

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STROJNÍ

Ustav strojírenské technologie

VLIV PROCESU OMÍLÁNÍ NA UPRAVOVANÝ MATERIÁL

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Autor: Bc. Hana Hrdinová

Studijní obor: Výrobní a materiálové inženýrství

Vedoucí práce: Ing. Jan Kudláček, Ph.D.

Konzultant: doc. Ing. Kreibich Viktor, CSc.

Praha 2015

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně a použila jsem podklady uvedené v příloženém seznamu.

Nemám závažný důvod proti užití toho školního díla ve smyslu § 60 Zákona č121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů.

V Praze dne.....

.....

Hana Hrdinová

Poděkování:

Chtěla bych poděkovat vedoucímu mé diplomové práce Ing. Janu Kudláčkovi, Ph.D. za vedení práce a odbornou konzultaci v průběhu jejího zpracování. Dále bych chtěla poděkovat doc. Ing. Viktoru Kreibichovi, CSc. za cenné rady a konzultace při řešení praktické části této práce. Další poděkování patří Ing. Petru Szelagovi za dodání omílacích přípravků a rady při jejich používání.

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STROJNÍ

Ústav strojírenské technologie

Obor:	Výrobní a materiálové inženýrství
Zaměření:	Povrchové úpravy
Název bakalářské práce:	Vliv procesu omílání na upravovaný materiál
Autor bakalářské práce:	Hana Hrdinová
Vedoucí bakalářské práce	Ing. Jan Kudláček, Ph. D.
Konzultant:	doc. Ing. Kreibich Viktor, CSc.
Rozsah bakalářské práce:	Počet stran: 87
	Počet obrázků: 51
	Počet tabulek: 64
	Počet grafů: 21

Anotace:

Teoretická část pojednává o povrchové úpravě omílání na rozdílných typech materiálů. Práce popisuje technologii předúprav povrchu omíláním, druhy omílacích zařízení a způsoby měření vzhledu povrchu. Praktická část se věnuje experimentálnímu hodnocení vlivu omílacích přípravků na vlastnosti povrchu u rozdílných typů materiálů. V závěru jsou doporučeny vhodné omílací přípravky, vedoucí ke zlepšení vzhledu výrobků při technologii omílání.

Annotation:

The theoretical part deals with surface treatment tumbling on different types of materials. The thesis describes the technology of surface pretreatments with tumbling, types of tumbling devices and methods for measuring surface appearance. The practical part is devoted to the experimental evaluation of the impact of tumbling compounds on surface properties for different types materials. In the conclusion are appropriate tumbling compounds recommended, designed to improve appearance of the products in the technology tumbling.

Obsah

1	Úvod	8
2	Teoretická část	9
2.1	Omílání	9
2.1.1	Druhy omílacích zařízení	9
2.1.2	Separace	12
2.1.3	Úprava procesní kapaliny	14
2.1.4	Omílací tělesa	14
2.1.5	Omílací přípravky	16
2.1.6	Bezpečnost práce	17
2.2	Lesk povrchu	18
2.2.1	Jednotka lesku	19
2.2.2	Leskoměry	20
2.3	Profil povrchu	22
2.4	Drsnost povrchu (ČSN EN ISO 4287)	23
2.4.1	Veličiny nosného podílu ČSN EN ISO 13565	23
2.4.2	Metody hodnocení drsnosti povrchu	24
2.4.3	Parametry dle normy ČSN EN ISO 4287	25
3	Praktická část	27
3.1	Zkušební vzorky	27
3.1.1	Konstrukční ocel ČSN 11523 (S35530)	28
3.1.2	Slitina hliníku AlMg0,7Si (AW – 6063)	29
3.1.3	Mosaz CuZn37 (Ms63)	30
3.2	Použitá zařízení	31
3.2.1	Omílací stroj	31
3.2.2	Sušicí zařízení	32
3.2.3	Drsnoměr	33
3.2.4	Leskoměr	33
3.2.5	Mikroskop	34
3.3	Použitá omílací tělíska	35
3.4	Použitá omílací přípravky	35
3.4.1	Pragopol OB 32	35
3.4.2	Pragopol OB 33	36

3.4.3	Pragopol OB 34	36
3.4.4	Pragopol OB 35	36
3.4.5	Pragopol 809.....	36
3.4.6	Pragopol 812.....	37
3.4.7	Pragokor Inhibitor 51.....	37
3.4.8	Pragopol 550.....	37
3.4.9	Pragopol Leštící sůl Universal.....	37
3.5	Měření vzorků.....	38
3.5.1	Omílání v přípravku Pragopol OB 33	38
3.5.2	Omílání v přípravku Pragopol OB 34	42
3.5.3	Omílání v přípravku Pragopol OB 35	46
3.5.4	Omílání v přípravku Pragopol 809	50
3.5.5	Omílání v přípravku Pragopol 812	54
3.5.6	Omílání v přípravku Pragopol 550	58
3.5.7	Omílání v přípravku Pragopol Leštící sůl	62
3.6	Porovnání naměřených experimentů.....	66
3.6.1	Drsnosti vzorků po procesu omílání	66
3.6.2	Zobrazivost vzorků po procesu omílání	70
3.6.3	Ocel- fotografie vzorků ze stereomikroskopu zvětšení 0,65x.....	74
3.6.4	Hliník- fotografie vzorků ze stereomikroskopu zvětšení 0,65x	77
3.6.5	Mosaz- fotografie vzorků ze stereomikroskopu zvětšení 0,65x.....	80
4	Shrnutí a závěr praktické části	83
5	Seznam použitých zdrojů	84

1 Úvod

Omílání je chemicko-mechanický proces, ve kterém se omílané součásti a omílací tělíska dostávají do relativního pohybu a tlakem na součásti dochází k odlamování otřepů, okují, k zaoblování hran, broušení a leštění povrchu součásti. Tento proces lze ovlivnit zvolením správného omílacího zařízení, materiálu, velikosti a tvaru omílacích tělísek nebo omílacího přípravku. Omílací přípravky podporují čištění, odmaštění součásti i urychlení procesu omílání. U procesu omílání je důležité zvolit vhodnou separaci součástí standardní, prutovou nebo magnetickou. Rozměry otvorů v separaci musí být menší než měřené součásti, ale větší než omílací tělíska. Do pracovní nádoby omílacího zařízení lze najednou dát více výrobků a tím šetřit čas výroby výrobku. V experimentální části práce bylo využito omílacích přípravků ke zvýšení zobrazivosti a snížení drsnosti povrchu vzorků. Použitím těchto přípravků došlo ke zvýšení zobrazivosti u všech testovaných materiálů. Omílání se používá ve strojírenství, v automobilovém i leteckém průmyslu, v lékařství i klenotnictví. Zlepšení funkčnosti, životnosti a atraktivnosti výrobků je u odběratelů velmi žádané.

2 Teoretická část

2.1 Omílání

Omílání je chemicko-mechanický proces opracování povrchu součástí, kde se brusná tělíska a obrobky v pracovní nádobě uvedou vzájemně do relativního pohybu. Požadovanou povrchovou úpravu zajišťují procesní kapaliny, omílací tělíska a správná volba omílacího zařízení.

Omílání je jedinečná povrchová úprava, jedním procesem je možné výrobek očistit, odmastit, odhrotovat, odjehlit a následně vyleštit. Do pracovní nádoby omílacího stroje je možné najednou dát více výrobků a tím šetřit čas výroby výrobku.

Omílání má předobraz v přírodních procesech hlazení kamenů v potocích nebo hlazení větví o kameny v moři.

Omílat lze všechny kovy, plasty, gumu, drahé kameny, dřevo, keramiku, sklo a mnoho dalších materiálů.

Použití omílání:

- odhrotování,
- odjehlování,
- odmaštění,
- konzervování (pomocí Inhibitorů je možné povrch výrobku chránit před korozním napadením),
- zaoblování hran (nejefektivnější v odstředivých zařízeních),
- vyhlazení povrchu (lepší vzhled, nižší tření výrobku),
- čištění povrchu (mnohem efektivnější je omílání oproti ruční práci),
- leštění (prováděné za pomoci kuliček z oceli nebo keramiky),
- kuličkování (zpevňování povrchové vrstvy, použití speciálních ocelových kuliček a satelitů). [17]

2.1.1 Druhy omílacích zařízení

Postupem času bylo vyvinuto mnoho omílacích zařízení, některá jsou efektivnější než druhá. Omílací zařízení se volí dle požadavků rychlosti procesu, opracování výrobku, velikosti výrobků a jejich tvaru.

Všechny pracovní nádoby omílacích strojů jsou obloženy ochranným materiálem (polyuretan).

Typy omílacích zařízení:

- kruhové vibrátory,
- odstředivá zařízení,
- lineární průběžná zařízení,
- vibrační žlaby,
- průběžná zařízení,
- bezdotykové omílání- zařízení pro vlečné broušení,
- ponorové broušení.

Kruhové vibrátory

Povrchová úprava vibrací se provádí v nádobě umístěné na vinutých pružinách. Pomocí speciálního vibračního motoru, který je namontován ve středu pracovní nádoby, se vytváří vibrační energie. Vibrace vytváří pohyb omílacích tělísek a opracovaných součástí.[5]



Obr. 1 Kruhový vibrátor[19]

Odstředivé zařízení

Odstředivé zařízení má 10 krát až 30 krát vyšší výkon broušení než kruhové vibrátory. Rotační disk s frekvencí 60 - 250 ot.min⁻¹ uvnitř odstředivého zařízení urychluje konstrukční části, omílací tělíska se pohybují směrem ke stěně stojící pracovní nádoby a tlačí je pomalu nahoru po stěně nádoby. Tělíska s klesající rychlostí a zvýšenou hmotností sklouzávají zpět do středu, kde se opět urychlí. Toto zařízení je z důvodu bezpečnosti nutno obstarat kabinou, výhodou kabiny je i snížení hladiny hluku. [5]



Obr. 2 Odstředivé zařízení [5]

Lineární průběžná zařízení

Lineární průběžná zařízení jsou většinou plně automatizovaná. Tato zařízení jsou prostornější. Omílaný výrobek se pohybuje v zařízení lineárně. Na jedné straně zařízení se výrobek vloží, ve vibračním žlabu, kde se omílá, se sune dále k další operaci omílání nebo do separační části, kde se omílací tělíska a výrobky oddělí. [5]

Vibrační žlaby

Vibrační žlaby se používají pro velmi objemné a těžké výrobky. Do vibračních žlabů lze dát výrobky delší než 6 metrů a širší 100 mm. Pohonný systém je přizpůsoben tak, aby se součásti a média pohybovaly v nádobě po lineárním rotačním pohybu. [5]

Průběžná zařízení

V průběžném zařízení jsou výrobky průběžně posouvány pomocí vibrací. [5]

Bezdotykové omílání- zařízení pro vlečné broušení

Bezdotykové omílání se vyznačuje tažením výrobků přes statické broušení nebo leštící omílací tělíska s vysokou rychlostí otáčení. Otáčení výrobků probíhá kolem jejich osy. [5]



Obr. 3 Bezdotykové omílací zařízení[5]

2.1.2 Separace

Pro lehčí separaci je nutné, aby se rozměr obrobku a velikost brusných a leštících tělísek zřetelně lišil. Feritické obrobky můžeme oddělit od brousících a leštících tělísek magneticky. [5]

Separace standartní

Pomocí děrované desky se oddělí obráběné součásti od omílacích tělísek. Součásti musí mít větší rozměry než otvory v desce, naopak omílací tělíska musí mít menší rozměry, aby propadly a mohly se navrátit zpět do omílacího procesu.[18]



Obr. 4 Separace standartní [18]

Separace prutová

Součásti musí mít větší rozměry než mezery mezi pruty. Omílací tělíska propadnou těmito mezerami a vrátí se zpět do pracovní nádoby omílacího zařízení. Součásti se buď ručně, nebo strojně vyndají z prutů k dalšímu zpracování. [18]



Obr. 5 Separace prutová[18]

Separace magnetická

Separace magnetická lze použít pouze u magnetických součástí. Součásti se uchytí na silný magnet a přenesou nad požadované místo, odkud budou poslány k dalšímu zpracování. Nad tímto místem se součásti demagnetizují. [18]



Obr. 6 Separace magnetická[18]

2.1.3 Úprava procesní kapaliny

Procesní kapalina složená z vody a omílacího přípravku se při procesu omílání znečišťuje mastnotou, kousky materiálu atd. omílaných výrobků. Je důležité tuto procesní kapalinu následně recyklovat.

Cirkulační systém

Cirkulační systém lze propojit s každým omílacím strojem, tím se zařídí zvýšení úspor při omílání. Většina procesů při omílání, leštění, broušení, zaoblování hran používá vodu a omílací přípravky, které způsobují úběr povrchu součásti. Tuto vodu je potřeba pročistit. Pomocí oběhového systému se provozní kapalina plně recykluje. [5]

Cirkulační systém spočívá v nádobě s přepážkami, do které jsou vypouštěny procesní kapaliny z omílacího zařízení, pevné látky se v jednotlivých komorách nádoby usazují na dno. Z poslední komory pumpa pumpuje zpět očištěnou kapalinu do omílacího zařízení.

Odstředivá zařízení

Odstředivá zařízení oddělují pevné látky od procesních kapalin. Pevné látky vznikají procesem omílání. Proces probíhá pomocí odstředivé síly, která automaticky vynáší kal. Kal se odstraňuje pomocí škrabky poháněné, buď převodovým motorem nebo pneumaticky.

2.1.4 Omílací tělesa

Omílací tělesa jsou v omílacím zařízení velmi důležitá, lze výrobky omílat i bez těles vzájemně, ale tím se výrobky navzájem mohou poškodit. Omílací tělesa určují výslednou povrchovou úpravu výrobků. Zvolení vhodného rozměru, tvaru a materiálu omílacích těles je pro výslednou úpravu výrobků prioritní. Pokud se zvolí velké rozměry těles výsledný efekt (broušení) bude výraznější a obraz broušení bude hrubší. Omílací tělesa působí jako nosné médium pro procesní kapalinu.



Obr. 7 Různé tvary a rozměry omílacích těles [20]

Materiály omílacích těles:

- plast,
- keramika,
- syntetika,
- ušlechtilá ocel,
- ořechové skořápky (sušení),
- kukuřičné stvoly (sušení),
- sklo,
- korund s keramickým pojivem.

Tvar omílacích těles:

- kuličky,
- satelity,
- válečky,
- šikmé válečky
- trojhránky,
- kužely,
- jehličky,
- hvězdice.

Leštění- zvolení vhodných omílacích těles

Pro leštění výrobků je vhodné zvolit tělesa ve tvaru kuličky, tímto tvarem se dá dosáhnout zrcadlového lesku. Používají se také šikmé válečky, které ovšem svými hranami mírně poškozují vzhled povrchu výrobku.

Materiály pro lešticí kuličky jsou keramika, sklo a neúčinnější je ušlechtilá ocel.

Pro měkčí materiály jako mosaz a hliník je vhodné zvolit tělíska plastová, pracovní doba se sice prodlouží, protože jsou lehčí, ale plastová tělíska nepoškozují materiál.

Leštění se dá částečně provádět i při sušení v drti kukuřičných stvolů.

Otřepy- zvolení vhodných omílacích těles

Pro odstranění otřepů je vhodné zvolit tvarově složitější omílací tělesa, například satelity, hvězdice, válečky, trojhránky nebo kužely.

Materiály omílacích těles se volí také dle ceny. Relativně dostupné jsou tělesa z keramiky. Pro nejvyšší efekt jsou vhodná tělesa z ušlechtilé oceli, nicméně ta jsou velmi cenově náročná.

Vzájemné lepení výrobků v omílacím zařízení

Odstranění lepení plochých tenkých výrobků k sobě se dá zamezit přidáním speciálních plastových mikrokuliček do omílacího zařízení.

2.1.5 Omílací přípravky

Omílací přípravky, někdy také nazývané kompoundy, jsou procesní kapaliny přidávané k omílacím tělískům v určitém poměru k vodě. Tyto procesní kapaliny zrychlují proces omílání. Kapaliny se volí dle materiálu výrobků, materiálu omílacích těles a pro požadovanou úpravu výrobků. Omílací přípravky jsou dostupné ve dvou verzích práškové omílací přípravy nebo kapalné koncentráty. Tyto přípravky se dále mohou dělit dle kyselosti a zásaditosti.

Většina omílacích přípravků bylo alkalických, nicméně v současné době jsou u omílacích přípravků použity biologicky odbouratelné organické substance. Kyselé nebo zásadité omílací přípravky se používají nejen pro zvýšení omílacích účinků, ale také pro pasivaci výrobků, zamezují koroznímu napadení povrchu. Hodnota pH se u kyselých omílacích přípravků pohybuje v rozmezí 3 – 5. Zásadité omílací přípravky mají hodnotu pH v rozmezí 8 – 9,5.

Použití omílacích přípravků:

- brusné,
- hladící,
- odmašťovací,
- leštící,
- na odstranění vodního kamene, rzi
- čistící,
- neutralizační,
- urychlující
- preventivní- poskytují prevenci před oxidací kovů.

2.1.6 Bezpečnost práce

U omílacího zařízení je třeba brát zřetel na manipulaci se slabými kyselinami (kyselina sírová) a abrazivy, které se mohou snadno dostat na pokožku nebo do oka. Pokud je omílací stroj nastaven špatně nebo je v něm příliš mnoho procesní kapaliny, procesní kapalina je rozstříkována do okolí stroje. [5]

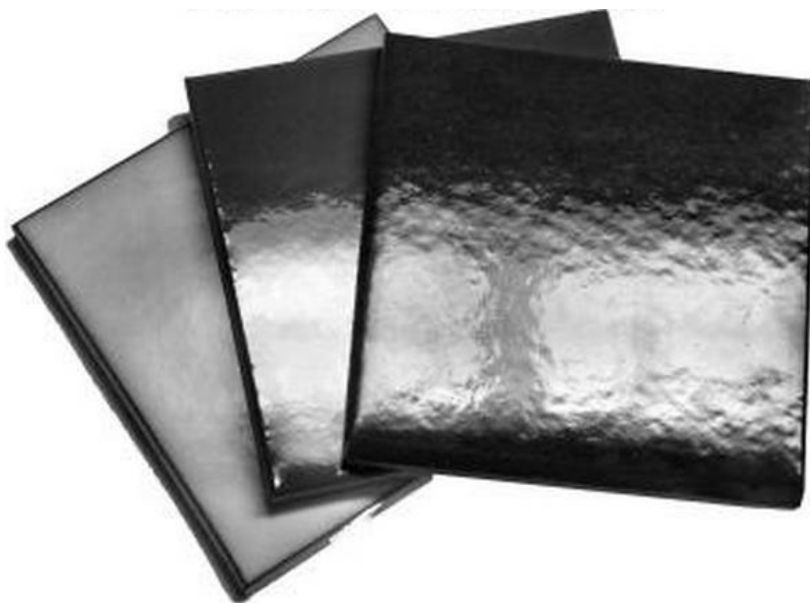
Ochrana zdraví se dá zajistit mnoha způsoby, proto je důležité je dodržovat. Každý pracovník by měl používat:

- ochrannou obuv,
- zástěru nebo oblečení, které kompletně zakryje tělo,
- rukavice,
- obličejový štít nebo ochranné brýle,
- protihluková sluchátka.

Pokud přijde pokožka do styku s chemikáliemi, je nutné provést důkladný oplach vodou. Pokud se procesní kapalina dostane do oka, je nutné oko ihned propláchnout vodou a co nejdříve navštívit lékaře.

2.2 Lesk povrchu

Lesk povrchu je poměr mezi intenzitou dopadajícího a odraženého světelného záření. Povrch součásti má na sobě mnoho nerovností, čím jsou nerovnosti menší, tím se zdá povrch lesklejší. Nerovnosti povrchu jsou způsobeny výrobou (řezné, brusné nástroje) nebo mechanickým poškozením (poškrábání). Lesk povrchu se měří pomocí leskoměru. Měřit lesk se dá na různém povrchu, třeba na papíru, nátěru, dřevu, potravinách.[1]



Obr. 8 Ukázka matných a lesklých povrchů [2]

Normy pro stanovení zrcadlového lesku:

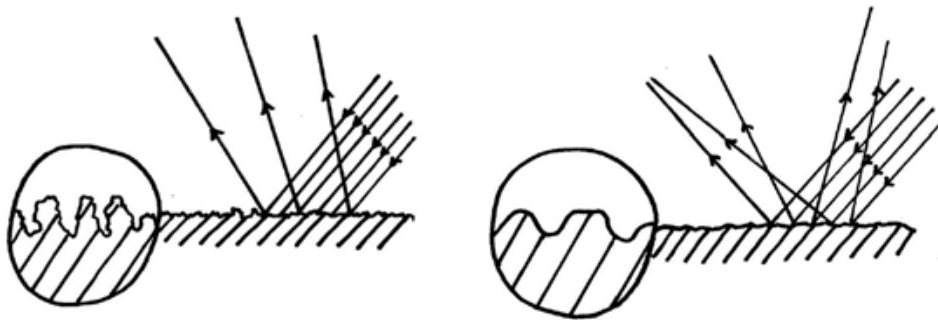
- ČSN ISO 2813 – Nátěrové hmoty – Stanovení zrcadlového lesku nátěrů bez obsahu kovových pigmentů při úhlu 20 °, 60 ° a 85 °.
- ČSN EN ISO 7668 – Anodická oxidace hliníku a jeho slitin – Měření zrcadlové odrazivosti a zrcadlového lesku anodických oxidových povlaků při úhlech 20 °, 45 °, 60 ° nebo 85 °.
- ČSN 03 8158 – Ochrana proti korozi. Kovové a nekovové anorganické povlaky. Metoda určování zobrazivosti.

2.2.1 Jednotka lesku

Jednotkou lesku je GU (Gloss unit). Jednotka lesku je založena na vysoce leštěném referenčním černém skle s definovaným indexem lomu, který má zrcadlovou odrazivost 100 GU pod zadaným úhlem nasvícení. Dokonale matný povrch má 0 GU. Naopak u vysoce reflexních materiálů (zrcadel) lze dosáhnout až hodnoty 2 000 GU.

Dělení povrchu podle mikronerovnosti:

- povrch matný,
- povrch lesklý,
- povrch zobrazivý.



Obr. 9 Odraz světelných paprsků na matném a lesklém povrchu [1]

Matný povrch

Matný povrch částečně odráží a částečně pohlcuje světelné paprsky na povrch součásti. Pohlcovaných paprsků povrchem je víc než odražených paprsků. Matný povrch má větší drsnost než lesklý povrch. Na matném povrchu nejsou znatelně viditelné nečistoty a otisky prstů. [1]

Lesklý povrch

Lesklý povrch odráží většinu dopadajících světelných paprsků. Tento povrch pohlcuje pouze malou část dopadajících světelných paprsků. [1]

Zobrazivý povrch

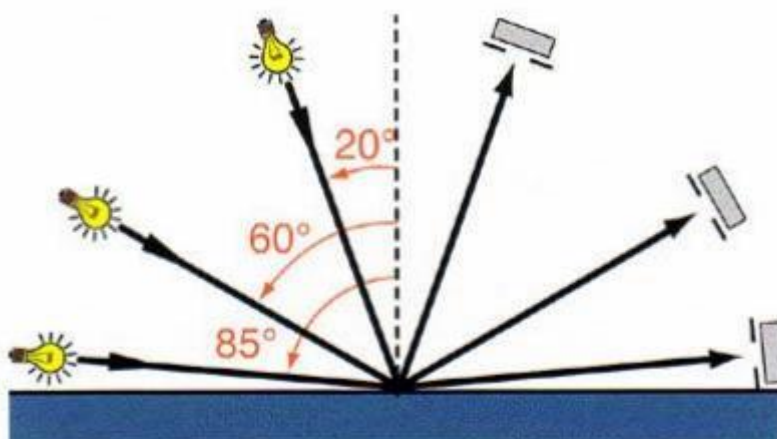
Zobrazivý povrch odráží téměř všechny dopadající světelné paprsky. Na tomto povrchu se zobrazuje ostrý odraz okolí z větší pozorovací vzdálenosti (zrcadlo). [1]

2.2.2 Leskoměry

Leskoměry jsou zařízení stanovující přesný lesk povrchu. Součástí se osvěcují diodovým světlem pod určitými úhly. U leskoměrů se nejčastěji používají úhly měření 20 °, 60 ° a 85 °. Výjimečně se měří s úhly 45 °, 75 °. Materiál se před měřením nemusí speciálně upravovat. [3]

Rozsah lesku	60 °	Doporučený úhel
Lesklý	> 70 GU	20 °
Středně lesklý	10 – 70 GU	60 °
Spíše matný	<10 GU	85 °

Tab. 1 Doporučení úhlu při různém lesku povrchu [3]



Obr. 10 Nejčastěji používané úhly měření [4]

Princip leskoměru

Leskoměry porovnávají měřený povrch s referenčním sklem o odrazivosti 100 GU nebo se standardem, se kterým je povrch součásti porovnáván. Měřený povrch je nasvícen diodami a podle počtu odražených paprsků se změří přesná hodnota lesku. [5]

Použití leskoměrů:

- automobilový průmysl,
- průmysl barev a nátěrů,
- při hodnocení vlastnosti papíru, plastu a keramiky.



Obr. 11 Ukázka použití leskoměru [6]

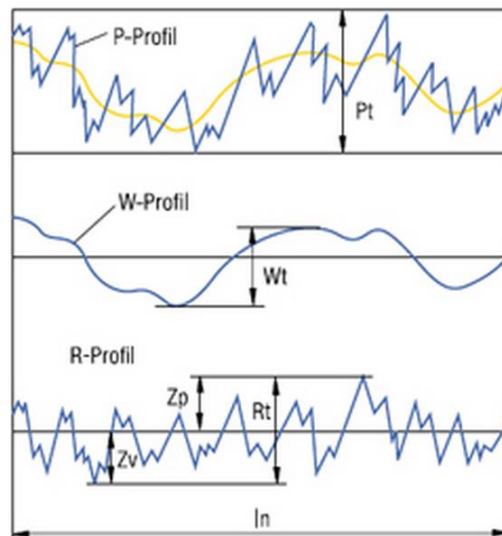
2.3 Profil povrchu

Profil povrchu (obraz povrchu) se získá pohybem snímače, kterým se dostane 2D profil. Z nefiltrovaného základního profilu se získá drsnost a vlnitost povrchu součásti. [7]

P – parametr ze základního profilu

W – parametr z profilu vlnitosti

R – parametr z profilu drsnosti



Obr. 12 Profil povrchu [7]

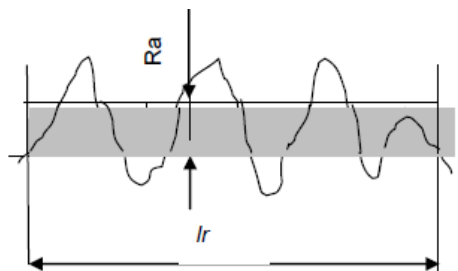
Periodický povrch materiálu vzniká po obráběcích nástroji (broušení, frézování, hoblování). U periodického povrchu se zjišťuje parametr R_{sm} . Parametr je definován v normě ČSN EN ISO 4287.[8]

Aperiodický povrch materiálu součásti vzniká po broušení, omílání, leštění, lapování. U aperiodického povrchu se zjišťují parametry R_a a R_z . Parametry jsou definovány v normě ČSN EN ISO 13565 – 2.[9]

2.4 Drsnost povrchu (ČSN EN ISO 4287)

Drsnost povrchu je nerovnost povrchu součásti, která vzniká při její výrobě. Drsnost se určuje podle hloubky, druhu a vzhledu stop na povrchu součásti, který zanechal obráběcí nástroj nebo různé procesy povrchové úpravy součásti.

U drsnosti povrchu se nejčastěji používá hodnota střední aritmetická úchylka R_a , tedy střední hodnota vzdálenosti bodů zjištěného povrchu od jeho střední úrovně. Drsnost je důležitá hlavně u namáhaných součástí. Tyto součásti se začínají porušovat od povrchu.[5][10][14]



Obr. 13 Aritmetický průměr absolutních hodnot v rozsahu délky l_r [12]

2.4.1 Veličiny nosného podílu ČSN EN ISO 13565

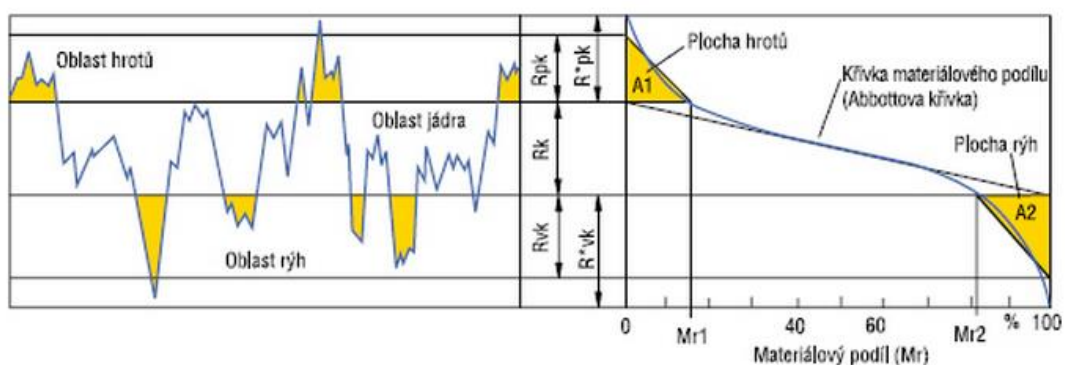
R_k – Základní hloubka – hloubka profilu jádra drsnosti

R_{pk} – Redukovaná výška špiček – střední výška špiček

R_{vk} – Redukovaná hloubka rýh – střední hloubka rýh profilu

Mr_1 – Podíl materiálu nad profilem jádra

Mr_2 – Podíl materiálu pod povrchem profilu [9][11]



Obr. 14 Veličiny nosného podílu a Abbottova křivka [11]

2.4.2 Metody hodnocení drsnosti povrchu

Hodnocení zrakem nebo hmatem

Zrakem nebo hmatem se určí způsob opracování součásti. Zvolí se vzorkovnice se vzorky. Tyto vzorky jsou opracované stejným způsobem jako opracovaná součást. Porovnají se s opracovanou součástí pomocí zraku a hmatu.



Obr. 15 Vzorkovnice drsnosti povrchu [13]

Hodnocení mikroskopem

Mikroskopem se určí způsob opracování součásti. Stejně jako u hodnocení zrakem nebo hmatem, se zvolí vzorkovnice se vzorky. Tyto vzorky se porovnají s povrchem součásti. Vzorek ze vzorkovnice, který se podobá nejvíce svou drsností s vyhodnocovanou součástí, se vloží do držáku mikroskopu. Druhý objektiv se přiloží k povrchu vyhodnocované součásti. Oba vzorky se zvětší a určí se podobnost povrchů. [5]

Hodnocení drsnoměrem

Drsnoměr je kompaktní přístroj. Měření drsnosti se provádí pohybem senzoru nad testovaným povrchem. [10][14]

2.4.3 Parametry dle normy ČSN EN ISO 4287

Tato mezinárodní norma určuje termíny, definice, parametry pro určení struktury povrchu jako je drsnost a vlnitost profilovou metodou.

Parametry:

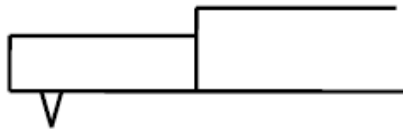
- R_p - největší výška jednoho výstupku profilu,
- R_v - největší hloubka prohlubně profilu,
- R_z - největší výška celého měřeného povrchu,
- R_c - průměrná výška jednotlivých prvků profilu,
$$R_c = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m Z_{ti} \quad [8]$$
- R_t - celková výška profilu.
- R_a - průměrná aritmetická úchylka posuzovaného profilu,
$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l |Z(x)| dx \quad [8]$$
- R_q - průměrná kvadratická úchylka posuzovaného profilu,
$$R_q = \sqrt{\frac{1}{l} \int_0^l |Z^2(x)| dx} \quad [8]$$
- R_{sk} - šikmost posuzovaného profilu,
- R_{sm} - střední vzdálenost rýh elementů drsnosti
- R_{ku} - špičatost posuzovaného povrchu.
- L_r – základní délka [8]

Drsnoměry

Drsnoměry jsou přístroje na měření drsnosti povrchu výrobku. Drsnoměry se dělí na stolní a přenosné přístroje. Stolní přístroje jsou větších rozměrů, mají pevnou podložku, na kterou se pokládá nebo upevňuje výrobek. Přenosné drsnoměry jsou malé kompaktní přístroje, jejich výhodou je měření v každé pozici snímače, mohou měřit i svislou stěnu výrobku. [16]

Absolutní snímání

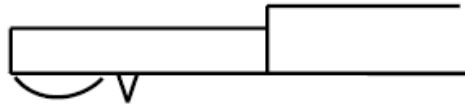
U absolutního snímání je měřícím základem přímá nebo tvarovaná dráha snímače. Měření je citlivější na otřesy a pomalejší než u relativního snímání. [15]



Obr. 16 Absolutní systém snímání [12]

Relativní snímání

U relativního snímání je měřícím základem dráha generovaná opěrnou patkou klouzající po měřeném povrchu. Relativní snímání mechanicky filtruje vlnitost.[15]



Obr. 17 Relativní systém snímání [12]

Kvalitu měření výrazně ovlivňují nečistoty povrchu a vibrace z okolního prostředí, proto je důležité měření provádět na pevné podložce (keramické, granitové), měřenou plochu je důležité vyrovnat. Teplota v rozmezí 15 – 30 °C nemá vliv na kvalitu povrchu. [11]



Obr. 18 Drsnoměr Zeiss SURFCOM 130A[13]

3 Praktická část

Úvod

Praktická část této diplomové práce je zaměřena na měření lesku a drsnosti povrchu zkušebních vzorků omílaných v různých přípravcích (Pragochema s.r.o.) ve vibračním omílacím zařízení. Všechna měření byla provedena na Ústavu strojírenské technologie ČVUT v Praze.

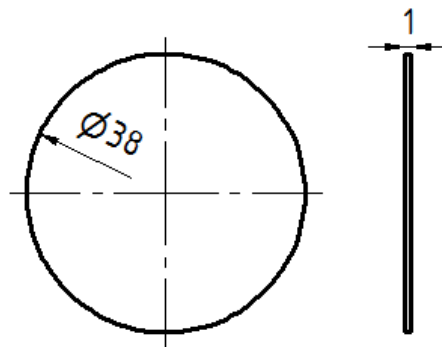
Cílem experimentu bylo stanovení vhodných omílacích přípravků ke zlepšení povrchu vzorků z různých materiálů.

3.1 Zkušební vzorky

V experimentální části byly použity tři druhy vzorků, které byly vysekány z válcovaných plechů. Rozměry těchto vzorků byly určeny tak, aby byla možná separace v omílací nádobě od omílacích tělísek.

Materiály vzorků:

- ocel,
- slitina hliníku,
- mosaz.



Obr. 19 Rozměry vzorků, výkres z programu Autodesk Inventor

3.1.1 Konstrukční ocel ČSN 11523 (S355)

Nelegovaná konstrukční ocel vhodná ke svařování.

Složení:

- P – 0,013,
- S – 0,032,
- Cr – 0,022,
- Mn – 0,32,
- Cu – 0,06.

Mechanické vlastnosti:

- pevnost v tahu R_m – 510-680 MPa,
- mez kluzu R_e – min. 355 MPa,
- tažnost A10 – min. 22 %. [21]

Tato ocel se používá na mostní a jiné svařované konstrukce, součásti strojů.



Obr. 20 Vzorek z konstrukční oceli

3.1.2 Slitina hliníku AlMg0,7Si (AW – 6063)

Složení:

- Al – 98,597,
- Mg – 0,7,
- Si – 0,4,
- Zn – 0,1,
- Fe – 0,203.

Mechanické vlastnosti:

- pevnost v tahu R_m – 220 MPa,
- mez kluzu R_m – 170 MPa,
- tažnost A –8 %. [22]

Hliník AlMg0,7Si se používá tam, kde není potřeba vysoká pevnost, okna, dveře, sloupy osvětlení a stožáry.



Obr. 21 Vzorek ze slitiny hliníku

3.1.3 Mosaz CuZn37 (Ms63)

Složení:

- Zn – 35,87,
- Ni – 0,05,
- Cu – 64
- Sn – 0,04
- Fe – 0,02.

Mechanické vlastnosti:

- pevnost v tahu R_m – 370 - 440 MPa,
- mez kluzu R_m – 170 MPa,
- tvrdost dle Vickerse 95 – 140 HV,
- tvrdost dle Brinella 90 – 130 HB. [23]

Mosaz CuZn37 je nejběžnější mosaz používaná ve výrobě. Tato mosaz je dobře zpracovatelná za studena a je vhodná k pokovování. [23]



Obr. 22 Vzorek z mosazi

3.2 Použitá zařízení

3.2.1 Omílací zařízení

Omílání probíhalo v kruhovém vibračním omílacím zařízení značky Rösler. Pracoviště Ú12133 je vybaveno zařízením s označením CER 125. Tento stroj byl vyroben v roce 2012.

Parametry stroje:

- celkový objem: 100 l,
- počet otáček: 1500 ot.min⁻¹,
- jmenovitá hodnota el. proudu: 0,75 kW,
- provozní napětí: 3 x 400 V, 50 Hz,
- hmotnost stroje: 330 Kg.[5]



Obr. 23 Kruhový vibrátor s označením CER 125 na pracovišti[5]

Separace v tomto zařízení patří mezi standartní separace. Je nutné volit rozměry omílaných součástí a omílacích tělísek tak, aby omílané součásti nepropadaly separací, naopak tělíska musí propadnout.[5]



Obr. 24 SeparáčnÍ síto s klínky[5]

3.2.2 Sušící zařízení

Sušení vzorků bylo provedeno horkovzdušnou pistolí s označením BOSCH GHG 660 LCD. Tato pistole má regulaci teploty a vzduchu. Pracovní teplota lze nastavit v rozmezí 50 – 660 °C. Proud vzduchu je v rozmezí 250 – 500 l.min⁻¹. Jmenovitý příkon: 2.300 W. [20]



Obr. 25 Horkovzdušná pistole BOSCH[24]

3.2.3 Drsnoměr

Pro změření drsnosti byl použit přístroj Mytutoyo na měření drsnosti s označením SurfTest SJ-301. Přístroj zpracovává tyto měřené parametry: Ra, Ry, Rz, Rq, Sm, Rpk, Rvk, Lo, A1, A2 a mnoho dalších.[25]

Základní vlastnosti:

- grafická analýza BAC1, BAC2, ADC,
- pracovní rozsah: Ra 0,01 – 75 μm , Ry / Rz 0,02 – 300 μm ,
- délka posuvu: 0,08; 0,25; 0,8; 2,5; 5 a 8 mm,
- vzorkování: x1, x3, x5; digitální filtr a zvětšení,
- statistika: minimální hodnota, maximální hodnota, směrodatná odchylka, rozložení frekvence, pass ratio.[25]



Obr. 26 Drsnoměr Mytutoyo

Na tomto drsnoměru se vyhodnocovala pouze hodnota Ra, měření probíhalo na desce stolu, nikoli na keramické či jiné podložce odbourávající okolní vibrace, tudíž v měřeních mohlo dojít k menším odchylkám.

Měření drsnoměrem na vzorcích bylo vždy provedeno třikrát na jednom vzorku, který se mírně natáčel, aby se dala zjistit průměrná drsnost celého vzorku. Hrot drsnoměru snímal vzdálenost 5 mm.

3.2.4 Leskoměr

Pro měření lesku byl použit leskoměr Spectro-guide. Tento přístroj měří jak lesk povrchu, tak jeho barevné spektrum.

Základní vlastnosti:

- hmotnost: 500 g,
- rozměry: 8 x 18 x 9,5 cm
- provozní teplota: 10 – 40 °,
- úhel měření: 60 °,
- opakovatelnost měření $\pm 0,1$ GU,
- paměť na 200 standardů a 999 měření.



Obr. 27 Leskoměr Spektro-guide

3.2.5 Mikroskop

Pro vizuální hodnocení testovaných vzorků byl použit stereomikroskop s označením OLYMPUS SZ-61. Použité zvětšení v této práci bylo pouze o 0,67 x, větší zvětšení nebylo nutné.



Obr. 28 Stereomikroskop OLYMPUS

3.3 Použitá omílací tělíska

Omílací tělíska použitá pro experimentální práci na omílání vzorků byla keramická neabrazivní tělíska. Rozměry tělísek 4 x 6 mm. Hmotnost použitých tělísek 150 Kg (na smočení 150 Kg omílacích tělísek bylo potřeba cca 3 l vody).



Obr. 29 Omílací tělíska s rozměry 4 x 6 mm

3.4 Použité omílací přípravky

3.4.1 Pragopol OB 32

Pragopol OB 32 je práškový omílací přípravek s tříštivým brusivem. Během omílání se tříští na menší a menší částice, které mají stále ostré hrany, takže úspěšně brousí omílaný povrch. Přípravek obsahuje biologicky rozložitelné povrchové aktivní látky, zahušřovadla, korozní inhibitory a alkalická činidla. Přípravek je na všechny běžné kovové konstrukční materiály a je vhodný také na korozivzdornou ocel a slitiny hliníku a zinku. Pragopol OB 32 se používá v kombinaci s keramickými brusnými tělíska. Kombinuje se s omílacími tělíska, které nemají brusný účinek. Může se použít i bez omílacích tělísek. Pasta se vytvoří asi po 10 minutách expozice v zařízení. Omílání trvá v rozmezí 4 - 48 hodin v závislosti na druhu a tvaru upravované součásti.

Složení: oxid křemičitý, metakřemičitan sodný

3.4.2 Pragopol OB 33

Přípravek má stejné vlastnosti jako OB 32, navíc obsahuje komplexotvorné látky, které urychlují rozpouštění oxidů železa (okují) i v neutrálním prostředí.

Složení: oxid křemičitý, karboxymethylcelulosa

3.4.3 Pragopol OB 34

Přípravek má stejné vlastnosti jako OB 32. Může se použít současně s přípravkem Pragopol 815.

Složení: dusičnan sodný, alkylbenzensulfonan sodný

3.4.4 Pragopol OB 35

Pragopol OB 35 je práškový omílací přípravek s brusivem na bázi korundu a tříštivého brusiva. Tříštivé brusivo se v průběhu omílání tříští na menší částice, které zůstávají ostrohranné, dále brousí omílaný povrch kovů. Po delší době omílání se částice zmenší natolik, že přípravek začne povrch leštit. Přípravek se aplikuje na povrch mokrých neabrazivních omílacích tělísek. Přípravek se dávkuje v rozmezí 4 – 8 % ke zbytkové vodě. Omílací tělíška se obalí hustší pastou brusiva.

3.4.5 Pragopol 809

Pragopol 809 je kapalný koncentrát. Tento přípravek je navržen pro odmašťování a leštění v omílacích strojích. Koncentrát je čirá, tmavě hnědá kapalina kyselého charakteru. Přípravek je vhodný s použitím nerezových nebo porcelánových omílacích tělísek. Používá se na výrobky z nízkouhlíkové oceli, legovaných ocelí, mědi a stříbra. Dá se používat i bez omílacích tělísek. Pragopol 809 je vhodný pro broušení a odhroťování součástí. Koncentrát se ředí ve vodě v poměru 1 : 10 – 50. Doba leštícího procesu záleží na požadované kvalitě povrchu součásti, jeho množství a velikosti. Po aplikaci je nutné součásti opláchnout čistou vodou.

Složení: Alkylbenzensulfonan sodný, diethanolamid kokosové kyseliny, kyselina citronová, alkohol c11, poly (5 – 15) ethoxylát

3.4.6 Pragopol 812

Pragopol 812 je kapalný koncentrát. Tento přípravek je určený pro omílání a leštění mědi a jejich slitin v omílacích strojích. Přípravek odstraňuje korozní zplodiny, odstraňuje vzhledové defekty způsobené selektivním odzinkováním mosazi při tepelném zpracování. Koncentrát se ředí ve vodě v poměru 1:16 – 33, dávkuje se, buď jednorázově, nebo se jím obsah omílacího stroje skrápí.

Pragopol 812 je žíravá látka. Při práci je nutné dodržovat předpisy pro práci s nebezpečnými látkami, nutno používat ochrannou obuv, laboratorní plášť, rukavice a obličejový štít.

Složení: kyselina sírová, ethoxylovaný kokosový amin

3.4.7 Pragokor Inhibitor 51

Přípravek je určen především pro mezioperační ochranu a pasivaci aktivního povrchu kovů na bázi železa, oceli a litiny a díle slitin mědi při odmašťování, moření, omílání. Přípravek se aplikuje i jako samostatná operace po omletí případně i moření zboží. V těchto případech je pasivace konečnou úpravou a vzorky se před sušením neoplachují. Přípravek se aplikuje do pracovní lázně a ředí se s destilovanou nebo aspoň měkkou vodou. Ponor trvá 2 – 5 minut.

Složení: cyklohexylamin, ethoxylovaný kokosový amin, mastný amin ethoxylát

3.4.8 Pragopol 550

Pragopol 550 je omílací přípravek určený k odbřítování a broušení výrobků ze slitin zinku. Tento přípravek má dobrou čistící schopnost pro kovový povrch. Antikorozně chrání povrch zinkových slitin při omílání i po jeho skončení a omezuje vzniku bílé rzi.

Složení: ester kyseliny sulfojantarové a 2-ethylhexanolu, alkohol (C12-15)

3.4.9 Pragopol Leštící sůl Universal

Pragopol Leštící sůl je práškový přípravek určený pro leštění a sjednocení povrchu malých ocelových předmětů. Přípravek se dávkuje v množství 1 – 5 Kg na 100 l omílacího roztoku.

Složení: uhličitan sodný, pyrofosforečnan sodný, alkylbenzensulfonan sodný

3.5 Měření vzorků

Měřené vzorky se vkládaly po 9 kusech od každého materiálu do omílacího zařízení (Rösler CER 125). Postupně po 30, 60 a 120 minutách se z každého materiálu tři vyseparovaly, pomocí klasické separace. Vzorky se následně osušily horkovzdušnou pistolí a očistily od usazených procesních kapalin. Poté probíhalo měření drsnosti a zobrazivosti na již zmíněných zařízeních (Surftest SJ-301 a Spectro-quire). Drsnost se měřila vždy ve třech směrech na jednotlivém vzorku, ze získaných 9 měření se spočítala výsledná průměrná hodnota.

3.5.1 Omílání v přípravku Pragopol OB 33

Použitý přípravek: Pragopol OB 33

Koncentrace: 15 %

Čas omílání: 30, 60 a 120 minut.

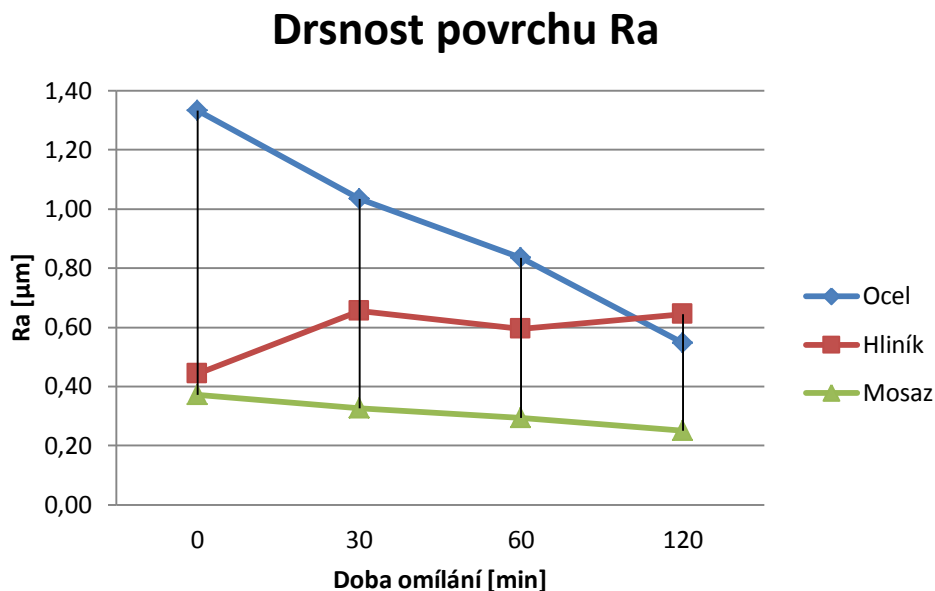
Drsnost povrchu vzorků v závislosti na čase omílání

Drsnost Ra	Neupravené			30 minut			1 hodina			2 hodiny		
	Ocel	Hliník	Mosaz	Ocel	Hliník	Mosaz	Ocel	Hliník	Mosaz	Ocel	Hliník	Mosaz
1	1,36	0,48	0,34	0,84	0,65	0,34	0,74	0,71	0,26	0,53	0,51	0,25
	1,25	0,58	0,35	1,05	0,59	0,32	0,76	0,66	0,23	0,52	0,55	0,26
	1,23	0,58	0,32	1,01	0,92	0,36	0,79	0,41	0,23	0,46	0,55	0,2
2	1,25	0,33	0,3	1,3	0,6	0,28	0,87	0,48	0,31	0,61	0,63	0,22
	1,31	0,36	0,31	0,98	0,56	0,34	1,02	0,4	0,36	0,54	0,95	0,27
	1,22	0,41	0,35	1,28	0,64	0,33	0,97	1,11	0,32	0,62	0,7	0,27
3	1,5	0,46	0,57	1	0,52	0,27	0,92	0,45	0,29	0,46	0,56	0,24
	1,43	0,37	0,4	0,84	0,61	0,38	0,67	0,6	0,32	0,59	0,92	0,28
	1,45	0,42	0,41	1,01	0,81	0,31	0,78	0,54	0,33	0,59	0,42	0,26
Průměrné	1,33	0,44	0,37	1,03	0,66	0,33	0,84	0,60	0,29	0,55	0,64	0,25

Tab. 2 Všechna proběhlá měření na zjištění drsnosti povrchu vzorků

	Čas omílání [min]	0	30	60	120
Drsnost Ra	Ocel	1,33	1,03	0,84	0,55
	Hliník	0,44	0,66	0,60	0,64
	Mosaz	0,37	0,33	0,29	0,25

Tab. 3 Průměry z měření drsnosti povrchů



Graf 1 Drsnost povrchu vzorků po omílání s přípravkem OB 33

Závěr měření:

Měřená drsnost u vzorků z oceli se s časem 120 minut omílání snížila o 59 %. Drsnost vzorků z mosazi se snížila o 32 %, ale drsnost u vzorků ze slitiny hliníku se zvýšila o 45 %.

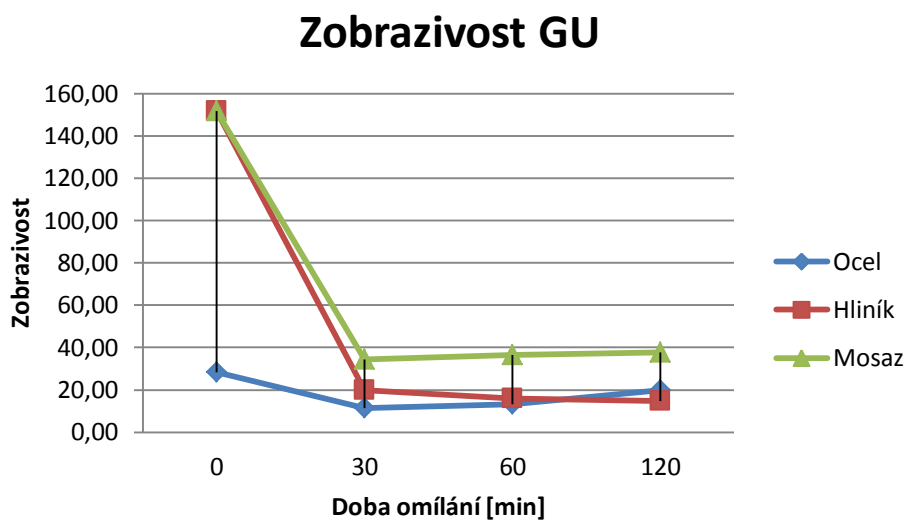
Zobrazivost povrchu vzorků v závislosti na čase omílání

Lesk GU	Neupravené			30 minut			1 hodina			2 hodiny		
	Ocel	Hliník	Mosaz	Ocel	Hliník	Mosaz	Ocel	Hliník	Mosaz	Ocel	Hliník	Mosaz
1	21,5	151,6	151,7	9,3	39,5	27,8	11,8	31,6	40,3	18,2	12	33,2
2	23,4	151,7	151,7	9	9,6	31,7	14	8	33,2	20,2	8,7	46,3
3	40,3	151,7	151,7	16,3	10,1	43,2	14	7,8	35,9	20,9	23,5	33,3
Průměry	28,40	151,67	151,70	11,53	19,73	34,23	13,27	15,80	36,47	19,77	14,73	37,60

Tab. 4 Všechna proběhlá měření na zjištění zobrazivosti povrchu vzorků

Lesk GU	Čas omílání [min]	0	30	60	120
Zobrazivost	Ocel	28,40	11,53	13,27	19,77
	Hliník	151,67	19,73	15,80	14,73
	Mosaz	151,70	34,23	36,47	37,60

Tab. 5 Průměry z měření zobrazivosti povrchů vzorků



Graf 2 Zobrazivost vzorků po omílání s přípravkem OB 33

Závěr měření:

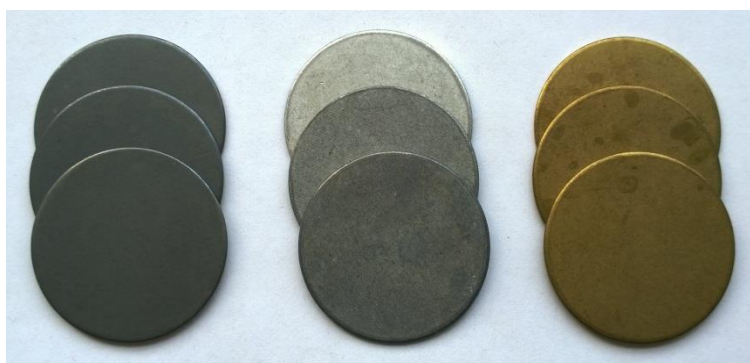
Hodnota zobrazivosti se výrazně snížila již při 30 minutách omílání u všech vzorků. U hliníku proběhlo stejné snížení zobrazivosti po 30 minutách jako u mosazi. U vzorků oceli a mosazi se začala zobrazivost po 60 minutách zvyšovat. Konečné zobrazivosti vzorků byly po 120 minutách omílání nižší pro ocel o 30 %, hliník o 90 % a mosaz o 75 %.



Obr. 30 Omílání v OB 33, 30 minut



Obr. 31 Omílání v OB 33, 60 minut



Obr. 32 Omílání v OB 33, 120 minut

Vzhled vzorků:

Po procesu omílání všechny vzorky vykazovaly zmatnění. Některé vzorky slitiny hliníku setrvaly na stěně omílacího zařízení, tyto vzorky vykazovaly menší zmatnění než ostatní.

3.5.2 Omílání v přípravku Pragopol OB 34

Použitý přípravek: Pragopol OB 34

Koncentrace: 15 %

Čas omílání: 30, 60 a 120 minut.

Drsnost povrchu vzorků v závislosti na čase omílání

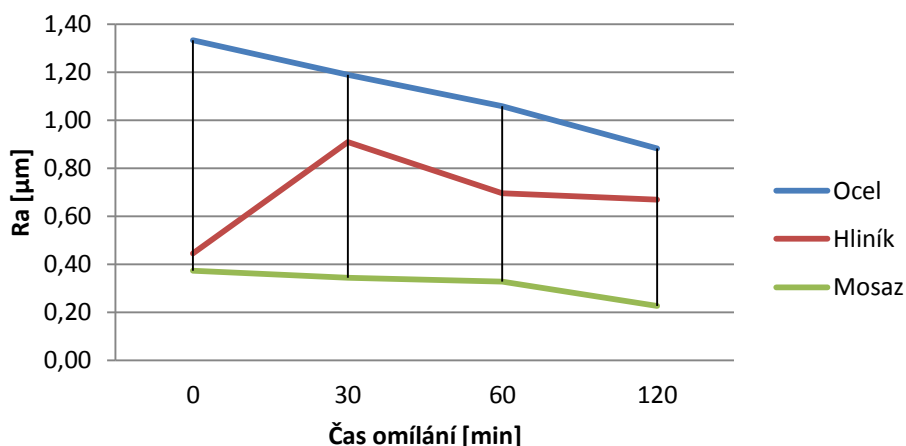
Drsnost Ra	Neupravené			30 minut			1 hodina			2 hodiny		
	Ocel	Hliník	Mosaz	Ocel	Hliník	Mosaz	Ocel	Hliník	Mosaz	Ocel	Hliník	Mosaz
1	1,36	0,48	0,34	1,37	0,94	0,27	0,96	0,82	0,33	0,7	0,54	0,24
	1,25	0,58	0,35	1,11	0,92	0,29	0,94	0,74	0,3	0,93	0,58	0,21
	1,23	0,58	0,32	1,24	1,05	0,27	1,06	0,64	0,37	0,83	0,71	0,22
2	1,25	0,33	0,3	1,21	0,97	0,33	1,06	0,93	0,24	0,78	0,78	0,24
	1,31	0,36	0,31	1,23	0,79	0,3	1,08	0,54	0,32	0,97	0,7	0,22
	1,22	0,41	0,35	1,04	0,78	0,36	1,22	0,59	0,35	0,84	0,75	0,22
3	1,5	0,46	0,57	1,2	0,96	0,41	1,04	0,72	0,35	0,92	0,6	0,23
	1,43	0,37	0,4	1,29	0,91	0,37	1,12	0,58	0,37	0,91	0,72	0,24
	1,45	0,42	0,41	1,02	0,85	0,48	1,04	0,69	0,32	1,05	0,64	0,22
Průměr	1,33	0,44	0,37	1,19	0,91	0,34	1,06	0,69	0,33	0,88	0,67	0,23

Tab. 6 Všechna proběhlá měření na zjištění drsnosti povrchu vzorků

	Čas omílání [min]	0	30	60	120
Drsnost Ra	Ocel	1,33	1,19	1,06	0,88
	Hliník	0,44	0,91	0,69	0,67
	Mosaz	0,37	0,34	0,33	0,23

Tab. 7 Průměry z měření drsnosti povrchů

Drsnost povrchu Ra



Graf 3 Drsnost povrchu vzorků po omílání s přípravkem OB 34

Závěr měření:

Měřená hodnota drsnosti vzorků oceli se s časem snižuje o 33 %. Drsnost vzorků z mosazi se snižuje více o 37 %. Hodnoty drsností u vzorků z hliníku se s časem dost měnily, jejich konečné zvýšení drsnosti bylo o 52 %.

Zobrazivost povrchu vzorků v závislosti na čase omílání

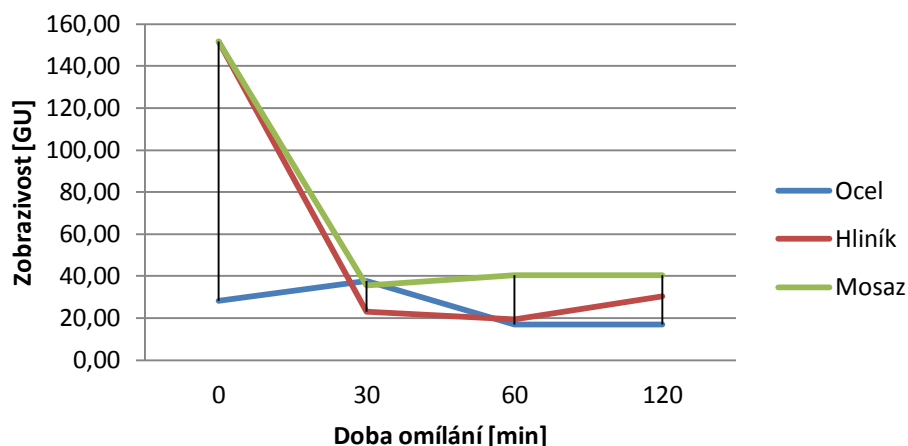
Lesk GU	Neupravené			30 minut			1 hodina			2 hodiny		
	Ocel	Hliník	Mosaz	Ocel	Hliník	Mosaz	Ocel	Hliník	Mosaz	Ocel	Hliník	Mosaz
1	21,5	151,6	151,7	37,9	16,1	37,4	14,4	16,6	41,9	10,5	32,6	39,2
2	23,4	151,7	151,7	34,9	26,9	35,4	21,7	21,8	40,1	23,9	30,1	40,5
3	40,3	151,7	151,7	40,4	26,5	33,5	15,1	19,8	39,2	16,3	28,1	41,9
Průměry	28,40	151,67	151,70	37,73	23,17	35,43	17,07	19,40	40,40	16,90	30,27	40,53

Tab. 8 Všechna proběhlá měření na zjištění zobrazivosti povrchu vzorků

Lesk GU	Čas omílání [min]	0	30	60	120
Zobrazivost	Ocel	28,40	37,73	17,07	16,90
	Hliník	151,67	23,17	19,40	30,27
	Mosaz	151,70	35,43	40,40	40,53

Tab. 9 Průměry z měření zobrazivosti povrchů vzorků

Zobrazivost



Graf 4 Zobrazivost vzorků po omílání s přípravkem OB 34

Závěr měření:

Hodnoty zobrazivosti se výrazně snížily již při 30 minutách omílání u vzorků slitin hliníku a mosazi. Hodnoty vzorků oceli se z původní hodnoty 28,4 GU po 30 minutách omílání zvýšily na 37,7 GU, ale po 60 minutách se zobrazivost snížila k 17 GU a zůstala na této hodnotě i po dobu 120 minut. U mosazi a hliníku se po 60 minutách hodnota zobrazivosti začala zvyšovat, což může být způsobeno lepším roztrhnutím práškového přípravku OB 34. Hodnoty zobrazivosti po 120 minutách omílání se u vzorků oceli snížili o 41 %, pro slitiny hliníku a mosazi se snížily o 80 a 73 %.



Obr. 33 Omílání v OB 34, 30 minut



Obr. 34 Omílání v OB 34, 60 minut



Obr. 35 Omílání v OB 34, 120 minut

Vzhled vzorků:

V prostředí Pragopol OB 34 vzorky navzájem ulpívaly jeden k druhému nebo setrávaly na stěně omílacího zařízení. Tyto vzorky se neomílaly rovnoměrně, proto má jejich povrch různá zmatnění.

3.5.3 Omílání v přípravku Pragopol OB 35

Použitý přípravek: Pragopol OB 35

Množství přípravku: 700 g (při menším množství přípravku se nevytvořila požadovaná pasta na omílacích tělískách)

Čas omílání: 30, 60 a 120 minut.

Drsnost povrchu vzorků v závislosti na čase omílání

Drsnost Ra	Neupravené			30 minut			1 hodina			2 hodiny		
	Ocel	Hliník	Mosaz	Ocel	Hliník	Mosaz	Ocel	Hliník	Mosaz	Ocel	Hliník	Mosaz
1	1,36	0,48	0,34	1,14	0,86	0,43	1,18	0,72	0,45	1,03	0,61	0,26
	1,25	0,58	0,35	1,34	0,88	0,42	1,01	0,73	0,46	1,26	0,59	0,25
	1,23	0,58	0,32	1,18	0,8	0,49	1,29	0,85	0,45	1,98	0,65	0,28
2	1,25	0,33	0,3	1,36	0,98	0,55	1,05	0,96	0,33	1,1	0,73	0,37
	1,31	0,36	0,31	1,16	0,9	0,53	1,16	0,96	0,46	0,91	0,63	0,28
	1,22	0,41	0,35	1,3	0,98	0,6	1,13	0,93	0,43	0,86	0,65	0,32
3	1,5	0,46	0,57	1,38	0,83	0,46	1,33	0,79	0,44	1,24	X	X
	1,43	0,37	0,4	1,48	1,17	0,51	1,27	0,79	0,49	1,02		
	1,45	0,42	0,41	1,19	0,88	0,41	1,26	0,82	0,41	0,92		
Průměrné	1,33	0,44	0,37	1,28	0,92	0,49	1,19	0,84	0,44	1,15	0,64	0,29

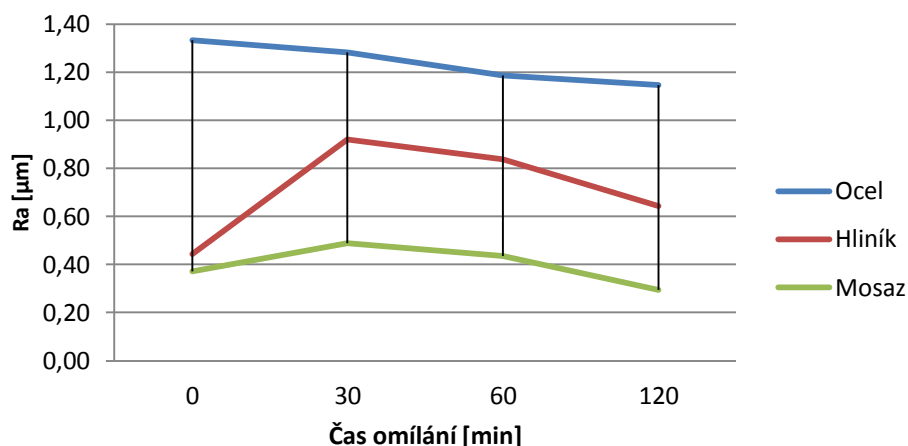
Tab. 10 Všechna proběhlá měření na zjištění drsnosti povrchu vzorků

Drsnost dvou vzorků ze slitiny hliníku a mosazi po 2 hodinách nebyla naměřena, vzorky v omílacím zařízení ulpěly na sobě a nebyly dostatečně omlety.

	Čas omílání [min]	0	30	60	120
drsnost Ra	Ocel	1,33	1,28	1,19	1,15
	Hliník	0,44	0,92	0,84	0,64
	Mosaz	0,37	0,49	0,44	0,29

Tab. 11 Průměry z měření drsnosti povrchů

Drsnost povrchu Ra



Graf 5 Drsnost povrchu vzorků po omílání s přípravkem OB 35

Závěr měření:

Měřená hodnota drsnosti u vzorků oceli se snižuje o 13 %. U vzorků mosazi dochází ke zvýšení hodnoty drsnosti po 30 minutách omílání, nicméně poté se drsnost snižuje a po 120 minutách je drsnost menší o 21 % od původní hodnoty před omíláním. Drsnost vzorků slitin hliníku se výrazně zvýšila po 30 minutách, poté se snižovala z hodnoty Ra 0,84 na hodnotu Ra 0,64. Snížení drsnosti u slitiny hliníku bylo celkově o 45 %. Tato postupná snížení drsnosti byla způsobena postupným roztržštěním práškového brusiva.

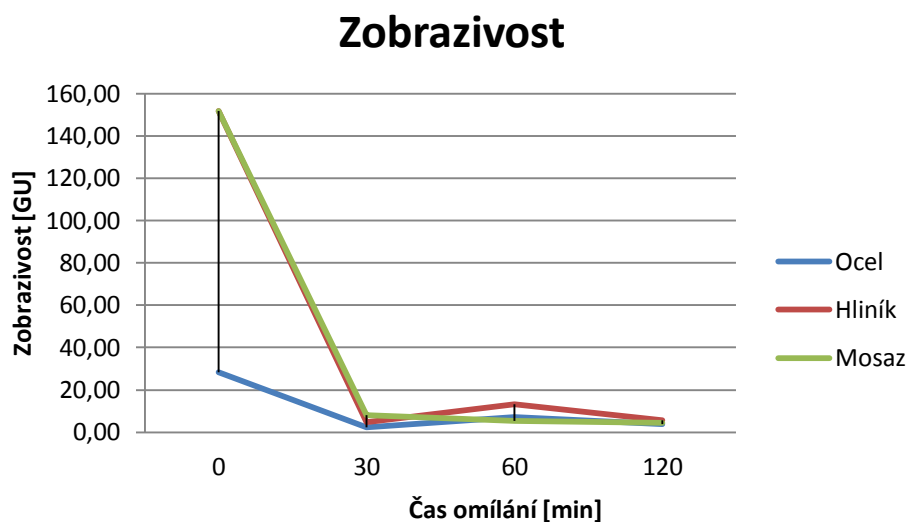
Zobrazivost povrchu vzorků v závislosti na čase omílání

Lesk GU	Neupravené			30 minut			1 hodina			2 hodiny		
	Ocel	Hliník	Mosaz	Ocel	Hliník	Mosaz	Ocel	Hliník	Mosaz	Ocel	Hliník	Mosaz
1	21,5	151,6	151,7	3,4	5,4	7,4	8,1	11,2	5,2	3,2	3,4	3,4
2	23,4	151,7	151,7	1,3	2,6	8,8	7,9	15,8	5,4	3,9	4,2	4,2
3	40,3	151,7	151,7	2,6	5,9	7,8	5,5	12,2	5,6	4,2	9,2	5,5
Průměry	28,40	151,67	151,70	2,43	4,63	8,00	7,17	13,07	5,40	3,77	5,60	4,37

Tab. 12 Všechna proběhlá měření na zjištění zobrazivosti povrchu vzorků

Lesk GU	Čas omílání [min]	0	30	60	120
Zobrazivost	Ocel	28,40	2,43	7,17	3,77
	Hliník	151,67	4,63	13,07	5,60
	Mosaz	151,70	8,00	5,40	4,37

Tab. 13 Průměry z měření zobrazivosti povrchů vzorků



Graf 6 Zobrazivost vzorků po omílání s přípravkem OB 35

Závěr měření:

Hodnoty zobrazivosti se u všech zkoušených materiálů snížily. Zobrazivost vzorků oceli se po 120 minutách omílání snížila o 87 %, u vzorků mosazi a hliníku se hodnota snížila o 96 a 97 %.



Obr. 36 Omílání v OB 35, 30 minut



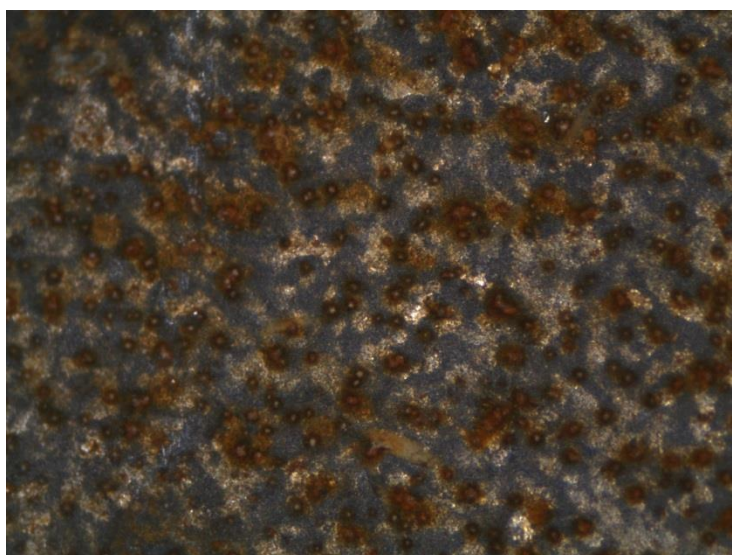
Obr. 37 Omílání v OB 35, 60 minut



Obr. 38 Omílání v OB 35, 120 minut

Vzhled vzorků:

S Pragopolem OB 35 vzorky projevily výrazné zmatnění povrchu. Vzorky hliníku a mosazi setrvaly na stěně omílacího zařízení. Tyto vzorky nebyly příliš omlety. Vzorky oceli zkorodovaly a výrazně zmatněly mnohem více než vzorky z jiného materiálu.



Obr. 39 Zvětšený vzorek oceli stereomikroskopem

3.5.4 Omílání v přípravku Pragopol 809

Použitý přípravek: Pragopol 809

Množství přípravku: 90 ml

Čas omílání: 30, 60 a 120 minut

Drsnost povrchu vzorků v závislosti na čase omílání

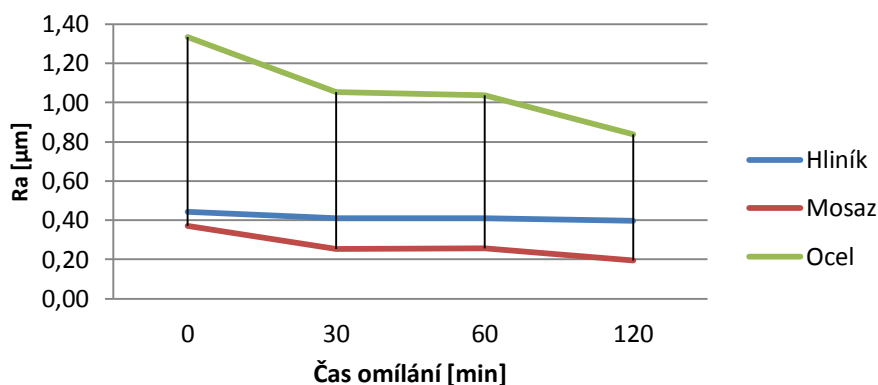
Drsnost Ra	Neupravené			30 minut			1 hodina			2 hodiny		
	Ocel	Hliník	Mosaz	Ocel	Hliník	Mosaz	Ocel	Hliník	Mosaz	Ocel	Hliník	Mosaz
1	1,36	0,48	0,34	1,07	0,42	0,24	1,13	0,48	0,23	0,9	0,32	0,2
	1,25	0,58	0,35	1,18	0,31	0,27	1,22	0,42	0,23	0,63	0,45	0,18
	1,23	0,58	0,32	0,9	0,51	0,21	0,98	0,55	0,23	0,82	0,42	0,19
2	1,25	0,33	0,3	1,02	0,48	0,24	0,93	0,23	0,32	0,94	0,43	0,19
	1,31	0,36	0,31	1,21	0,36	0,27	0,92	0,26	0,31	0,92	0,25	0,2
	1,22	0,41	0,35	0,97	0,43	0,24	1,01	0,45	0,29	0,83	0,46	0,24
3	1,5	0,46	0,57	1,04	0,35	0,29	1,03	0,39	0,22	0,94	0,4	0,18
	1,43	0,37	0,4	1,03	0,35	0,27	1,09	0,49	0,22	0,87	0,4	0,18
	1,45	0,42	0,41	1,05	0,47	0,24	1,01	0,42	0,25	0,69	0,45	0,18
Průměrné	1,33	0,44	0,37	1,05	0,41	0,25	1,04	0,41	0,26	0,84	0,40	0,19

Tab. 14 Všechna proběhlá měření na zjištění drsnosti povrchu vzorků

	Čas omílání [min]	0	30	60	120
Drsnost Ra	Ocel	1,33	1,05	1,04	0,84
	Hliník	0,44	0,41	0,41	0,40
	Mosaz	0,37	0,25	0,26	0,19

Tab. 15 Průměry z měření drsnosti povrchů

Drsnost povrchu Ra



Graf 7 Drsnost povrchu vzorků po omílání s přípravkem Pragopol 809

Závěr měření:

Hodnoty drsností všech omílaných vzorků se snížily. Drsnost oceli se snížila o 36 %, hodnoty drsností hliníku a mosazi se také snížily o 9 a 48 %.

Zobrazivost povrchu vzorků v závislosti na čase omílání

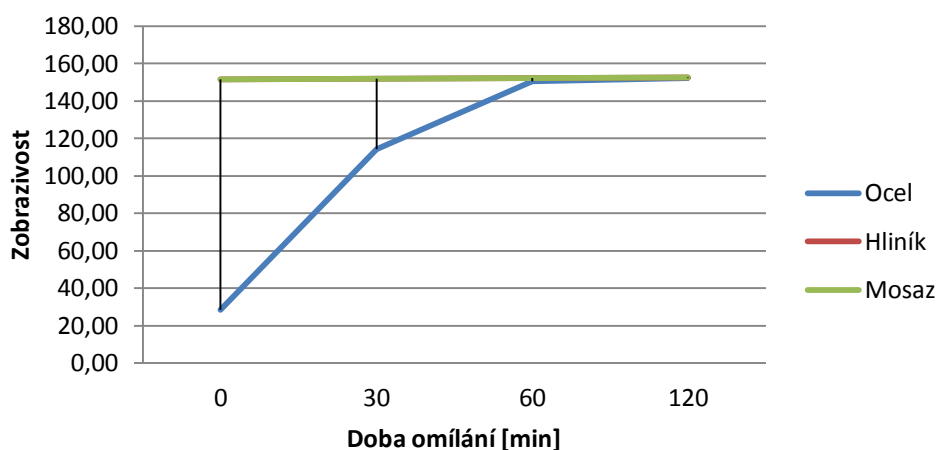
Lesk GU	Neupravené			30 minut			1 hodina			2 hodiny		
	Ocel	Hliník	Mosaz	Ocel	Hliník	Mosaz	Ocel	Hliník	Mosaz	Ocel	Hliník	Mosaz
1	21,5	151,6	151,7	107,6	151,8	151,7	151,9	152	152	152,4	152,4	152,4
2	23,4	151,7	151,7	117,2	151,8	151,8	147,5	152,1	152	152,4	152,4	152,5
3	40,3	151,7	151,7	117,7	151,9	151,9	152	152,1	152,3	152,4	152,5	152,5
Průměry	28,4	151,7	151,7	114,2	151,8	151,8	150,5	152,1	152,1	152,4	152,4	152,5

Tab. 16 Všechna proběhlá měření na zjištění zobrazivosti povrchu vzorků

Lesk GU	Čas omílání [min]	0	30	60	120
Zobrazivost	Ocel	28,40	114,17	150,47	152,40
	Hliník	151,67	151,83	152,07	152,43
	Mosaz	151,70	151,80	152,10	152,47

Tab. 17 Průměry z měření zobrazivosti povrchů vzorků

Zobrazivost GU



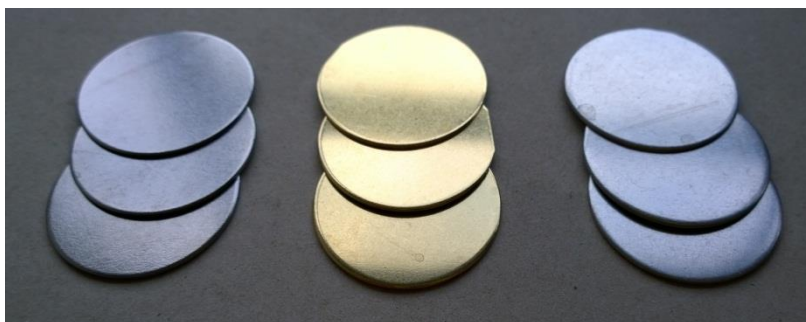
Graf 8 Zobrazivost vzorků po omílání s přípravkem Pragopol 809

Závěr měření:

Omílání v tomto přípravku výrazně zlepšilo vzhled a zobrazivost vzorků oceli z hodnoty 28,4 GU na hodnotu 152,4 (436 %), tedy stejnou hodnotu jako vzorky mosazi a hliníku. Hodnoty vzorků hliníku a mosazi se zvýšili stejně o 0,5 %. Tento přípravek sjednocuje lesk u různých materiálů.



Obr. 40 Omílání v Pragopol 809, 30 minut



Obr. 41 Omílání v Pragopol 809, 60 minut



Obr. 42 Omílání v Pragopol 809, 120 minut

Vzhled vzorků:

Pragopol 809 se používá na leštění součástí, toto se potvrzuje i na výsledcích omílání již po 30 minutách. S rostoucím časem omílání se vzhled všech tří zkoumaných materiálů výrazně zlepšuje.

3.5.5 Omílání v přípravku Pragopol 812

Použitý přípravek: Pragopol 812

Množství přípravku: 100 ml

Čas omílání: 30, 60 a 120 minut

Drsnost povrchu vzorků v závislosti na čase omílání

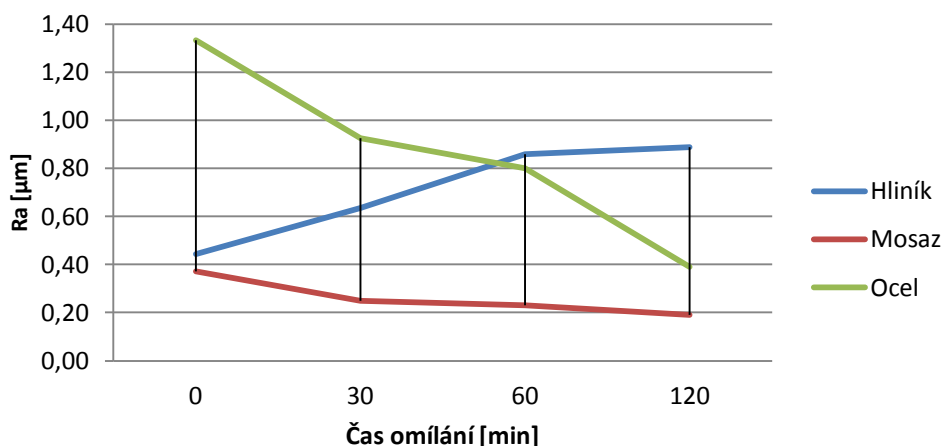
Drsnost Ra	Neupravené			30 minut			1 hodina			2 hodiny		
	Ocel	Hliník	Mosaz	Ocel	Hliník	Mosaz	Ocel	Hliník	Mosaz	Ocel	Hliník	Mosaz
1	1,36	0,48	0,34	0,95	0,55	0,28	0,67	0,34	0,27	0,11	0,89	0,22
	1,25	0,58	0,35	1,07	0,78	0,25	0,73	0,75	0,3	0,4	0,91	0,19
	1,23	0,58	0,32	0,95	0,44	0,29	0,91	0,9	0,28	0,34	0,71	0,15
2	1,25	0,33	0,3	0,89	0,49	0,23	0,99	1,11	0,22	0,52	0,7	0,21
	1,31	0,36	0,31	0,95	0,74	0,22	0,97	0,98	0,18	0,46	0,87	0,22
	1,22	0,41	0,35	0,98	0,77	0,22	1,01	0,81	0,14	0,47	0,98	0,19
3	1,5	0,46	0,57	0,97	0,63	0,26	0,78	1,22	0,24	0,37	0,8	0,18
	1,43	0,37	0,4	0,8	0,56	0,22	0,65	0,66	0,25	0,44	1,12	0,18
	1,45	0,42	0,41	0,76	0,75	0,26	0,49	0,95	0,19	0,39	1,01	0,18
Průměrné	1,33	0,44	0,37	0,92	0,63	0,25	0,80	0,86	0,23	0,39	0,89	0,19

Tab. 18 Všechna proběhlá měření na zjištění drsnosti povrchu vzorků

	Čas omílání [min]	0	30	60	120
Drsnost Ra	Ocel	1,33	0,92	0,80	0,39
	Hliník	0,44	0,63	0,86	0,89
	Mosaz	0,37	0,25	0,23	0,19

Tab. 19 Průměry z měření drsnosti povrchů

Drsnost povrchu Ra



Graf 9 Drsnost povrchu vzorků po omílání s přípravkem Pragopol 812

Závěr měření:

Vzorky oceli mají drsnost výrazně nižší za 120 minut omílání v Pragopolu 812 z hodnoty 1,33 Ra na hodnotu 0,33 Ra (70 %). Vzorky hliníku vykazovaly hodnotu drsnosti vyšší o 102 %. Hodnota drsnosti vzorků mosazi se snížila o 48 %.

Zobrazivost povrchu vzorků v závislosti na čase omílání

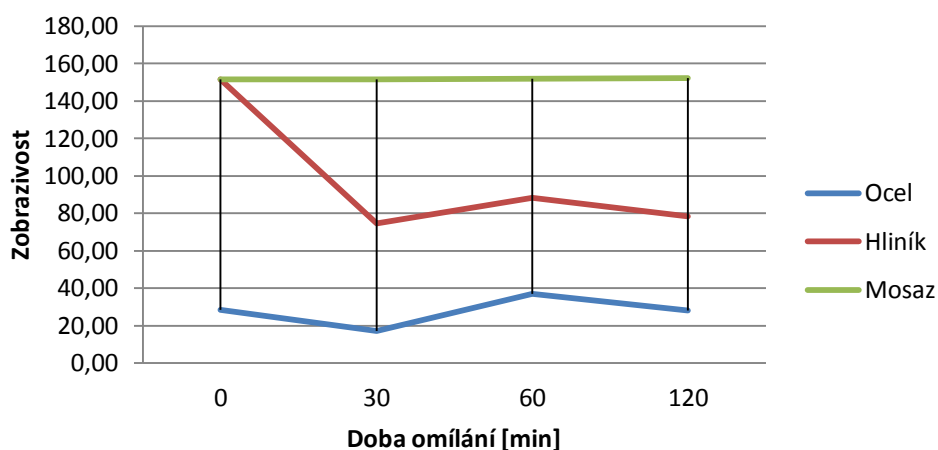
Lesk GU	Neupravené			30 minut			1 hodina			2 hodiny		
	Ocel	Hliník	Mosaz	Ocel	Hliník	Mosaz	Ocel	Hliník	Mosaz	Ocel	Hliník	Mosaz
1	21,5	151,6	151,7	28,7	75,8	151,7	54,5	90,8	151,8	18	89,7	152,4
2	23,4	151,7	151,7	13,4	50,6	151,7	28,5	93,4	151,8	30,9	83,8	152,4
3	40,3	151,7	151,7	9,3	97,4	151,6	28,1	80,3	151,8	35,2	61,2	152,4
Průměry	28,4	151,7	151,7	17,1	74,6	151,7	37,0	88,2	151,8	28,0	78,2	152,4

Tab. 20 Všechna proběhlá měření na zjištění zobrazivosti povrchu vzorků

Lesk GU	Čas omílání [min]	0	30	60	120
Zobrazivost	Ocel	28,40	17,13	37,03	28,03
	Hliník	151,67	74,60	88,17	78,23
	Mosaz	151,70	151,67	151,80	152,40

Tab. 21 Průměry z měření zobrazivosti povrchů vzorků

Zobrazivost GU



Graf 10 Zobrazivost vzorků po omílání s přípravkem Pragopol 812

Závěr měření:

Hodnota zobrazivosti se u vzorků oceli a mosazi neměnila. Zobrazivost vzorků hliníku se snížila o 48 %. Při procesu omílání vzorky slitiny hliníku setrvaly na stěně omílacího zařízení, měření zobrazivosti tedy nemuselo být přesné.



Obr. 43 Omílání v Pragopol 812, 30 minut



Obr. 44 Omílání v Pragopol 812, 60 minut



Obr. 45 Omílání v Pragopol 812, 120 minut

Vzhled vzorků:

Vzorky ze slitiny hliníku a mosazi byly po omílání výrazně lesklejší než před omíláním. Přípravek Pragopol 812 dle výsledků není vhodný na omílání oceli, povrch výrazně zmatněl.

3.5.6 Omílání v přípravku Pragopol 550

Použitý přípravek: Pragopol 550

Množství přípravku: 30 ml

Čas omílání: 30, 60 a 120 minut

Drsnost povrchu vzorků v závislosti na čase omílání

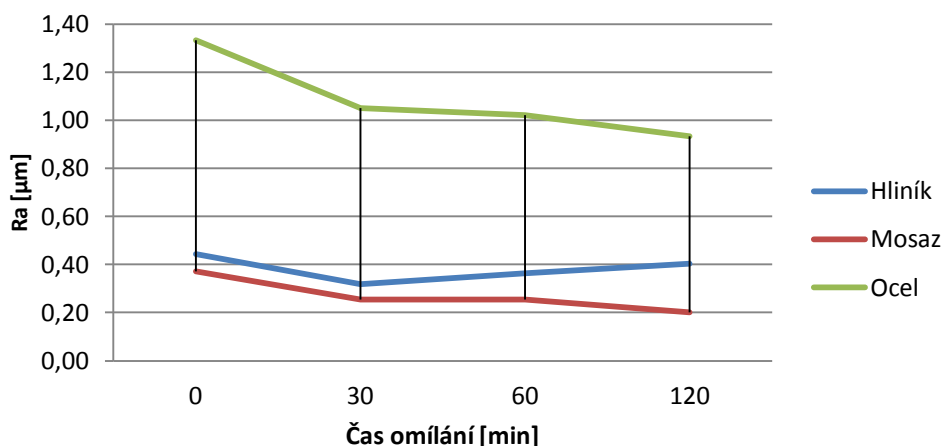
Drsnost Ra	Neupravené			30 minut			1 hodina			2 hodiny		
	Ocel	Hliník	Mosaz	Ocel	Hliník	Mosaz	Ocel	Hliník	Mosaz	Ocel	Hliník	Mosaz
1	1,36	0,48	0,34	1,2	0,31	0,38	0,99	0,35	0,19	0,92	0,52	0,26
	1,25	0,58	0,35	0,97	0,41	0,27	0,95	0,44	0,19	1	0,37	0,24
	1,23	0,58	0,32	1	0,3	0,24	1,1	0,4	0,21	0,93	0,35	0,21
2	1,25	0,33	0,3	0,99	0,26	0,2	1,08	0,5	0,21	0,9	0,44	0,2
	1,31	0,36	0,31	0,92	0,41	0,2	1,08	0,36	0,2	0,87	0,29	0,16
	1,22	0,41	0,35	1,05	0,24	0,17	0,78	0,37	0,35	0,87	0,24	0,16
3	1,5	0,46	0,57	1,09	0,26	0,29	1,05	0,31	0,34	1,12	0,55	0,21
	1,43	0,37	0,4	1,15	0,36	0,33	1,12	0,24	0,34	0,93	0,44	0,18
	1,45	0,42	0,41	1,09	0,31	0,27	1,04	0,31	0,25	0,87	0,42	0,18
Průměrné	1,33	0,44	0,37	1,05	0,32	0,25	1,02	0,36	0,25	0,93	0,40	0,20

Tab. 22 Všechna proběhlá měření na zjištění drsnosti povrchu vzorků

	Čas omílání [min]	0	30	60	120
Drsnost Ra	Ocel	1,33	1,05	1,02	0,93
	Hliník	0,44	0,32	0,36	0,40
	Mosaz	0,37	0,25	0,25	0,20

Tab. 23 Průměry z měření drsnosti povrchů

Drsnost povrchu Ra



Graf 11 Drsnost povrchu vzorků po omílání s přípravkem Pragopol 550

Závěr měření:

Drsnost Ra se zlepšila u vzorků oceli z hodnoty 1,33 Ra na 0,93 Ra (30 %). Drsnost vzorků z hliníku se příliš neměnila, snížila se pouze o 9 %. Hodnota drsnosti vzorků z mosazi se snížila o 45 %.

Zobrazivost povrchu vzorků v závislosti na čase omílání

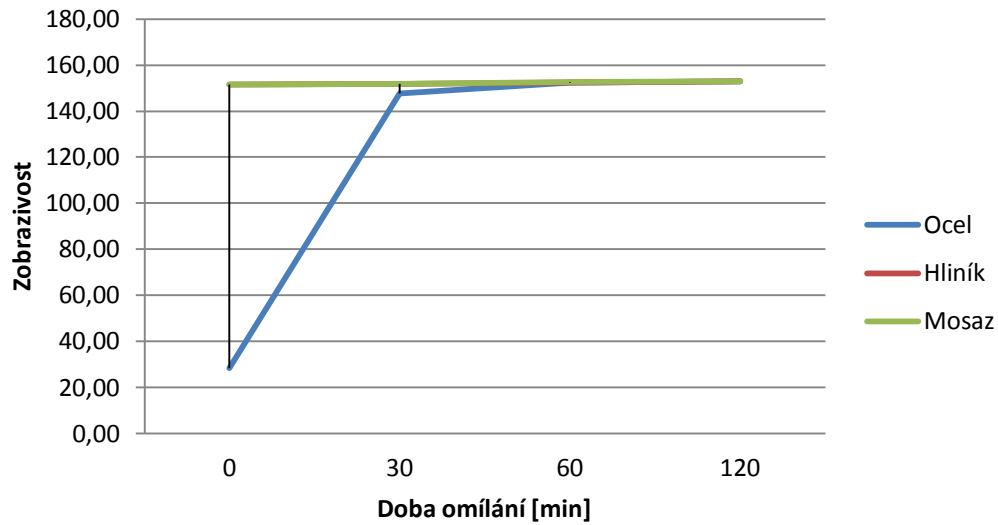
Lesk GU	Neupravené			30 minut			1 hodina			2 hodiny		
	Ocel	Hliník	Mosaz	Ocel	Hliník	Mosaz	Ocel	Hliník	Mosaz	Ocel	Hliník	Mosaz
1	21,5	151,6	151,7	144,3	151,9	151,8	152,2	152,5	152,6	152,9	152,8	152,9
2	23,4	151,7	151,7	151,8	151,8	151,8	152,4	152,5	152,6	152,9	152,9	152,9
3	40,3	151,7	151,7	146,8	152	152	152,5	152,6	152,7	153	152,8	153
Průměry	28,4	151,7	151,7	147,6	151,9	151,9	152,4	152,5	152,6	152,9	152,8	152,9

Tab. 24 Všechna proběhlá měření na zjištění zobrazivosti povrchu vzorků

Lesk GU	Čas omílání [min]	0	30	60	120
Zobrazivost	Ocel	28,40	147,63	152,37	152,93
	Hliník	151,67	151,90	152,53	152,83
	Mosaz	151,70	151,87	152,63	152,93

Tab. 25 Průměry z měření zobrazivosti povrchů vzorků

Zobrazivost GU



Graf 12 Zobrazivost vzorků po omílání s přípravkem Pragopol 550

Závěr měření:

Zobrazivost oceli se zvýšila ze zkoumaných materiálů nejvíce (438 %), čím déle se vzorky omílaly, tím byly lesklejší. Vzorky mosazi byly lesklé již neomleté, po omílání se jejich zobrazivost zvýšila o 1 GU. Výsledky hodnot vzorků hliníku jsou téměř totožné se vzorky mosazi, ke konci se zobrazivost všech zkoumaných materiálů sjednotila kolem hodnoty 152,9 GU.



Obr. 46 Omílání v Pragopol 550, 30 minut



Obr. 47 Omílání v Pragopol 550, 60 minut



Obr. 48 Omílání v Pragopol 550, 120 minut

Vzhled vzorků:

Všechny vzorky po omílání v přípravku Pragopol 550 byly lesklé. Ocel vykazovala větší sklon ke korozi při omílání v tomto přípravku.

3.5.7 Omílání v přípravku Pragopol Leštící sůl

Použitý přípravek: Pragopol Leštící sůl Universal

Množství přípravku: 50 g

Čas omílání: 30, 60 a 120 minut

Drsnost povrchu vzorků v závislosti na čase omílání

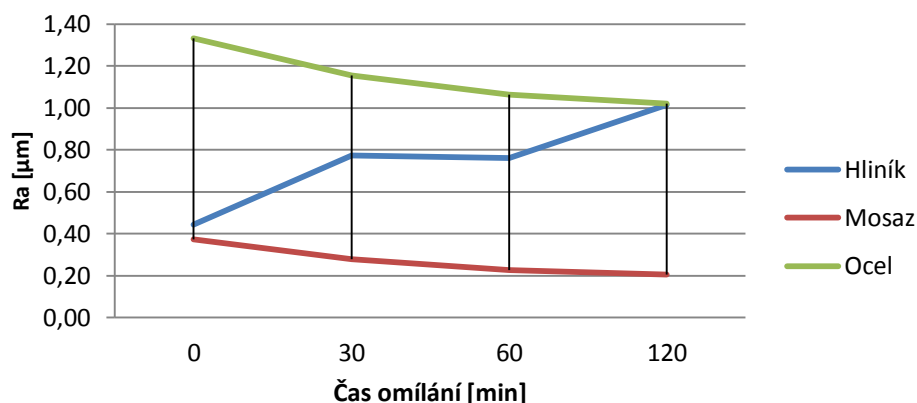
Drsnost Ra	Neupravené			30 minut			1 hodina			2 hodiny		
	Ocel	Hliník	Mosaz	Ocel	Hliník	Mosaz	Ocel	Hliník	Mosaz	Ocel	Hliník	Mosaz
1	1,36	0,48	0,34	1,09	0,64	0,336	1,31	0,52	0,21	1,12	1,48	0,17
	1,25	0,58	0,35	1,03	0,73	0,32	1,02	0,63	0,31	1,05	1,42	0,17
	1,23	0,58	0,32	0,97	0,6	0,3	1,02	1,06	0,23	1,07	1,37	0,18
2	1,25	0,33	0,3	1,13	1,09	0,3	1,35	0,66	0,26	1,05	0,8	0,23
	1,31	0,36	0,31	1,01	0,54	0,28	1,05	0,65	0,24	0,83	0,8	0,27
	1,22	0,41	0,35	1,41	1,02	0,29	0,96	0,77	0,26	1,02	0,8	0,23
3	1,5	0,46	0,57	1,19	0,91	0,24	0,93	0,73	0,19	1,06	0,87	0,15
	1,43	0,37	0,4	1,34	0,81	0,2	1,02	1,24	0,17	0,89	0,73	0,21
	1,45	0,42	0,41	1,22	0,63	0,25	0,9	0,6	0,17	1,09	0,85	0,25
Průměrné	1,33	0,44	0,37	1,15	0,77	0,28	1,06	0,76	0,23	1,02	1,01	0,21

Tab. 26 Všechna proběhlá měření na zjištění drsnosti povrchu vzorků

	Čas omílání [min]	0	30	60	120
Drsnost Ra	Ocel	1,33	1,15	1,06	1,02
	Hliník	0,44	0,77	0,76	1,01
	Mosaz	0,37	0,28	0,23	0,21

Tab. 27 Průměry z měření drsnosti povrchů

Drsnost povrchu Ra



Graf 13 Drsnost povrchu vzorků po omílání s přípravkem Pragopol Leštící sůl

Závěr měření:

Vzorky z hliníku setrvaly na stěnách omílacího zařízení, což je znát na výsledcích u vzorků vyseparovaných po 60 minutách, kde drsnost povrchu zůstala stejná jako u vzorků z 30 minut, po 120 minutách omílání se drsnost dále zvyšovala (zvýšení drsnosti o 129 %). Drsnost oceli a mosazi se snižovala o 23 a 43 %.

Zobrazivost povrchu vzorků v závislosti na čase omílání

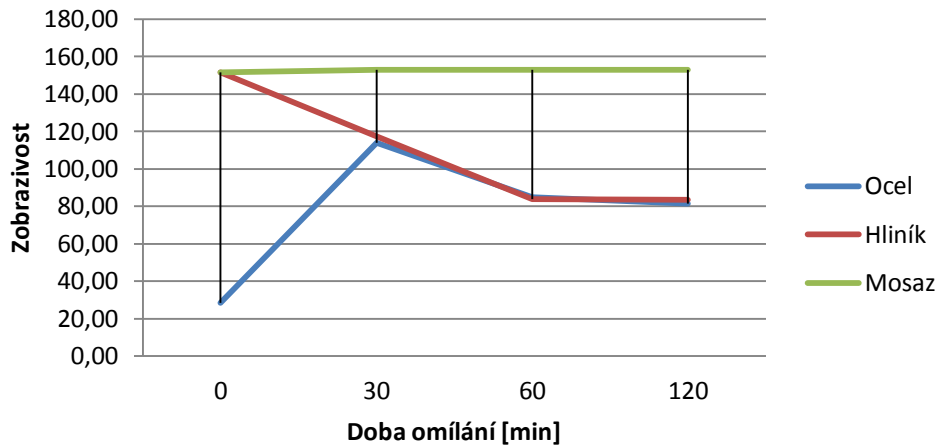
Lesk GU	Neupravené			30 minut			1 hodina			2 hodiny		
	Ocel	Hliník	Mosaz	Ocel	Hliník	Mosaz	Ocel	Hliník	Mosaz	Ocel	Hliník	Mosaz
1	21,5	151,6	151,7	102,3	143,8	152,8	89,7	64	152,9	91,7	69,8	152,9
2	23,4	151,7	151,7	110,3	107,7	152,9	91,4	72,7	153,1	85,7	92,3	152,9
3	40,3	151,7	151,7	129,5	100,9	153	74	115,3	153	66,7	87,9	152,9
Průměry	28,4	151,7	151,7	114,0	117,5	152,9	85,0	84,0	153,0	81,4	83,3	152,9

Tab. 28 Všechna proběhlá měření na zjištění zobrazivosti povrchu vzorků

Lesk GU	Čas omílání [min]	0	30	60	120
Zobrazivost	Ocel	28,40	114,03	85,03	81,37
	Hliník	151,67	117,47	84,00	83,33
	Mosaz	151,70	152,90	153,00	152,90

Tab. 29 Průměry z měření zobrazivosti povrchů vzorků

Zobrazivost GU



Graf 14 Zobrazivost vzorků po omílání s přípravkem Pragopol Leštící sůl

Závěr měření:

Přípravek nejlépe působil na vzorky z mosazi, které zlepšil o 1 GU z již velmi lesklého původního povrchu vzorků. Vzorky z hliníku mírně zmatněly o 44 %, po 60 minutách se zobrazivost neměnila. Vzorky z oceli po 30 minutách přípravek vyleštil do zobrazivé podoby na zobrazivost 114 GU (301 %), ovšem u 60 minut se zobrazivost snížila na 85 GU a dále klesala.



Obr. 49 Omílání v Leštící soli, 30 minut



Obr. 50 Omílání v Leštící soli, 60 minut



Obr. 51 Omílání v Leštící soli, 120 minut

Vzhled vzorků:

Všechny vzorky jsou po omílání lesklejší, ale méně než po přípravcích Pragopol 809 a 550.

3.6 Porovnání naměřených experimentů

Porovnání omílacích přípravků. Určení, které prostředky jsou vhodné a které nejsou vhodné k leštění.

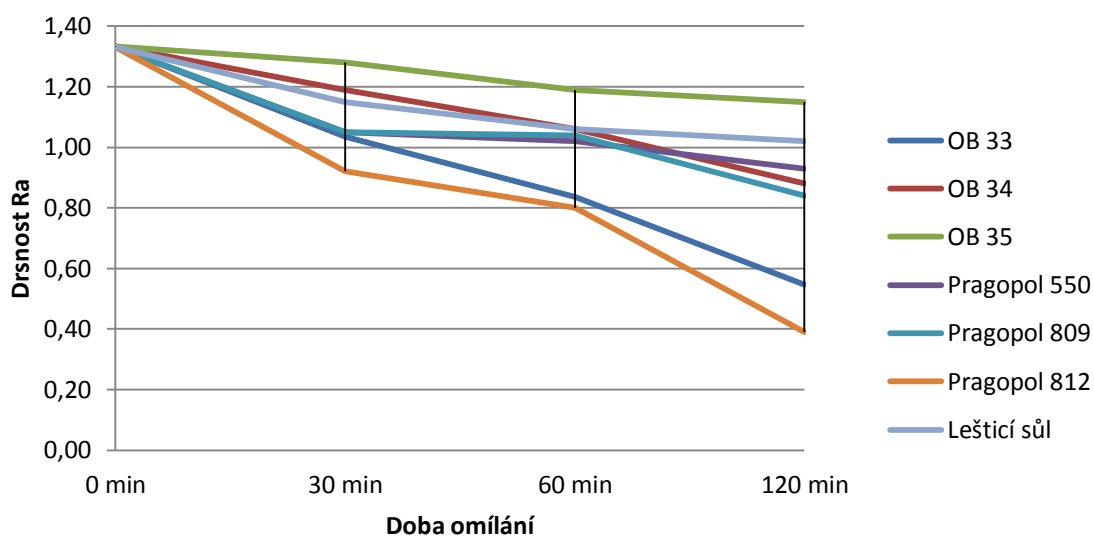
3.6.1 Drsnosti vzorků po procesu omílání

Porovnání omílacích prostředků u vzorků oceli

Drsnost Ra	0 min	30 min	60 min	120 min
OB 33	1,33	1,03	0,84	0,55
OB 34	1,33	1,19	1,06	0,88
OB 35	1,33	1,28	1,19	1,15
Pragopol 550	1,33	1,05	1,02	0,93
Pragopol 809	1,33	1,05	1,04	0,84
Pragopol 812	1,33	0,92	0,8	0,39
Leštící sůl	1,33	1,15	1,06	1,02

Tab. 30 Porovnání drsností vzorků oceli po použití různých omílacích prostředků

Závislost drsnosti a času omílání na typu omílacího prostředku oceli



Graf 15 Porovnání drsností vzorků oceli po použití různých omílacích prostředků

Hodnocení:

Všechny prostředky po omílací době 120 minut vykazují zlepšení drsností vzorků, také přípravky u vzorků oceli, se zvyšujícím časem omílání snižovaly hodnotu drsnosti Ra. Přípravek Pragopol Leštící sůl Universal je určen na leštění oceli, nicméně zlepšení drsnosti se neprojevila, s tímto přípravkem by se musela zvýšit doba omílání. Mnohem lepší výsledky se snížením drsnosti, mají přípravky Pragopol OB 33 a Pragopol 812. Pragopol 812 vykazoval nejlepší výsledek ze všech zkoumaných prostředků, ovšem tento prostředek není vhodný pro omílání materiálu na bázi Fe.

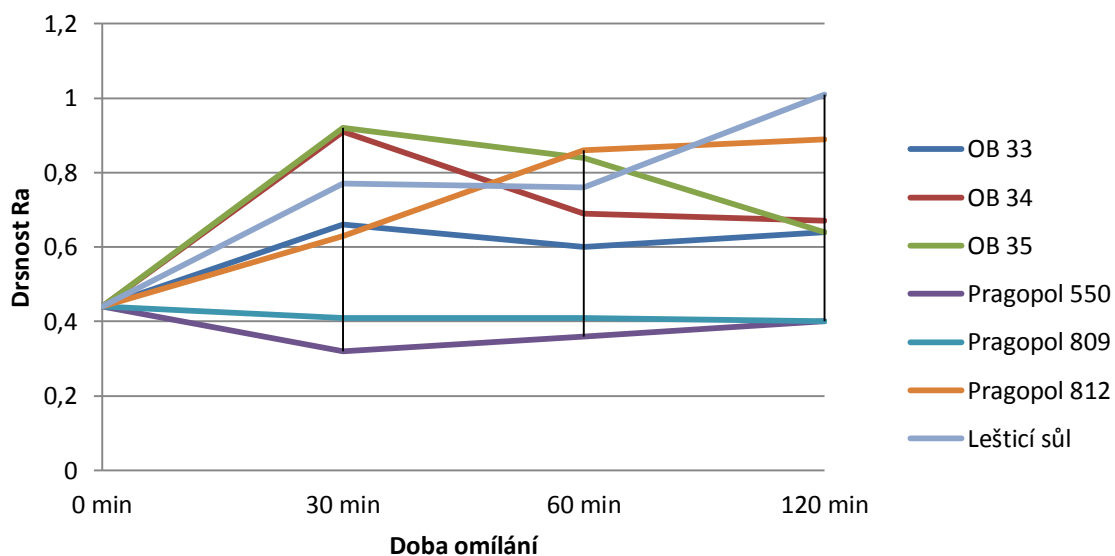
Pragopol OB 33 je nejvhodnějším přípravkem pro snížení drsnosti ocelových výrobků.

Porovnání omílacích prostředků u vzorků slitin hliníku

Drsnost Ra	0 min	30 min	60 min	120 min
OB 33	0,44	0,66	0,6	0,64
OB 34	0,44	0,91	0,69	0,67
OB 35	0,44	0,92	0,84	0,64
Pragopol 550	0,44	0,32	0,36	0,4
Pragopol 809	0,44	0,41	0,41	0,4
Pragopol 812	0,44	0,63	0,86	0,89
Leštící sůl	0,44	0,77	0,76	1,01

Tab. 31 Porovnání drsností vzorků slitin hliníku po použití různých omílacích prostředků

Závislost času omílání na typu omílacího prostředku slitin hliníku



Graf 16 Porovnání drsností vzorků slitin hliníku po použití různých omílacích prostředků

Hodnocení:

Největší zvýšení drsnosti způsobily přípravky Pragopol Leštící sůl Universal z hodnoty 0,44 na 1,01 Ra a Pragopol 812 z hodnoty 0,44 Ra na 0,89 Ra. Nejlepší drsnosti 0,4 Ra dosáhly přípravky Pragopol 550 a Pragopol 809.

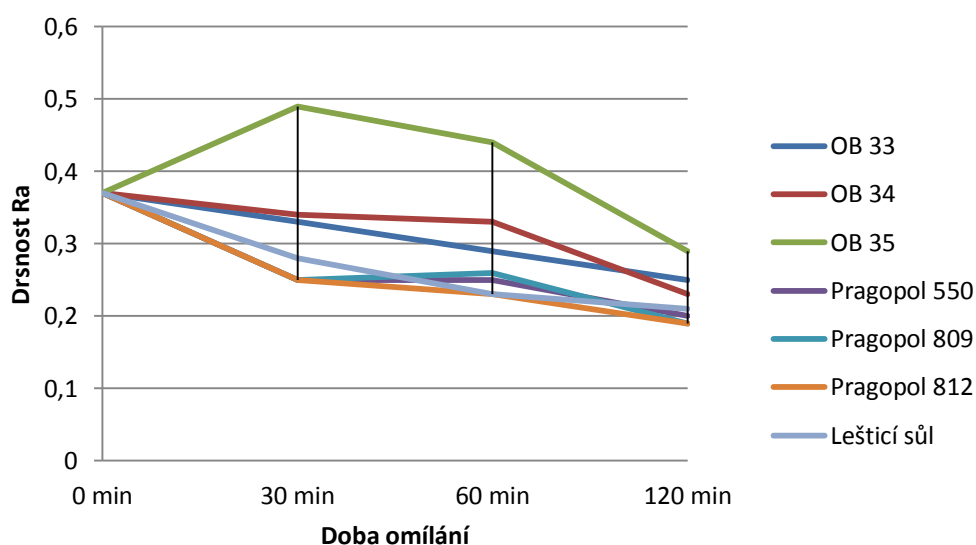
Pragopol 550 a 809 jsou nejvhodnější přípravky na snížení drsnosti výrobků ze slitiny hliníku.

Porovnání omílacích prostředků u vzorků mosazi

Drsnost Ra	0 min	30 min	60 min	120 min
OB 33	0,37	0,33	0,29	0,25
OB 34	0,37	0,34	0,33	0,23
OB 35	0,37	0,49	0,44	0,29
Pragopol 550	0,37	0,25	0,25	0,2
Pragopol 809	0,37	0,25	0,26	0,19
Pragopol 812	0,37	0,25	0,23	0,19
Leštící sůl	0,37	0,28	0,23	0,21

Tab. 32 Porovnání drsností vzorků mosazi po použití různých omílacích prostředků

Závislost času omílání na typu omílacího prostředku mosazi



Graf 17 Porovnání drsností vzorků mosazi po použití různých omílacích prostředků

Hodnocení:

Všechny prostředky po omílací době 120 minut vykazují zlepšení drsností vzorků. Přípravek Pragopol OB 35 po době omílání 30 a 60 minut drsnost zvýšil, nicméně po 120 minutách se drsnost snížila pod původní hodnotu, prostředek se po delší době omílání lépe rozpustil, kdyby omílání probíhalo o pár hodin déle, výsledky by mohly dopadnout mnohem lépe. Všechny omílací přípravky u vzorků mosazi se zvyšujícím časem omílání snižovaly hodnotu drsnosti pod hodnotu 0,3 Ra.

Nejvhodnější přípravky pro snížení drsnosti u výrobků mosazi jsou Pragopol 809 a 812.

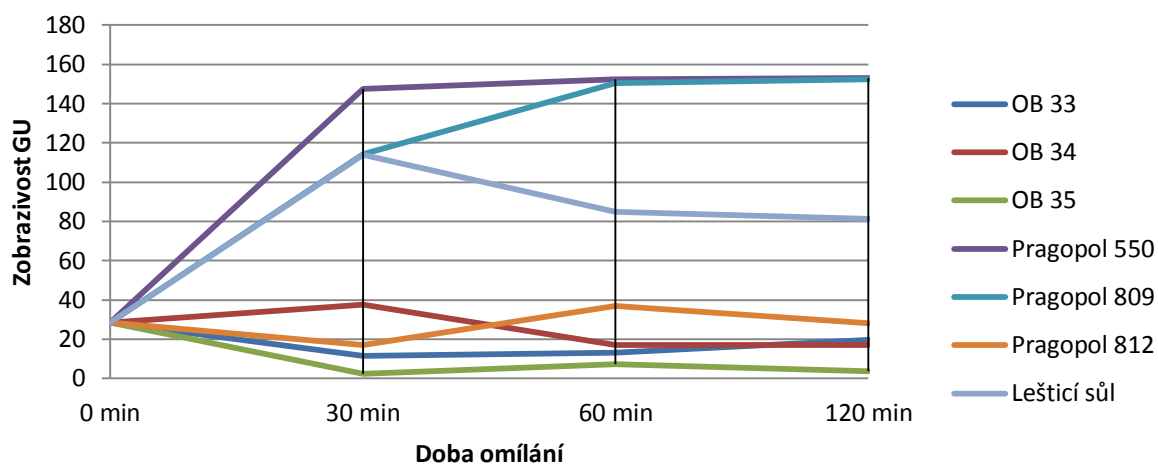
3.6.2 Zobrazivost vzorků po procesu omílání

Porovnání omílacích prostředků u vzorků oceli

Zobrazivost Gu	0 min	30 min	60 min	120 min
OB 33	28,4	11,53	13,27	19,77
OB 34	28,4	37,73	17,07	16,9
OB 35	28,4	2,43	7,17	3,77
Pragopol 550	28,4	147,63	152,37	152,93
Pragopol 809	28,4	114,17	150,47	152,4
Pragopol 812	28,4	17,13	37,03	28,03
Leštící sůl	28,4	114,03	85,03	81,37

Tab. 33 Porovnání zobrazivosti vzorků oceli po použití různých omílacích prostředků

Závislost času omílání a lesku povrchu na různých omílacích prostředcích oceli



Graf 18 Porovnání zobrazivosti vzorků oceli po použití různých omílacích prostředků

Hodnocení:

Přípravek Pragopol OB 35 způsobil značné zmatnění vzorků. Mírně lesklé jsou vzorky po přípravku Pragopol Leštící sůl. Výrazně lesklé vzorky vykazují prostředky Pragopol 809 s hodnotou 152,4 GU a Pragopol 550 s hodnotou 152,93 GU.

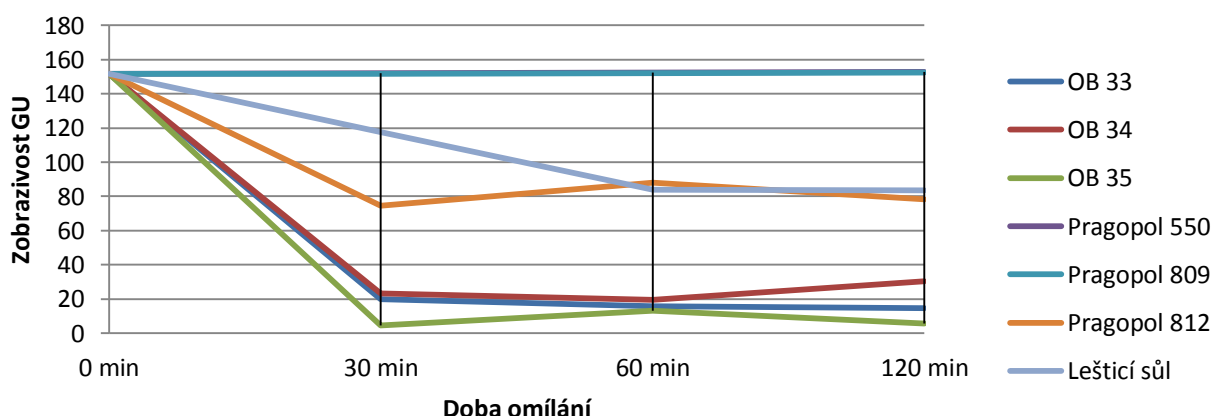
Nejvhodnější přípravky pro leštění výrobků oceli jsou Pragopol 809 a Pragopol 550.

Porovnání omílacích prostředků u vzorků slitiny hliníku

Zobrazivost GU	0 min	30 min	60 min	120 min
OB 33	151,67	19,73	15,8	14,73
OB 34	151,67	23,17	19,4	30,27
OB 35	151,67	4,63	13,07	5,6
Pragopol 550	151,67	151,9	152,53	152,83
Pragopol 809	151,67	151,83	152,07	152,43
Pragopol 812	151,67	74,6	88,17	78,23
Leštící sůl	151,67	117,47	84	83,33

Tab. 34 Porovnání zobrazivosti vzorků slitin hliníku po použití různých omílacích prostředků

Závislost času omílání a lesku povrchu na různých omílacích prostředcích slitin hliníku



Graf 19 Porovnání zobrazivosti vzorků slitin hliníku po použití různých omílacích prostředků

Hodnocení:

Lesk vzorků hliníku, které neprošly procesem omílání, je již z počátku 151,67 GU, tyto vzorky vykazují velmi lesklý povrch. Přípravek Pragopol OB 35 stejně jako u vzorků oceli způsobil značné zmatnění povrchu vzorků. Mírně lesklé jsou vzorky po použití přípravků Pragopol 812 s hodnotou 78,23 GU a Pragopol Leštící sůl s hodnotou 83,33 GU. Zvýšení hodnot zobrazivosti vzorků vykazují přípravky Pragopol 809 s hodnotou 152,43 GU a Pragopol 550 s hodnotou 152,83 GU.

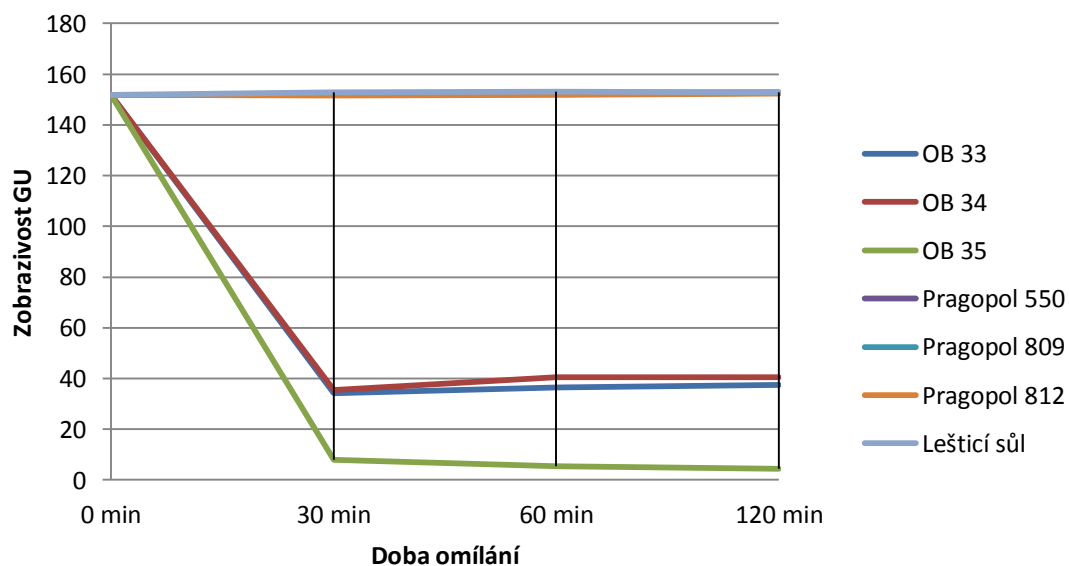
Nejvhodnější přípravky pro leštění výrobků slitiny hliníku jsou Pragopol 809 a Pragopol 550.

Porovnání omílacích prostředků u vzorků mosazi

Zobrazivost GU	0 min	30 min	60 min	120 min
OB 33	151,7	34,23	36,47	37,6
OB 34	151,7	35,43	40,4	40,53
OB 35	151,7	8	5,4	4,37
Pragopol 550	151,7	151,87	152,63	152,93
Pragopol 809	151,7	151,8	152,1	152,47
Pragopol 812	151,7	151,67	151,8	152,4
Lešticí sůl	151,7	152,9	153	152,9

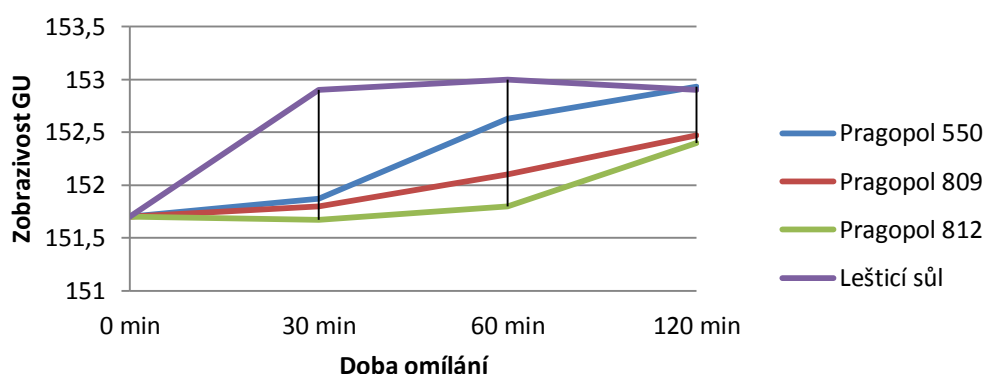
Tab. 35 Porovnání zobrazivosti vzorků mosazi po použití různých omílacích prostředků

Závislost času omílání a lesku povrchu na různých omílacích prostředcích mosazi



Graf 20 Porovnání zobrazivosti vzorků mosazi po použití různých omílacích prostředků

Detail zobrazivosti u podobných výsledků prostředků na omílání mosazi



Graf 21 Detailní zobrazení zobrazivosti vzorků mosazi

Hodnocení:

Podobně jako vzorky slitin hliníku i tyto vzorky jsou velmi lesklé již před procesem omílání s hodnotou 151,7 GU. Matný povrch u vzorků byl po omílání v Pragopol OB 35, stejně jako u vzorků oceli a slitiny hliníku. Zvýšení hodnoty zobrazivosti u těchto dříve velmi lesklých vzorků způsobily čtyři přípravky a to Pragopol 812, 809, Leštící sůl a nejlepší výsledek vykazoval přípravek Pragopol 550 a to o hodnotě 152,9 GU.

Nejvhodnější přípravky pro leštění výrobků mosazi jsou Pragopol Leštící sůl Universal a Pragopol 550.

3.6.3 Ocel- fotografie vzorků ze stereomikroskopu zvětšení 0,65x

Přípravek Pragopol OB 33

30 min



60 min



120 min



Přípravek Pragopol OB 34

30 min



60 min



120 min



Přípravek Pragopol OB 35

30 min



60 min



120 min



Přípravek Pragopol 809

30 min



60 min



120 min



Přípravek Pragopol 812

30 min



60 min



120 min



Přípravek Pragopol 550

30 min



60 min



120 min



Přípravek Leštící sůl

30 min



60 min



120 min



3.6.4 Hliník- fotografie vzorků ze stereomikroskopu zvětšení 0,65x

Přípravek Pragopol OB 33

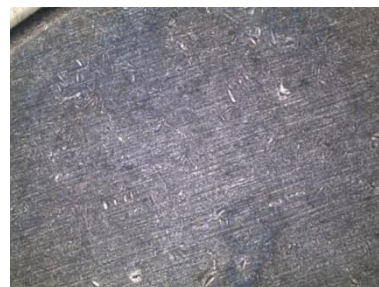
30 min



60 min



120 min



Přípravek Pragopol OB 34

30 min



60 min



120 min



Přípravek Pragopol OB 35

30 min



60 min



120 min



Přípravek Pragopol 809

30 min



60 min



120 min



Přípravek Pragopol 812

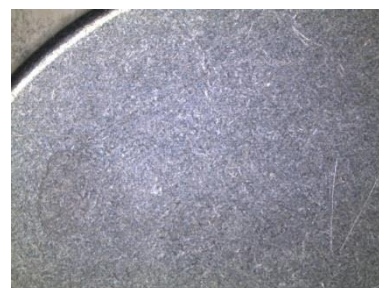
30 min



60 min



120 min



Přípravek Pragopol 550

30 min



60 min



120 min



Přípravek Pragopol Leštící sůl

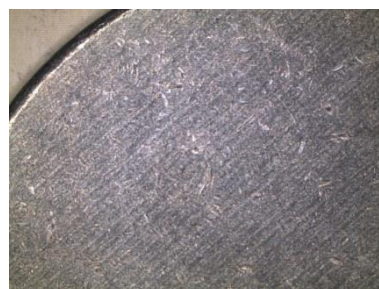
30 min



60 min



120 min



3.6.5 Mosaz- fotografie vzorků ze stereomikroskopu zvětšení 0,65x

Přípravek Pragopol OB 33

30 min



60 min



120 min



Přípravek Pragopol OB 34

30 min



60 min



120 min



Přípravek Pragopol OB 35

30 min



60 min

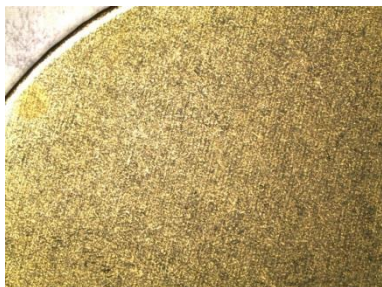


120 min

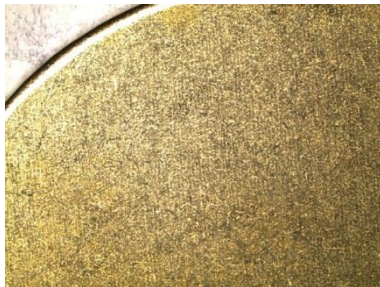


Přípravek Pragopol 809

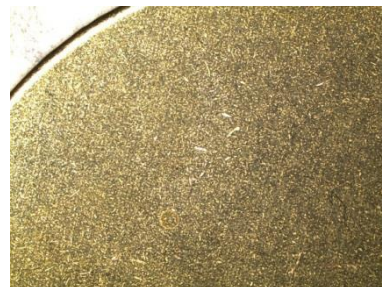
30 min



60 min



120 min



Přípravek Pragopol 812

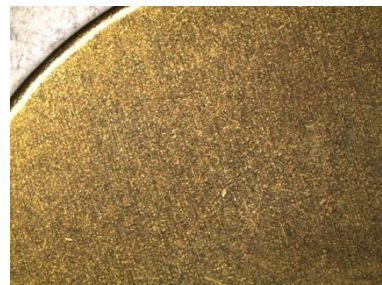
30 min



60 min



120 min



Přípravek Pragopol 550

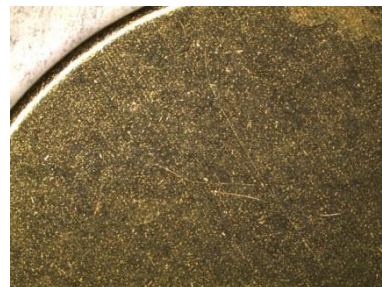
30 min



60 min



120 min



Přípravek Pragopol Leštící sůl

30 min



60 min



120 min



4 Shrnutí a závěr praktické části

Diplomová práce se zabývá měřením hodnot drsnosti a zobrazivosti na zkušebních vzorcích z oceli, mosazi a slitin hliníku. Pro každý typ materiálu byla provedena zkouška omíláním se sedmi různými omílacími přípravky na vibračním omílacím zařízení Rösler. Pro ocel dosáhl Pragopol OB 33 snížení drsnosti téměř o 60 % a pro zobrazivost dosáhly přípravky Pragopol 809 a 550 shodného výsledku zlepšení více jak o 400 %. Pro mosaz dosáhly přípravky Pragopol 809 a 812 shodného snížení drsnosti téměř o 50 % a zobrazivost žádný z přípravků výrazně nezvýšil. Pro hliníkové slitiny dosáhly přípravky Pragopol 550 a 809 snížení hodnot drsnosti o téměř 10 % a zobrazivost žádný z přípravků výrazně nezvýšil. Ke zvýšení zobrazivosti u vzorků z mosazi a slitin hliníku nedošlo, jelikož již před začátkem zkoušky byla zobrazivost vzorků vysoká.

Pro zlepšení výsledků hodnot drsnosti a zobrazivosti vzorků by bylo vhodnější zvolit jiná omílací tělíska, a to tělíska keramická neabrazivní ve tvaru kuliček. Omílací tělíska ve tvaru šikmých válečků, která byla používána, zanechávaly výrazné stopy hran, viditelné zejména na vzorcích ze slitin hliníku.

5 Seznam použitých zdrojů

- [1] VĚRA, Sýkorová a Roneš JOSEF. *Chemické a elektrolytické leštění*. Bratislava: Dom techniky, 1958.
- [2] RTK STUDIOS [online]. United States, Canada: PTK Studios, 2010 [cit. 2015-06-06]. Dostupné z: <http://rtkstudios.com/category/catalog/field-trim>
- [3] Glossmeter. *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2015-06-06]. Dostupné z: <http://en.wikipedia.org/wiki/Glossmeter>
- [4] *Stanovení povrchových vlastností (barva, lesk) materiálů exponovaných za podmínek simulující vnější prostředí v QUV panelu* [online]. In: . VŠCHT [cit. 2015-06-06]. Dostupné z: https://vscht.cz/kat/download/lab2_stanoveni_povrchovych_vlastnosti.pdf
- [5] HRDINOVÁ, Hana. *Technologie leštění ve strojírenství*. Praha, 2013. Bakalářská práce. ČVUT v Praze. Vedoucí práce doc. Ing. Viktor Kreibich, CSc.
- [6] *Proinex Instruments* [online]. Ostrava: Proinex Instruments, s.r.o. [cit. 2015-06-06]. Dostupné z: <http://www.proinex.cz/1-inspekcnipristroje%C2%A0pro-povrchove-upravy/vzhled-povrchu/leskomery-lesk-povrchu.html>
- [7] *FAQ* [online]. Teplice [cit. 2015-05-22]. Dostupné z: <http://www.hommel-etamic.cz/cz/technicke-informace/faq-nejcasteji-kladene-otazky/>
- [8] *Geometrické požadavky na výrobky (GPS) - Struktura povrchu: Profilová metoda - Termíny, definice a parametry struktury povrchu*. © Český normalizační institut, 1998. Dostupné z: http://import.technickenormy.cz/nahledy/55359_nahled.htm
- [9] *Geometrické požadavky na výrobky (GPS) - Struktura povrchu: Profilová metoda; povrchy mající stratifikované funkční vlastnosti: Část 2: Výškové charakteristiky využívající křivku lineárního materiálového poměru*. © Český normalizační institut, 1998. Dostupné z: http://import.technickenormy.cz/nahledy/55367_nahled.htm
- [10] MITUTOYO ČESKO. *Měření drsnosti povrchu*. Teplice: Mitutoyo Česko, 2011.
- [11] *FAQ* [online]. Teplice [cit. 2015-05-22]. Dostupné z: <http://www.hommel-etamic.cz/cz/technicke-informace/faq-nejcasteji-kladene-otazky/>
- [12] PELIČKA, Ladislav, Jaroslav SKOPAL a Libor BERÁNEK. *Rozměrové a geometrické specifikace produktů (GPS): Textura povrchu strojních součástí. Parametry profilu drsnosti, vlnitosti a základního profilu*. ČVUT Praha, Fakulta strojní: Centrum technické normalizace, 2010, 54 s.

- [13] *Přístroje pro měření a metrologii* [online]. Uherský Brod, 2014 [cit. 2015-06-03]. Dostupné z: <http://www.merici-pristroje.cz/bazar-0/>
- [14] BUMBÁLEK, Bohumil, Vladimír ODVODY a Bohuslav OŠŤÁDAL. *Drsnost povrchu*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1989, 338 s.
- [15] GAJDOŠÍK, David. *Měření drsnosti povrchů se zaměřením na měřící techniku Mytutoyo SJ 210*. České Budějovice, 2013. Dostupné také z: http://theses.cz/id/xoi08h/BP_Gajdok.pdf. Bakalářská práce.
- [16] ZAHÁLKA, Petr. Přenosné drsnoměry: Mitutoyo. *MM Průmyslové spektrum*. 2011, 2011(4).
- [17] *WALTER TROWAL: Aplikace* [online]. HLAVÁČEK, Milan. 2015 [cit. 2015-06-09]. Dostupné z: <http://www.trowal.cz/aplikace>
- [18] *ABBOTTBALL COMPANY: Steel Finishing Media* [online]. Connecticut, USA: Abbott Ball Company Abbott Ball Company [cit. 2015-06-09]. Dostupné z: <http://www.abbottball.com/steel-finishing-media/why-steel-media.php>
- [19] *Rösler finding a better way* [online]. 2014 [cit. 2015-06-09]. Dostupné z: http://www.rosler-povrchove-upravy.cz/produkty/omilaci_stroje/kruhove_vibratory/
- [20] HLAVÁČEK, Milan. *WALTER TROWAL. Walter Trowal: Chips and Compounds* [online]. Walther Trowal, 2015 [cit. 2015-06-09]. Dostupné z: <http://www.trowal.cz/chips-compounds>
- [21] *CZ FERRO Steel* [online]. Napajedla: iStudio, 2011 [cit. 2015-06-09]. Dostupné z: <http://www.czferrosteel.cz/cz/>
- [22] *ALFUN: Hliník* [online]. Bruntál: Alfun a.s. [cit. 2015-06-09]. Dostupné z: <http://www.alfun.cz/tyce-a-profilly>
- [23] *Litomyský: Mosaz* [online]. LITOMYSKÝ, Petr. Praha [cit. 2015-06-09]. Dostupné z: <http://www.litomysky.cz/mat/ms.htm>
- [24] *Nakupka* [online]. Praha, 2013 [cit. 2015-06-04]. Dostupné z: <https://www.nakupka.cz/vyrobek/pistole-horkovzdujna-bosch-ghg-660-lcd-professional/?gclid=CO2Drezh9cUCFTHJtAodqX0ABw>
- [25] Elcometer. *Gamin s.r.o.* [online]. Ostrava [cit. 2015-06-04]. Dostupné z: <http://www.elcometer.cz/priprava-povrchu-drsnost/elcometer-7060-4-mitutoyo-drsnomer>

6 Seznam obrázků:

Obr. 1 Kruhový vibrátor[19].....	10
Obr. 2 Odstředivé zařízení [5].....	11
Obr. 3 Bezdotykové omílací zařízení[5].....	12
Obr. 4 Separace standartní [18]	12
Obr. 5 Separace prutová[18]	13
Obr. 6 Separace magnetická[18].....	13
Obr. 7 Různé tvary a rozměry omílacích těles [20].....	15
Obr. 8 Ukázka matných a lesklých povrchů [2].....	18
Obr. 9 Odraz světelných paprsků na matném a lesklém povrchu [1].....	19
Obr. 10 Nejčastěji používané úhly měření [4].....	20
Obr. 11 Ukázka použití leskoměru [6].....	21
Obr. 12 Profil povrchu [7].....	22
Obr. 13 Aritmetický průměr absolutních hodnot v rozsahu délky l_r [12].....	23
Obr. 14 Veličiny nosného podílu a Abbottova křivka [11].....	23
Obr. 15 Vzorkovnice drsnosti povrchu [13]	24
Obr. 16 Absolutní systém snímání [12].....	26
Obr. 17 Relativní systém snímání [12].....	26
Obr. 18 Drsnoměr Zeiss SURFCOM 130A[13].....	26
Obr. 19 Rozměry vzorků, výkres z programu Autodesk Inventor.....	27
Obr. 20 Vzorek z konstrukční oceli	28
Obr. 21 Vzorek ze slitiny hliníku	29
Obr. 22 Vzorek z mosazi	30
Obr. 23 Kruhový vibrátor s označením CER 125 na pracovišti[5].....	31
Obr. 24 Separační síto s klínky[5].....	32
Obr. 25 Horkovzdušná pistole BOSCH[24].....	32
Obr. 26 Drsnoměr Mytutoyo	33
Obr. 27 Leskoměr Spektro-quide.....	34
Obr. 28 Stereomikroskop OLYMPUS	34
Obr. 29 Omílací tělíska s rozměry 4 x 6 mm.....	35
Obr. 30 Omílání v OB 33, 30 minut	40
Obr. 31 Omílání v OB 33, 60 minut	41
Obr. 32 Omílání v OB 33, 120 minut.....	41
Obr. 33 Omílání v OB 34, 30 minut	44
Obr. 34 Omílání v OB 34, 60 minut	45
Obr. 35 Omílání v OB 34, 120 minut.....	45
Obr. 36 Omílání v OB 35, 30 minut	48
Obr. 37 Omílání v OB 35, 60 minut	49
Obr. 38 Omílání v OB 35, 120 minut.....	49
Obr. 39 Zvětšený vzorek oceli stereomikroskopem	49
Obr. 40 Omílání v Pragopol 809, 30 minut	52
Obr. 41 Omílání v Pragopol 809, 60 minut	53
Obr. 42 Omílání v Pragopol 809, 120 minut	53
Obr. 43 Omílání v Pragopol 812, 30 minut	56

Obr. 44 Omílání v Pragopol 812, 60 minut	56
Obr. 45 Omílání v Pragopol 812, 120 minut	57
Obr. 46 Omílání v Pragopol 550, 30 minut	60
Obr. 47 Omílání v Pragopol 550, 60 minut	61
Obr. 48 Omílání v Pragopol 550, 120 minut	61
Obr. 49 Omílání v Leštící soli, 30 minut.....	64
Obr. 50 Omílání v Leštící soli, 60 minut.....	64
Obr. 51 Omílání v Leštící soli, 120 minut.....	65