový výbrus** - jedná se v podstatě o částečný plochý výbrus bez fazety. Má tupější úhel ostří, než nože s plochým výbrusem což vytváří trvanlivější okraj. Tím jsou ale vykoupeny jeho řezné vlastnosti.
4. **Sekáčový výbrus** – jednostranně broušený plochý výbrus. Nejčastěji se s ním setkáváme u japonských kuchyňských nožů. Vrcholový úhel výbrusu bývá mezi 20 a 30°.

5. **Dvojitý kuželový výbrus (nebo vysoký plochý)** - jedná se o variantu plochého výbrusu s vysokou fazetou. Samotná fazeta může být nabroušena konvexním výbrusem. U tohoto výbrusu je upřednostňována trvanlivost ostří před řezivostí.
6. **Konvexní výbrus** – ostří se souměrně od hřbetu konvexně zužuje. Jedná se vlastně o opak dutého výbrusu. Takto nabroušený nůž je velmi robustní i za vysoké ostrosti. Bývá nazýván také jako čočkový či sekerový. Nedá se brousit běžnými nástroji.

[1]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 CÍLE PRAKTICKÉ ČÁSTI

Bakalářská práce řeší problém parciálního kalení nerezových ocelí. Pro experimentální část byly vybrány následující materiály:

- ČSN 417029 (AK5)
- Böhler N690 (440C) – rakouský ekvivalent oceli ČSN 417042
- ČSN 419573 (D2) – nástrojová ocel s obsahem chromu na hranici korozivzdornosti
- ČSN 414260
- ČSN 419312 (STABIL K)
- ČSN 419733 (TENAX)

Tyto vzorky byly tepelně zpracovány (kaleny, parciálně kaleny, vakuově kaleny a následně popuštěny) dle příslušných norem. Kalitelnost byla měřena pomocí instrumentované zkoušky mikro-tvrdomosti. Po přípravě zkušebních vzorků (nožů) proběhlo měření mikro-tvrdomosti na mikro-tvrdoměru Micro Combi tester od firmy CSM Instruments dle normy ČSN EN ISO 14577. Naměřené hodnoty byly graficky zpracovány a vyhodnoceny. Měření bylo na příslušném zkušebním vzorku (noži) prováděno vždy 10x. Všechny měření byly prováděny ve hřbetu, ose a na ostří testovaných vzorků (nožů).

Vyhodnocovány byly tyto vlastnosti:

- Mikro-tvrdomost podle Vickerse – HV
- Vtisková tvrdost - HIT
- Vtiskový modul pružnosti - EIT
- Elastická deformační práce - W_{ELAST}
- Plastická deformační práce - W_{PLAST}
- Poměr elastické deformace k celkové deformaci – nIT

5 TESTOVACÍ VZORKY

Pro výrobu testovacích čepelí jsem vybral tři oceli uhlíkové a tři korozivzdorné. Z každého materiálu jsou vyrobeny dvě čepelky, jedna pro parciální a druhá pro standardní kalení.

5.1 Materiály použité na výrobu vzorků

Tab. 2 – Chemické složení použitých ocelí [11]

OCEL	C[%]	Si[%]	Mn[%]	P[%]	S [%]	Cr[%]	Mo[%]	V[%]	W[%]	Co[%]	Ni[%]	Cu[%]
ČSN 414260	0.5-0.6	1.3-1.6	0.5-0.8	0.035	0.035	0.5-0.7	-	-	-	-	0.5	0,3
ČSN 417029	0.4-0.5	0.7	0.9	0.040	0.035	14-16	-	-	-	-	-	-
Böhler N690	1.07	0.4	0.4	-	-	17.3	1.1	0.1	-	1.5	-	-
ČSN 419313	0.8-0.9	0.15-0.35	1.75-2.1	0.03	0.035	0.2-0.4	-	0.1-0.2	-	-	0.35	-
ČSN 419573	1.5-1.6	0.1-0.4	0.15-0.45	0.03	0.03	11-12	0.6-0.8	0.9-1.1	-	-	-	-
ČSN 419733	0.52-0.62	0.8-1.2	0.15-0.4	0.03	0.035	0.9-1.2	-	-	1.7-2.2	-	0.35	-

5.2 Výroba testovacích vzorků

Všechny zkušební čepelky byly vyráběny podle následujícího technologického postupu.

5.2.1 Technologický postup při výrobě testovacích vzorků

- 1) Návrh tvaru čepelky na papír (Full-tang nůž s drop-point čepelí a částečným flat-ground výbrusem)
- 2) Tvorba šablony z hliníkového plechu
- 3) Překreslení tvaru čepelky na polotovar – pásovinu, pomocí šablony
- 4) Vyřiznutí hrubého tvaru za pomoci úhlové brusky s řezným kotoučem (tloušťka kotouče 1 mm)
- 5) Dokončení přesného tvaru pomocí stolní brusky (smirkový papír hrubosti 40, 120, 360) a mikro-brusky
- 6) Nahazení hrubého výbrusu pomocí pásové brusky (hrubost smirku 60)
- 7) Dokončení výbrusu pomocí úhlové brusky s nalepovacími smirkovými kotouči (hrubost 120, 240, 360) a stolní brusky s filcovým kotoučem za použití lapovací pasty. Na ostří ponechána fazeta 0,3mm.
- 8) Odvrtání rukojeti pro zatečení epoxidu při lepení rukojeti a vyvrtání tří otvorů pro pojistné nůty.

- 9) Nanesení a vytvrzení ochranné vrstvy z kamnářského tmele pro (platí pouze pro parciálně kalené čepel)
- 10) Kalení
- 11) Popouštění
- 12) Přeleštění čepel pomocí stolní brusky s filcovým kotoučem a lapovací pastou
- 13) Měření tvrdosti

5.2.2 Fotodokumentace z výroby testovacích vzorků



Obr. 13 - Šablony a polotvary



Obr. 14 - Práce s pásovou bruskou



Obr. 15 - Odvrtání rukojeti



Obr.16 - Nanesení ochranné vrstvy kamnářského tmele



Obr. 17 - Ohřev čepel v plynové peci



Obr. 18 - Kalení



Obr. 19 - Čepelky po popouštění

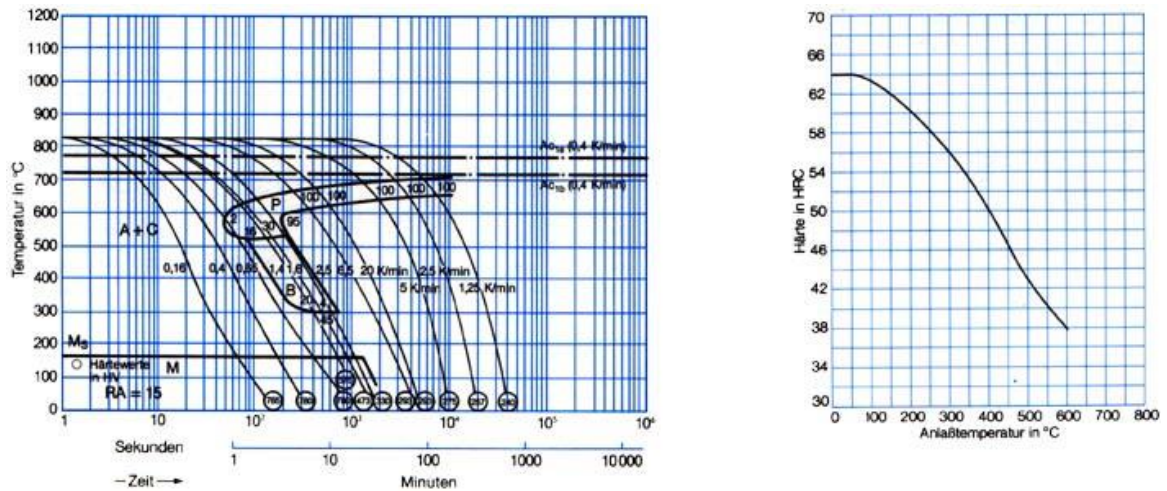


Obr. 20 – Čepele před leštěním



Obr. 21 - Měření tvrdosti

5.3 Tepelné zpracování jednotlivých vzorků



Obr. 22 – Ukázka kalíčního a popouštěcího diagramu - ocel ČSN 419312 [12]

Pro tepelné zpracování jsem se řídil materiálovými listy jednotlivých ocelí. Vzorky z ocelí s vysokým obsahem chromu určené pro kalení v celém průřezu jsem nechal zakalit ve vakuové peci ve firmě ZPS – Frézovací nástroje a.s. Zbylé čepele jsou kaleny dílensky z plynové pece do kalíčního oleje Paramo. Během kalení byly čepele ponořovány do kalíčního média pod úhlem 45°. Popouštění prováděno v kuchyňské troubě s možností výhřevu až 300°C.

Tab. 3 – Tepelné zpracování jednotlivých vzorků

Materiál	Metoda kalení	Kalíčí teplota [°C]	Popouštění
ČSN 414260	Parciálně do oleje	860	1x60 minut, 300°C
ČSN 414260	V celém průřezu do oleje	860	1x60 minut, 300°C
ČSN 417029	Parciálně do oleje	1030	1x40 minut, 200°C
ČSN 417029	Vakuová pec	1030	1x30 minut, 180°C
Böhler N690	Parciálně do oleje	1050	1x30 minut, 200°C
Böhler N690	Vakuová pec	1030	1x20 minut, 150°C
ČSN 419312	Parciálně do oleje	760	1x40 minut, 200°C
ČSN 419312	V celém průřezu do oleje	760	1x40 minut, 200°C
ČSN 419573	Parciálně do oleje	1050	1x45 minut, 260°C
ČSN 419573	Vakuová pec	1030	1x30 minut 220°C
ČSN 419733	Parciálně do oleje	900	1x40 minut, 260°C
ČSN 419733	V celém průřezu do oleje	900	1x40 minut, 260°C

6 MĚŘENÍ TVRDOSTI

6.1 Příprava měření

Před měřením je třeba správně upravit povrch měřených vzorků. Leštěný povrch sem řádně odmastil a naleptal ve 40% roztoku chloridu železitého.

Měřený vzorek je upínán do strojního svěráku položeného na pracovní stůl měřicího přístroje.

6.2 Měření

K měření jsem zvolil víceúčelový tvrdoměr CSM Instruments – Micro Combi Tester. Aby se zamezilo vrypům na povrchu čepelí, vybral sem metodu měření mikro-tvrdoměří podle Vickerse. Na každé čepeli byla provedena tři měření - ve hřbetu, v ose a na ostří nože. Zatěžující síla zvolena o velikosti 1 [N].

6.3 Naměřené hodnoty

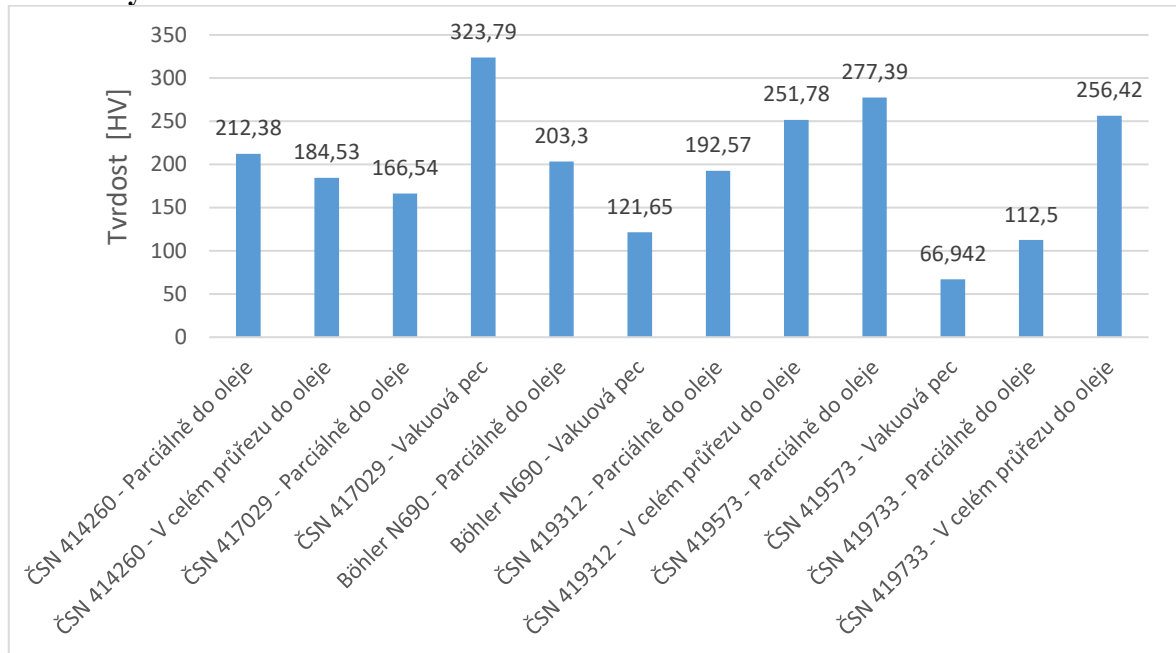
Tab. 4 – Naměřená mikro-tvrdoměří podle Vickerse

Materiál	Metoda kalení	Tvrdoměří ve hřbetu [HV]	Tvrdoměří v ose [HV]	Tvrdoměří na ostří [HV]
ČSN 414260	Parciálně do oleje	212,38	968,8	800,27
ČSN 414260	V celém průřezu do oleje	184,53	539,43	564,39
ČSN 417029	Parciálně do oleje	166,54	220,35	503,38
ČSN 417029	Vakuová pec	323,79	860,8	755,25
Böhler N690	Parciálně do oleje	203,3	306,37	452,54
Böhler N690	Vakuová pec	121,65	640,82	885,28
ČSN 419312	Parciálně do oleje	192,57	682,77	441,51
ČSN 419312	V celém průřezu do oleje	251,78	742,54	720,09
ČSN 419573	Parciálně do oleje	277,39	257,32	763,35
ČSN 419573	Vakuová pec	66,942	619,05	632,38
ČSN 419733	Parciálně do oleje	112,5	565	485,15
ČSN 419733	V celém průřezu do oleje	256,42	827,86	689,96

Tabulka je zpracovaná z výstupních dat z měřicího přístroje. Uvedeny jsou pouze naměřené tvrdosti v daných oblastech.

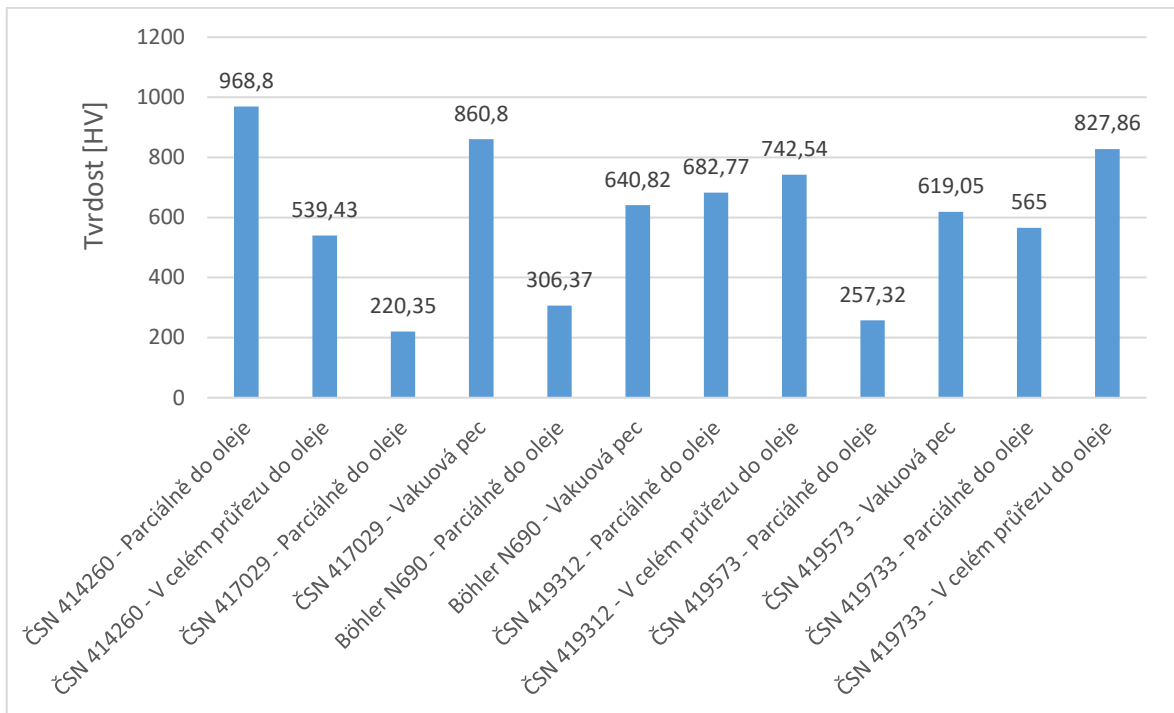
6.4 Výsledky měření a diskuze

6.4.1 Vyhodnocení tvrdosti



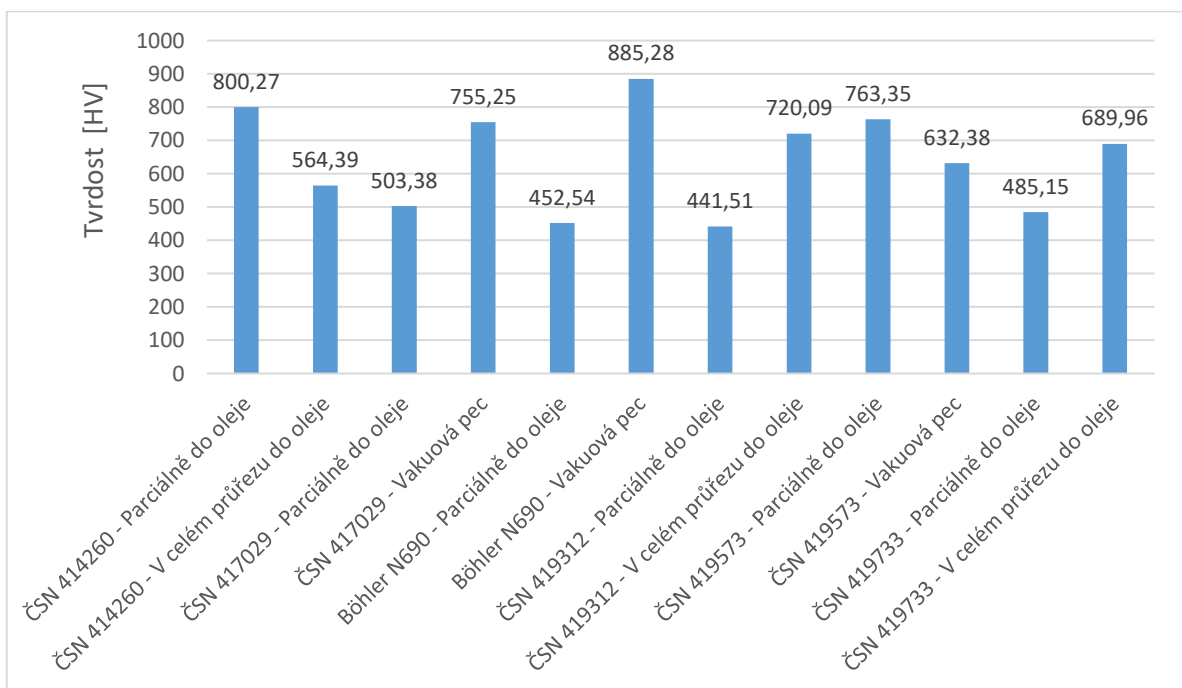
Obr. 23 - Tvrdost ve hřbetu

Z výsledků měření mikro-tvrdosti ve hřbetu vyplynulo, že nejvyšší hodnota tvrdosti dle Vickerse byla naměřena u vzorku z oceli ČSN 417029 kaleného ve vakuové peci, zatímco nejmenší hodnoty tvrdosti dle Vickerse byly dosaženy u vzorku z oceli ČSN 419573 také kaleného ve vakuové peci, jak je patrné z obrázku 23. Parciálně kalené vzorky vykazují podobné hodnoty.



Obr. 24 - Tvrdost v ose

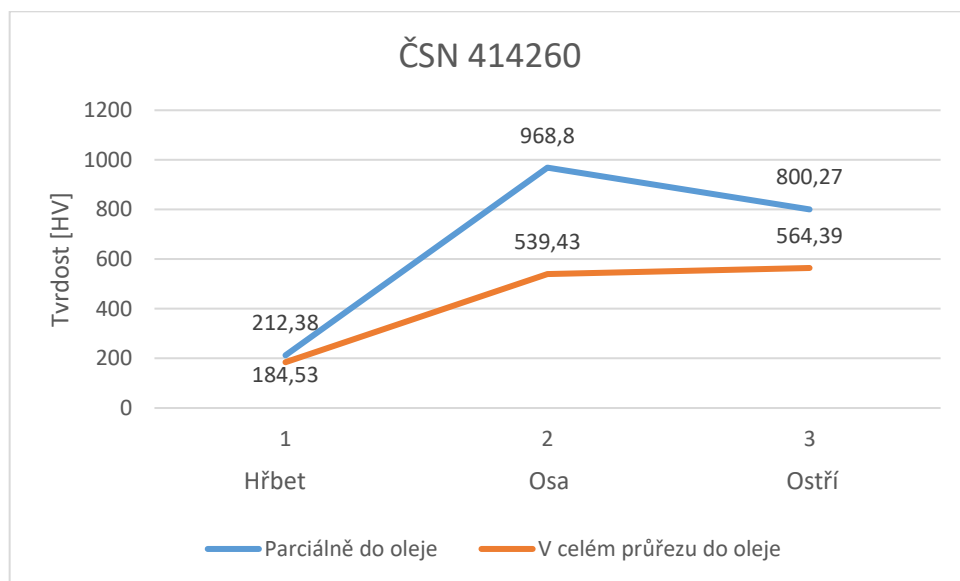
Z výsledků měření mikro-tvrdosti v ose vyplynulo, že nejvyšší hodnota tvrdosti dle Vickerse byla naměřena u vzorku z oceli ČSN 414260 kaleného parciálně, zatímco nejmenší hodnoty tvrdosti dle Vickerse byly dosaženy u vzorku z oceli ČSN 417029 taktéž kaleného parciálně, jak je patrné z obrázku 24.



Obr.25 - Tvrdost v ostří

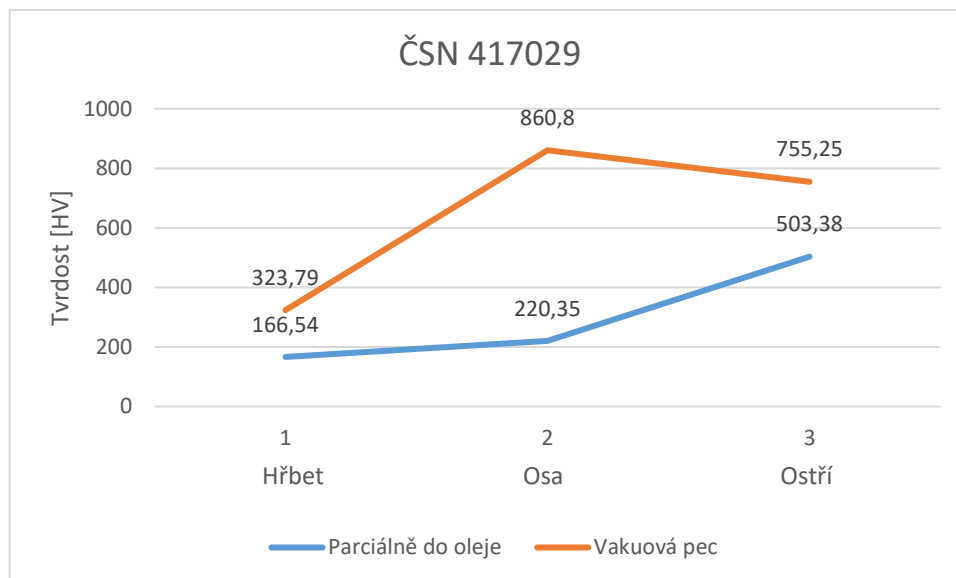
Z výsledků měření mikro-tvrdomosti v ose vyplynulo, že nejvyšší hodnota tvrdosti dle Vickerse byla naměřena u vzorku z oceli Böhler N690 kaleného ve vakuové peci, zatímco nejnižší hodnoty tvrdosti dle Vickerse byly dosaženy u vzorku z oceli ČSN 419312 kaleného parciálně, jak je patrné z obrázku 25. Takhle nízká tvrdost u vzorku z oceli ČSN 419312 je pravděpodobně způsobena lokálním přehřátím ostří při leštění – špatné chlazení.

6.4.2 Shrnutí výsledků tvrdosti pro jednotlivé materiály



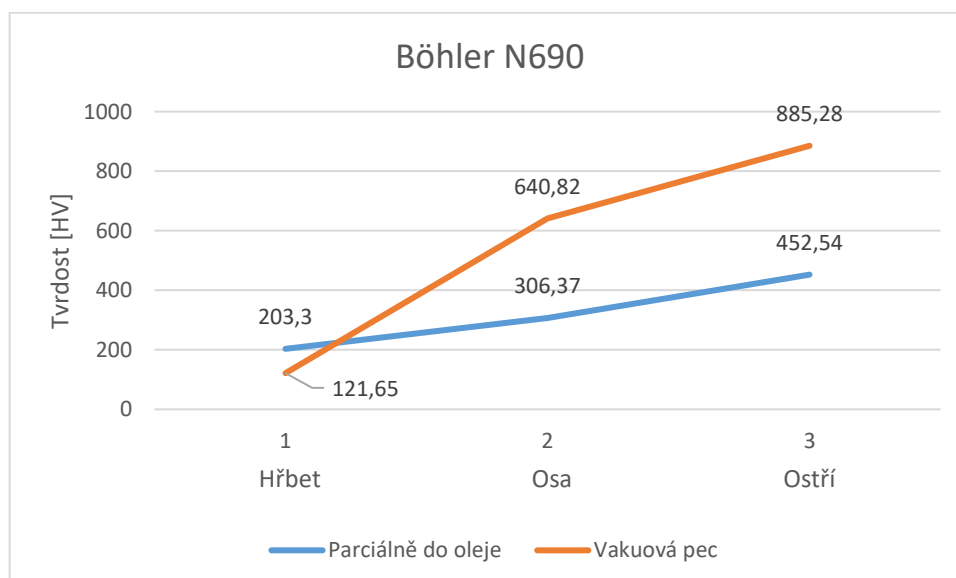
Obr. 26 - Shrnutí výsledků pro ocel dle ČSN 414260

Při posuzování výsledných hodnot z měření mikro-tvrdomosti vyplynulo, že nejvyšší hodnoty tvrdosti dle Vickerse, byly dosaženy v ose testovaného zkušební vzorku (nože) kaleného parciálně, zatímco nejnižší hodnoty tvrdosti dle Vickerse byly naměřeny na hřbetu testovaného zkušební vzorku (nože) kaleného v celém průřezu, jak je patrné z obrázku 26.



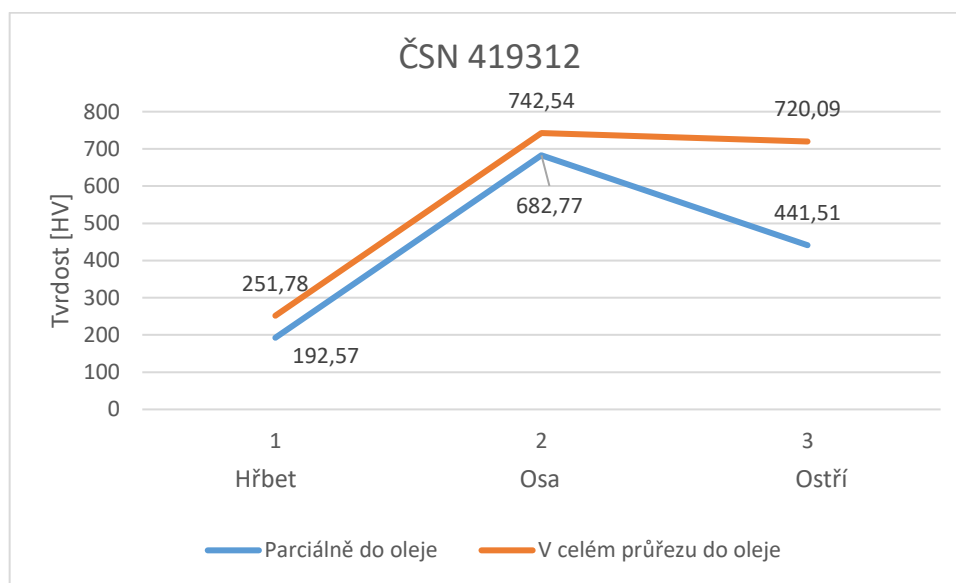
Obr. 27 - Shrnutí výsledků pro ocel dle ČSN 417029

Při výrobě čepelí z oceli dle ČSN 417029 je vhodné kalit bez vrstvy kamnářského tmele, a to ve vakuové kalírně. Při parciálním kalení z plynové pece není dosaženo dostatečné výdrže na teplotě a tím ani potřebné výsledné tvrdosti. Při posuzování výsledných hodnot z měření mikro-tvrdosti vyplynulo, že nejvyšší hodnoty tvrdosti dle Vickerse, byly dosaženy v ose testovaného zkušební vzorku (nože) kaleného vakuově, zatímco nejnižší hodnoty tvrdosti dle Vickerse byly naměřeny na hřbetu testovaného zkušební vzorku (nože) kaleného parciálně, jak je patrné z obrázku 27.



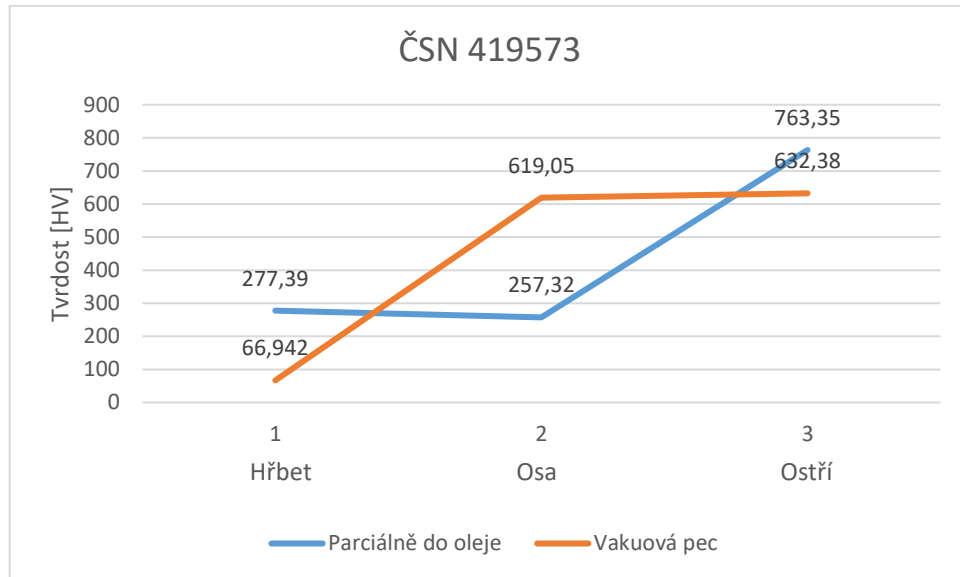
Obr. 28 - Shrnutí výsledků pro ocel dle Böhler N690

Při posuzování výsledných hodnot z měření mikro-tvrdomosti vyplynulo, že nejvyšší hodnoty tvrdosti dle Vickerse, byly dosaženy v ostří testovaného zkušební vzorku (nože) kaleného vakuově, zatímco nejnižší hodnoty tvrdosti dle Vickerse byly naměřeny na hřbetu testovaného zkušební vzorku (nože) vakuově kaleného, jak je patrné z obrázku 28. Ocel dle Böhler N690 je ideální pro kalení v celém průřezu ve vakuové kalírně. Je to dáno vysokým obsahem chromu.



Obr. 29 - Shrnutí výsledků pro ocel dle ČSN 419312

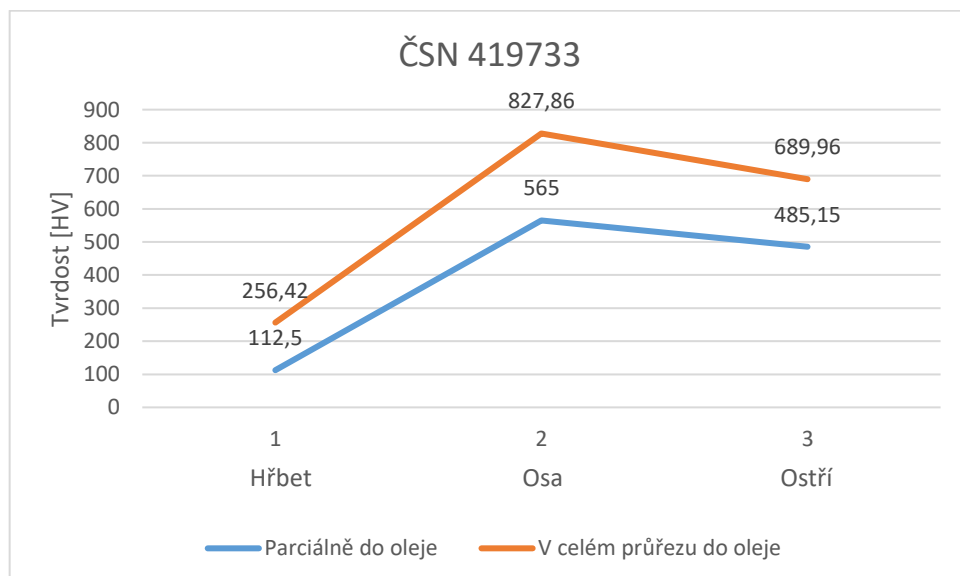
Při posuzování výsledných hodnot z měření mikro-tvrdomosti vyplynulo, že nejvyšší hodnoty tvrdosti dle Vickerse, byly dosaženy v ose testovaného zkušební vzorku (nože) kaleného v celém průřezu, zatímco nejnižší hodnoty tvrdosti dle Vickerse byly naměřeny na hřbetu testovaného zkušební vzorku (nože) parciálně kaleného, jak je patrné z obrázku 29. Nože vyráběné z oceli dle ČSN 419312 jsou vhodné pro obě technologie tepelného zpracování, akorát je třeba pohlídat dostatečné chlazení při závěrečných povrchových operacích aby nedošlo k nechtěnému popuštění na ostří, jak je vidět u parciálně kaleného vzorku.



Obr. 30 - Shrnutí výsledků pro ocel dle ČSN 419573

Při posuzování výsledných hodnot z měření mikro-tvrdomosti vyplynulo, že nejvyšší hodnoty tvrdosti dle Vickerse, byly dosaženy v ostří testovaného zkušební vzorku (nože) kaleného parciálně, zatímco nejnižší hodnoty tvrdosti dle Vickerse byly naměřeny na hřbetu testovaného zkušební vzorku (nože) kaleného vakuově, jak je patrné z obrázku 30.

Čepele z oceli dle ČSN 419573 jsou překvapivě vhodné nejen ke kalení ve vakuu ale také k parciálnímu kalení z pece plynové, i přes svůj vysoký obsah chromu. Paradoxně jsme získali lepší vlastnosti parciálním kalením.

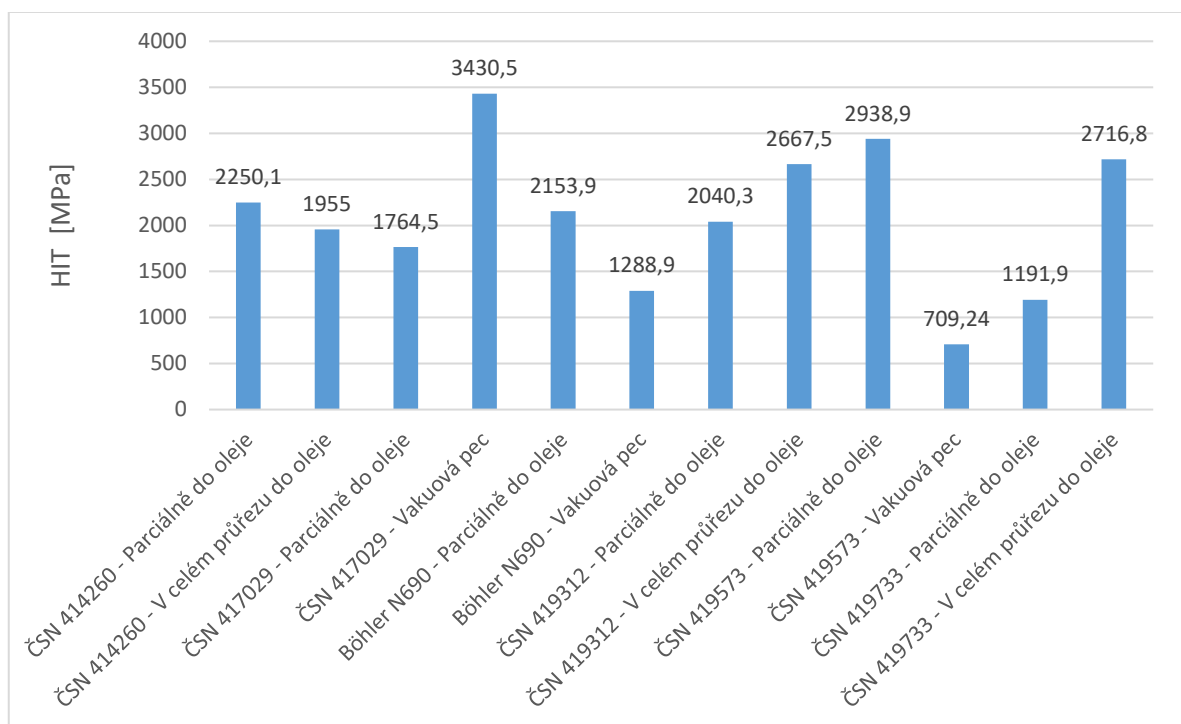


Obr. 31 - Shrnutí výsledků pro ocel dle ČSN 419733

Při posuzování výsledných hodnot z měření mikro-tvrdosti vyplynulo, že nejvyšší hodnoty tvrdosti dle Vickerse, byly dosaženy v ose testovaného zkušební vzorku (nože) kaleného v celém průřezu, zatímco nejnižší hodnoty tvrdosti dle Vickerse byly naměřeny na hřbetu testovaného zkušební vzorku (nože) kaleného parciálně, jak je patrné z obrázku 31.

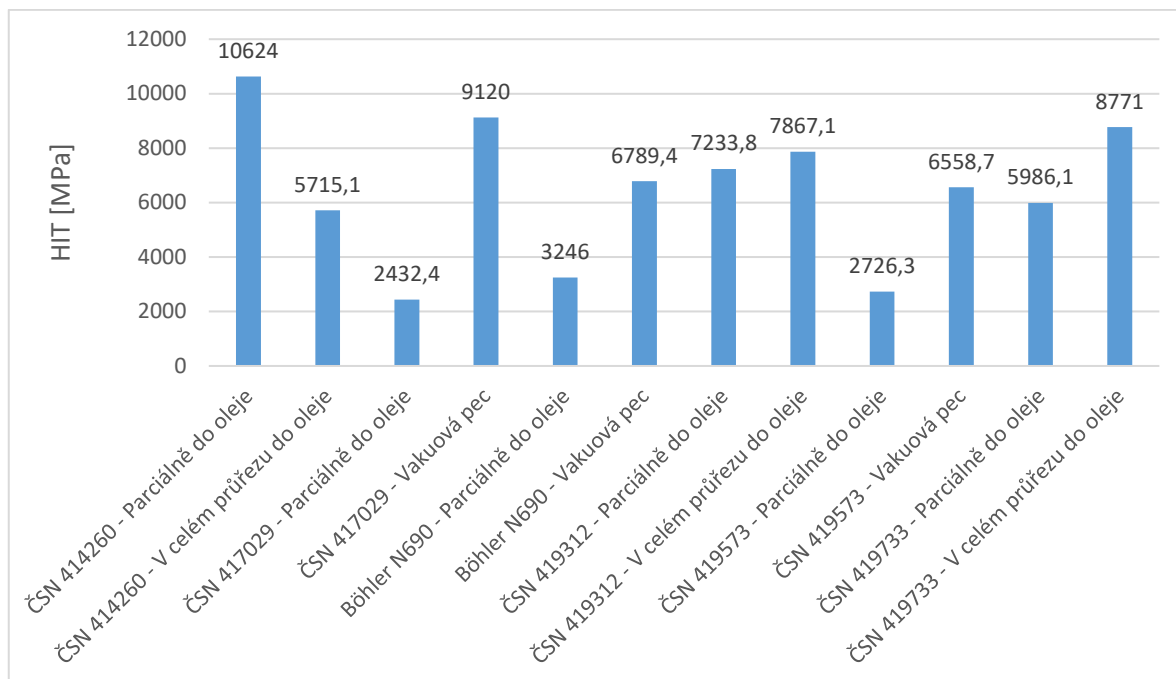
Ocel dle ČSN 419733 je vhodná pro obě technologie tepelného zpracování, avšak je důležité přesně dodržet kalící teplotu, což se u parciálně kaleného vzorku pravděpodobně nepodařilo.

6.4.3 Vyhodnocení vtiskové tvrdosti - HIT



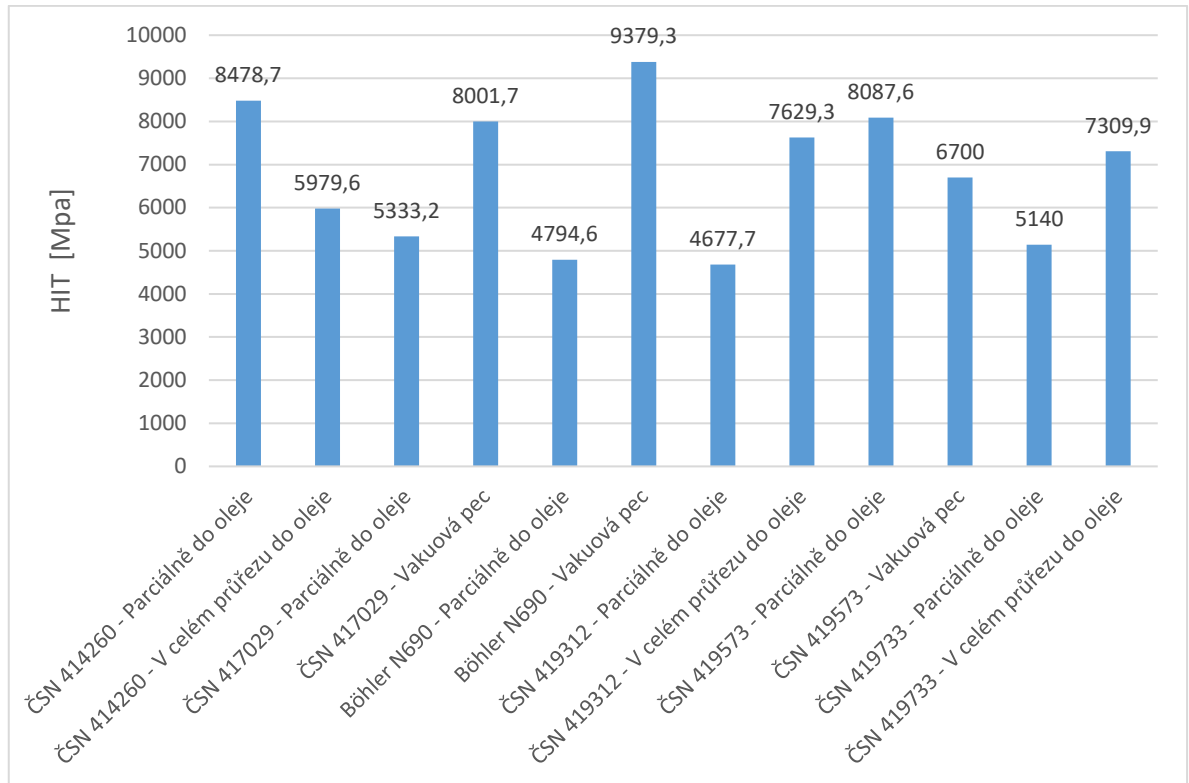
Obr. 32 - HIT ve hřbetu

Z výsledků měření lokálních mechanických vlastností (mikro-tvrdosti) vyplynulo, že nejvyšší vtisková tvrdost ve hřbetu byla zjištěna u vzorku z oceli ČSN 417029 kaleného ve vakuové peci. I nejnižší vtisková tvrdost 709,24 MPa odpovídá vzorku s nejnižší tvrdostí ve hřbetu – vzorku z oceli dle ČSN 419573 kaleného ve vakuové peci, jak je vidět z obrázku 32.



Obr. 33 - HIT v ose

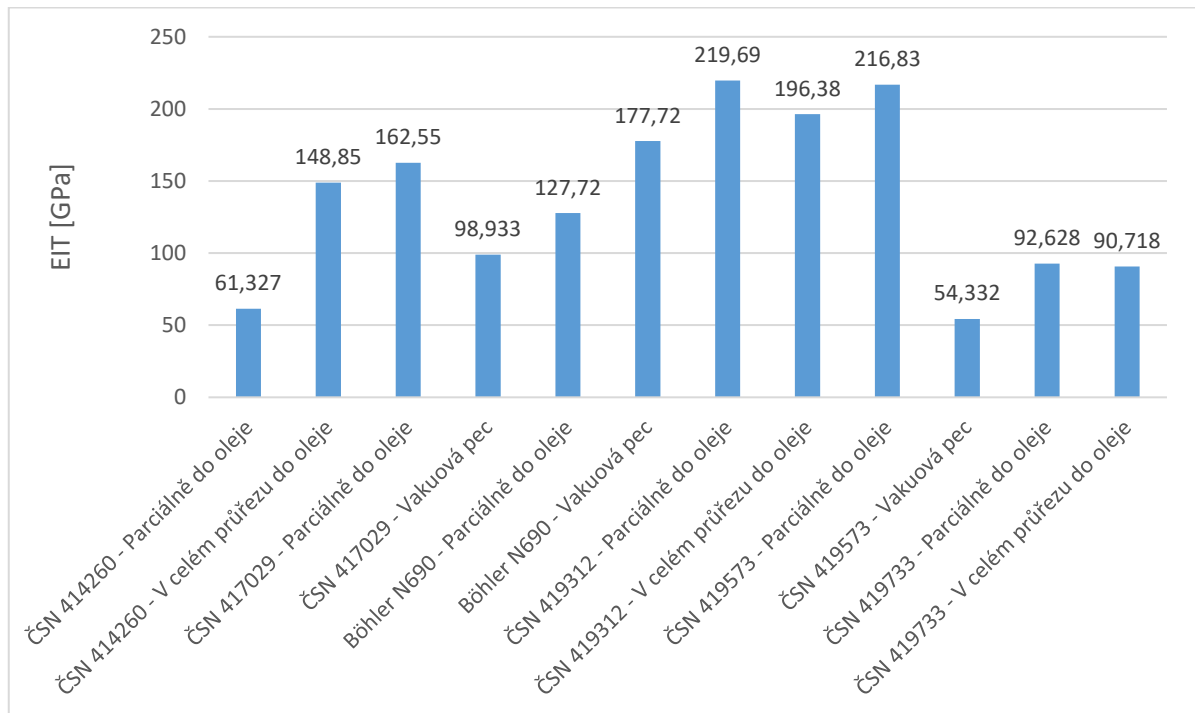
Z výsledků měření lokálních mechanických vlastností (mikro-tvrdomosti) vyplynulo, že nejnižší a nejvyšší vtisková tvrdost v ose odpovídá vzorkům s nejnižší a nejvyšší tvrdostí v ose. Celkově ale parciálně kalené čepele vykazují nižší vtiskovou tvrdost než čepele kalené v celém průřezu, jak lze vidět na obrázku 33. Pouze parciálně kalený vzorek z oceli ČSN 414260 má vyšší hodnotu vtiskové tvrdosti. To je způsobeno že linie zakalení je nad úrovní osy nože.



Obr. 34 – HIT v ostří

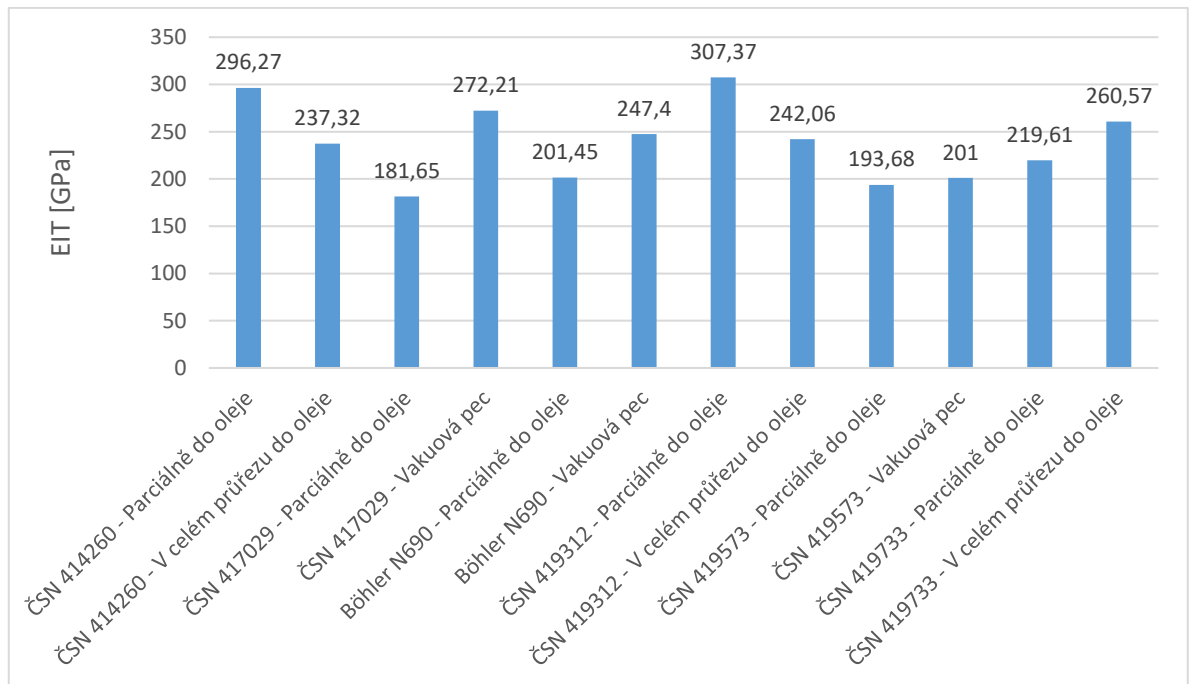
Z výsledků měření lokálních mechanických vlastností (mikro-tvrdomosti) vyplynulo, že nejvyšší vtisková tvrdost v ostří je u vzorku z oceli Böhler N690 kaleného ve vakuové peci, a to 9379,3 MPa. Nejnižší vtisková tvrdost v ostří 4677,7 MPa byla naměřena u parciálně kaleného vzorku z oceli ČSN 419312, jak lze vidět na obrázku 34.

6.4.4 Vyhodnocení vtiskového modulu pružnosti – EIT



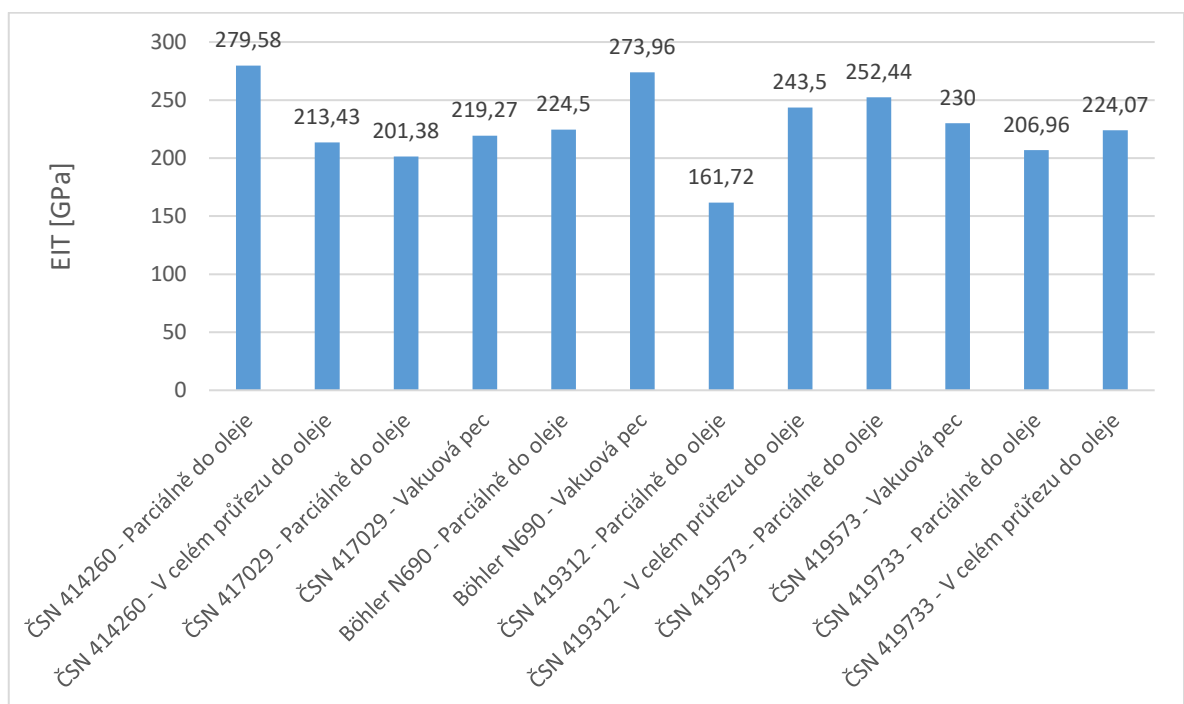
Obr.35 - EIT ve hřbetu

Z výsledků měření mikro-tvrdomosti vyplynulo, že nejmenší tuhost reprezentovaná vtiskovým modulem pružnosti byla zjištěna na hřbetu u testovaného zkušební vzorku z oceli ČSN 419573 kaleného ve vakuové peci, a to 54,332 GPa. Nejnížší vtiskový modul pružnosti (tuhosti) odpovídá testovanému zkušebnímu vzorku s nejnižší tvrdostí ve hřbetu. Nejvyšší vtiskový modul pružnosti ve hřbetu 219,69 GPa byl změřen u parciálně kaleného vzorku z oceli dle ČSN 419312 jak lze vidět na obrázku 35.



Obr. 36 - EIT v ose

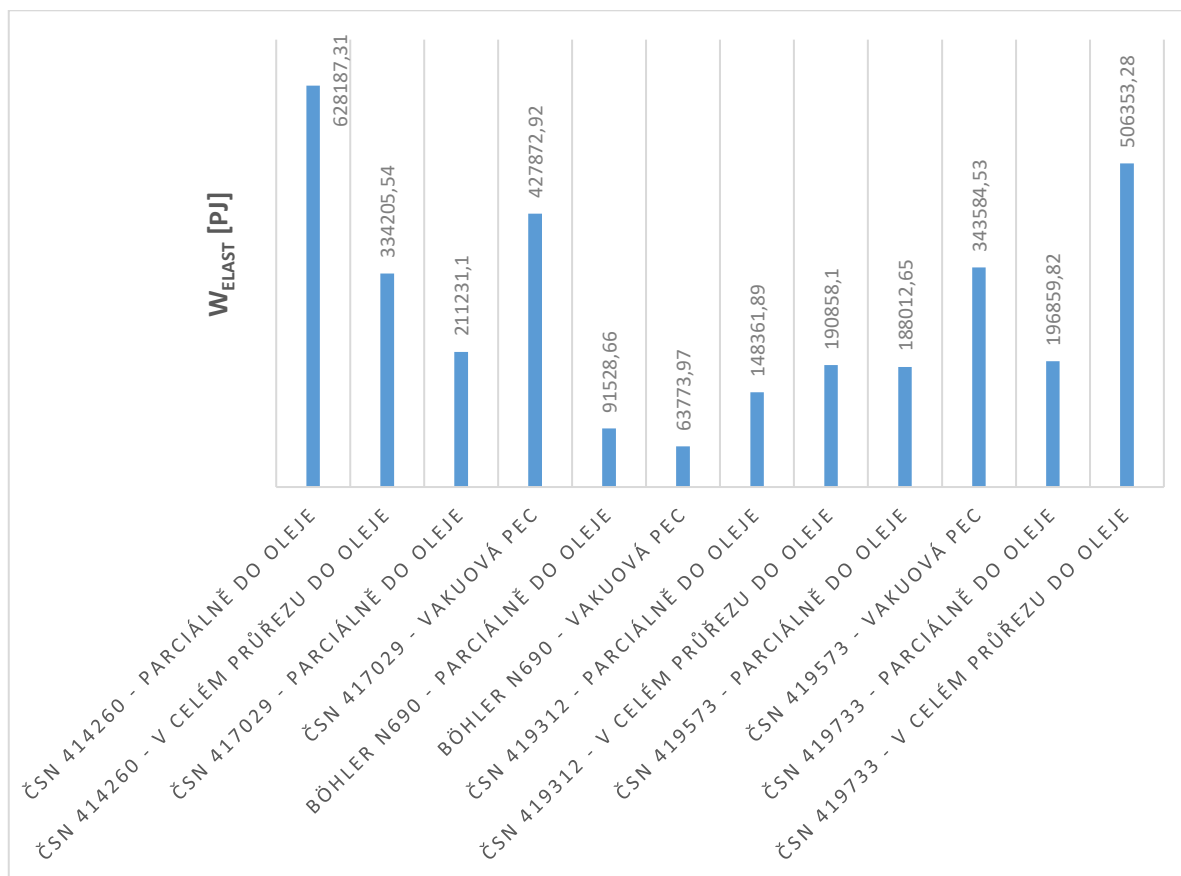
Z výsledků měření mikro-tvrdomosti vyplynulo, že nejmenší tuhost 181,65 GPa reprezentovaná vtiskovým modulem pružnosti byla zjištěna na ose u testovaného zkušebního parciálně kaleného vzorku z oceli ČSN 417029. Nejvyšší hodnota 307,37 GPa patří stejně jako ve hřbetu, parciálně kalenému vzorku z oceli ČSN 419312, jak je vidět na obrázku 36.



Obr. 37 - EIT v ostří

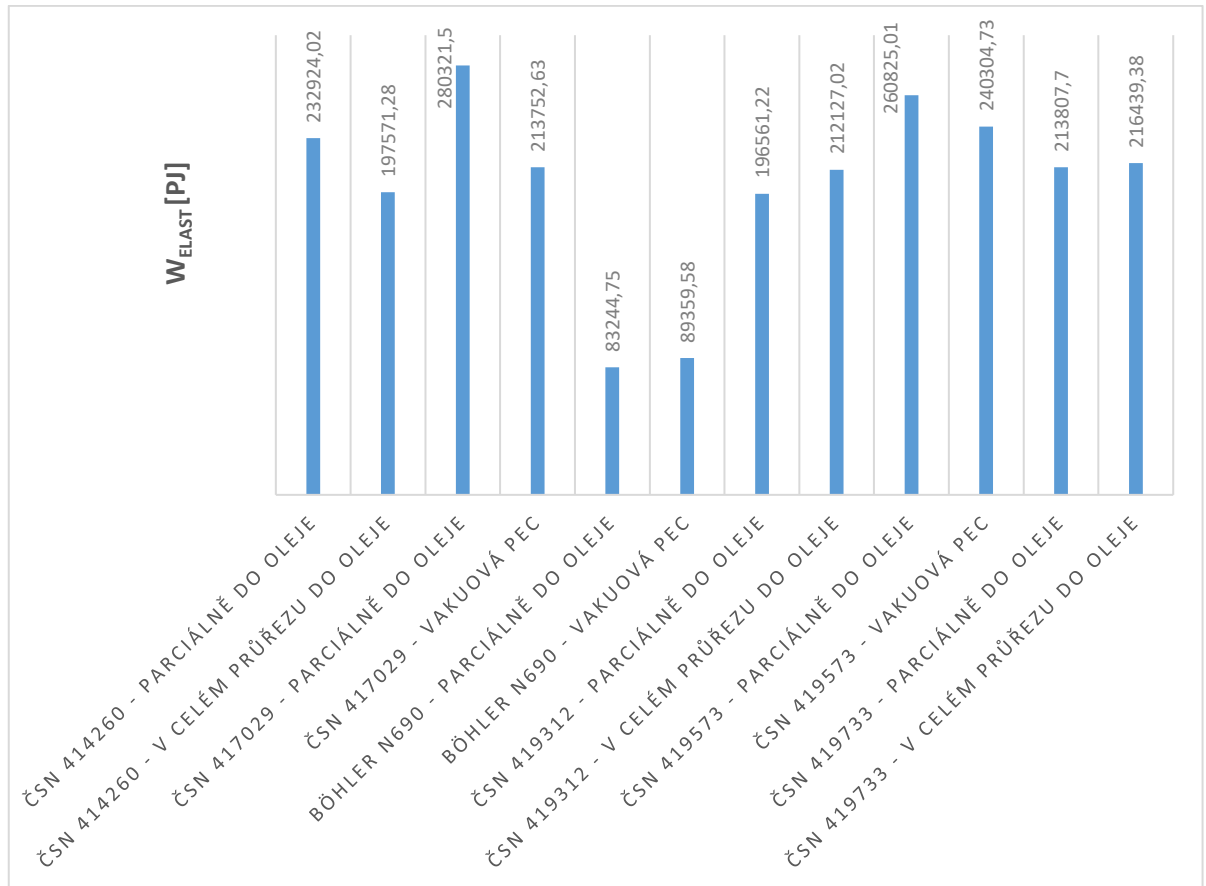
Z výsledků měření mikro-tvrdomosti vyplynulo, že nejmenší tuhost 161,72 GPa reprezentovaná vtiskovým modulem pružnosti byla zjištěna na ostří u testovaného zkušebního parciálně kaleného vzorku z oceli ČSN 419312. Nejvyšší hodnota 279,58 GPa patří parciálně kalenému vzorku z oceli ČSN 414260, jak je vidět na obrázku 37.

6.4.5 Vyhodnocení elastické deformační práce - W_{ELAST}

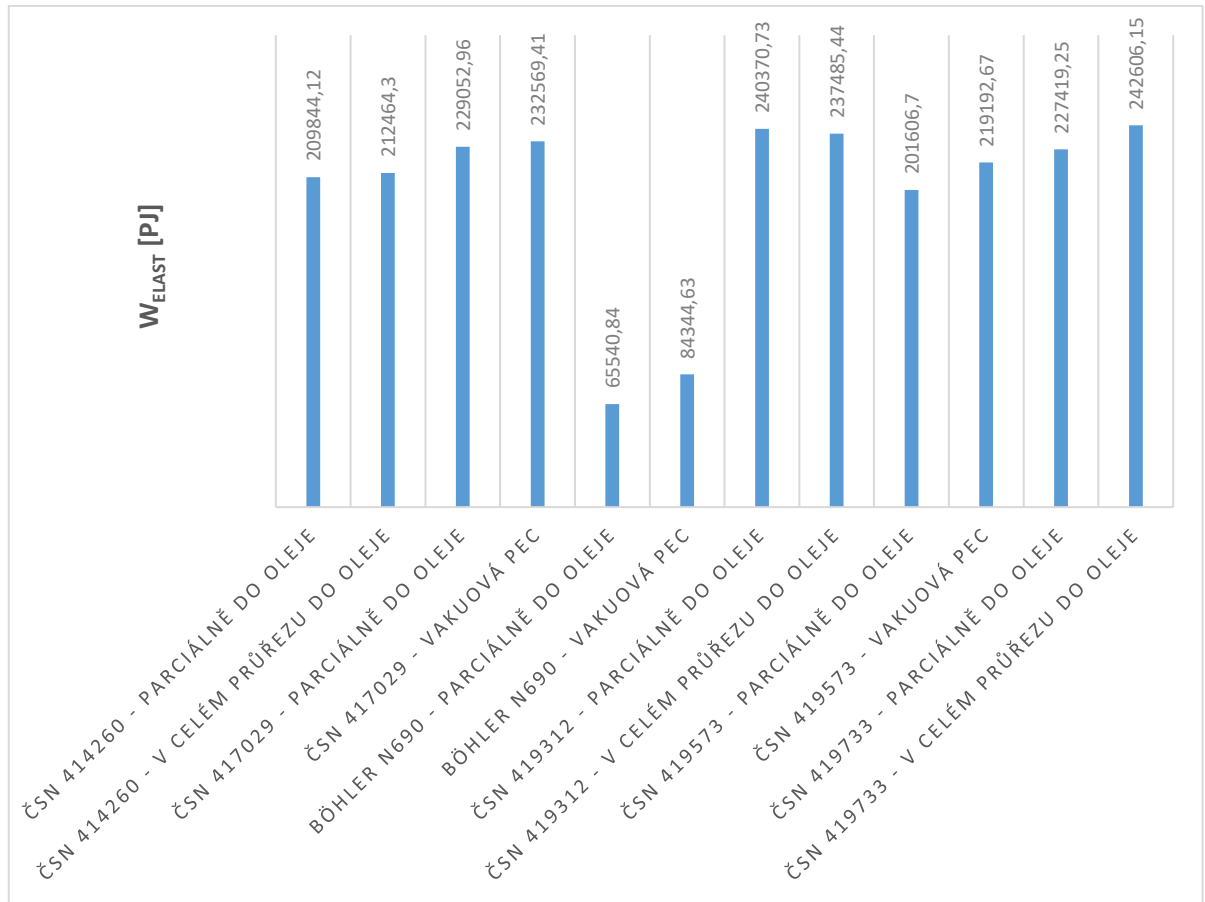


Obr. 38 – W_{ELAST} ve hřbetu

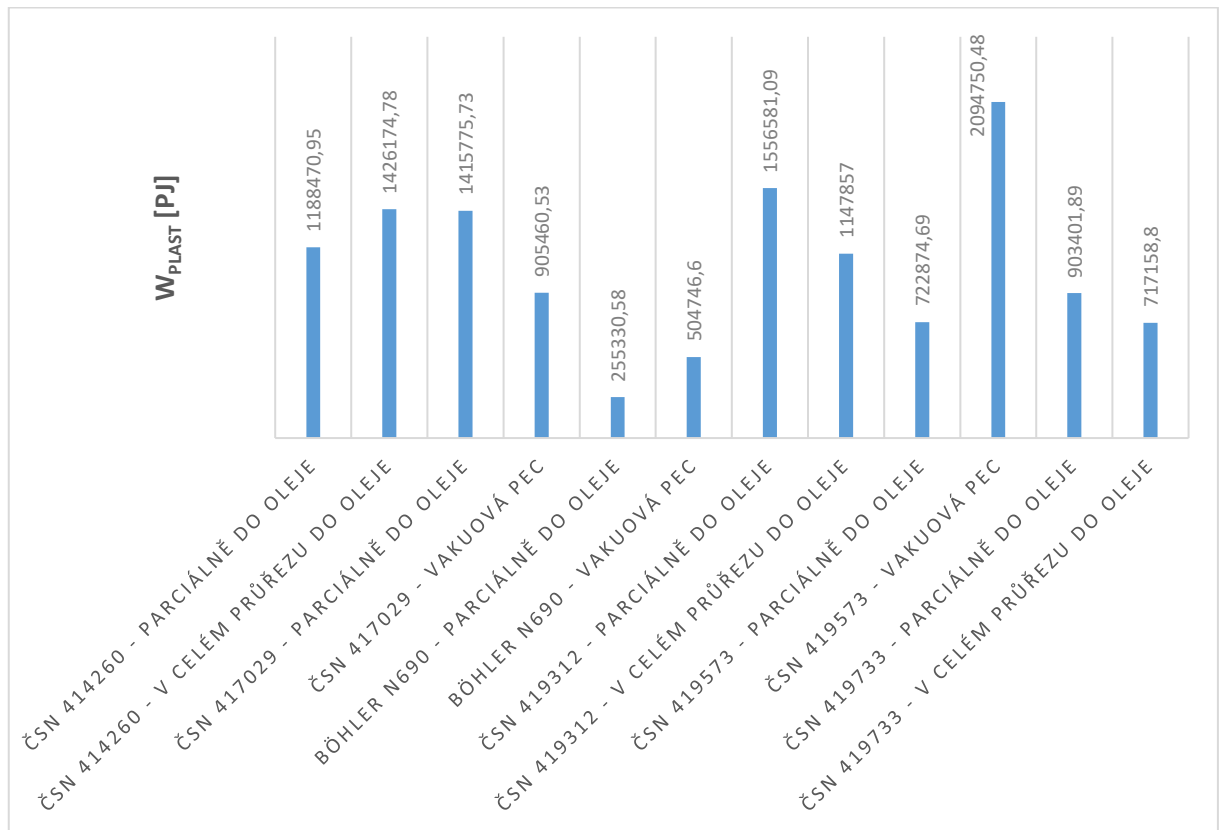
Ve hřbetu byla naměřena nejnižší hodnota elastické deformační práce 63773,97 pJ u vzorku z oceli dle Böhler N690 kaleného ve vakuové peci. Nejvyšší hodnota 628187,31 pJ byla změřena u parciálně kaleného vzorku z oceli dle ČSN 414260, jak je vidět na obrázku 38. S nižším podílem chromu v oceli je tendence zvýšených hodnot elastické deformační práce.

Obr. 39 – W_{ELAST} v ose

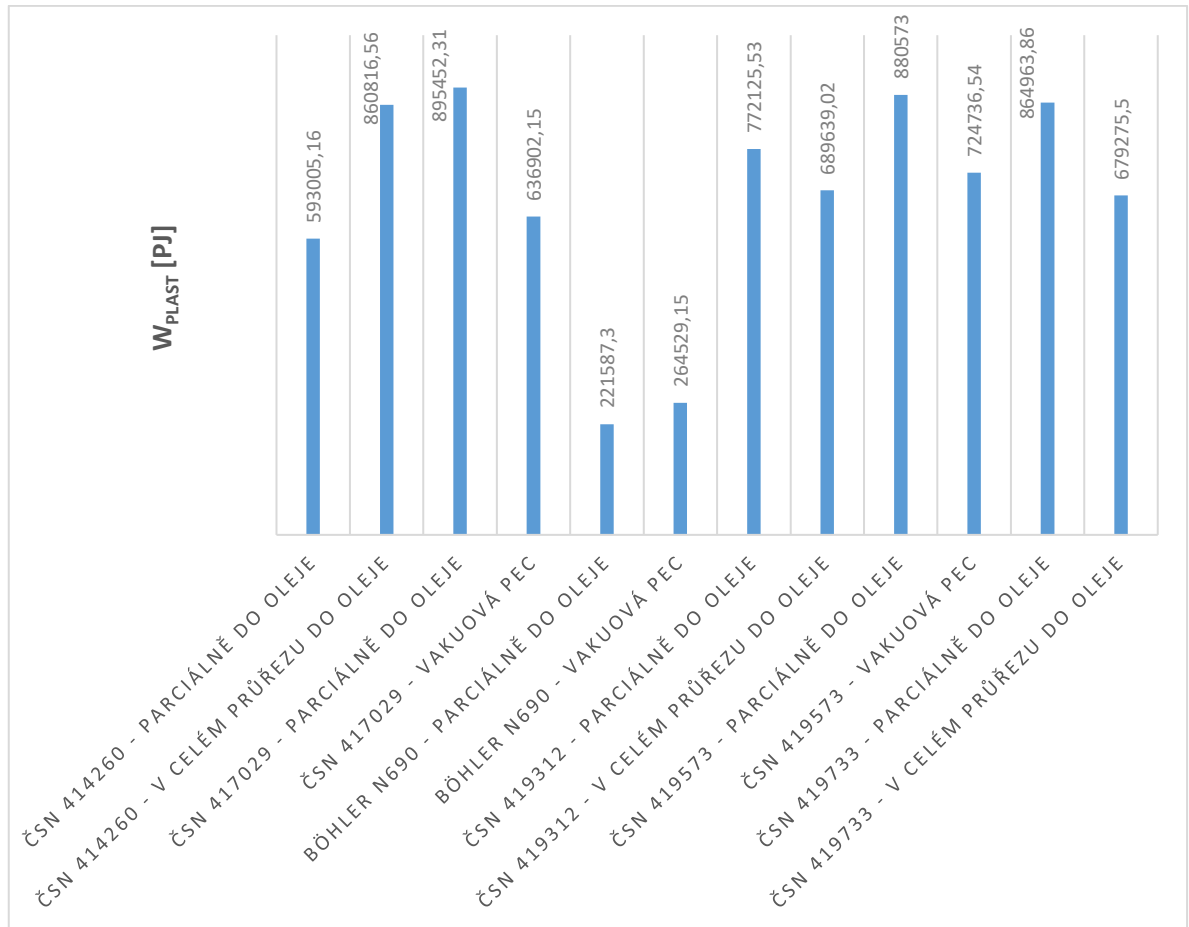
Jak je vidět na obrázku 39, hodnoty elastické deformační práce v ose jsou velmi vyrovnané. Pouze vzorky z oceli Böhler N690 obsahující nejvyšší procento chromu vykazují poloviční hodnoty oproti ostatním vzorkům.

Obr. 40 - W_{ELAST} v ostří

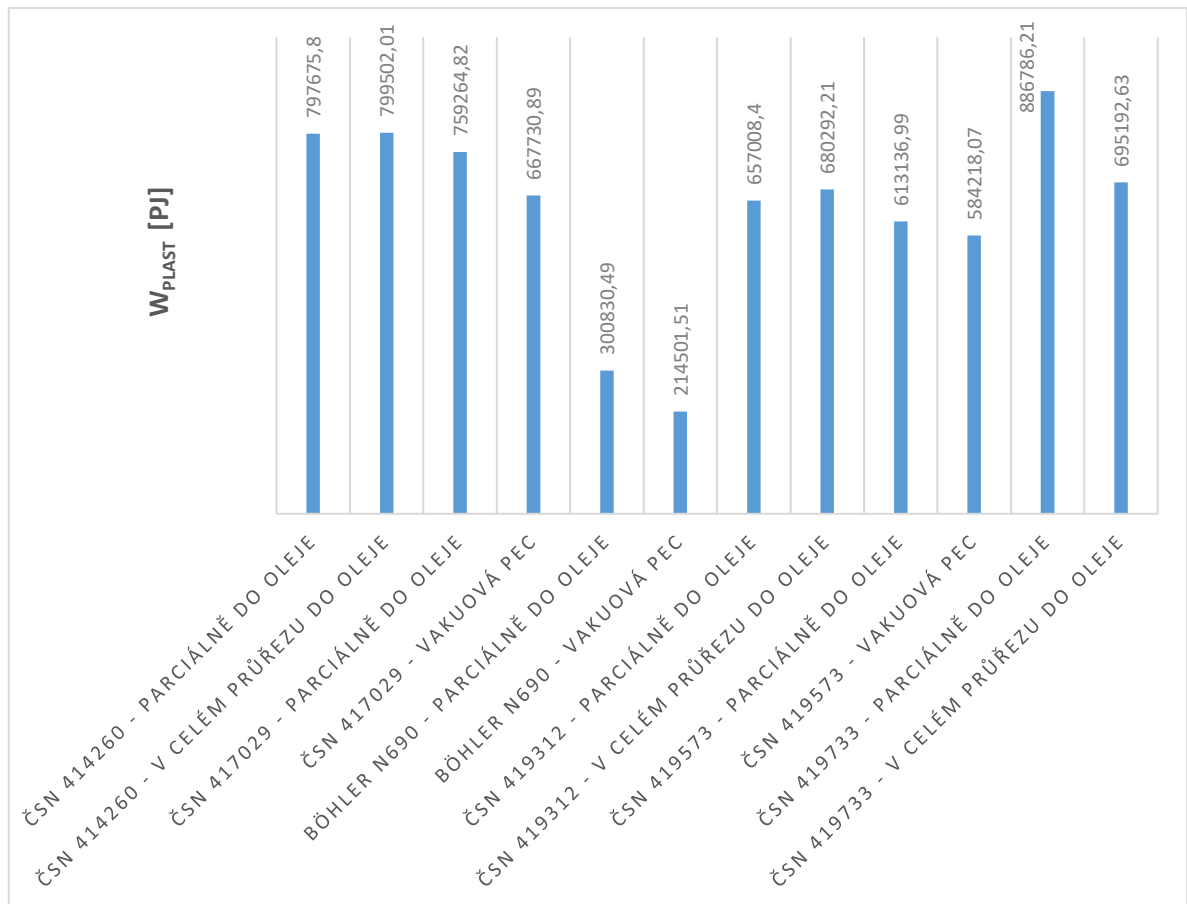
Jak jde vidět na obrázku 40, hodnoty v elastické deformační práci v ostří mají identický trend jako v ose. Nejnížší hodnoty elastické deformační práce v ostří jsou opět u vzorků z oceli Böhler N690, zatímco nejvyšší hodnota 242606,15 pJ byla naměřena u vzorku z oceli ČSN 419733 kalené v celém průřezu.

6.4.6 Vyhodnocení plastické deformační práce - W_{PLAST} Obr. 41 - W_{PLAST} ve hřbetu

Na obrázku 41 je vidět že nejvyšší hodnotu plastické deformační práce ve hřbetu vykazuje vzorek z oceli ČSN 419573 kalený ve vakuové peci, a to 2094750,48 pJ. Nejnížší hodnoty byly naměřeny u vzorků z oceli Böhler N690.

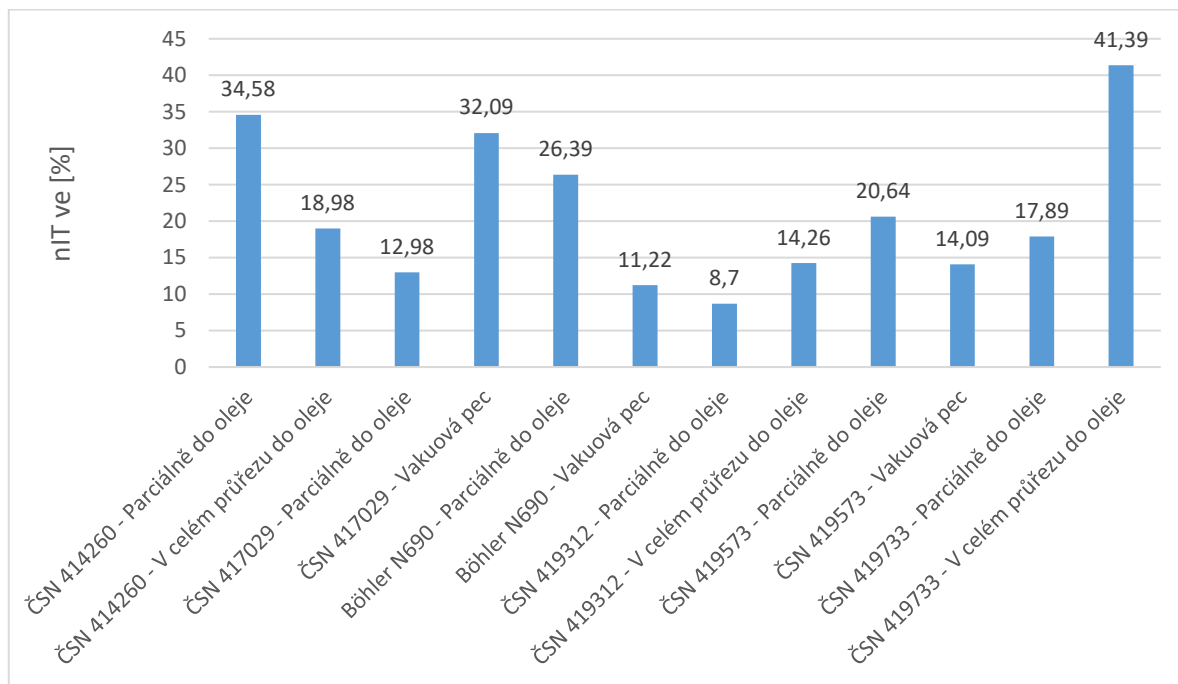
Obr. 42 - W_{PLAST} v ose

Na obrázku 42 jsou hodnoty plastické deformační práce v ose velmi vyrovnané. Nejnižší hodnoty plastické deformační práce jsou u vzorků z korozivzdorné oceli Böhler N690, která má vysoký podíl chromu. Nejvyšší hodnota 895452,31 pJ byla naměřena u parciálně kaleného vzorku z oceli ČSN 417029.

Obr. 43 - W_{PLAST} v ostří

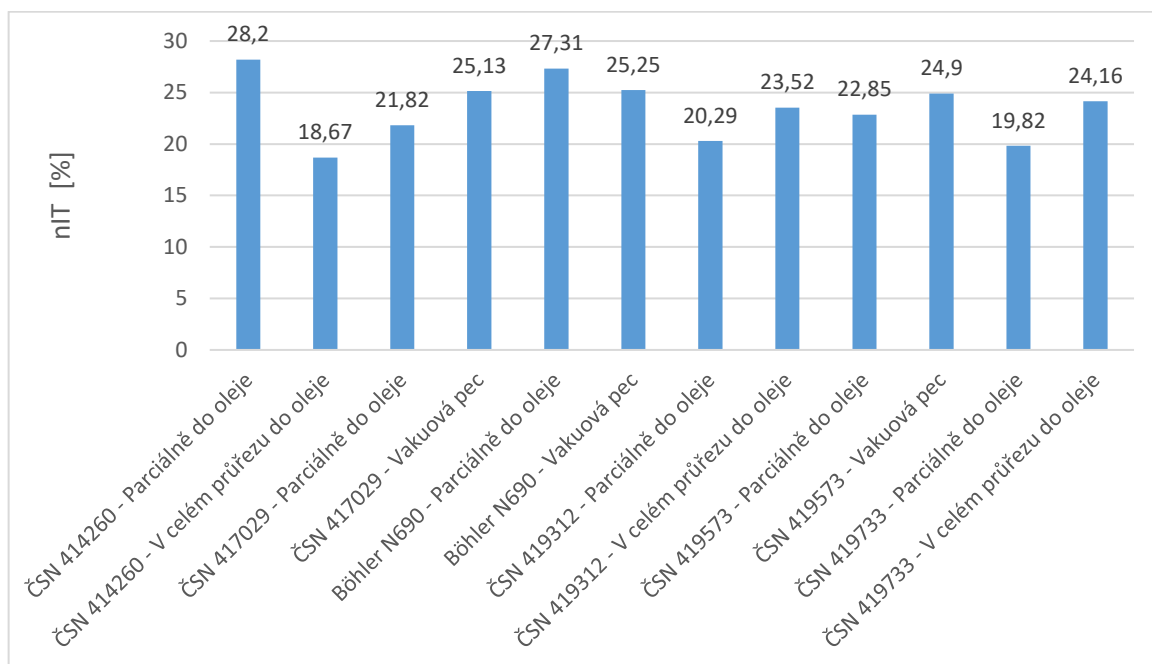
Hodnoty na obrázku 43 vypadají velmi podobně jako hodnoty popisující plastickou deformační práci v ose. Nejnížší hodnoty opět u vzorků z oceli dle Böhlér N690. Nejvyšší hodnoty plastické deformační práce v ostří byly naměřeny u parciálně kaleného vzorku z oceli dle ČSN 419733, a to 886786,21 pJ.

6.4.7 Vyhodnocení poměru elastické deformace k celkové deformaci - nIT



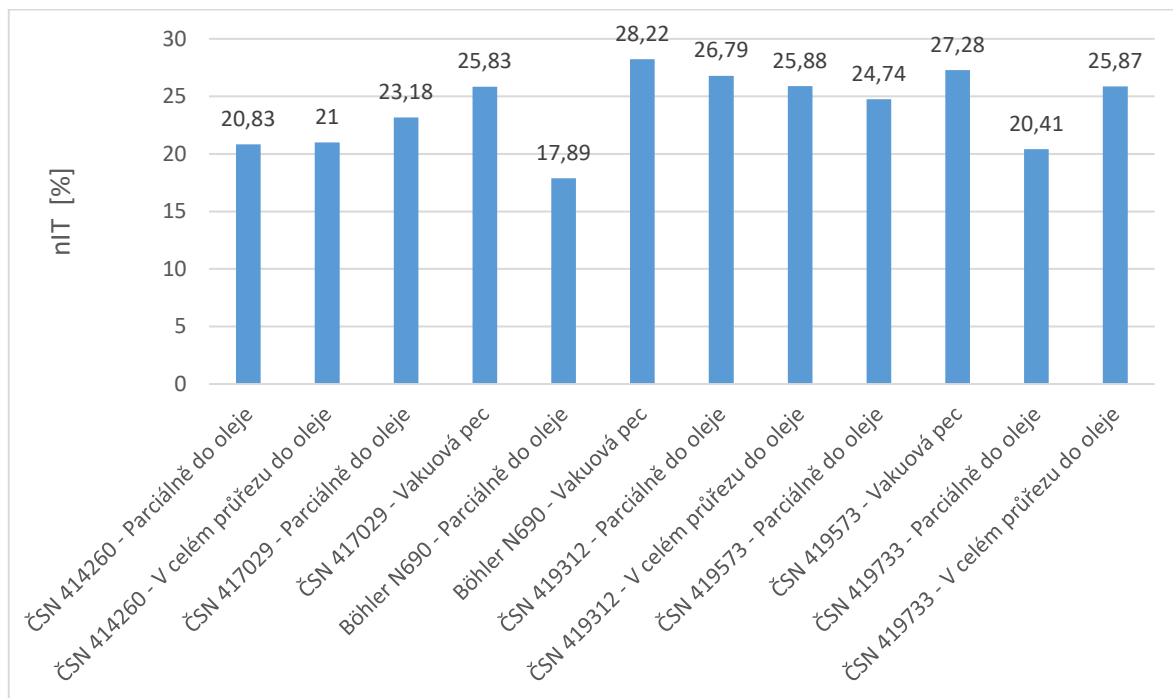
Obr.44 - nIT ve hřbetu

Na obrázku 44 vidíme nejvyšší hodnotu nIT ve hřbetu 41,39 % u vzorku z oceli ČSN 419733 kaleného v celém průřezu, zatímco nejnižší naměřená hodnota 8,7 % patří parciálně kalenému vzorku z oceli ČSN 419312.



Obr. 45 - nIT v ose

Jak lze vidět na obrázku 45, hodnoty nIT v ose jsou vyrovnané. Nejnížší lze sledovat u vzorku z oceli dle ČSN 414260 kaleného v celém průřezu, a to 18,67 %. Nejvyšší hodnota 28,2 % byla paradoxně naměřena u druhého vzorku ze stejné oceli který byl kalen parciálně.



Obr. 46 - nIT v ostří

Na obrázku 46 vidíme hodnoty nIT v ostří. Vzorky z oceli dle ČSN 414260 které v předchozím grafu vykazovaly mezi sebou velmi rozdílné hodnoty, nyní mají hodnotu nIT v ostří téměř identickou. Nejnížší hodnota je u parciálně kaleného vzorku z oceli dle Böhler N690, a to 17,89 %. Nejvyšší hodnota 28,22 % je u téže oceli, ale kalené ve vakuové peci.

ZÁVĚR

Bakalářská práce řeší problém parciálního kalení nerezových ocelí. Pro experimentální část byly vybrány následující typy ocelí, které zahrnují jak nerezové, tak uhlíkové a slitinové oceli. Změna struktury po zakalení a tím její mechanické vlastnosti byly hodnoceny instrumentovanou zkouškou mikro-tvrdomosti na mikrotvrdoměru Micro-Combi Tester od firmy CSM Instruments. Měření probíhalo dle příslušné normy ČSN EN ISO 14577. Naměřené výsledky byly graficky znázorněny a vyhodnoceny. Měření probíhalo ve třech oblastech (na hřbetu, v ose a na ostří) na testovaném zkušebním vzorku.

Z výsledku měření mikro-tvrdomosti vyplynulo že nejlepší mechanické vlastnosti po tepelném zpracování vykazala ocel ČSN 419573, která byla parciálně kalená. Naopak nejhorších mechanických vlastností bylo dosaženo u oceli Böhler N690, která byla také parciálně kalená.

Při hodnocení tvrdosti dle Vickerse, vtiskové tvrdosti a tuhosti reprezentované vtiskovým modulem pružnosti, bylo zjištěno že nejvyšších hodnot bylo dosaženo u parciálně kalené oceli ČSN 419573. Naopak nejmenší hodnoty tvrdosti dle Vickerse, vtiskové tvrdosti a tuhosti reprezentované vtiskovým modulem pružnosti, bylo zjištěno u parciálně kalené oceli ČSN 417029. Při hodnocení elastické a plastické deformační práce, která nám poskytují informaci o houževnatosti materiálu bylo zjištěno, že nejnižších hodnot dosahuje ocel Böhler N690, naopak nejvyšších hodnot W_{ELAST} a W_{PLAST} bylo dosaženo u oceli ČSN 419733.

Výsledky měření ukázaly, že technologie tepelného zpracování (parciální kalení) nepřináší vždy to nevyšší hodnoty tvrdosti, naopak tepelné zpracování (vakuové kalení) zaručuje dosažení optimálních mechanických vlastností u ocelí s vysokým obsahem chromu. Je nutno podotknout že volbu technologie tepelného zpracování je nutné zvažovat s ohledem na aplikační oblast příslušných zkušebních vzorků (nožů). U některých aplikací bude vyžadována vysoká tvrdost zkušebních vzorků (nožů), naopak u jiných aplikací bude převažovat požadavek na nižší tvrdost a vyšší houževnatost. Velký vliv na vlastnosti zkušebních vzorků má také konstrukční zhotovení čepele a geometrie výbrusu (ostří).

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] http://www.noze-nuz.com/nozirske_oceli/ocele.php

- [2] <http://www.tumlikovo.cz/>

- [3] Norma ČSN 419356

- [4] http://jhamernik.sweb.cz/tepelne_zpracovani.htm

- [5] <http://slideplayer.cz/slide/4250335/>

- [6] <http://www.instructables.com/id/How-to-Choose-the-Right-Survival-Knife/step6/Tang/>

- [7] www.opinel.com

- [8] www.knifecenter.com

- [9] www.pinterest.com

- [10] <http://tacticalintelligence.net/blog/my-new-edc-knife-review-of-the-benchmade-551bk-1-folder.htm>

- [11] www.knife.cz

- [12] <http://www.jkz.cz/cs/produkty/nastrojove-oceli/pro-prace-za-studena/w-nr-12842/>

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 - Svářková ocel [1]	18
Obr. 2 - Diagram žihání [4]	20
Obr. 3 - Kalící diagram [4]	23
Obr. 4 - Diagram IRA a ARA [5]	24
Obr. 5 – Pevné nože dle konstrukce. Z vrchu: halftang, trn, fulltang [6]	26
Obr.6 – Sevřený nůž [7].....	27
Obr. 7 – Bali-song [8]	27
Obr. 8 - Lockback [9]	28
Obr. 9 - Framelock [9]	28
Obr. 10 - Axislock [10]	29
Obr. 11 - Tvary čepelí [1]	30
Obr. 12 - Geometrie výbrusů [1].....	32
Obr. 13 - Šablony a polotvary.....	37
Obr. 14 - Práce s pásovou bruskou	38
Obr. 15 - Odvrtání rukojeti	38
Obr.16 - Nanesení ochranné vrstvy kamnářského tmele	39
Obr. 17 - Ohřev čepelí v plynové peci	39
Obr. 18 - Kalení	40
Obr. 19 - Čepel po popouštění	41
Obr. 20 – Čepel před leštěním	42
Obr. 21 - Měření tvrdosti	43
Obr. 22 – Ukázka kalícího a popouštěcího diagramu - ocel ČSN 419312 [12]	44
Obr. 23 - Tvrdost ve hřbetu	46
Obr. 24 - Tvrdost v ose	47
Obr.25 - Tvrdost v ostří	47
Obr. 26 - Shrnutí výsledků pro ocel dle ČSN 414260	48
Obr. 27 - Shrnutí výsledků pro ocel dle ČSN 417029	49
Obr. 28 - Shrnutí výsledků pro ocel dle Böhler N690	49
Obr. 29 - Shrnutí výsledků pro ocel dle ČSN 419312	50
Obr. 30 - Shrnutí výsledků pro ocel dle ČSN 419573	51
Obr. 31 - Shrnutí výsledků pro ocel dle ČSN 419733	51
Obr. 32 - HIT ve hřbetu	52
Obr. 33 - HIT v ose	53
Obr. 34 – HIT v ostří	54
Obr.35 - EIT ve hřbetu.....	55
Obr. 36 - EIT v ose	56
Obr. 37 - EIT v ostří.....	56
Obr. 38 – W_{ELAST} ve hřbetu	57
Obr. 39 – W_{ELAST} v ose.....	58
Obr. 40 - W_{ELAST} v ostří.....	59
Obr. 41 - W_{PLAST} ve hřbetu	60
Obr. 42 - W_{PLAST} v ose.....	61
Obr. 43 - W_{PLAST} v ostří.....	62
Obr.44 - nIT ve hřbetu	63
Obr. 45 - nIT v ose.....	63
Obr. 46 - nIT v ostří	64

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 - Chemické složení korozivzdorných ocelí	15
Tab. 2 – Chemické složení použitých ocelí [11]	36
Tab. 3 – Tepelné zpracování jednotlivých vzorků.....	44
Tab. 4 – Naměřená mikro-tvrдость podle Vickerse.....	45

SEZNAM ZKRATEK

HV – Tvrdost dle Vickerse

HIT – Vtisková tvrdost

EIT – Vtiskový modul pružnosti

W_{ELAST} – Elastická deformační práce

W_{PLAST} – Plastická deformační práce

nIT – Poměr elastické deformace k celkové deformaci

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha I - Fotodokumentace dokončených nožů

PŘÍLOHA P I: FOTODOKUMENTACE DOKONČENÝCH NOŽŮ



Vakuově kalená ocel dle Böhler N690, střenky dřevo jatoba.



Ocel dle ČSN 419733 kalená v celém průřezu.



Ocel dle ČSN 419312 kalená v celém průřezu, střenky dřevo zebrano.



Ocel dle ČSN 419573 kalená parciálně, střenky dřevo padouk.



Ocel dle ČSN 419573 kalená ve vakuové peci, střenky dřevo wenge, podlepené fibrem.



Ocel dle ČSN 417029 kalená ve vakuové peci, střenky dřevo wenge podlepené fibrem.



Ocel dle ČSN 414260 parciálně kalená, střenky z dřeva finské břízy podlepené fibrem.