

Stanovení vlivu znečištění oleje na redukci průměru dřívku při technologii protlačování

Determination of oil contamination influence to the shank diameter reduction during extrusion technology

Anotace

Diplomová práce se zabývá stanovením vlivu znečištěných olejů na proces redukování průměru dřívku a posuzuje změnu tohoto vlivu při používání magnetické filtrace těchto olejů. Nejprve se zabývá tvářením kovů, popisuje proces výroby šroubů ve firmě KAMAX s.r.o., tribologické procesy a přípravu povrchů pro operace tváření. Dále popisuje magnetický způsob filtrace procesních olejů, vyhodnocuje vliv této filtrace na protlačovací síly, výsledné drsnosti povrchů a obsah pevných částic v porovnání s nefiltrovanými oleji.

Klíčová slova: Protlačování, tribologie, maziva, magnetická filtrace

Annotation

This thesis deals with determination of contaminated oils influence to the process of shank diameter reduction and assesses change of this influence while using magnetic filtration of these oils. At first it deals with metal forming, describes a process of production of screws in company KAMAX s.r.o., tribological processes and surface preparation for forming operations. Further it describes magnetic filtration method for processing oils, evaluates the effect of this filtration to extrusion forces, final surfaces roughness and content of solid particles in comparison with unfiltered oils.

Key words: Extrusion, tribology, lubrication, magnetic filtration

PODĚKOVÁNÍ:

Nejprve bych rád poděkoval všem, u kterých jsem při vytváření diplomové práce našel podporu.

Jmenovitě bych chtěl poděkovat panu Ing. Pavlu Solfronkovi, Ph.D. za jeho odbornou pomoc, trpělivé vedení a množství cenných připomínek. Dále děkuji všem kolegům z firmy KAMAX s.r.o., především pak panu Ing. Pavlu Tušerovi a panu Josefu Kühnelovi za jejich cenné rady a připomínky při realizaci této diplomové práce.

Veliké poděkování chci věnovat mé rodině a přátelům, kteří mi byli po celou dobu studia oporou.

Diplomová práce vznikla na základě finanční podpory projektu studentské grantové soutěže /SGS 21005/ ze strany Technické univerzity v Liberci v rámci podpory specifického vysokoškolského výzkumu.



OBSAH:

1	ÚVOD	11
2	TEORETICKÁ ČÁST	12
2.1	TVÁŘENÍ KOVŮ	12
2.1.1	Plastická deformace kovů	12
2.1.2	Rozdělení technologií pro zpracování kovů	13
2.1.2.1	Rozdělení tvářecích procesů podle teploty	13
2.1.2.2	Rozdělení tvářecích procesů podle tepelného efektu	16
2.1.2.3	Rozdělení tvářecích procesů podle stupně deformace	16
2.1.2.4	Rozdělení tvářecích procesů podle působení vnějších sil... ..	17
2.1.3	Protlačování	17
2.1.3.1	Princip protlačování	18
2.1.3.2	Výpočet síly a práce.....	18
2.1.3.3	Vliv materiálu	19
2.1.3.4	Vliv tření	19
2.1.3.5	Rozdělení technologických způsobů protlačování	20
2.2	PROCES VÝROBY ŠROUBŮ VE FIRMĚ KAMAX s.r.o.	23
2.2.1	Stříhání materiálu.....	23
2.2.2	Pěchování	24
2.2.3	Redukce.....	24
2.2.4	Tvarování hlavy.....	25
2.2.5	Odstřížení otřepu.....	26
2.2.6	Závitování	26
2.2.6.1	Závitování válcovým nástrojem a segmentovými čelistmi... ..	26
2.2.6.2	Závitování s použitím plochých válcovacích čelistí	27
2.2.7	Parametry tvářecích strojů	27
2.2.7.1	Strojové zařízení KAMAX s.r.o.....	27
2.2.7.1.1	SACMA SP 38.....	28
2.2.7.1.2	NEDSCHROEF NB 515	29
2.3	TRIBOLOGIE	30
2.3.1	Kontaktní procesy	31
2.3.2	Procesy tření.....	31



2.3.2.1	Suché tření.....	32
2.3.2.2	Mezné tření.....	33
2.3.2.3	Kapalinové tření.....	33
2.3.2.4	Smíšené tření.....	34
2.3.3	Koeficient tření.....	35
2.3.3.1	Statické a kinetické tření.....	35
2.3.3.2	Vady díky tření.....	36
2.3.4	Opotřebení.....	36
2.3.4.1	Adheze.....	37
2.3.4.2	Tribochemická reakce.....	37
2.3.4.3	Otěr.....	38
2.3.4.4	Povrchová únava.....	38
2.3.5	Hodnocení geometrie povrchu.....	38
2.3.5.1	Profil povrchu.....	39
2.3.5.2	Měření délky – mezní vlnové délky.....	40
2.3.5.3	Maximální výška profilu Rz.....	40
2.3.5.4	Střední aritmetická hodnota drsnosti Ra.....	41
2.3.6	Tribologické zkoušky.....	42
2.3.6.1	Způsoby testování tření a mazání.....	43
2.3.6.1.1	Zkouška pěchováním kroužku.....	44
2.4	PŘÍPRAVA POVRCHU MATERIÁLU.....	45
2.4.1	Fosfátování.....	45
2.4.1.1	Teorie fosfátování.....	46
2.4.2	Maziva pro tváření kovů.....	46
2.4.2.1	Maziva pro objemové tváření kovů.....	46
2.4.2.1.1	Mazací oleje pro protlačování za studena.....	47
2.4.2.2	Metody testování vlastností maziv.....	48
2.4.2.2.1	Hustota.....	48
2.4.2.2.2	Viskozita.....	49
2.4.2.2.3	Strukturní analýza.....	49
2.4.2.2.4	Povrchové jevy.....	50
2.4.2.2.5	Obsah vody.....	51
2.4.2.2.6	Obsah pevných částic.....	51



2.4.2.2.7 Testy stárnutí.....	52
2.4.2.2.8 Teplota vzplanutí	52
2.4.2.2.9 Ostatní testy maziv	52
3 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	53
3.1 SPOLEČNOST KAMAX s.r.o.	53
3.1.1 KAMAX s.r.o.	53
3.1.2 Výrobky firmy KAMAX s.r.o. Turnov	54
3.1.3 Materiál ústřížků drátu.....	54
3.1.4 Procesní oleje používané firmou	54
3.1.4.1 Rizika výroby spojená se znečištěnými oleji	56
3.1.4.2 Magnetický filtr oleje MICROMAG	58
3.2 PROVÁDĚNÉ EXPERIMENTY	59
3.2.1 Zkouška tlakem na přístroji TIRATEST 2300	59
3.2.1.1 Výsledky měření sil při použití olejů ze stroje NB 515.....	61
3.2.1.2 Výsledky měření sil při použití olejů ze stroje SP 38.....	63
3.2.2 Měření drsností povrchů přístrojem SURFTEST SV-2000.....	65
3.2.2.1 Výsledky měření drsností pro oleje z NB 515	65
3.2.2.2 Výsledky měření drsností pro oleje z SP 38	69
3.2.2.3 Výsledky měření drsnosti u zadřeného průtlačku.....	72
3.2.3 Částicová analýza zařízením HYDAC FCU 8000	73
3.2.3.1 Porovnání obsahu nečistot hmotnostním měřením	74
3.2.4 Pěnicí charakteristika odebíraných olejů.....	75
3.2.5 Ekonomické zhodnocení	76
3.2.5.1 Ekonomické zhodnocení pro všechna strojová zařízení firmy	78
4 ROZBOR ZÍSKANÝCH VÝSLEDKŮ.....	79
5 ZÁVĚR.....	80
SEZNAM LITERATURY	82
SEZNAM PŘÍLOH	84

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ:

F_{PT}	[N]	Protlačovací síla
A_{SK}	[J]	Deformační práce
k_{ps}	[MPa]	Střední přetvárný odpor
η_f	[%]	Deformační účinnost
φ_d	[%]	Stupeň deformace
V_{DEF}	[mm ³]	Deformovaný objem
z	[mm]	Zdvih
α	[%]	Hladina významnosti
C	[%]	Uhlík
Si	[%]	Křemík
Mn	[%]	Mangan
Cr	[%]	Chrom
B	[%]	Bor
SP	[-]	SACMA, výrobce
NB	[-]	NEDSCHROEF, výrobce
SEM	[-]	Rastrovací elektronový mikroskop
FTIR	[-]	Infračervená spektroskopie s Fourierovou trans.
NRM	[-]	Nukleární magnetická rezonance
TOST	[-]	Turbínový oxidační test
F_t	[N]	Třecí síla
N	[N]	Normálová síla
μ	[-]	Koeficient tření
P_{MAX}	[MPa]	Maximální povrchový tlak
σ_E	[MPa]	Mez kluzu
R_M	[MPa]	Mez pevnosti
Z	[%]	Tažnost
A_1	[mm ²]	Finální povrch
A_0	[mm ²]	Počáteční povrch
v_N	[mm/s]	Relativní rychlost nástroje
v_P	[mm/s]	Relativní rychlost polotovaru
R_t	[μ m]	Nejvyšší hloubka drsnosti
W_t	[μ m]	Hloubka vln



Pt	[μm]	Hloubka profilu
Rz	[μm]	Maximální výška profilu
Rp	[μm]	Nejvyšší výstupek
Rv	[μm]	Nejnižší rýha
Ra	[μm]	Střední aritmetická hodnota drsnosti
Rq	[μm]	Střední kvadratická hodnota drsnosti
RPc	[-]	Počet výstupků
Rmr(c)	[%]	Materiálový podíl drsnosti profilu
lt	[mm]	Celková délka
ln	[mm]	Měřená délka
lr	[mm]	Základní délka
λc	[mm]	Mezní vlnová délka
$\varnothing\text{d}_v$	[mm]	Vnější průměr pēchovaného kroužku
$\varnothing\text{d}_j$	[mm]	Vnitřní průměr pēchovaného kroužku
h	[mm]	Výška pēchovaného kroužku

1 ÚVOD

Všechny kapaliny strojních zařízení podléhají změnám svých vlastností v průběhu času, pokud jde o procesní kapaliny, jedná se především o jejich znečišťování o částičky kovů a jiných látek, které se s procesními kapalinami mísí. V dnešní době každá firma potřebuje maximálně využít svých strojů k výrobě a odstávky strojů z důvodů znečištěných průmyslových kapalin jsou nežádoucí. Tato diplomová práce se zabývá oleji používanými pro mazání a zároveň chlazení jednotlivých operací výroby šroubů ve firmě KAMAX s.r.o..

V teoretické části jsou uvedeny základy technologie tváření kovů a popsán proces výroby šroubů ve firmě KAMAX s.r.o., seznamuje čtenáře s tribologickými procesy a přípravou povrchu materiálu před samotným tvářením. Praktická část diplomové práce se zabývá stanovením vlivu čištěných a nečištěných olejů na proces výroby šroubů. Porovnává síly potřebné k protlačování, výsledné drsnosti povrchů a obsah pevných částic u odebíraných vzorků olejů.

Cílem diplomové práce je stanovení vlivu znečištění olejů na proces redukování dřívku a posouzení tohoto vlivu při použití magnetického filtru pevných částic. Také si klade za úkol vyhodnocení účinnosti magnetického filtru v porovnání k investicím, které se zavedením této metody filtrace souvisí.

2 TEORETICKÁ ČÁST

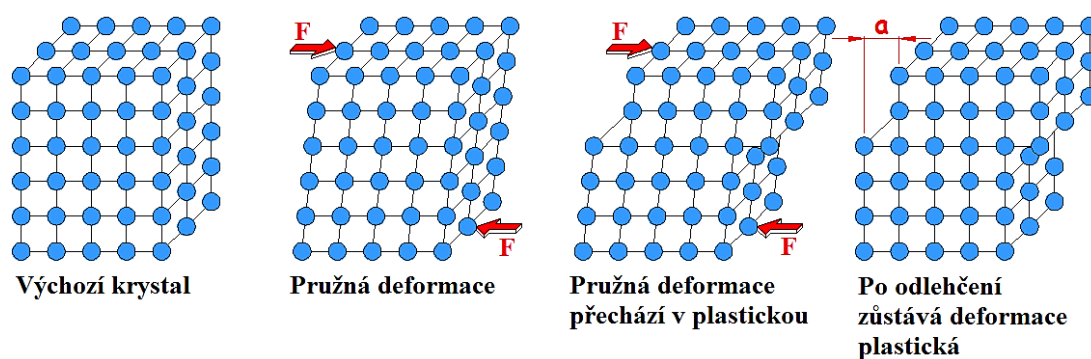
2.1 TVÁŘENÍ KOVŮ

Tvářením kovů rozumíme technologický (výrobní) proces, při kterém dochází k požadované změně tvaru výrobku nebo polotovaru, příp. vlastností, v důsledku působení vnějších sil bez odběru třísek. Podstatou tváření je vznik plastických deformací, ke kterým dojde v okamžiku dosažení napětí na mezi kluzu pro daný materiál. Tento děj je provázen fyzikálními změnami a změnami struktury materiálu, což ovlivňuje mechanické vlastnosti materiálu. [1]

Výhodami tváření jsou vysoká produktivita práce, vysoké využití materiálu a velmi dobrá rozměrová přesnost tvářených výrobků. Nevýhodou je vysoká cena strojů a nástrojů a omezení rozměry konečného výrobku. [1]

2.1.1 Plastická deformace kovů

Deformací se nazývá změna tvaru mřížky, která se navenek projevuje změnou tvaru bez vzniku trhlin. Podle fyzikální povahy je možné deformaci rozdělit na pružnou deformaci, kdy se materiál bude vracet do původního tvaru, pokud přestane působit síla, která způsobila pružnou deformaci a na plastickou deformaci, kdy změna tvaru zůstává zachovaná i po odstranění příčiny deformace, pokud napětí vzroste nad mez kluzu (viz. obr. 1). Z hlediska tváření kovů má největší význam plastická deformace, i když vliv elastické deformace má vliv na konečný tvar výrobku. Při vzniku trhlin a následné destrukci tělesa mluvíme o porušení. [1]



Obr. 1: Schéma pružné a plastické deformace [1]

Velikost deformace závisí na teplotě, rychlosti zatěžování, napjatosti, chemickém složení, zpevnění a tření, atd. Tyto všechny vlivy se navenek projevují odporem kovu ke změně tvaru – deformačním odporem.[1]

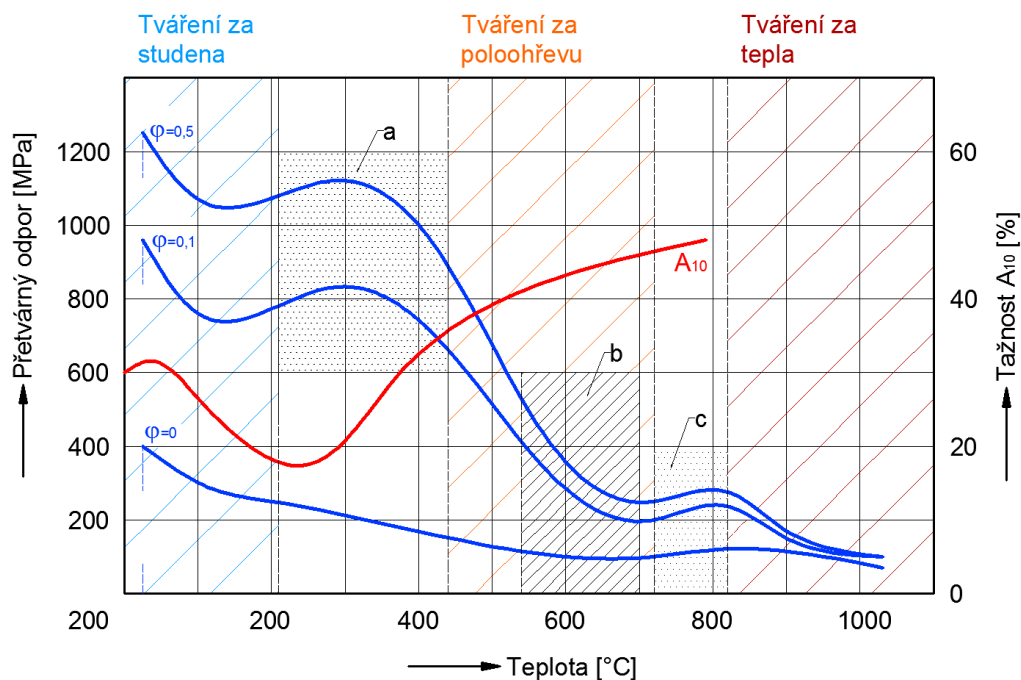
2.1.2 Rozdělení technologií pro zpracování kovů

Technologické tvářecí procesy je možné rozdělit podle:

- Teploty
- Tepelného efektu
- Stupně dosažené deformace
- Podle působení vnějších sil [1]

2.1.2.1 Rozdělení tvářecích procesů podle teploty

Při změně teploty se mění deformační odpor materiálu (oceli) proti tváření. Se zvyšující se teplotou se zlepšují plastické vlastnosti kovů a jejich slitin. [1]



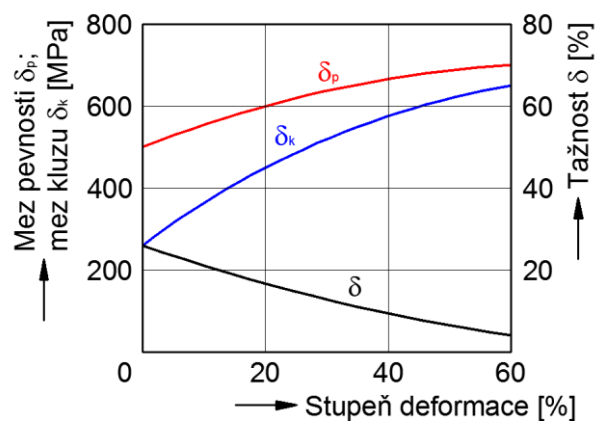
Obr. 2: Rozdělení tvářecích procesů podle teploty [1]

a – oblast nevhodná pro tváření, b – oblast rekystalizace, c – oblast fázových přeměn

Rozdělení tvářecích procesů podle teploty je vlastně rozdělení podle vztahu teploty tvářeného materiálu k teplotě rekrystalizace (přibližně 0,4 teploty tání kovu). Rekrystalizační teplota je teplota, při které dochází k regeneraci deformovaných zrn vzniklých tvářením za studena beze změny krystalové mřížky. [1]

Potom je tedy rozdělení tvářecích technologií podle teploty na:

- **Tváření za studena** – Při kterém se tváří pod rekrystalizační teplotou, tj. když teplota tvářením je pod hodnotou 30 % teploty tání tvářeného materiálu. Přitom dochází ke zpevnování materiálu, které se zachová a k nárůstu odporu proti dalšímu tvářením (nakonec dojde k vyčerpání plastičnosti materiálu), zrna se deformují ve směru tvářením, vytváří se textura, dochází k anizotropii mechanických vlastností. Zpevněním se zvyšují mechanické hodnoty (mez pevnosti a mez kluzu) a klesá tažnost. Zahřátím kovu je možné obnovit deformační schopnost, kov získává opět schopnost být plasticky tvářen. Výhodou je vysoká přesnost rozměrů, kvalitní povrch (nenastává okujení) a zlepšování vlastností zpevněním. Nevýhodou je nutnost používat velké tvářecí síly, nerovnoměrné zpevnování a omezená tvárnost materiálu. [1]

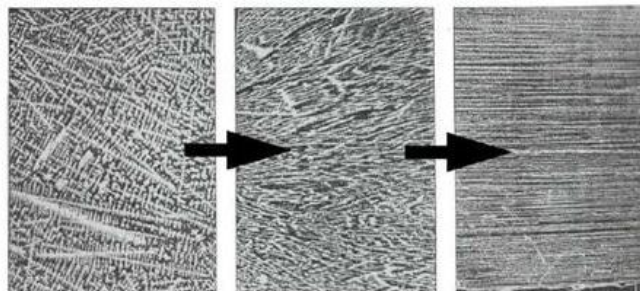


Obr. 3: Změna mechanických vlastností v závislosti na stupni deformace [1]

- **Tváření za poloohřevu** – Představuje kompromis mezi tvářením za studena a za tepla. Důvodem je zlepšení přetvárných vlastností oproti tvářením za studena, snížení přetvárných odporů, dosažení zlepšení mechanických a fyzikálních vlastností, přesnosti a jakosti povrchu. Horní teploty jsou omezeny oxidací povrchu. [1]
- **Tváření za tepla** – Probíhá nad rekrytalizační teplotou, kdy rychlost rekrytalizace je tak vysoká, že zpevnění způsobené tvářením mizí již v průběhu tvářením nebo bezprostředně po něm. Teplota tvářením je nad hodnotou 70 % teploty tání daného materiálu. [1]

Materiál se nezpevňuje a k tvářením stačí síly až desetkrát menší, než u tvářením za studena. Může a nemusí vznikat textura, ale povrch je nekvalitní vlivem okujení, navíc hrubne zrna, což je problematické u dalších technologických operací z hlediska kvality. Proces je poměrně zdlouhavý a nákladný, na druhé straně však dochází k odstranění trhlin, bublin, atd. [1]

Dalším vlivem tvářením za tepla je vznik vláknité struktury z hrubé dendritické struktury ingotu, jejíž příčinou jsou nekovové nečistoty, tzv. vměstky. Během tvářením se vlivem vyšší teploty tyto nečistoty a uspořádají do vláken, které kopírují tvar výkovku. Protože jde o nekovové nečistoty, nelze je odstranit tepelným zpracováním, ani tvářením. Vláknitá struktura ovlivňuje mechanické vlastnosti a anizotropii. [1]



Obr. 4: Přeměna dendritické struktury ve vláknitou [1]

2.1.2.2 Rozdělení tvářecích procesů podle tepelného efektu

Část energie, vynaložené na tváření, se mění na teplo a množství tepla závisí na rychlosti deformace a odporu materiálu proti deformaci. Podle toho, kam se odvede vzniklé teplo, se tvářecí procesy dělí na:

- **Izotermické tváření** – kdy veškeré vyvinuté teplo je odváděno do okolí a teplota tvářeného kovu se nemění. Deformace je dostatečně pomalá.
- **Adiabatické tváření** – při kterém veškeré teplo zůstane v materiálu a dojde ke zvýšení teploty kovu. Deformace je extrémně vysoká.
- **Polytropické tváření** - u kterého se část tepla odvede do okolí a část tepla zůstane v tvářeném materiálu, což je nejčastější případ. [1]

2.1.2.3 Rozdělení tvářecích procesů podle stupně deformace

Kritériem je zde stupeň deformace při určité teplotě a rychlosti deformace bez nebezpečí vzniku trhlin na povrchu materiálu. Část energie, vynaložené na tváření, se mění na teplo a množství tepla závisí na rychlosti deformace a odporu materiálu proti deformaci. Podle toho se tvářecí procesy dělí na:

- Procesy, kdy tlak mezi nástrojem a materiálem je **malý**, ke vzniku deformace jsou potřeba malé síly a povrch volného materiálu je výrazně větší, než povrch, který je ve styku s nástrojem (např. volné kování)
- Procesy, kdy tlak mezi nástrojem a materiálem je **velký**, ke vzniku deformace jsou potřeba velké síly a povrch volného materiálu je přibližně stejný jako povrch, který je ve styku s nástrojem (např. zápusťkové kování),
- Procesy, kdy tlak mezi nástrojem a materiálem je **velmi vysoký**, ke vzniku deformace jsou potřeba značně velké síly a povrch volného materiálu je menší, než povrch, který je ve styku s nástrojem (např. protlačování). [1]

2.1.2.4 Rozdělení tvářecích procesů podle působení vnějších sil

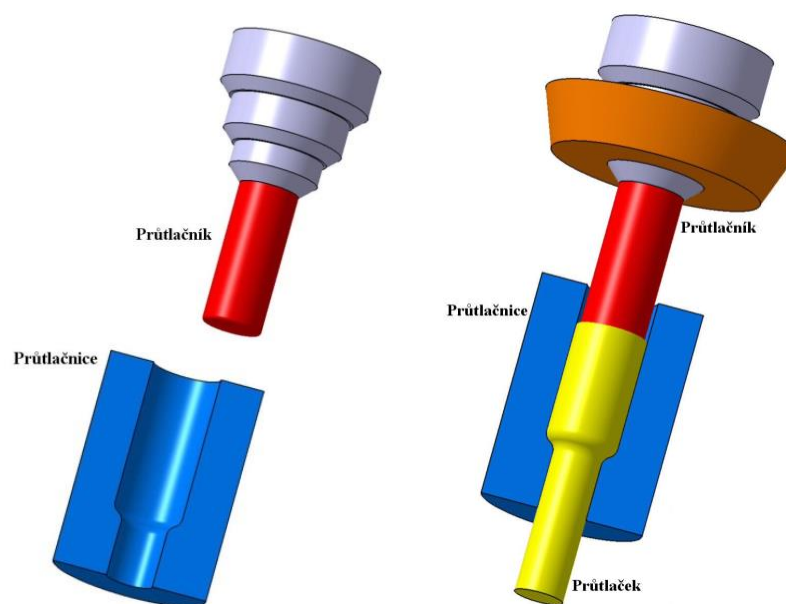
Z tohoto hlediska se tváření kovů dělí na:

- **Tváření objemové**, při kterém deformace nastává ve směru všech tří os souřadného systému a patří sem válcování, kování, protlačování, tažení drátů.
- **Tváření plošné**, při kterém převládají deformace ve dvou směrech. Patří sem tažení, ohýbání, stříhání, apod. [1]

2.1.3 Protlačování

Protlačování je technologie objemového tváření, kterou můžeme provádět za tepla, za poloohřevu a za studena. Napjatost v přetvářeném elementu materiálu je trojosá, všestranné tlaková. Tvářený materiál se přemísťuje a jeho směr pohybu je určen konstrukcí nástroje – protlačovadla. Výrobek se nazývá průtlaček. [1]

Tuto technologii je možno dělit do dvou skupin. První se týká výroby finálních výrobků, druhá výroby polotovarů (trubek, tyčí, profilů, apod.). Protlačování za studena je u lehkých a barevných kovů známo již přes 100 let. Tímto způsobem se vyráběly a vyrábějí např. šrouby, nábojnice, apod. [1]



Obr. 5: Protlačovací nástroj [1]

2.1.3.1 Princip protlačování

Principem protlačování je deformace materiálu v důsledku působících sil do předem stanoveného směru s konečnými výhodnými mechanickými a rozměrovými vlastnostmi konečného výrobku. Protlačování je jedním z procesů, které přispěly k výraznému snížení vlastních nákladů ve výrobě, tedy i k racionalizaci výroby. Přesnost průtlačků je obvykle velmi vysoká ($\pm 0,05$ mm), takže není nutno před montáží průtlačky rozměrově upravovat. Také využití materiálu je vysoké, 90~100%. [1]

2.1.3.2 Výpočet síly a práce

Na protlačování za studena jsou potřebné velké deformační síly, které závisí na chemické složení materiálu, přípravě a tepelném zpracování, mazání, geometrii nástroje (čím větší, tím větší síla), velikosti redukce (čím větší, tím větší síla), tloušťka stěny (čím menší, tím větší síla), druhu stroje. [1]

Pro výpočet síly potřebné k protlačování je nejdříve potřeba určit práci potřebnou k deformaci A_{SK} (rovnice 1.1) a následně se při známém zdvihu určí protlačovací síla F_{PT} (rovnice 1.2):

$$A_{SK} = k_{ps} * \frac{1}{\eta_f} * \varphi_d * V_{DEF} \quad [J] \quad (1.1)$$

$$F_{PT} = \frac{A_{SK}}{z} \quad [N] \quad (1.2)$$

kde je:

k_{ps} = střední přetvárný odpor [MPa]

η_f = deformační účinnost [%]

φ_d = stupeň deformace [%]

V_{DEF} = deformovaný objem [mm³]

z = zdvih [mm]

Přetvárný odpor při protlačování za studena vzrůstá se stupněm zpevnění materiálu a potom počítáme $k_{ps} = (k_{o1} + k_{o2})/2$, i když se nejedná o přímku, ale o křivku. U protlačování za tepla je přetvárný odpor konstantní. [1]

2.1.3.3 Vliv materiálu

Jakost a výchozí stav materiálu má výrazný vliv na technologii a proces protlačování. Vzhledem k velikosti přetvárných odporů jsou pro protlačování vhodné materiály s tažností větší, než 10% a kontrakcí větší, než 50% (oceli s obsahem uhlíku do 0,2% C). Nevhodné jsou materiály, u kterých je nutno vynaložit specifický tvářecí tlak větší jak 2500 MPa a nebo nelze během jedné operace v důsledku chemického složení (tedy zpevnění) získat deformaci alespoň 25%. Materiály s nízkou přetvárnou pevností, hliník a jeho slitiny, se dají protlačovat na jednu operaci. Oceli a ostatní kovy se protlačují na více operací. Někdy je potřeba provádět i mezioperační žihání (nejdříve rekrytalizační a potom na měkko). Maximální redukce na jednu protlačovací operaci je omezena přípustným namáháním nástroje. Redukce u oceli např. s obsahem 0,1% C je až 60%. [1]

2.1.3.4 Vliv tření

Jedním z rozhodujících faktorů na proces protlačování je tření, které výrazně ovlivňuje vlastní proces, kvalitu výrobku a ekonomii výroby, a to zejména u ocelí – musí se provádět vhodná povrchová úprava, jinak dochází k suchému tření a zadření nástroje. Povrchová úprava se skládá:

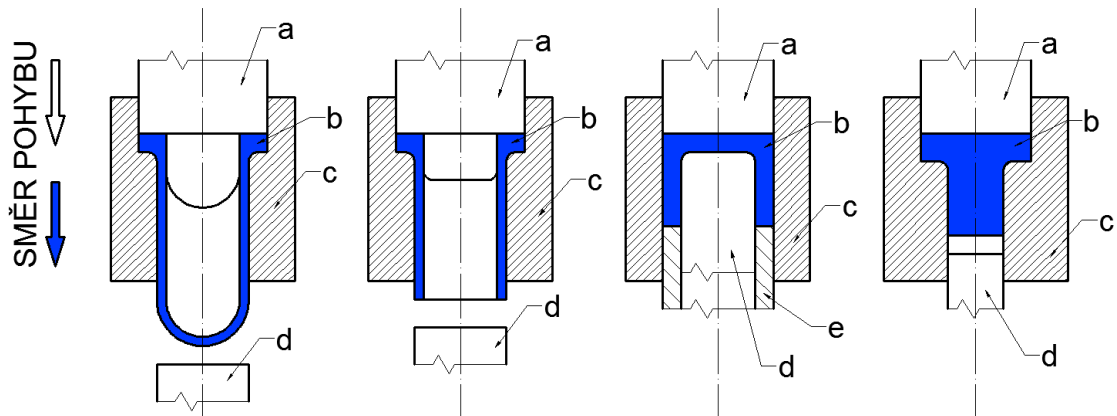
- Odstranění povrchových vad (otryskávání, broušení, moření u Al, ...)
- Chemické a mechanické čištění (omývání, sušení, ...)
- Fosfátování – fosfátovaný povrch má vysokou přilnavost k výchozímu materiálu, což umožňuje mazání povrchu materiálu v důsledku pórovitosti fosfátované vrstvy při velkých tlacích
- Nanesení vrstvy maziva (např. ponořením do roztoku organického oleje a mýdla). [1]

Velikost třecích sil dále závisí na drsnosti povrchu průtlačníku a průtlačnice a na jejich opotřebením v kritických místech. Třecí síly a jejich vliv na proces protlačování je podrobněji popsán v kapitole 2.3, který se zabývá tribologickými procesy. [1]

2.1.3.5 Rozdělení technologických způsobů protlačování

Protlačování dělíme podle směru pohybu materiálu a nástroje na:

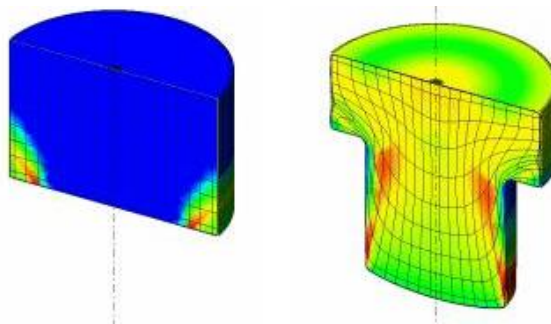
- **Dopředné protlačování** – Při dopředném (přímém) protlačování se materiál pohybuje ve stejném směru jako průtláčník. Výchozím polotovarem bývá kalota, získaná např. lisováním plechu nebo upichováním z tyčí. [1]



Obr. 6: Princip dopředného protlačování [1]

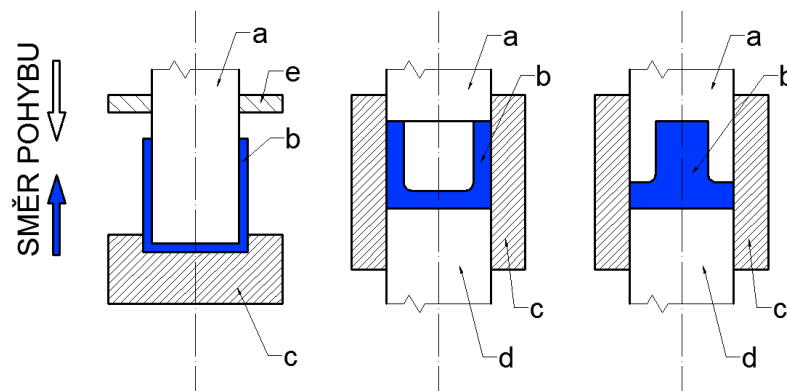
a – průtláčník, b – materiál, c – průtláčnice, d – vyhazovač, e – stírač

Používá se při tváření čepů, šroubů, pouzder, apod., tedy výrobků, u kterých není konstantní průřez. [1]



Obr. 7: Dopředné protlačování [2]

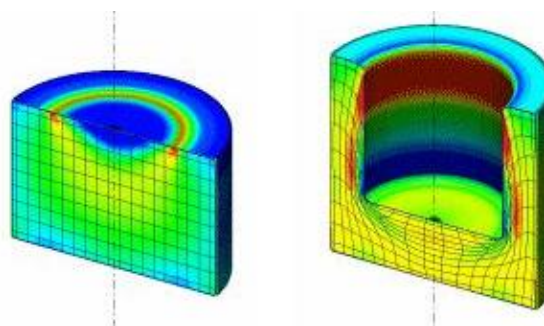
- **Zpětné protlačování** – Při zpětném protlačování se pohybuje materiál v opačném směru než průtlačník. [1]



Obr. 8: Princip zpětného protlačování [1]

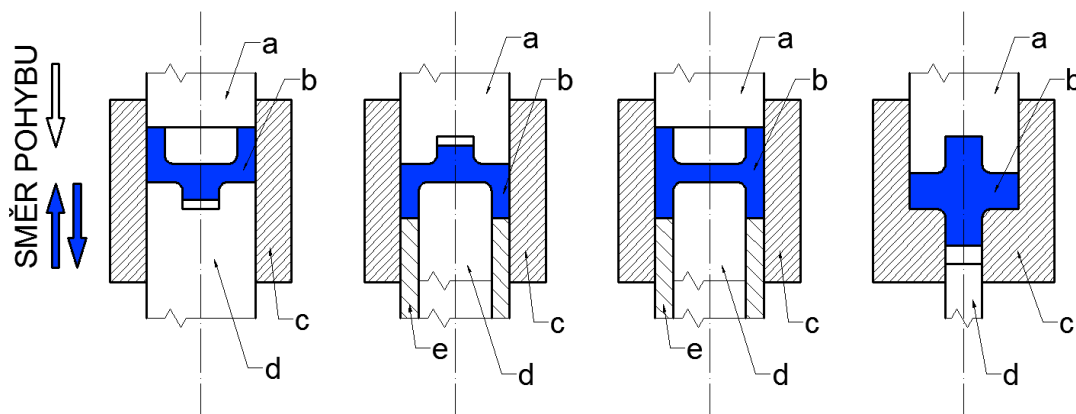
a – průtlačník, b – materiál, c – průtlačnice, d – vyhazovač, e - stírač

Používá se k výrobě dutých průtlačků i se žebry, kdy tloušťka stěny je v porovnání s průměrem velmi malá anebo naopak. [1]



Obr. 9: Zpětné protlačování [2]

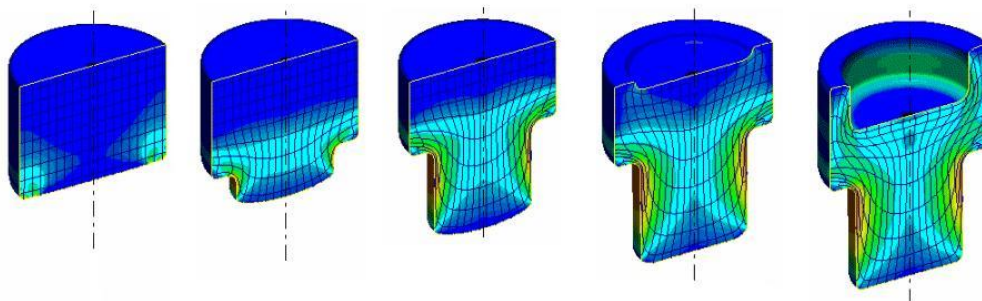
- **Kombinované protlačování** – Při kombinovaném protlačování se materiál pohybuje v obou jmenovaných směrech, kdy musí platit, že stupeň deformace v dolní části průtlačku na dně průtlačnice musí být menší, než v horní části, kterou tváří průtlačník, jinak materiál do tvarovaného dna nezateče. [1]



Obr. 10: Princip kombinovaného protlačování [1]

a – průtlačník, b – materiál, c – průtlačnice, d – vyhazovač, e - stírač

Vyrábí se tím profilové výrobky, které jsou velmi namáhané a které nemusí být válcového tvaru. [1]



Obr. 11: Kombinované protlačování [2]

- **Stranové a radiální protlačování** – Při stranovém protlačování se tvářený materiál pohybuje kolmo na směr pohybu průtlačníku a slouží k výrobě průtlačků s vnějším i vnitřním oboustranným osazením. Radiálním protlačováním rozumíme tváření, při kterém se materiál i části nástroje pohybují v radiálním směru vzhledem k ose materiálu. [1]

2.2 PROCES VÝROBY ŠROUBŮ VE FIRMĚ KAMAX s.r.o.

Použitím speciálního strojového zařízení na šrouby a čepy dosáhneme konečné geometrie (tvaru) výlisku. Tyto stroje, a konkrétně zápustkové lisy, pracují v horizontální rovině a jsou připraveny na postupný proces tvarování. Svitek je odeslán k lisu, kde se vložení jednoho z konců spustí proces stříhání drátu na délku odpovídající váze konečného tvaru. Lisy normálně obsahují 3, 4, 5 či 6 stanovišť tj. ran („ránou“ nazýváme každou z následných vnitřních operací lisu potřebných k tváření materiálu). V závislosti na geometrii (tvaru) šroubu se pracovní postup provádí na určeném počtu ran. Na každé z těchto ran provádíme jednu operaci, dokud nedosáhneme konečného tvaru výlisku. [3]

2.2.1 Stříhání materiálu

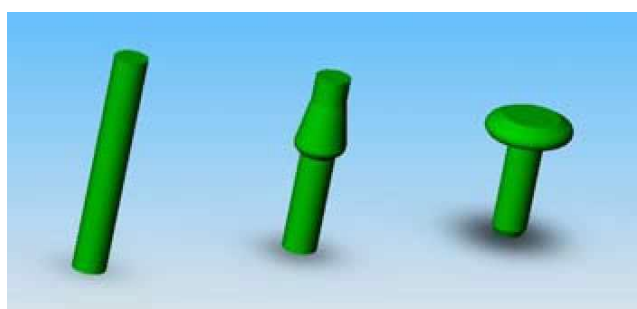
Stříhání materiálu je operace, ve které stříháme materiál s kalibrovaným průřezem na přesné množství, které použijeme na výrobu dílu. Kvalitní ustřížení materiálu je velmi důležité k dosažení potřebných výsledků při petchování, a předchází problémům s lisovacími nástroji. Ústřížky materiálů, které mají minimálně deformované konce, zajistí lepší životnost nástrojů, lepší ovládání tečení materiálu, a lepší konečné vlastnosti v hotových dílech. Kvalita stříhaných ústřížků je daná druhem drátu nebo prutu (složení materiálu a tvrdost), tvarem řezného nástroje a seřízením řezacího ústrojí. [3]



Obr. 12: Stříhání drátu + ukázka ústřížku [3]

2.2.2 Pěchování

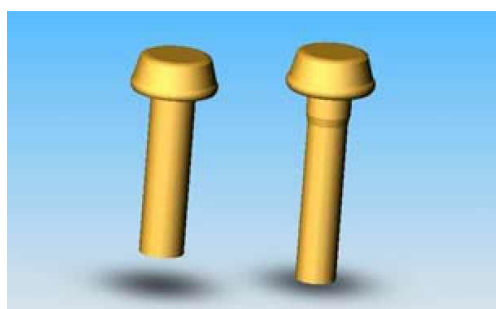
Pěchování (komprese) je to, čím nazýváme počáteční přetváření materiálu, za cílem začít ho tvarovat tak, abychom dosáhli správného konečného tvaru. Je to důležitá operace, protože pokud jakýkoliv daný proces správně nezačneme, nemůže vytvořit správný tvar a nedosáhneme stálého chodu. Komprese je proces tváření, při kterém je kov tvářen plastickým tečením. Vnitřní síla, aplikovaná na jednom konci kovového válce mezi razníkem a matricí, přesáhne mez pružnosti materiálu a způsobí jeho přetvoření. [3]



Obr. 13: Ukázka pěchování [3]

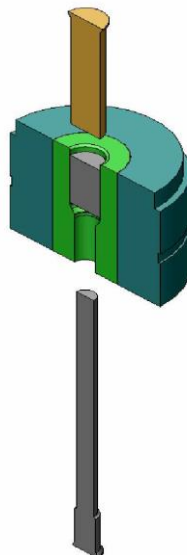
2.2.3 Redukce

Redukcí nazýváme, jak sám výraz výstižně naznačuje, redukci (zmenšení) průměru. V průběhu lisování často potřebujeme změnit průměr, ze kterého jsme vycházeli. Proto nazýváme proces přechodu z jednoho průměru na jiný redukce. Kdykoliv toto lze provést bez deformace předešlého materiálu, jde o redukci. [3]



Obr. 14: Ukázka redukce [3]

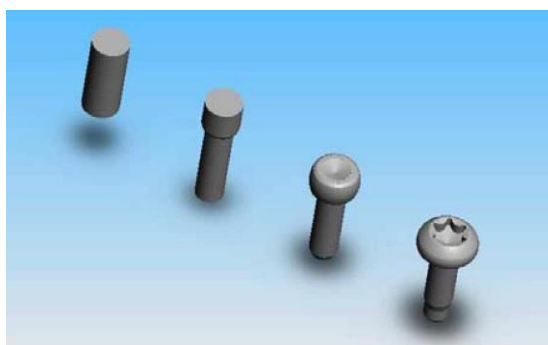
Jestliže je rozdíl mezi průměry velký, je potřeba zcela vedená redukce. Veškerý materiál je vložen do průtlačníku (matrice), a bez zastavení je protlačen skrze jednu její část a vystupuje částí protější, při čemž se značně zmenší jeho průměr. [3]



Obr. 15: Ukázka zcela vedené redukce [3]

2.2.4 Tvarování hlavy

Při tvarování hlavy vytváříme daný otvor v hlavě šroubu. Jak jméno naznačuje, jedná se o tvarování, protože se na hlavě vytvoří prohlubeň, která je do hlavy částečně vtlačena. U tohoto druhu dílu jsou velmi důležité délky při každé ráně, a také výsledný průřez poloměru styčné plochy a spodku otvoru. Tvarování hlavy je běžná operace v oblasti lisování za studena, jelikož hlavy dříve vylisovaných šroubů se běžně vyznačují nějakým otvorem nebo vtiskem, který jim umožní fungovat v dané aplikaci. [3]



Obr. 16: Ukázka tvarování hlavy šroubu [3]

2.2.5 Odstřížení otřepu

Stříhání provádíme střížnou, máme zde materiál neboli výlisek k odstřížení, nastřihovací střížnu a ústřížek vytvořený samotným úkonem stříhání. Při procesu stříhání se vytvoří kroužek přebytečného materiálu neboli odstřížek. [3]



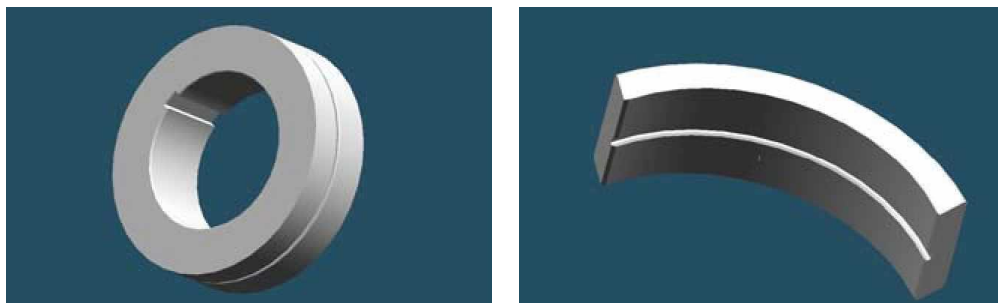
Obr. 17: Ukázka odstřížku [3]

2.2.6 Závítování

Závity se vytváří s použitím nástroje, který má na závítovací ploše vytvořeny drážky s negativním profilem závitu, jehož sklon je shodný s úhlem stoupání závitu. Závítované díly prochází otáčivým pohybem těmito nástroji, čímž se na jejich povrchu vytvoří závit. [3]

2.2.6.1 Závítování válcovým nástrojem a segmentovými čelistmi.

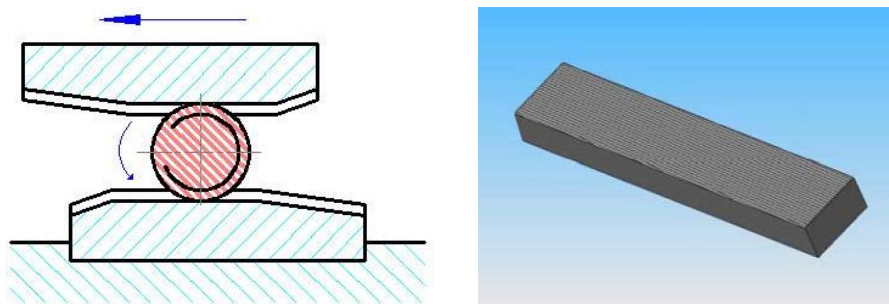
Nástroj se skládá z kruhového válce s profilem závitu na vnější straně a segmentové čelisti se stejným profilem závitu na straně vnitřní. V tomto případě se válec otáčí, přičemž segmentová čelist zůstává nehybná. [3]



Obr. 18: Závítovací válec + segmentová čelist [3]

2.2.6.2 Závítování s použitím plochých válcovacích čelistí

Nástroje se skládají ze dvou plochých kusů, jak je vidět na obrázku č.19. Tak jako u válcového nástroje a segmentové čelisti, jeden kus zůstává nehybný a druhý je pohyblivý. Při správném nastavení se tak posuvem jedné z čelistí vyvolává otáčivý pohyb dílu, díky kterému dojde k vytvoření závitu. [3]



Obr. 19: Válcovací čelisti [3]

2.2.7 Parametry tvářecích strojů

K protlačování za studena se používá většinou mechanických klikových a kolenových vertikálních lisů a lisů hydraulických. Lisovací síla je 300 až 120000 kN. Při protlačování za tepla se zpracovávají materiály, jejichž tvářitelnost je za studena omezená a např. válcování by bylo příliš nákladné. Po protlačování jsou průtlačky vysunuty z pracovního prostoru vyhazovačem nebo sfouknuty stlačeným vzduchem. Při kombinovaném protlačování se vyhazují průtlačky buď vyhazovačem, nebo stěračem podle toho, zda ulpí na průtlačníku nebo zůstanou v průtlačnici. Vnitřní stěny průtlačků jsou mírně kuželové s úkosem 1~2°. Nástroj musí být opatřen otvory pro únik vzduchu a maziva. [1]

2.2.7.1 Strojové zařízení KAMAX s.r.o.

Strojové zařízení na výrobu šroubů a čepů můžeme definovat jako specializované, protože se vyrábí výhradně pro tento účel. Jedná se o postupové lisovací stroje, tj. stroje s několika ranami na tváření výlisku. Tyto stroje můžeme klasifikovat do dvou skupin, na lisy které mají pouze lisovací operace (rány) a na lisy které mají operace tzv. kupení (tj. vytvoření sražení na dřívku) a závítování vestavěné přímo do stroje. [3]

2.2.7.1.1 SACMA SP 38

Stroj SACMA (obr. 20) je pětiranný lis se zabudovaným kupením a válcováním závitu, vybrané technické parametry zobrazuje tabulka č. 1. Součástí strojového zařízení firmy je od roku 2010, pro účely diplomové práce následuje popis systému mazání tohoto stroje.



Obr. 20: Stroj SACMA SP 38 [4]

U stroje rozlišujeme olej mazací, který slouží k mazání jednotlivých mechanismů stroje a olej procesní, který snižuje při procesech tváření tření mezi nástrojem a polotovarem a zároveň odvádí teplo vznikající těmito procesy. Lis má dvě samostatné nádrže pro procesní olej, jedna z nádrží je určena pro lisovací operace (objem 250 litrů), druhá operacím kupení a válcování závitu (objem 100 litrů). Stroj má také samostatnou vanu pro mazací olej stroje.

Při provozu dochází k mísení těchto olejů, mazací olej se částečně dostává do oleje procesního, především z pohybu kluzného vedení beranu lisu a válcovačky. Větším problémem je ale stékání procesního oleje do vany oleje mazacího, ve kterém se pak objevují částičky z procesů tváření, které mohou v krajních případech až poškodit strojové zařízení.

2.2.7.1.2 NEDSCHROEF NB 515

Stroj NEDSCHROEF (obr. 21) je také pětiranný lis se zabudovaným kupením a válcováním závitu, vybrané technické parametry zobrazuje tabulka č. 1. Součástí strojového zařízení firmy je od roku 2009, pro účely diplomové práce následuje popis systému mazání tohoto stroje.



Obr. 21: Stroj NB 515 [3]

Oleje stroje NB 515 rozlišujeme stejným způsobem, jako u stroje předchozího a to na olej mazací a procesní. Lis má pouze jednu nádrž pro procesní olej o objemu 400 litrů a také samostatnou vanu pro mazací olej. U tohoto stroje nedochází ke stékání procesního oleje do mazacího. Ve větší míře, než u předchozího stroje dochází ke stékání mazacího oleje do vany oleje procesního a jejich mísení.

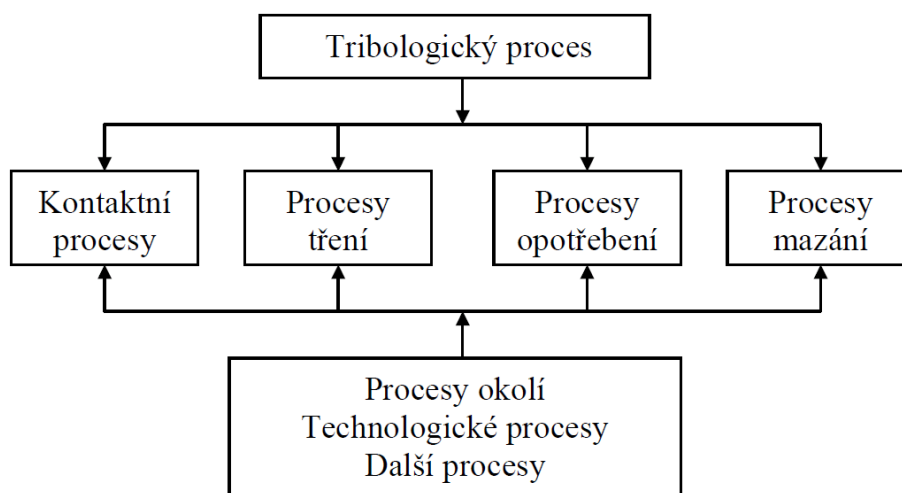
Tab. 1: Technické parametry strojů [3]

STROJ	VÝKON [kW]	LISOVACÍ SÍLA [kN]	POČET RAN	MAX. TAKT [Ks/min]	ZÁVIT	DÉLKA ÚSTŘÍŽKU [mm]
NB 515 KB	68	1300	5	210	M6~M12	13~150
SP 38 ELB	45	1400	5	170	M8~M14	17~165

2.3 TRIBOLOGIE

Tribologie je vědní obor, jež se zabývá chováním dotýkajících se povrchů ve vzájemném pohybu a nebo při pokusu o vzájemný pohyb. Tento pohyb může být obecně kluzný, valivý, nárazový nebo kmitavý. Ve skutečnosti se často uplatňují dva i více druhů pohybu současně. [5]

Tribologické procesy charakterizují materiální interakci třecích těles, mezilátky a okolí, které probíhají v prostoru a čase. Obecné vazby mezi jednotlivými částmi tribologickými procesy jsou znázorněny na obr. 22. [5]



Obr. 22: Vzájemné vazby v tribologickém systému [5]

Při tribologických procesech se řeší především otázky:

- Jaké jsou mechanismy přeměny užitečných veličin v systému, jaké jsou fyzikální procesy přeměny energie
- Jaké jsou procesy vedoucí všeobecně ke ztrátám v systému
- Jaké jsou možnosti pozitivního působení na systém s ohledem na minimalizaci ztrát [5]

2.3.1 Kontaktní procesy

Kontakt mezi jednotlivými členy tribologického systému je základním znakem chování tribologického systému. Při kontaktních procesech je třeba uvažovat se základními tvarově-rozměrovými a materiálovými vlastnostmi dotýkajících se částí, jejich vzájemnou vazbou a reakcích mezi nimi. Tyto interakce mohou být materiálové, fyzikální, chemické, atd.. Vzhledem k velkému počtu kontaktních situací je třeba uvažovat řadu vlivů:

- Počet těles zúčastňujících se na kontaktním procesu
- Makrogeometrii, chemické a mechanické vlastnosti těles tvořících tribologický systém
- Charakteristický druh deformace mezi jednotlivými tělesy
- Typ a rychlost vzájemného relativního pohybu [5]

Při řešení tribologických problémů v praxi má velký význam plocha styku, jež zprostředkuje přenos pohybu. Nerozhoduje však geometrická plocha, ale skutečná plocha styku, jež je menší a jen výjimečně se rovná geometrické ploše. [5]

2.3.2 Procesy tření

Tření je proces, který se váže na vzájemný relativní pohyb dvou dotýkajících se prvků tribologického systému. V souvislosti na hloubce zkoumání třecích procesů rozeznáváme výzkum na úrovni makromodelu a mikromodelu. Při zkoumání na úrovni mikromodelu se nahlíží na tření jako na elementární proces. Při sledování makromodelu zohledňujeme celý funkční projev sledovaného modelu. Makroskopický přístup lze také charakterizovat tím, že získáváme údaje z vnějších měřitelných veličin tribologického systému. Mezi tyto veličiny především patří měření velikosti třecí síly při tangenciálním pohybu, třecího momentu při rotačním průběhu pohybu, popř. třecí práce. [5]

Jedna z nejznámějších obecných definic tření říká, že: tření je odpor proti relativnímu pohybu mezi dvěma k sobě přitlačovanými tělesy v oblasti dotyku jejich povrchů v tangenciálním směru. Tato definice platí pro vnější

tření a nepostihuje celkem přesně vnitřní tření. Z tohoto důvodu se tření dá definovat jako ztráta mechanické energie v průběhu, na začátku nebo při ukončení relativního pohybu navzájem se dotýkajících materiálových oblastí. [5]

Pokud vycházíme ze základního tribologického systému, můžou nastat čtyři základní stavy tření:

- **Tření tuhých těles (suché tření)** – nastává tehdy, kdy se určující materiálová oblast nachází v tuhém stavu, tento třecí stav se dále dělí na čisté tření tuhých těles (deformační tření) a na tření v adhezních vrstvách, stav čistého tření tuhých těles nastává především ve vakuu.
- **Tření kapalinové** – charakterizuje ho stav, při kterém má vrstva materiálu v které probíhá tření, vlastnosti kapaliny.
- **Tření plynné** – je obdobou kapalinového tření s tím rozdílem, že charakteristická vrstva má vlastnosti plynu.
- **Tření plazmatické** – je stav, kdy charakteristická vrstva ve které probíhá třecí proces má vlastnosti plazmy. [5]

Jednotlivé třecí stavy se v praxi vyskytují samostatně ve velmi omezené míře. Ve skutečnosti nastává často kombinace jednotlivých druhů tření. [5]

2.3.2.1 Suché tření

Podle dnešních představ má suché tření dva aspekty: deformační a adhezní. V prvním se více uplatňuje mechanika, v druhé chemie. Na obojí mají vliv vlastnosti povrchů: jejich velikost, tepelné vlastnosti, mechanické vlastnosti, chemické složení včetně přítomných nečistot, adsorbovaných, reakčních a nanesených tuhých vrstev a chemická reaktivita. Při zhotovování výlisků nepravidelných tvarů je přítomnost suchého tření nežádoucí a proto mu zde nebude věnována větší pozornost. [5]

2.3.2.2 Mezné tření

Jestliže mezi třecími povrchy již existuje tenká vrstvička adsorbovaných molekul plynu nebo kapaliny nebo látky vytvořené chemickou reakcí povrchů, mluvíme o mezném tření nebo o mezném mazání. K meznému tření může dojít i u záměrně mazaných povrchů, není-li přívod maziva dostatečný nebo vrstva maziva není dostatečná únosná. Za těchto podmínek se třecí plochy přiblíží natolik k sobě, že jejich bezprostřednímu styku brání již jen mezná vrstva maziva, tj. film polárních molekul maziva s velkou přilnavostí k povrchu. V technické praxi vzniká mezní tření v případech, kdy při malých stykových plochách jsou třecí povrchy zatěžovány velkými tlaky, při malých smykových rychlostech a mezi drsnými povrchy. [5]

Mezní tření je spojeno jednak s fyzikální nebo chemickou adsorpcí plynů a kapalin na povrchu třecích dvojic, jednak s chemickými přeměnami třecích povrchů. Pro únosnost mazacího filmu vytvořeného adsorpcí je rozhodující rychlost a pevnost adsorpce molekul na povrchu, jejich koncentrace, orientace vzhledem k povrchu a vliv teploty a tlaku. [5]

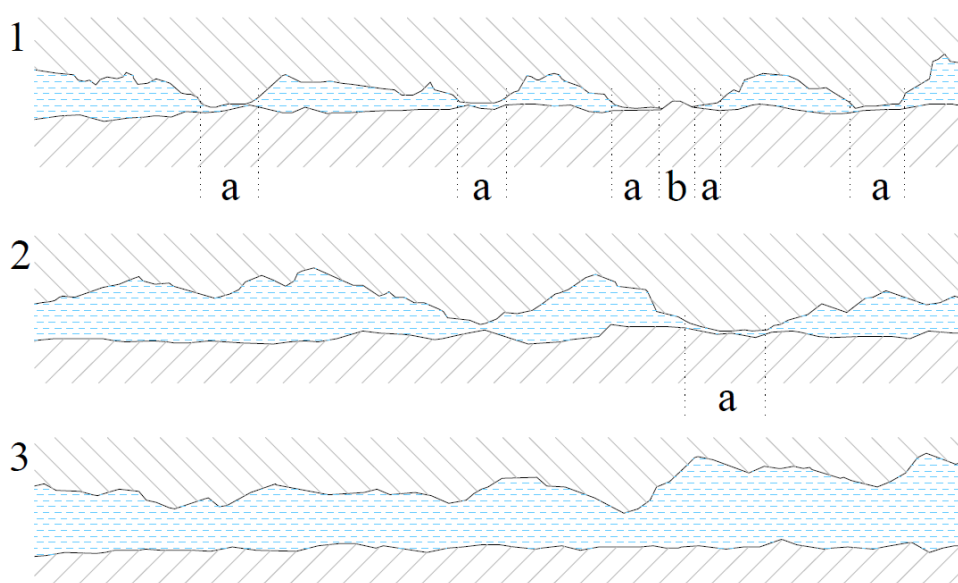
2.3.2.3 Kapalinové tření

Mezní filmy zmenšují sice podstatně třecí sílu při relativním pohybu dvou těles, avšak nedokáží zcela oddělit třecí povrchy od sebe a eliminovat tak vliv drsnosti povrchů. Dokonalého oddělení třecích povrchů se docílí až při kapalinovém tření, kdy se vytváří mezi třecími povrchy souvislá vrstva maziva, která zcela vyrovnává drsnost povrchů a svým vlastním tlakem ruší účinek kolmého zatížení na povrchy těles. [5]

2.3.2.4 Smíšené tření

Nejsou-li třecí povrchy dokonale odděleny vrstvou maziva a dochází i k bezprostřednímu styku jejich nerovností, existuje mezi nimi tření smíšené, tj. jak tření kapalinové, tak i mezné. K tomuto druhu tření dochází, jestliže tloušťka maziva mezi povrchy je menší než tloušťka potřebná pro zajištění kapalinového tření, ale je větší než tloušťka tenkého filmu, který zajišťuje mazání mezné. [5]

Na obrázku 23 jsou schematicky znázorněny nejčastější způsoby tření při tváření. [5]



Obr. 23: Způsoby tření během tváření [5]

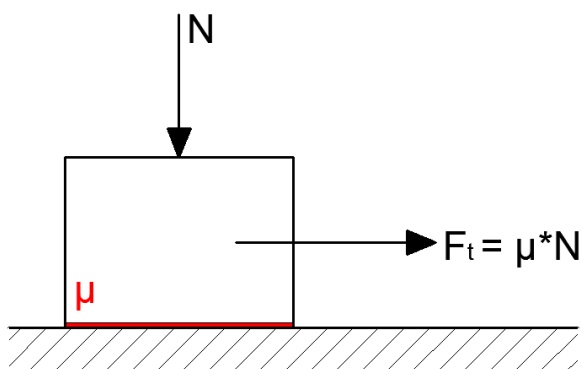
Při mezném tření dochází k deformaci vrcholků nerovností (a), kovovému styku, kovovému styku brání pouze vrstva maziva. Přesto jsou ale místa, kde dochází k narušení mezní vrstvy (b), tvrdší materiál zde vniká do měkčího a způsobuje porušení vrstvy materiálu. V oblasti smíšeného tření je značná část zatížení přenášena vrstvou mazadla a k meznímu tření dochází pouze místy. Možnost kovových kontaktů tak klesá na minimum. Při kapalinovém tření je mazací film natolik únosný, že ke kontaktu materiálů již nedochází ani v místech nejvyšších nerovností. [5]

Při tváření kovů se pracuje obvykle v oblasti suchého, mezného a smíšeného tření. [6]

2.3.3 Koeficient tření

Obr. 24 definuje koeficient tření jako bezrozměrný poměr třecí F_t a normálové síly N . Úměrnost mezi normálovou a třecí silou se často udává u suchého a mezního tření, ale ne u kapalinného. Koeficient tření je většinou znázorněn symbolem μ z řecké abecedy či písmenem f . [7]

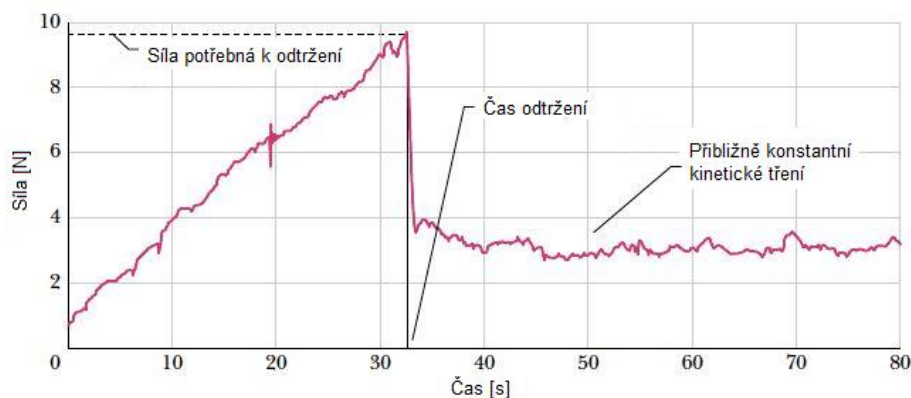
Koeficient tření není materiálová vlastnost, jde o vlastnost soustavy, ve které ke tření dochází. Nelze ji určit kalkulací, ale musí být určena empirickým měřením. [7]



Obr. 24: Koeficient tření μ [7]

2.3.3.1 Statické a kinetické tření

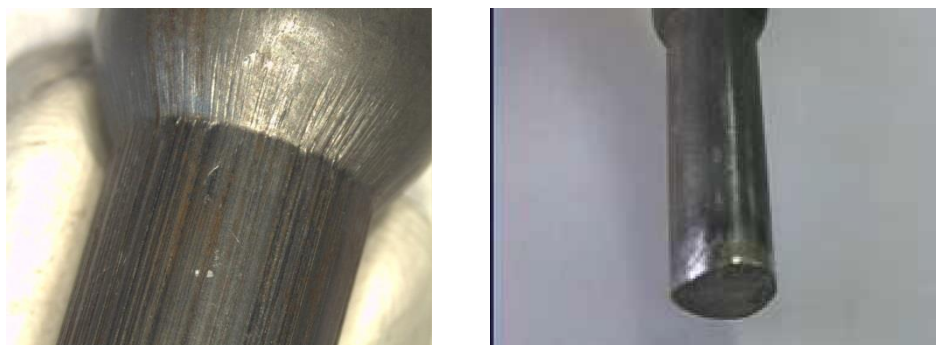
Tření je mechanická síla, která odporuje pohybu (kinetické tření) či pohybu brání (statické tření). Statické tření je definováno jako koeficient tření odpovídajících maximální síle, která musí vykonána k uvedení tělesa do pohybu. Ke kinetickému tření dochází za podmínek relativního pohybu dvou těles (viz. obr. 25). Hodnota statické koeficientu tření bývá větší, než hodnota kinetického koeficientu tření. [7]



Obr. 25: Změna třecího koeficientu při působení vnější síly [8]

2.3.3.2 Vady díky tření

Materiál se silně lepí na stěny a poté sklouzává, čímž se vytváří poškozený dřík (veliký vliv má fosfát, obr.26). Okraje ustřižené plochy způsobují předčasné rozlomení matric. (šrouby se zaoblenou hranou zlepšují výrobu, ale počáteční poloměr je vždy menší nežli při protahování). Matrice je vždy volná, a vyrážec je vždy zcela vzadu. Při menším tření máme menší konec dříku bez fosfátu, a kratší tzv. lesklý konec. Vůle výlisku by měla být přibližně 0,15, protože kdyby byla těsnější, nebude dobře fungovat, a jestliže je volnější, mohly by nastat problémy se vzduchovými komůrkami. Protlačený poloměr (spodní plocha) materiálu se stává vypouklým a část středového jádra přejde do (části) dříku bez fosfátu, a poté postupně přechází do zóny s fosfátem. [3]



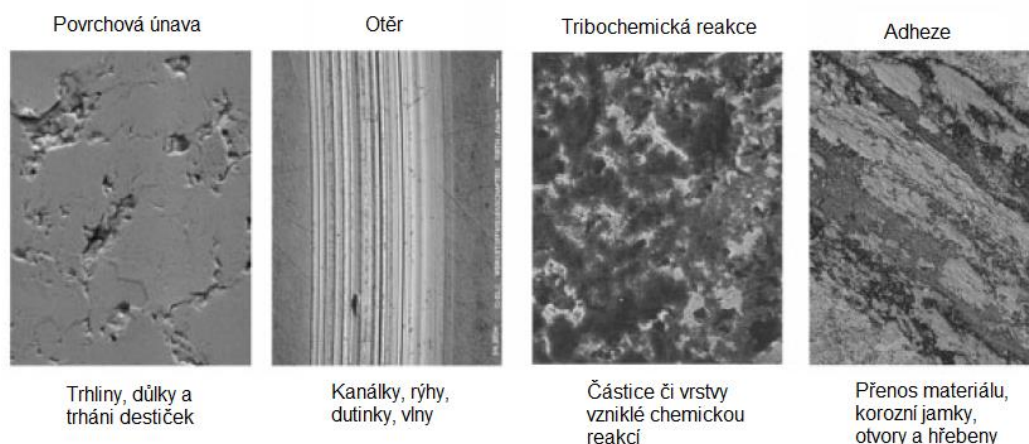
Obr. 26: Vady způsobené třením [3]

2.3.4 Opotřebení

Termín opotřebení je definován jako progresivní ztráta materiálu z povrchu předmětu vlivem mechanických příčin – za ty lze pokládat kontakt a třecí pohyb oproti pevným, kapalným nebo plyným látkám. Výskyt opotřebení je nežádoucí, souvisí se zhoršením funkčních vlastností a znehodnocením součástí. [7]

Opotřebení je výsledkem čtyř základních mechanismů: povrchovou únavou, otěrem, tribochemickou reakcí a adhezí. Tyto mechanismy vedou k materiálovým a tvarovým změnám, k vytváření částic opotřebení a nastávají charakteristické jevy opotřebení (obr. 27). [7]

I když se každý mechanismus opotřebení může vyskytovat sám, testování poškození vlivem opotřebení ukazuje, že téměř vždy dochází k překryvu jednotlivých mechanismů opotřebení. [7]



Obr. 27: Mechanismy opotřebení [7]

2.3.4.1 Adheze

Adheze je materiálová interakce vzniklá díky kontaktu povrchů součástí za přítomnosti vysokého tlaku, kdy dojde ke vzniku atomových vazeb. Při následném pohybu součástí dojde k odtržení materiálu z jednoho povrchu a jeho uchycení na povrchu protějším. Při styku kovových součástí je adheze také popisována jako svařování za studena. Potřebná energie k reakci je vyvolána vysokým tlakem a třecím teplem. [7]

2.3.4.2 Tribochemická reakce

Tribochemické reakce způsobují materiálové změny povrchu součástí. Oproti adhezi je v tomto případě přítomna chemická reakce mezi povrchem součásti a okolním prostředím či mezivrstvou oddělující jednotlivé součásti. Na rozdíl od koroze, tribochemická reakce probíhá pouze na kontaktním povrchu, během současného relativního pohybu. Produkty reakce poté aktivně ovlivňují průběh opotřebení. [7]

2.3.4.3 Otěr

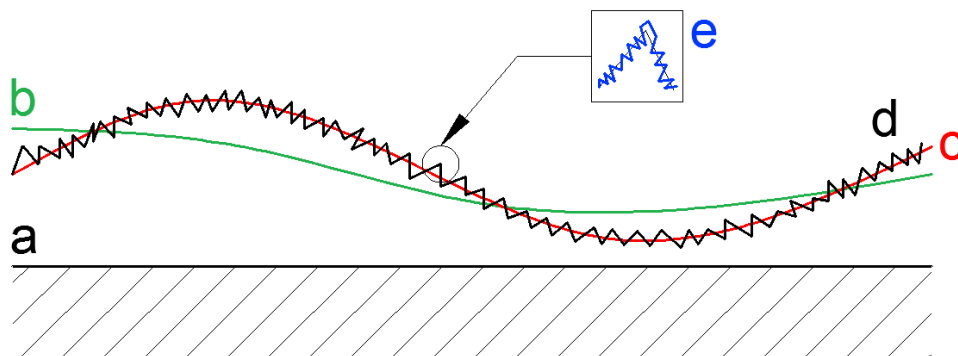
Otěr se vyskytuje především v systémech ve kterých mají součásti odlišné hodnoty tvrdosti. Tvrdší materiál působí jako brusivo, vrcholky na povrchu tvrdší součásti vnikají a porušují povrch měkčí součásti. Výsledkem relativního pohybu je vytváření kanálek a rýh na povrchu měkčí součásti a může dojít až k odtržení materiálu z povrchu, což vede k rozsáhlým opotřebením. [7]

2.3.4.4 Povrchová únava

Mimo statické zatížení, střídavé mechanické zatížení se také může objevit v tribologických systémech a může být popsáno jako periodická oscilace. Dynamické zatížení povrchu může způsobit únavu materiálu v místě zlomu, což vede k tvoření trhlin a jejich následnému šíření. [7]

2.3.5 Hodnocení geometrie povrchu

Povrch třecích těles, jako prvků tribologického systému, musí mít určité geometrické, fyzikální, chemické a další vlastnosti, které souhrnně vyjadřujeme jako kvalita povrchu. Reálné součásti a tělesa mají odchylky tvaru, polohy a drsnost, viz. obr. 28. [5]



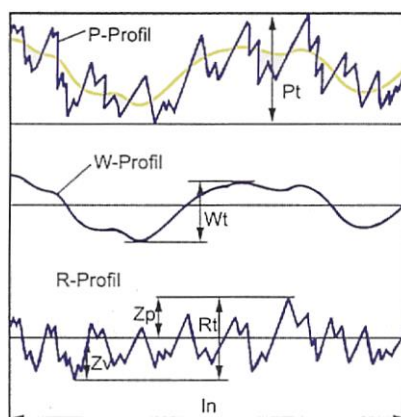
Obr. 28: Schématické znázornění geometrie povrchu [5]

*a – ideálně rovný povrch, b – odchylky tvaru a polohy, c – vlnitost povrchu,
d – mikroskopické drsnosti, e – submikroskopické drsnosti*

Jedním ze základních způsobů hodnocení kvality povrchu je měření drsnosti povrchu. Drsnost sledované plochy je pak většinou charakterizována pomocí normou daných veličin. Základní parametry drsnosti sloužící pro hodnocení povrchu jsou uvedeny níže. [5]

2.3.5.1 Profil povrchu

Pohybem snímače drsnoměru se získá dvoudimenzionální profil jako obraz zkoumaného povrchu. Filtrací podle DIN EN ISO 11562 se z nefiltrovaného primárního profilu (P-profil) získá profil drsnosti (R-profil) a profil vlnitosti (W-profil). Na těchto třech profilech jsou pak všechny veličiny definovány a podle profilu analogicky označeny P, R nebo W. Vztažnou čarou pro definici parametrů je uvnitř základní délky l_p , l_r , l_w střední čára. Dvoudimenzionální profil povrchu získaný drsnoměrem je vidět na obr. 29. [5]



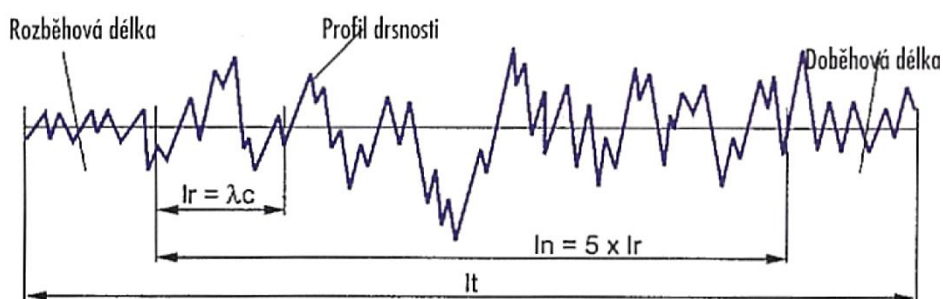
Obr. 29: Dvoudimenzionální profil povrchu [5]

Na takto nasnímaném povrchu se vyhodnocují veličiny :

- **P_t – hloubka profilu:** dle DIN EN ISO 4287 je největší vzdálenost mezi dvěma rovnoběžnými mezními přímkami z nefiltrovaného profilu povrchu uvnitř měřené délky l_n
- **W_t – hloubka vln:** dle DIN EN ISO 4287 je vzdálenost mezi nejvyšším a nejhlubším bodem vyrovnaného profilu vlnitosti (drsnost odfiltrována) uvnitř měřené délky l_n
- **R_t – nejvyšší hloubka drsnosti:** dle DIN EN ISO 4287 je svislá vzdálenost od nejvyšší špičky k nejhlubší rýze filtrovaného profilu drsnosti uvnitř měřené délky l_n [5]

2.3.5.2 Měření délky – mezní vlnové délky

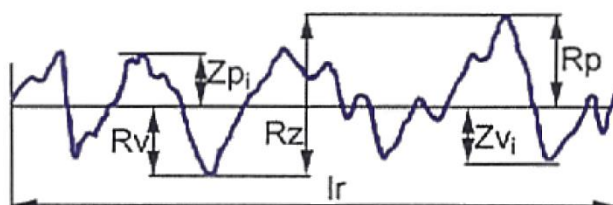
Profil drsnosti se skládá z elementů oddělených podle vlnové délky profilovým filtrem. Mezní vlnová délka charakterizuje způsob filtrace k oddělení vlnitosti a drsnosti. Celková délka l_t je délka pohybu snímače během kterého se snímají úchytky tvaru povrchu. Ta je delší než měřená délka l_n (vyhodnocovaná délka), ze které se pomocí filtru získá profil drsnosti. Až na určité výjimky jsou všechny parametry drsnosti definovány na základní délce l_r . Zjišťovány jsou však pravidelně jako střední hodnota pěti základních délek l_r . Základní délka l_r odpovídá mezní vlnové délce λ_c . Schematické vyjádření měřených délek je na obr. 30. [5]



Obr. 30: Schematické vyjádření měřených délek [5]

2.3.5.3 Maximální výška profilu Rz

Maximální výška profilu R_z dle DIN EN ISO 4287 je součet nejvyššího výstupku R_p a hloubky nejnižší rýhy R_v uvnitř základní l_r . Schematické vyjádření maximální výšky profilu je vidět na obr. 31. [5]

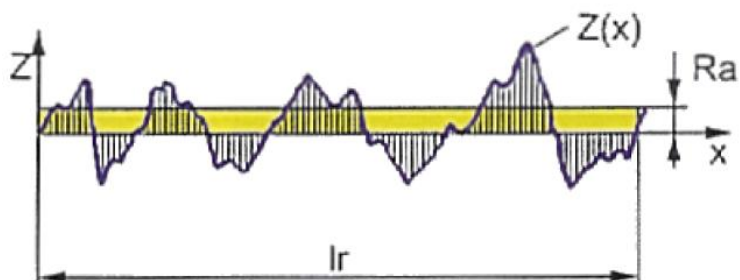


Obr. 31: Maximální výška profilu R_z [5]

2.3.5.4 Střední aritmetická hodnota drsnosti R_a

Střední aritmetická hodnota drsnosti R_a dle DIN EN ISO 4287 je aritmetický střed absolutních odchylek filtrovaného profilu drsnosti od střední čáry uvnitř základní délky l_R . [5]

Schematické vyjádření střední aritmetické hodnoty drsnosti je vidět na obr. 32. [5]



Obr. 32: Schematické vyjádření střední aritmetické drsnosti [5]

Dále norma DIN EN ISO 4287 specifikuje střední kvadratickou hodnotu drsnosti R_q , Počet výstupků R_{pc} , veličiny nosného podílu a materiálový podíl drsnosti profilu $R_{mr}(c)$. [5]

Problém hodnocení povrchů je velmi rozsáhlý a v současnosti se ukazuje, že momentálně používané kritéria hodnocení kvality povrchu podle příslušných norem na komplexní hodnocení povrchu z tribologického hlediska nestačí. Podle těchto norem nelze hodnotit velikost styčné plochy, její změnu při zatížení, vliv technologických parametrů, atd.. Nejdokonalejší představu o reálném povrchu s jeho plošným tvarem a výškovou nerovnoměrností je možné získat pomocí vrstevnicových map a případným axonometrickým zobrazením naměřených hodnot. Vytvoření trojrozměrného modelu je však časově náročné a vyžaduje velmi drahé speciální měřicí zařízení. [5]

2.3.6 Tribologické zkoušky

V oblasti tření, opotřebení a mazání je k dispozici řada zkušebních metod. Je pochopitelné, že se nejvhodnější postup při výzkumu tribosoučástí volí podle důležitosti a složitosti daných reálných tribosystémů. Čím přesněji známe spektrum zatížení, tribostrukturu a velikost ztrát, tím cílevědoměji lze volit zkušební metodu. [5]

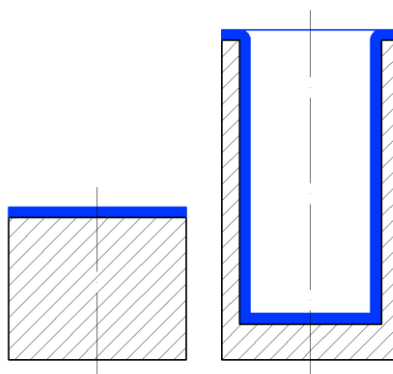
Obecně lze konstatovat, že čím je tribologický systém složitější, tím nákladnější je jeho zkoušení. Vysokou korelaci výsledků laboratorních měření a reálného tribosystému lze očekávat v tom případě, jestliže simulační zkoušky odpovídají provozním poměrům. Při sledování procesu tváření, jakožto tribologického systému zjišťujeme velké množství vlivů vstupujících do tohoto systému. Obecně lze říci, že velikost třecí síly při tváření závisí na:

- Mikrogeometrii povrchu
- Rychlosti posuvu mezi materiálem a nástrojem
- Deformace materiálu
- Stav povrchu (nepokovený, typ pokovení, chemickém složení)
- Druhu materiálu nástroje a stav jeho povrchu
- Použitím mazivu při tváření
- Velikosti kontaktního tlaku mezi materiálem a nástrojem [5]

Je třeba si uvědomit, že každá z uvedených veličin se podílí na tribologických dějích ve sledované soustavě. Bohužel se však neuplatňují samostatně, ale vzájemně se ovlivňují. Je proto velmi obtížné výše zmíněné vlivy hodnotit odděleně, a proto se často při vyhodnocování tribologických podmínek posuzují komplexně výsledky zkoušek pro soustavu nástroj-mazadlo-materiál-technologické podmínky. Tribologický výzkum v oblasti tváření tak především probíhá na úrovni zkoumání makromodelu, kdy se zohledňuje celý funkční projev sledovaného modelu a tento výzkum lze charakterizovat tím, že získáváme údaje z vnějších měřitelných veličin tribologického systému. Mezi tyto veličiny především patří měření velikosti třecí síly při pohybu testovaného vzorku. [5]

2.3.6.1 Způsoby testování tření a mazání

V porovnání s ostatními tvářecími technologiemi, maximální povrchový tlak vyskytující se u protlačování za studena dosahuje až 3,5 GPa. To vede zejména k vysokému zatížení nástroje a výsledkem jsou především složité tribologické situace. K tomu se musí dodat i velký rozsah povrchových změn, který musí být následován mazivem nebo nositelem maziva. Například v případě zpětného protlačování kelímku na obr. 33, může být vnitřní povrch kelímku po tváření i desetkrát větší, než byl povrch počáteční, na který bylo mazivo nanášeno. [9]



Obr. 33: Rozdíl v povrchu po tváření [9]

Tabulka č. 2 zobrazuje rozdíly v napětí profilu pro představu tření a mazání s ohledem na povrchový tlak, relativní rychlost a povrchovou změnu pro pět procesů. Pro lepší porovnání je potřeba formulování specifických hodnot (hodnoty jsou bez stanovených rozměrů). Maximální povrchový tlak P_{MAX} se vztahuje k počáteční mezi kluzu σ_E , relativní rychlost mezi nástrojem v_N a polotovarem v_P , a poměr mezi finálním A_1 a počátečním A_0 povrchem platí pro povrchovou změnu. Toto umožňuje vytvoření závěru o vhodnosti tření a mazání sledovaných strojů. [9]

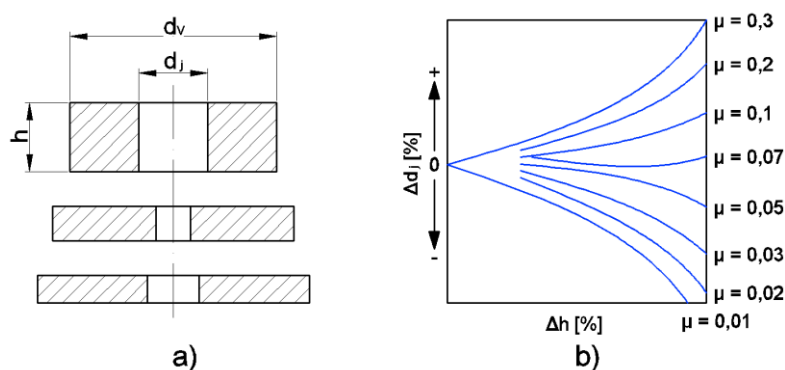
Tab. 2: Rozdíly v napětí profilu pro různé tvářecí procesy [9]

	Tažení se ztenčením stěny	Pěchování	Dopředné protlačování (duté těleso)	Dopředné protlačování (plné těleso)	Zpětné protlačování (duté těleso)
P_{MAX} / σ_E	2,1	5,9	5,5	6,4	9
v_N / v_P	2,3	2,4	5	5,7	6,3
A_1 / A_0	2,2	4,5	4	4	11

Klouzavý pohyb mezi nástrojem a polotovarem, který nastává po dosažení vysokého specifického tlaku a s velkou povrchovou změnou, vytváří vysoké třecí ztráty. Ve výsledku může tření způsobit až 60% lisovací síly. Přesto není hlavním cílem mazání snížení tohoto tření, ale snížení opotřebení materiálů a vzhled povrchu finálního výrobku. Testovací metody pro maziva používající koeficienty tření jako posuzovací kritéria musí být uplatňovány pouze s určitými omezeními. [9]

2.3.6.1.1 Zkouška pýchováním kroužku

Zkouška pýchováním kroužku je používána po několik let pro měření tření a posouzení mazání u protlačování za studena. Po odpovídající přípravě povrchů třecích rovin je válcový kroužek umístěn mezi čelisti lisovacího stroje. S jistým, obecně zanedbatelným omezením lze koeficient tření spočítat ze změny vnitřního průměru kroužku v závislosti na změně výšky kroužku. Obrázek č. 34a zobrazuje geometrické změny kroužku během pýchovacího testu s vysokým a nízkým koeficientem tření. Naměřené hodnoty se vynášejí do experimentálně-analyticky zhotoveného diagramu (obr. Č. 34b). Podstatně vhodnější pro posouzení maziva pro protlačování za studena je testování rozměrů, které se blíží praktickému používání s vyššími napětími. [9]



Obr. 34: Zkouška pýchování kroužku [9]

a – geometrické změny kroužku, b – porovnávací diagram

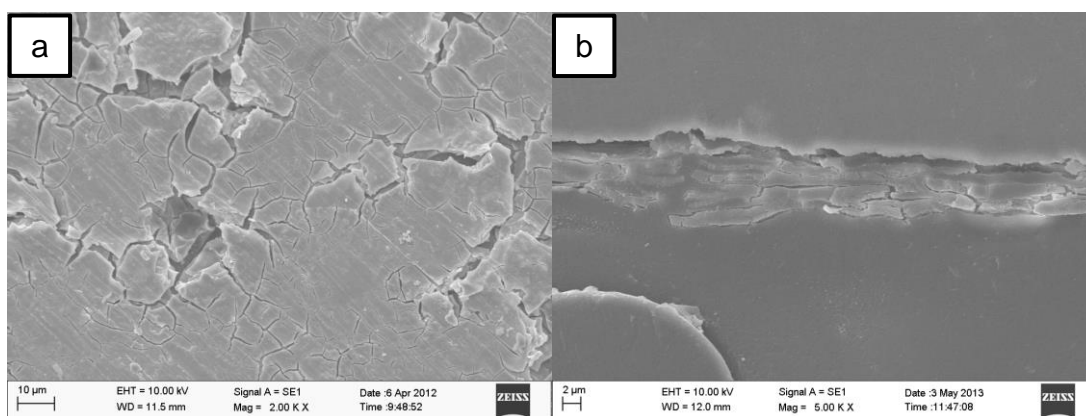
Aby byla jednotlivá měření porovnatelná, bylo nutno zavést geometrický standart kroužku pro tuto zkoušku. Dnes se za standardní kroužek považuje kroužek s poměrem 6:3:2 ($\varnothing d_v : \varnothing d_i : h$). [6]

2.4 PŘÍPRAVA POVRCHU MATERIÁLU

Příprava materiálu je základem správného lisování matic a šroubů. Bylo tudíž navrženo čisticí zařízení, ve kterém se využívá odmořování a krystalizace (fosforečnanu zinečnatého) na povrchu drátu, jehož cílem je omezit tření. Nejdříve jsou ze svitku ocele odstraněny okuje (ponořením do kyseliny chlorovodíkové), abychom dosáhli naprosto čistého povrchu. Po odmoření a důkladném opláchnutí vodou postupujeme k procesu fosfátování. Na fosfátovaný povrch je poté nanášeno mýdlo, aby ochránilo povrch před korozí a pomohlo omezit tření. Omezení tření materiálu vůči matricím způsobí snížení tlaku při lisování, a tudíž prodlouží efektivní dobu životnosti lisovacího zařízení. [3]

2.4.1 Fosfátování

Fosfátování je chemická metoda úpravy povrchů oceli, při které se na základním materiálu tvoří nesnadno rozpustné kovové fosfátové vrstvy. Vytvořené vrstvy jsou porézní, nasávkavé a hodí se bez další úpravy jako konverzní povrch pro následné práškové lakování. Jsou mimo to vhodné jako dočasná ochrana proti korozi, pokud jsou dodatečně ošetřeny olejem, voskem nebo pasivací. [10]



Obr. 35: Fosfátovaný povlak, snímky SEM [11]

a - zvětšení 2000x, b – příčný řez

Na obr. 35 jsou SEM snímky povlaku. Ze snímků je patrné, že je tento povlak porézní a navíc víceúrovňový (v prasklinách lze spatřit nižší vrstvu povlaku). [11]

2.4.1.1 Teorie fosfátování

Ponoříme-li do fosfátovací lázně ocelový předmět, proběhne nejprve korozní reakce, při které kyselina fosforečná rozpouští železo a zároveň vzniká vodík. Na rozhraní kov – fosfátovací lázeň nastává úbytek kyseliny fosforečné v lázni a lokální zvýšení pH těsně u povrchu kovu. V důsledku tohoto děje se porušuje v této úzce vymezené oblasti rovnováha složek lázně. Porušením rovnováhy dojde k dismutaci (současné redukci a oxidaci) dihydrogenfosforečnanu na nerozpustný fosforečnan, ze kterého vzniká na povrchu kovu krystalický povlak a na volnou kyselinu fosforečnou. Rovnováha lázně v těsné blízkosti povrchu kovu se opět obnoví vznikem volné kyseliny. [12]

2.4.2 Maziva pro tváření kovů

Pro praktické aplikace se obvykle oblast tvářecích technologií rozděluje na plošné a objemové tváření. Toto běžné rozdělení je založeno na faktu, že na rozdíl od objemového tváření mají výrobky plošného tváření během procesu výroby téměř konstantní tloušťku. Navíc objemové tváření používá mnohem vyšší síly, než jaké jsou potřeba při plošném tváření. [9]

2.4.2.1 Maziva pro objemové tváření kovů

Pod tímto názvem je stále skryto velké množství tvářecích operací. Tvářecí procesy v této skupině nejsou přesně definovány a v této části se zaměříme na protlačování a kování. Obvykle se však jednotlivé technologie a procesy střídají či kombinují, takže přesné rozdělení technologií podle norem (např. DIN 8582) nám pro rozlišení mezi mazacími technikami neposkytuje vhodný základ. Na druhé straně teplota nástrojů a polotovarů tváření má pro výběr maziva rozhodující význam. Proto je pro výběr maziva vhodné použít rozdělení tvářecích metod dle teploty, kde existují tři základní oblasti a to tváření za studena, poloohřevu a za tepla. [9]

2.4.2.1.1 Mazací oleje pro protlačování za studena

Pro mazání při operacích tváření za studena s vysokým stupněm obtížnosti nemá největší význam použitý olej, ale naopak předchozí operace úpravy povrchu (např. fosfátování), kde budou mýdlová či pevná maziva zadržována. Ve velkém měřítku produkce matic, šroubů a podobných dílů na vícestupňových lisech mají protlačovací oleje v cirkulačních systémech důležitou mazací a chladicí funkci. Často se může stát, že zbytek maziva po operacích protahování drátu ve zbývající fosfátované vrstvě bude postačovat pro následné protlačování. To může posloužit pro rozhodnutí o použitém mazivu pro protahování drátu s ohledem na pozdější protlačování. [9]

Kromě mazacích vlastností, protlačovací oleje musí mít stabilitu za vysokých teplot, olej je místně přehřátý v protlačovacích nástrojích a v cirkulačních systémech se mohou vyskytnout teploty přesahující 90°C. Protlačovací oleje mají nezbytnou chladicí funkci, zejména v případě vysokorychlostních automatických strojích. Nesmí se vyskytnout žádná adhezivní usazenina v důsledku teplotního napětí neboť by to mohlo způsobit odchylky v operaci. Dalším požadavkem je nízké vypařování, malý zápach a nízká tendence k vytváření olejové mlhy. Doporučované je používání olejů, které nevytvářejí olejové mlhy stejně jako oleje se zvláště nízkým vypařováním. [9]

Protlačovací oleje jsou během tvářecí operace vystaveny vysokým tlakům, které mohou způsobit jejich vznícení díky tzv. Dieselově efektu, to může způsobit až zničení nástroje. Proto by se měli volit oleje uzpůsobené vysokým tlakům, avšak tomuto může být zabráněno i návrhem nástroje. [9]

Viskozita protlačovacích olejů má být mezi 30-120 mm²/s při 40°C. Preferovaná oblast viskozity je mezi 35-65 mm²/s při 40°C. Výběrovým kritériem pro počáteční viskozitu je teplota polotovaru, velikost protlačovaného dílu, výkon čerpadla stroje a další specifická kritéria. [9]

V praxi jsou mohou být protlačovací oleje hodnoceny na základě drsnosti povrchu polotovaru, ale častěji bývají posuzovány na základě životnosti nástrojů. Při posuzování oleje z pohledu životnosti nástrojů musí být brány v úvahu také materiálové vlastnosti nástroje a polotovaru. [9]

Pro nejdůležitější oblasti aplikace se protlačovací oleje dělí dle typu a obsahu aditiv na čtyři skupiny:

- **Standartní a vysokopevnostní šrouby:** Olej s polárními aditivy a přísadami pro použití při extrémních tlacích na bázi fosforu (vhodné také pro neželezné kovy)
- **Matice a velké šrouby vyráběné na vícestupňových lisech:** Oleje s polárními aditivy pro použití v extrémních tlacích s aktivní mědí
- **Válcové šrouby s vnitřním šestihranem či vnitřním ozubením na vícestupňových lisech:** Oleje s aktivním poměrem polárních aditiv a přísad pro použití při extrémních tlacích na bázi síry s aktivní mědí
- **Vysokopevnostní zbytky rzi a kyselých ocelí ve spojení s vysokou deformací:** maximálně legované oleje s vysokým obsahem přísad pro použití v extrémních tlacích na bázi síry a fosforu s aktivní mědí [9]

2.4.2.2 Metody testování vlastností maziv

Vlastnosti maziv jsou většinou stanoveny standardizovanou metodou. Tyto vlastnosti pak pomáhají charakterizovat stejně jako identifikovat chemické složení maziva. V průmyslu se často definují specifikace maziv, které jsou založeny na jejich budoucí aplikaci. Během používání maziva dochází ke změnám jeho vlastností, hodnocením vybraných vlastností pak můžeme rozhodnout o dalším používání maziva či jeho výměně a zabránění tak poškození zařízení. [9]

2.4.2.2.1 Hustota

Hustota látky je definována jako podíl hmoty a objemu. Pro stanovení hustoty maziv se používají a různá zařízení jako například hustoměr, pyknometr, atd., stanovení podléhá normě ČSN EN ISO 3675. Hustota v kombinaci s viskozitou, refrakčním indexem a sírou slouží jako parametr k charakterizování struktury ropných uhlovodíků. Naftenické oleje mají obecně vyšší hustotu než míchané či parafinické oleje. [9]

2.4.2.2.2 Viskozita

Viskozita je jednou z nejdůležitějších vlastností pro popis maziv, jejich toku a transportních vlastností, měření se provádí dle norem ČSN EN ISO 3104 a ČSN EN ISO 2909. Absolutní hodnoty viskozity závisí na teplotě, tlaku a v některých případech na smykové rychlosti, která závisí na struktuře maziva. Je rozdíl mezi absolutní (dynamickou) a kinematickou viskozitou. Kinematická viskozita je míra relativního toku kapaliny při působení gravitace. Dynamická viskozita je výsledek kinematické viskozity a hustoty maziva. Jednotka SI pro kinematickou viskozitu je m^2/s zatímco SI jednotka pro dynamickou viskozitu je $\text{MPa}\cdot\text{s}$. Pro měření viskozity se používá metoda padající kuličky, kapilární a rotační viskozimetry:

- **Kapilární viskozimetry** - Tato metoda je zpravidla používána pro většinu maziv v automobilovém průmyslu ke stanovení kinematické viskozity. Měření je prováděno s kalibrovaným skleněným kapilárním viskozimetrem ve kterém protéká kapalina skrz pevný průměr otvoru za působení gravitace.
- **Rotační viskozimetry** - Tato měřidla viskozity používají kroutící moment na rotující hřídeli k měření odporu kapaliny k tečení. Smykovou rychlost lze změnit úpravou rychlosti rotace, rozměry rotoru a mezerou mezi rotorem a statorem. [9]

2.4.2.2.3 Strukturní analýza

Existují různé metody použitelné ke stanovení vlastností minerálních olejů bez přísad. Informace získané z těchto odlišných metod nemohou být porovnávány přímo. Proto musí být použitá metoda vždy uvedena. [9]

Obsah (%) aromatických a parafinických uhlovodíků v minerálním oleji může být určen karbonovou distribuční metodou Brandes. Pro dokonalejší stanovení vlastností se provádějí např. chromatografické metody, NMR (nukleární magnetická resonance) spektroskopie či částicová analýza. [9]

2.4.2.2.4 Povrchové jevy

Během uskladnění či používání oleje dochází k jeho stálému kontaktu se vzduchem nebo dokonce i vodou, což může vést k vytvoření pěny či emulze. K vyhodnocení náchylnosti základních olejů a maziv k těmto jevům se používají následující metody:

- **Uvolnění vzduchu (odvzdušnění, ČSN EN ISO 9120)** – Pro stanovení odvzdušňovací schopnosti je stlačený vzduch vehnán do testovaného oleje, který je zahřátý na stanovenou teplotu. Po ukončení přívodu vzduchu se měří čas během kterého se vehnáný vzduch z oleje uvolní.
- **Deemulgační schopnost (ČSN EN ISO 6614)** – Pro vyhodnocení této vlastnosti se stejný objem maziva a destilované vody smíchá za stanovené teploty v odměrném válci. Teplota během testování je určena na základě kinematické viskozity maziva. Po smíchání se měří čas potřebný k separaci oleje od vody, pokud ani po třiceti minutách stání k úplné separaci nedojde, je zaznamenán objem oleje, vody a emulze.
- **Pěnicí charakteristika (ČSN EN ISO 6247)** – K určení této vlastnosti je po pět minut hnán vzduch skrz olej konstantní rychlostí. Objem pěny je změřen ihned po deseti minutách usazování. Teplota měření je stanovena na 24°C pro první měření, na 93,5°C pro druhé a pro třetí (konečné) měření je stanovena na 24°C. [9]

2.4.2.2.5 Obsah vody

Obecně se ke zjištění vodního obsahu používají dvě standardní metody. infračervená spektroskopie s Fourierovou transformací (FTIR) a Karl-Fischerův titrační test. Z těchto dvou metod je FTIR obecně méně nákladná, ale také méně přesná.

Při metodě FTIR se používá infračervené světlo, které prochází vzorkem oleje. Koncentrace vody se pak zjišťuje měřením pohlcování světla na různých vlnových délkách spektra. Omezením této zkoušky jsou dolní meze citlivosti na úrovni cca 1 000 ppm (dílů na milion).

Karl-Fischerova titrační zkouška (ČSN EN ISO 6296) je mnohem přesnější a při správném použití dokáže změřit hodnoty už od 1 ppm vody v oleji. Tato metoda využívá k identifikaci stopových množství vody v daném vzorku dva typy titrace: coulometrickou nebo volumetrickou. Principy obou jsou stejné, pouze u volumetrické se používá titrační roztok. Tato zkušební metoda může být velmi prospěšná, protože umožňuje analyzovat pevné látky, kapaliny i plyny. Mezi nevýhody Karl-Fischerovy titrační zkoušky patří její nákladnost a množství potřebného času při vysokých koncentracích vody. [9]

2.4.2.2.6 Obsah pevných částic

Pro nepoužívané oleje může určení obsahu pevných částic sloužit jako ukazatel čistoty. Pevné částice mohou být výsledkem ve vodě rozpustných sloučenin kovů a z pevných látek jako je například prach či rez, které se do oleje dostali během procesu výroby, uskladnění či přepravy. Díky opotřebením kovů a jiné kontaminaci při výrobě mají oleje po použití tendenci k vyššímu obsahu pevných částic. Dalšími pevnými částicemi mohou být látky přidávané do oleje jako aditiva, která se skládají ze škály různých kovů.

Stanovením obsahu pevných částic se zabývá norma ČSN EN ISO 6245 a ČSN EN ISO 3987, v současnosti se pro měření obsahu pevných částic používá částicová absorpční analýza, rentgenová analýza nebo emisní spektroskopie. [9]

2.4.2.2.7 Testy stárnutí

Stárnutí se sleduje jak na základních typech olejů, tak i na olejích s vlastnostmi pro specifické aplikace k zjištění účinnosti přísad. Různé testy ke zjištění odolnosti proti oxidaci jsou nejčastějšími způsoby testování stárnoucích vlastností maziv. Je tu velký počet různých standardizovaných testů, které trvají hodiny až několik měsíců. Většina těchto testů je založena na vystavení testované kapaliny kyslíku či vzduchu za relativně vysokých teplot v přítomnosti katalyzačních kovů pro zvýšení rychlosti oxidace a tím zkrácení doby testování. Oxidační stabilita je hodnocena kvantitativním hodnocením oxidačních produktů, absorpce kyslíku, změnou viskozity, změnou v kyselosti a formováním kalu. Mezi tyto testy patří například TOST (turbínový oxidační test stability, ČSN EN ISO 4263-1), test rotační bombou (ASTM D 2272) a test stárnutí podle Baadera (DIN 51554). [9]

2.4.2.2.8 Teplota vzplanutí

Pro určení teploty vzplanutí je definované množství maziva zahříváno za definovaných podmínek (ČSN EN ISO 2592). Ke vzplanutí dojde při nejnižší teplotě, kdy se nad hladinou zahřívajícího vzorku vytvoří takové množství par, že po přiblížení plamene spolu s okolním vzduchem vzplanou. Pro stanovení se používá metoda otevřeného a uzavřeného kelímku. Určení teploty vzplanutí produktů je velice důležité v souladu s mezinárodními přepravními regulacemi. [9]

2.4.2.2.9 Ostatní testy maziv

U maziva se dále mohou ověřit vlastnosti, jako jsou např.:

- **Hydrolytická stabilita** – Odolnost maziva proti chemickým reakcím s vodou, ASTM D 2619 [9]
- **Korozní testy** – Oxidační a korozní reakce materiálu vlivem působení maziva, ČSN EN ISO 2160 a ČSN EN ISO 7120 [9]
- **Kyselost a zásaditost** – Posouzení pH vlastností maziva, ČSN 65 6299 [9]

3 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

3.1 SPOLEČNOST KAMAX s.r.o.

V experimentální části diplomové práce byly použity vzorky olejů pravidelně odebíraných ze strojů firmy KAMAX s.r.o., z firmy také pocházeli ústřížky drátu a redukovací nástroje. Před samotným popisem jednotlivých experimentů a jejich výsledků, zde bude v krátkosti představena firma pro kterou diplomová práce vznikla.

3.1.1 KAMAX s.r.o.

Společnost KAMAX je technologicky celosvětově vedoucím výrobcem vysocepevnostních spojovacích prvků pro automobilový průmysl. Se stanovišti ve třech velkých automobilových regionech, v Evropě, Americe a Asii, je KAMAX důležitým dodavatelem všech významných výrobců a dodavatelů osobního a nákladního automobilového průmyslu. KAMAX je nezávislý rodinný podnik a roste jako moderní globální koncern. Obrázek č. 36 zobrazuje logo této společnosti. [13]



Obr. 36: Logo společnosti KAMAX s.r.o. [13]

Jako podnik dominující na trhu se KAMAX úspěšně soustředí na hlavní předmět podnikání: spojovací techniku. Předmět podnikání je zohledněn i ve jménu společnosti. Vyslovené K je podle klasického učení označením pro pevnost a MAX odkazuje na maximální kvalitu. V roce 2014 čítal podnik celosvětově 3700 zaměstnanců, zpracoval 180000 tun oceli a vyrobil 3,2 mld. šroubů, téměř 100% pro automobilový průmysl. [13]

KAMAX s.r.o. Turnov je pátým závodem koncernu. V roce 2014 zde pracovalo 530 zaměstnanců, zpracovalo se 25060 tun oceli a vyrobilo se 842 mil. šroubů. Hlavními odběrateli tohoto závodu jsou Škoda Auto, Volkswagen, Audi atd. [13]

3.1.2 Výrobky firmy KAMAX s.r.o. Turnov

V Turnovské části koncernu se výroba soustřeďuje na výroby vysocepevnostních spojovacích dílů podle standardu nebo dle požadavků zákazníku. Především se zde vyrábějí šrouby o pevnosti 8,8 – 12,9 dle norem ISO (DIN), o průměrech M6 – M24 a délek 10 – 500 mm.

Dále zde vyrábějí integrované bezpečnostní díly, spojovací díly podle speciálního požadavku na materiál a samosvorné bezpečnostní díly.

3.1.3 Materiál ústřížků drátu

Svítek drátu, ze kterého pocházejí odebrané ústřížky, je vyroben z ocele 32CrB4. Drát je vyráběn tažením za studena na $\varnothing 9,74\text{mm}$ dle rozměrové normy ČSN EN 10278, tažená tyč je před navinutím do svitku fosfátována. Pro účely diplomové práce bylo odebráno okolo 300 vzorků těchto ústřížků, základní mechanické vlastnosti a chemické složení drátu je v tabulce č. 3, tyto hodnoty pocházejí ze vstupní kontroly materiálu (viz. příloha č. 1).

Tab. 3: Základní mechanické vlastnosti a chemické složení drátu

KONTROLOVANÝ ZNAK	PŘEDPIS	SKUTEČNOST
Průměr [mm]	9,70 - 9,74	9,72 - 9,73
R _m [N/mm ²]	max. 630	583 - 610
Z [%]	min. 60	68,16 - 70,07
Obsah C [%]	0,3 - 0,4	0,330
Obsah Si [%]	max. 0,15	0,080
Obsah Mn [%]	0,7 - 0,9	0,760
Obsah Cr [%]	1,05 - 1,2	1,090

3.1.4 Procesní oleje používané firmou

Firma pro účely mazání a chlazení procesu lisování šroubů používá dva typy olejů, olej ISOFORM 911 a ISOFORM 999. První z olejů je používán pouze na několika strojích, na kterých se vyrábí složité (speciální) šrouby, jejichž proces výroby (popsaný v kapitole 2.2) by nebyl s olejem ISOFORM 999 proveditelný. Jedním ze strojů používajících olej ISOFORM 911 je i stroj

NB 515. Na většině strojů, včetně stroje SP 38, se používá olej ISOFORM 999, který pro proces výroby standardních dílů vyhovuje. Vlastnosti obou olejů porovnává tabulka č. 4, v které je uvedena i jejich cena.

Tab. 4: Základní vlastnosti používaných procesních olejů

PROCESNÍ OLEJ	HUSTOTA [g/cm ³]	VISKOZITA [mm ² /s]	BOD VZPLANUTÍ [°C]	KOROZE MĚDI dle ASTM D 130	CENA [€/l]
ISOFORM 999	0,875	43	>200	4c	1,65
ISOFORM 911	1,000	59	>168	4c	5,57

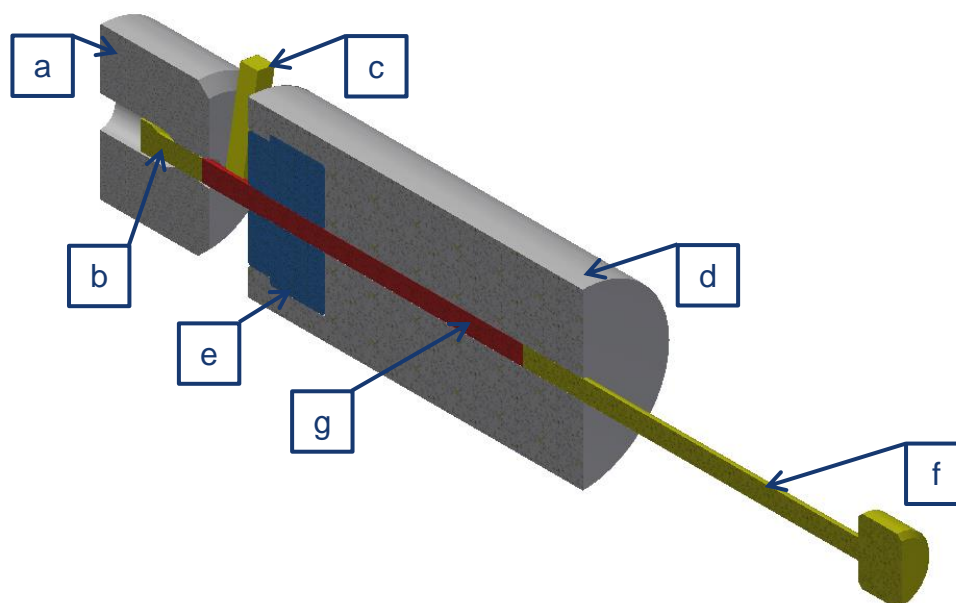
Pro účely diplomové práce byly týdně odebírány vzorky z lisovacího prostoru stroje od obou typů olejů po dobu jejich používání na uvedených strojích (kapitola 2.2.7.1.1 a 2.2.7.1.2). Oleje jsou na základě praktických zkušeností měněny čtyřikrát v roce (přibližně každé tři měsíce), plánovaná doba pro odebírání vzorků byla právě tyto 3 měsíce.

Na stroji SP 38 se začalo s odebíráním vzorků 9.10.2014, kdy byla provedena pravidelná výměna olejů a s odebíráním se skončilo již 3.12.2014, kdy čerpadlo dopravující procesní olej přestalo pracovat správně a následně došlo ke zlomení vyhazovacího kolíku operace redukování dřívku (problém popsán v kapitole 3.1.4.1). Zpěněný procesní olej byla příčina zastavení čerpadla (dle pracovníků údržby), olej byl proto vysát z olejové vany a nahrazen čistým olejem, nedošlo ale ke kompletnímu čištění stroje, které se provádí při pravidelné výměně. Dne 26.1.2015 došlo k pravidelné výměně olejů, čištění stroje, instalaci magnetického filtru oleje (kapitola 3.1.4.2) a opět se začalo s týdenním odebíráním vzorků oleje. Toto odebírání pokračovalo až do 14.4.2015, přičemž pravidelná výměna olejů proběhla až 18.5.2015.

Na stroji NB 515 se začalo s odebíráním vzorků 20.10.2014, kdy byla provedena pravidelná výměna olejů, dne 5.1.2015 byl odebrán poslední vzorek před pravidelnou výměnou. Ta začala během noční směny 11.1.2015, během této výměny oleje bylo provedeno čištění stroje, ale nebyla provedena instalace magnetického filtru oleje. Instalace proběhla až 19.1.2015, v tento den se opět začalo s odebíráním vzorků oleje, v kterém se také pokračovalo až do 14.4., pravidelná výměna olejů proběhla taktéž později, až 12.5.2015.

3.1.4.1 Rizika výroby spojená se znečištěnými oleji

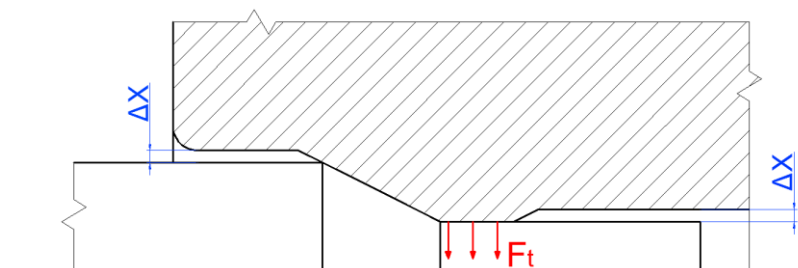
Obrázek č. 37 zobrazuje operaci redukování drátu a popisuje jednotlivé nástroje při tomto procesu, jedná se pouze o přibližné schéma tohoto procesu, neboť přesný popis je výrobním tajemstvím firmy.



Obr. 37: Schéma procesu redukování drátu

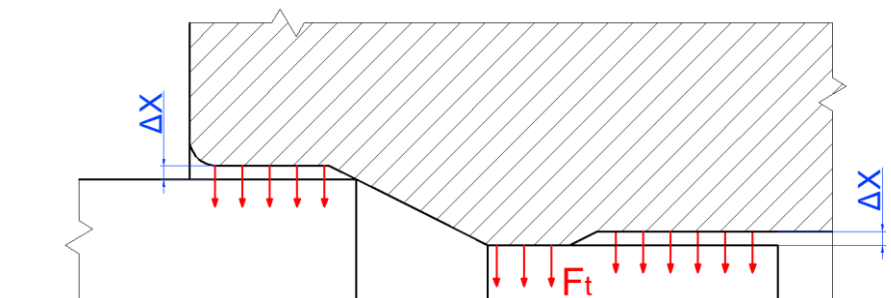
a – sestava průtlačníku, b – průtlačník, c – ½ transportního mechanismu, d – sestava průtlačnice, e – průtlačnice, f – vyhazovací kolík, g – průtlaček

Po procesu redukování má být díl držen pouze v nejužším místě průtlačnice (viz. obrázek č. 38). Za tímto místem se nástroj rozšiřuje o 0,05 – 0,08 mm v závislosti na průměru vyráběného drátu. Tato mezera mezi vnějším povrchem drátu a vnitřním povrchem sestavy průtlačnice je při procesu protlačování nezbytná, bez ní by docházelo k vysokému tření mezi dílem a nástrojem, vysokému opotřebení nástroje a případně k uvíznutí dílu. Stejně důležitá je i mezera na vstupu drátu do průtlačnice, která slouží pro správné navedení drátu. Mezi oběma mezerami se pohybuje procesní olej.



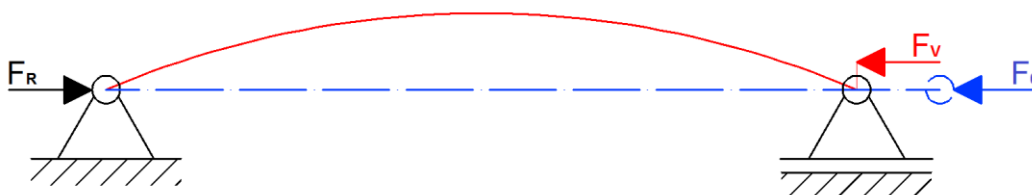
Obr. 38: Průřez nové (čisté) průtlačnice s redukovaným dílem

V případě, že dojde k zanešení těchto mezer (viz. obrázek č. 39), se zvětšuje síla, kterou je díl držen v nástroji. Vyhazovací kolík tak musí vynaložit vyšší sílu pro vyhození dílu z nástroje.



Obr. 39: Průřez zanesené průtlačnice s redukováným dílem

Při každém vyhození dílu z průtlačnice vybočuje vyhazovací kolík ze svého původně přímého tvaru (viz. obrázek č. 40). Odolnost proti tomuto vybočení je označována jako vzpěrná pevnost a jde o velmi složitý jev. Při tomto jevu dochází ke ztrátě stability dříve, než je dosaženo napětí na mezi kluzu materiálu kolíku a pokud bude síla držící díl v průtlačnici dostatečně vysoká, pak dojde k porušení vyhazovacího kolíku.



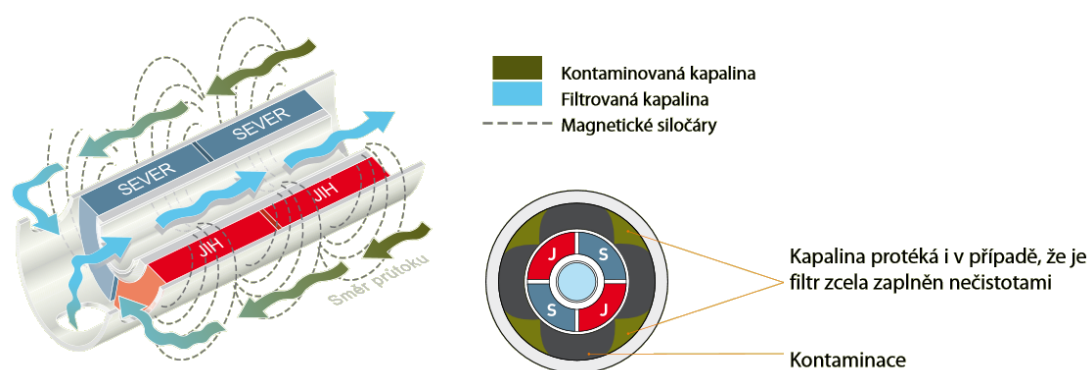
Obr. 40: Vybočení vyhazovacího kolíku

Porušený vyhazovací kolík není největší problém dané situace, kolík může zároveň poškodit všechny součásti, z kterých se skládá sestava průtlačnice. Při podávání dalšího dílu k redukcí pak následná rána poškodí sestavu průtlačníku, samotný průtlačník, průtlačnicí a transportní mechanismus. K destrukci těchto nástrojů může dojít i pokud bude samotná naváděcí mezera zanesena a dojde k uvíznutí dílu již během navádění.

Mezera mezi vnějším povrchem dílu a vnitřním povrchem nástroje je nezbytná nejen u procesu redukování dřívku. Všechny operace tvarování hlavy šrouby počítají s tzv. dofouknutím, tj. zvětšením průměru dřívku vlivem ZZO. Zanášení nástrojů nečistotami procesních olejů je tedy problém celého výrobního procesu. Ukázky zanesených nástrojů jsou v příloze č. 2.

3.1.4.2 Magnetický filtr oleje MICROMAG

K omezení problémů spojených se zanášením nástrojů (kapitola 3.1.4.1) a zvýšení doby používání procesních olejů se firma rozhodla čistit procesní oleje magnetickou filtrací MICROMAG. Magnetická filtrace je jednou z nejjednodušších metod pro odstraňování nečistot z procesních kapalin, princip filtrace zobrazuje obrázek č. 41. V porovnání s tradičními způsoby filtrace nemá magnetická filtrace prakticky žádné provozní náklady, po koupi a instalaci zařízení se nevyžaduje žádná údržba, pouze čištění filtru obsluhou.



Obr. 41: Princip filtru MICROMAG [14]

Základní informace o vybraném typu magnetického filtru zobrazuje tabulka č. 5. U obou sledovaných strojů byl filtr umístěn za čerpadlo procesního oleje, po průchodu filtrem pokračuje olej přímo k jednotlivým tvářecím operacím. Za čerpadlo procesního oleje určeného pro operace kupení a válcování stroje SP 38 nebyl magnetický filtr instalován. V příloze č. 3 jsou vyfocena nainstalovaná zařízení obou strojů, v příloze č. 4 pak proces čištění a nečistoty, které jsou filtrem odstraněny z procesního oleje.

Tab. 5: Magnetický filtr MICROMAG

TYP FILTRU MICROMAG	PRŮTOK [l/min]	KAPACITA KONTAMINACE [Kg]	MAX. PROVOZNÍ TLAK [bar]	CENA [Kč]
MM20	150	4	12	33000

3.2 PROVÁDĚNÉ EXPERIMENTY

Experimenty byly provedeny dle následujícího postupu:

1. **Zkouška tlakem na přístroji TIRATEST 2300** – *zjištění vlivu znečištění oleje na protlačovací sílu*
2. **Měření drsností povrchů přístrojem SURFTEST SV-2000** – *porovnání povrchů redukovaných ústřížků z předešlého měření*
3. **Částicová analýza zařízením HYDAC FCU 8000** – *stanovení počtu pevných částic v odebraných olejích*
4. **Pěnicí charakteristika odebíraných olejů** – *porovnání náchylnosti olejů ke zpěnění v důsledku kontaktu se vzduchem*
5. **Ekonomické zhodnocení** – *posouzení investice do magnetického filtru oleje na základě získaných dat z firmy a předešlých testů*

3.2.1 Zkouška tlakem na přístroji TIRATEST 2300

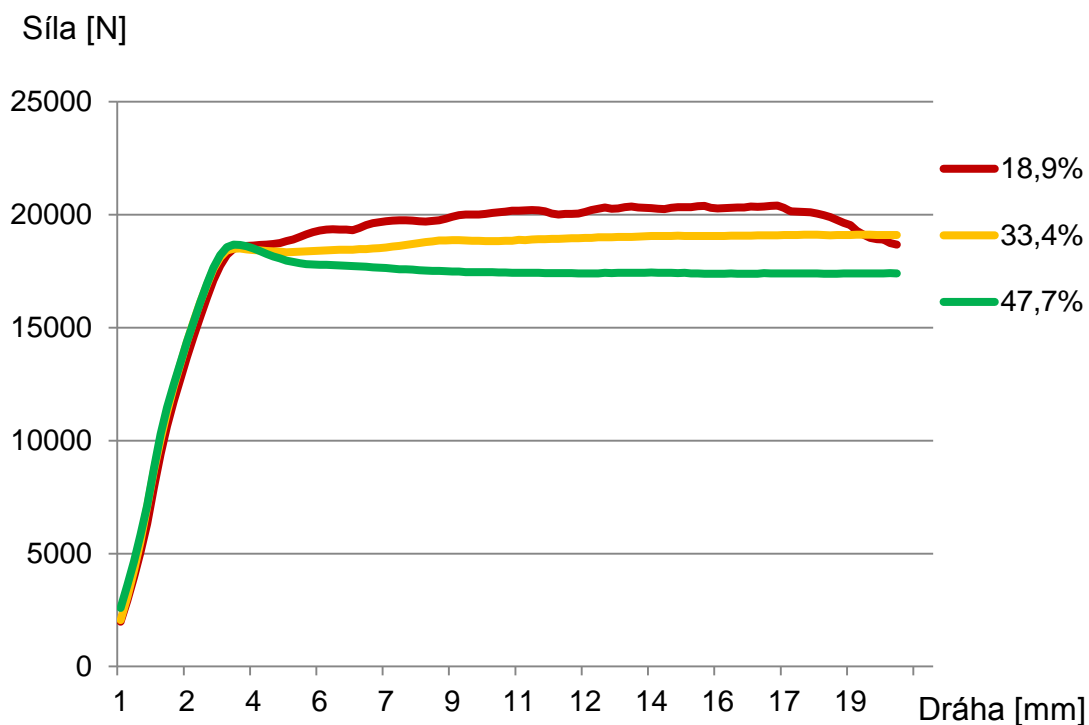
Měření protlačovací síly se provedlo na trhacím stroji TIRATEST 2300 a naměřená data byla zpracována programem LabNET 4 (viz. obrázek č. 42).



Obr. 42: Trhací stroj s PC v laboratořích TUL

K přiblížení se reálné situaci na lisovacích strojích byly firmou pro účely tohoto testu zapůjčeny dvě průtláčnice (viz. příloha č. 5), ke kterým byl vyroben nástavec pro správné navedení průtláčku při procesu protlačování na trhacím stroji (viz. příloha č. 5). Vzorky ústřížků byly před samotným měřením zbaveny všech nečistot, které by mohly ovlivnit výsledky zkoušek.

Testování každého vzorku oleje (viz. příloha č. 6) proběhlo vždy na pěti ústřížcích (minimálně) namazaných vybraným olejem. Vždy po naměření pátého vzorku daného oleje byla průtlačnice vyčištěna etanolem a v měření se pokračovalo s dalším vzorkem oleje. Při měření docházelo k zadrhávání ústřížku o naváděcí nástavec, výsledné grafy protlačovacích sil se pak dali rozdělit do tří skupin, které zobrazuje následující obr. 43. V 47,7% měření byl ústřížek naveden správně, pro vyhodnocení pak byla použita největší naměřená hodnota síly. Při 33,4% měření došlo v pozdější fázi protlačování k zavadění ústřížku u naváděcí nástavec, pro vyhodnocení pak byla použita největší naměřená hodnota síly během prvních 5mm provádění měření. Výsledky 18,9% měření nebyly do vyhodnocení zahrnuty a měření se provedlo znovu.



Obr. 43: Graf zobrazující 3 typy vyhodnocených protlačovacích sil

V příloze č. 7 jsou vyfoceny redukované ústřížky jednotlivých skupin měření, které byly ponechány pro následující měření drsnosti povrchu dřívku. V příloze č. 8 je snímek ústřížků se správným i špatným navedením do průtlačnice a tabulka, v které je zaznamenán počet jednotlivých navedení do průtlačnice a z toho plynoucí procentuální zastoupení během měření.

3.2.1.1 Výsledky měření sil při použití olejů ze stroje NB 515

V tabulce č. 6 jsou zobrazeny výsledky měření protlačovací síly při použití vzorků nečištěných olejů a tabulka č. 7 zobrazuje výsledky při použití olejů čištěných magnetickým filtrem. K výsledkům měření byla pro jednotlivé vzorky spočítána průměrná hodnota maximální síly při protlačování, průměrná odchylka měření a interval spolehlivosti 95%. Pro výpočet intervalu spolehlivosti byly použity kvantily náhodné veličiny z přílohy č. 9.

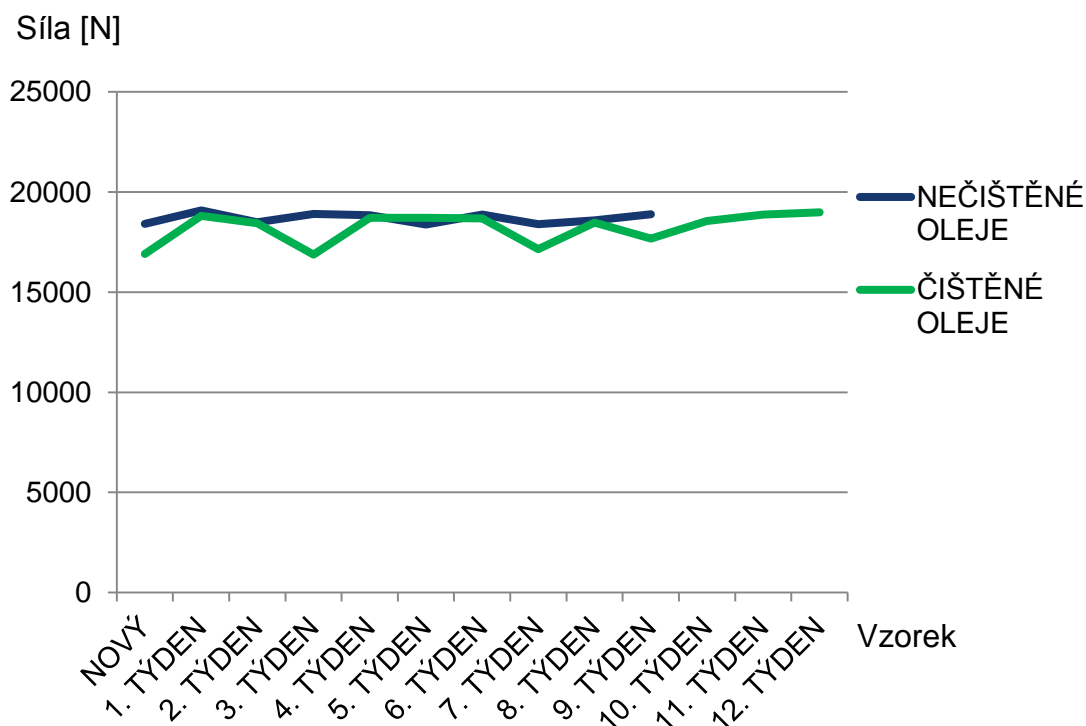
Tab. 6: Protlačovací síly při použití nečištěného oleje

VZOREK	1 [N]	2 [N]	3 [N]	4 [N]	5 [N]	PRŮMĚRNÁ SÍLA [N]	PRŮMĚRNÁ ODCHYLKA [N]	INTERVAL SPOLEHLIVOSTI 95% [N]	
NB 20.10.	18115	18345	18181	19224	18158	18405	328	17998	18811
NB 27.10.	19776	19141	19049	17877	19534	19075	490	18467	19683
NB 3.11.	18694	18447	18994	18325	17967	18485	287	18129	18841
NB 10.11.	19013	18949	19105	18859	18649	18915	129	18755	19075
NB 18.11.	18429	19227	18210	19167	19192	18845	421	18323	19367
NB 25.11.	18126	18663	17977	17958	19163	18377	429	17845	18909
NB 1.12.	18456	19105	19049	18871	18927	18882	175	18665	19098
NB 9.12.	18019	18082	19187	19010	17677	18395	563	17696	19094
NB 16.12.	18369	18565	18442	18798	18731	18581	147	18399	18763
NB 5.1.	19701	19170	18106	18154	19361	18899	615	18135	19662

Tab. 7: Protlačovací síly při použití čištěného oleje

VZOREK	1 [N]	2 [N]	3 [N]	4 [N]	5 [N]	PRŮMĚRNÁ SÍLA [N]	PRŮMĚRNÁ ODCHYLKA [N]	INTERVAL SPOLEHLIVOSTI 95% [N]	
NB 19.1.	16452	16364	18600	16576	16538	16906	678	16065	17747
NB 26.1.	18891	19153	18912	18579	18510	18809	211	18546	19072
NB 3.2.	18652	18603	18637	18394	17920	18441	227	18159	18724
NB 9.2.	18488	16405	16371	16636	16473	16874	645	16073	17675
NB 17.2.	18641	18658	18600	18868	18830	18719	104	18590	18848
NB 24.2.	18890	18685	18632	18959	18415	18716	167	18509	18923
NB 2.3.	18784	17652	18928	19057	19012	18687	414	18173	19201
NB 9.3.	16820	16713	18681	16702	16849	17153	611	16394	17912
NB 17.3.	18951	19069	16551	18864	18967	18480	772	17522	19438
NB 24.3.	18854	16800	16783	16707	19240	17677	1096	16316	19038
NB 30.3.	18696	18755	18599	17790	18975	18563	309	18179	18947
NB 7.4.	19150	18051	18418	19653	19106	18875	513	18238	19512
NB 14.4.	18843	19235	19044	18795	18986	18981	129	18820	19141

Obr. č. 44 porovnává průměrné hodnoty síly, je vidět, že mezi měřenými silami není významný rozdíl. Pro potvrzení či vyvrácení tohoto tvrzení byl níže proveden dvouvýběrový t-test v programu Microsoft Excel 2010.



Obr. 44: Graf porovnávající výsledky měření sil (NB 515)

Pro t-test byla nejdříve stanovena nulová a alternativní hypotéza:

- **Nulová hypotéza** = Protlačovací síly čištěných a nečištěných olejů se neliší
- **Alternativní hypotéza** = Protlačovací síly čištěných a nečištěných olejů se liší

Nejprve byl spočten f-test (viz. příloha č. 10), pro ověření rozptylů protlačovacích sil v obou skupinách. Výsledkem byla hodnota statické významnosti 0,0014, která je menší než hladina významnosti α ($\alpha = 0,05$), rozptyly tedy nejsou shodné. Na základě f-testu byl vybrán dvouvýběrový t-test s nerovností rozptylů, jehož výsledky jsou také v příloze č. 10. Dosažená statická významnost pro oboustranný test byla 0,0632, která je větší než α a není tedy možné zamítnout nulovou hypotézu.

Závěrem t-testu je přijetí nulové hypotézy: „Protlačovací síly čištěných a nečištěných olejů se neliší“.

3.2.1.2 Výsledky měření sil při použití olejů ze stroje SP 38

Stejně jako v předešlé kapitole, jsou v tabulce č. 8 zobrazeny výsledky měření protlačovací síly při použití vzorků nečištěných olejů a v tabulce č. 9 výsledky při použití olejů čištěných magnetickým filtrem. Také zde byla k výsledkům měření pro jednotlivé vzorky spočítána průměrná hodnota maximální síly při protlačování, průměrná odchylka měření a interval spolehlivosti 95%. Pro výpočet intervalu spolehlivosti byly použity kvantily náhodné veličiny z přílohy č. 9.

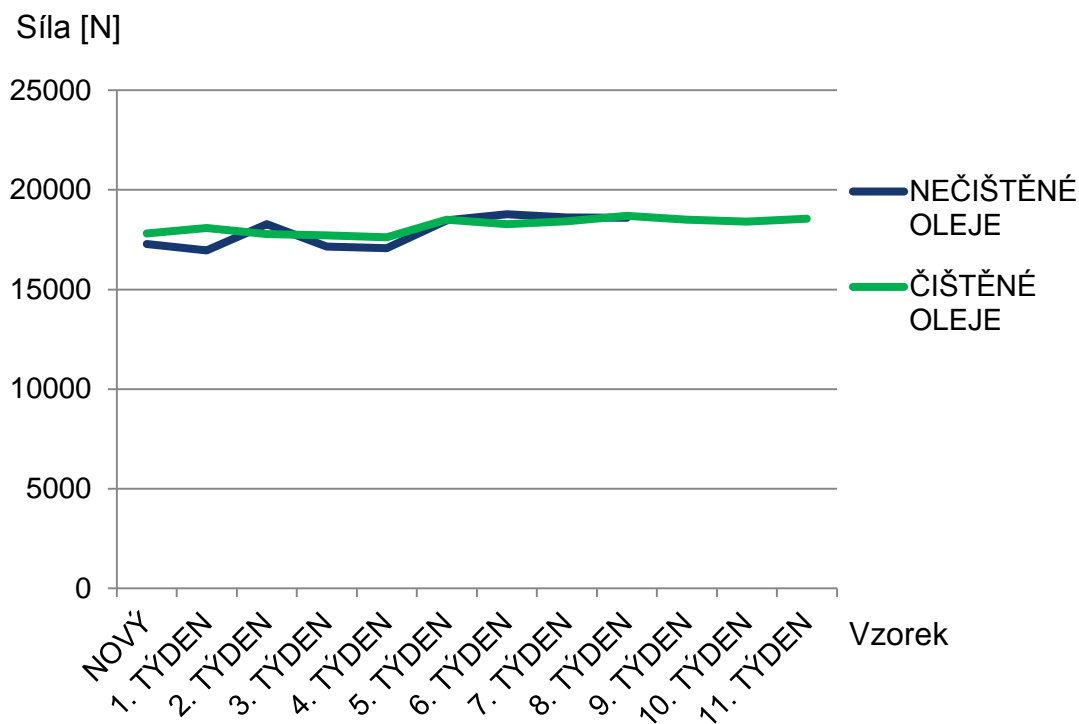
Tab. 8: Protlačovací síly při použití nečištěného oleje

VZOREK	1 [N]	2 [N]	3 [N]	4 [N]	5 [N]	PRŮMĚRNÁ SÍLA [N]	PRŮMĚRNÁ ODCHYLKA [N]	INTERVAL SPOLEHLIVOSTI 95% [N]	
SP 9.10.	17185	17910	17210	16649	17464	17284	323	16883	17684
SP 20.10.	17620	16743	17226	16520	16707	16963	368	16507	17420
SP 27.10.	18245	18086	18177	18794	18059	18272	209	18013	18531
SP 3.11.	17084	16762	17013	17150	17725	17147	233	16858	17436
SP 10.11.	17459	17094	16840	16881	17122	17079	175	16862	17296
SP 18.11.	17895	18947	19049	18107	18382	18476	418	17958	18995
SP 25.11.	18143	19195	18053	19292	19229	18782	548	18103	19462
SP 1.12.	18875	17724	17977	19099	19376	18610	608	17855	19365
SP 3.12.	19031	17879	19102	17895	19126	18606	576	17892	19321

Tab. 9: Protlačovací síly při použití čištěného oleje

VZOREK	1 [N]	2 [N]	3 [N]	4 [N]	5 [N]	PRŮMĚRNÁ SÍLA [N]	PRŮMĚRNÁ ODCHYLKA [N]	INTERVAL SPOLEHLIVOSTI 95% [N]	
SP 26.1.	18018	17389	17672	18150	17870	17820	231	17533	18107
SP 3.2.	17868	18382	17897	17695	18627	18094	329	17686	18502
SP 9.2.	17829	17784	17347	17857	18061	17776	171	17563	17989
SP 17.2.	18006	17552	17546	17441	18010	17711	238	17415	18006
SP 24.2.	17365	17590	17727	17632	17796	17622	116	17478	17766
SP 2.3.	18772	18173	18455	18635	18472	18502	162	18300	18703
SP 9.3.	18027	17932	18476	18744	18199	18275	268	17943	18608
SP 17.3.	18381	18977	18783	17871	18106	18424	365	17970	18877
SP 24.3.	18297	18489	18818	19326	18519	18690	306	18310	19069
SP 30.3.	18109	18502	18366	19170	18348	18499	270	18164	18834
SP 7.4.	18233	18505	18518	18132	18681	18414	185	18184	18643
SP 14.4.	18225	18680	18592	18546	18755	18560	139	18387	18733

Obr. č. 45 opět porovnává průměrné hodnoty síly, i zde není mezi měřenými silami významný rozdíl. Pro potvrzení či vyvrácení tohoto tvrzení byl i k těmto výsledkům proveden dvouvýběrový t-test v programu Microsoft Excel 2010.



Obr. 45: Graf porovnávající výsledky měření sil (SP 38)

Pro t-test byla nejdříve stanovena stejná nulová a alternativní hypotéza:

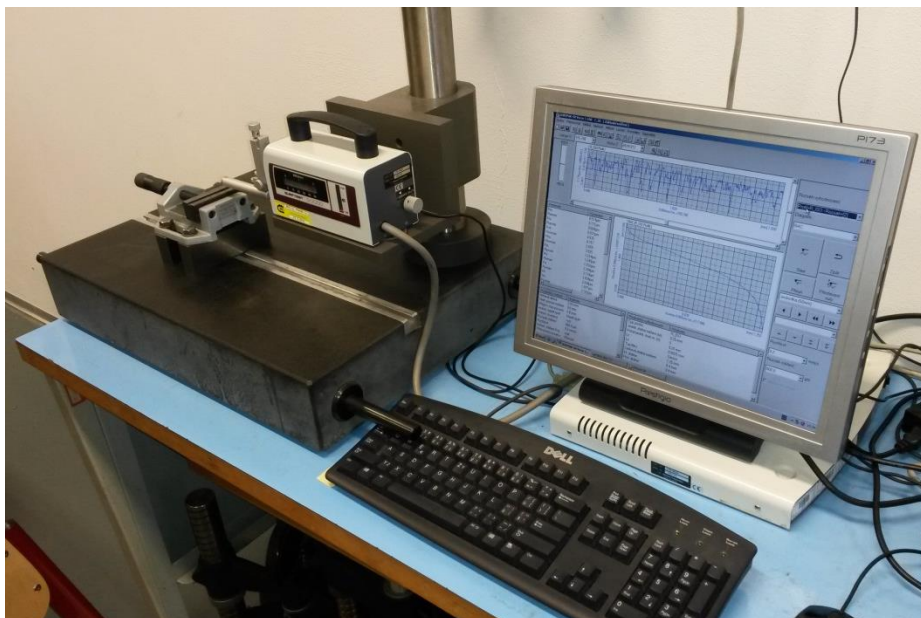
- **Nulová hypotéza** = Protlačovací síly čištěných a nečištěných olejů se neliší
- **Alternativní hypotéza** = Protlačovací síly čištěných a nečištěných olejů se liší

Nejprve byl spočten f-test (viz. příloha č. 11), jehož výsledkem byla hodnota statické významnosti 0,0157, taktéž menší než hladina významnosti α ($\alpha = 0,05$), rozptyly tedy nejsou shodné. Na základě f-testu byl vybrán dvouvýběrový t-test s nerovností rozptylů, jehož výsledky jsou také v příloze č. 11. Dosažená statická významnost pro oboustranný test byla 0,3281, která je větší než α a není tedy možné zamítnout nulovou hypotézu.

Závěrem t-testu je i zde přijmutí nulové hypotézy: „Protlačovací síly čištěných a nečištěných olejů se neliší“.

3.2.2 Měření drsností povrchů přístrojem SURFTEST SV-2000

Měření drsnosti povrchu redukovaného dřívku se provedlo na drsnoměru SURFTEST SV-2000 a analýza dat byla provedena programem SURFPAK-SV, měřicí zařízení je na obrázku č. 46.



Obr. 46: Drsnoměr s PC v laboratořích TUL

Zařízení SURFTEST je určeno pro měření především rovinných povrchů a nedokáže změřit celý obvod měřeného dřívku. Proto bylo na každém z průtláčků předešlého měření protlačovací síly provedlo vždy 8 měření, kdy po každém měření se vzorek pootočil o přibližných 45°, umístění vzorku v měřicím přístroji a podmínky měření jsou v příloze č. 12. Příloha č. 13 pak zobrazuje nefiltrovaný primární profil drsnosti a profil drsnosti po provedení filtrace (viz. kapitola 2.3.5.1).

3.2.2.1 Výsledky měření drsností pro oleje z NB 515

V tabulce č. 10 jsou výsledky drsnosti pro nečištěné oleje, v tabulce č. 11 pak výsledky pro čištěné oleje. Uvedeny jsou pouze výsledné hodnoty průměrné drsnosti redukovaných dřívků, průměrná odchylka měření a interval spolehlivosti 95%. Pro výpočet intervalu spolehlivosti byly použity kvantily náhodné veličiny z přílohy č. 9. Jednotlivé hodnoty drsnosti jsou pro nečištěné oleje k nalezení v příloze č. 14 a pro čištěné oleje v příloze č. 15.

Při měření drsnosti nebyly použity všechny redukované ústřížky, vždy byly vybrány čtyři skupiny ze sledovaného období tak, jak uvádějí tabulky č. 10 a 11.

Tab. 10: Hodnoty drsnosti při použití nečištěného oleje

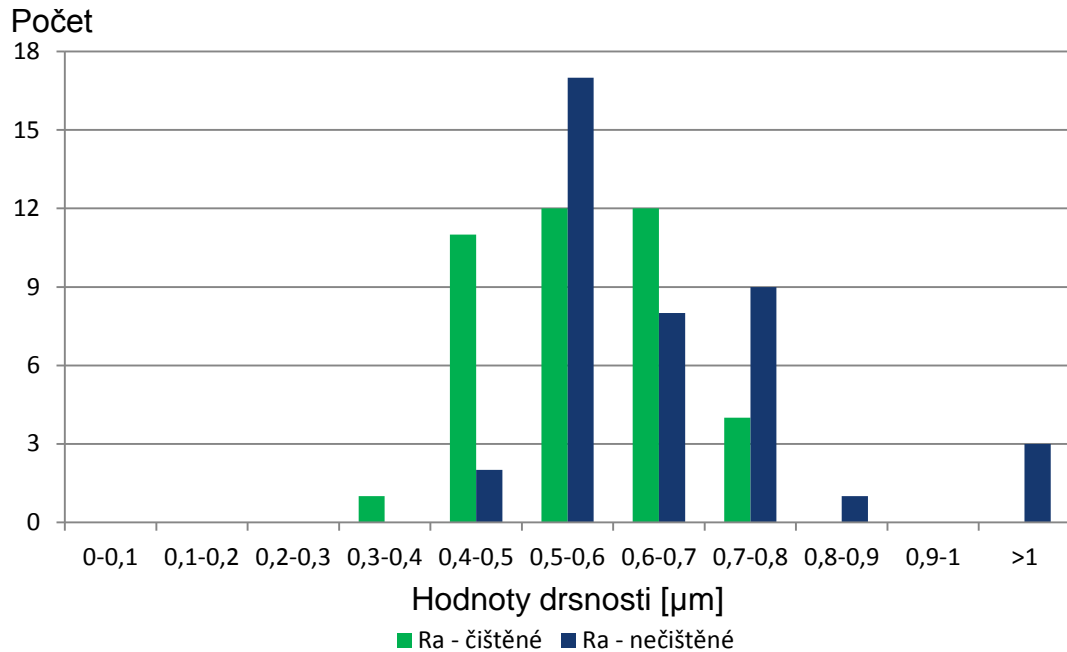
DRSNOST POVRCHU		PRŮMĚRNÁ HODNOTA [μm]	PRŮMĚRNÁ ODCHYLKA [μm]	INTERVAL SPOLEHLIVOSTI 95% [μm]	
NB 515 20.10.	Ra	0,36	0,07	0,335	0,380
	Rt	2,71	0,81	2,445	2,967
NB 515 10.11.	Ra	0,46	0,16	0,407	0,509
	Rt	3,40	1,22	3,010	3,798
NB 515 1.12.	Ra	0,68	0,10	0,646	0,711
	Rt	5,25	1,25	4,850	5,657
NB 515 5.1.	Ra	0,66	0,10	0,624	0,692
	Rt	5,12	1,24	4,717	5,521

Tab. 11: Hodnoty drsnosti při použití nečištěného oleje

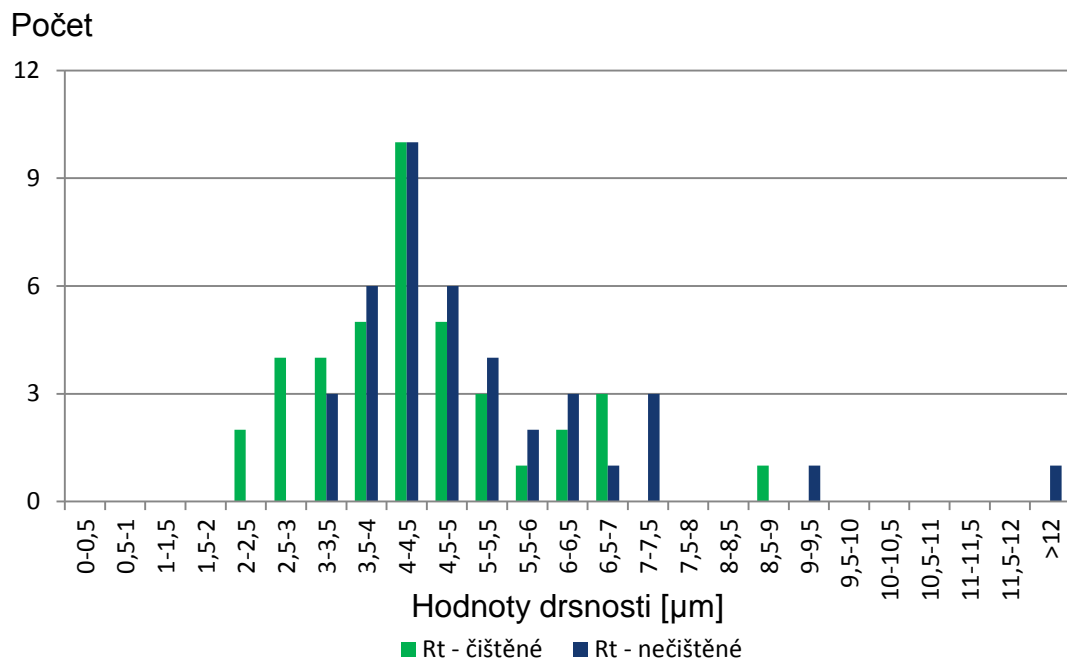
DRSNOST POVRCHU		PRŮMĚRNÁ HODNOTA [μm]	PRŮMĚRNÁ ODCHYLKA [μm]	INTERVAL SPOLEHLIVOSTI 95% [μm]	
NB 515 19.1.	Ra	0,39	0,08	0,360	0,411
	Rt	3,06	0,95	2,755	3,370
NB 515 17.2.	Ra	0,48	0,09	0,449	0,510
	Rt	3,76	1,02	3,428	4,087
NB 515 17.3.	Ra	0,55	0,10	0,521	0,587
	Rt	4,34	1,25	3,933	4,738
NB 515 14.4.	Ra	0,57	0,09	0,537	0,594
	Rt	4,40	1,01	4,073	4,725

Četnost výskytu drsnosti Ra a Rt dané hodnoty pro nečištěné oleje ze stroje NB 515 zobrazují grafy v příloze č. 16, stejné grafy pro čištěné oleje jsou v příloze č. 17. Tabulky poukazují na zhoršování hodnoty drsnosti při použití déle používaných olejů, k ověření této hypotézy byly provedeny t-testy, které jsou k nalezení v příloze č.18.

Obr. č. 47 porovnává četnost výskytu drsnosti Ra dané hodnoty pro skupiny redukovaných ústřížků, při kterých byl k protlačování použit nečištěný olej z 5.1. a čištěný olej z 14.4., tedy poslední odebrané vzorky oleje. Stejně porovnání pro hodnoty drsnosti Rt zobrazuje obr. č. 48.



Obr. 47: Graf porovnávající četnosti výskytu drsnosti Ra dané hodnoty po protlačování s použitím olejů z 5.1. a 14.4.



Obr. 48: Graf porovnávající četnosti výskytu drsnosti Rt dané hodnoty po protlačování s použitím olejů z 5.1. a 14.4.

Výsledné tabulky drsností, grafy četností a t-testy tedy poukazují na zhoršení hodnoty drsnosti povrchů redukovaných dřívků s delší dobou používání olejů na strojích. Při použití posledních vzorků olejů, odebraných 5.1. a 14.4. se ukazuje vliv magnetického filtru oleje na kvalitu povrchu vyráběných dílů. Pro potvrzení či vyvrácení tohoto tvrzení byl opět použit dvouvýběrový t-test v programu Microsoft Excel 2010. T-test byl nejdříve proveden pro porovnání výsledků měření drsností povrchů, kdy byl k protlačování použit nový olej (vzorky z 20.10. a 19.1.) a následně pro porovnání výsledků měření, kdy byly použity oleje z 5.1. a 14.4..

Pro t-testy byly stanoveny stejné nulové a alternativní hypotézy:

- **Nulová hypotéza** = Hodnota drsnosti povrchů se při používání magnetického filtru oleje neliší
- **Alternativní hypotéza** = Hodnota drsnosti povrchů se při používání magnetického filtru oleje liší

Postupně byl spočítán f-test jednotlivých ověřovaných dat pro určení správného dvouvýběrového t-testu, výsledky obou testů jsou zobrazeny tabulkou č. 12, výpočet je k nalezení v příloze č. 24.

Tab. 12: Výsledky f-testu a t-testu

OVĚŘENÍ HYPOTÉZ	20.10.-19.1.		5.1.-14.4.	
	Ra	Rt	Ra	Rt
F-TEST	0,103	0,039	0,040	0,042
T-TEST	0,199	0,162	0,001	0,049

Na základě výsledků t-testu byla pro drsnosti při použití nových olejů přijata nulová hypotéza: „Hodnota drsnosti povrchů se při používání magnetického filtru oleje neliší“. Pro výsledky drsností při použití olejů z 5.1. a 14.4. byla nulová hypotéza zamítnuta: „Hodnota drsnosti povrchů se při používání magnetického filtru oleje liší“.

Výsledky potvrzují předpoklad, že nový (čistý) olej není ovlivněn magnetickým filtrem oleje, ale v čase se toto používání projeví, zde například snížením hodnot drsností Ra a Rt.

3.2.2.2 Výsledky měření drsností pro oleje z SP 38

V tabulce č. 13 jsou výsledky drsnosti pro nečištěné oleje, v tabulce č. 14 pak výsledky pro čištěné oleje. Uvedeny jsou pouze výsledné hodnoty průměrné drsnosti redukovaných dřívků, průměrná odchylka měření a interval spolehlivosti 95%. Pro výpočet intervalu spolehlivosti byly použity kvantily náhodné veličiny z přílohy č. 9. Jednotlivé hodnoty drsnosti jsou pro nečištěné oleje k nalezení v příloze č. 19 a pro čištěné oleje v příloze č. 20.

Při měření drsnosti nebyly použity všechny redukované ústřížky, vždy byly vybrány čtyři skupiny ze sledovaného období tak, jak uvádějí tabulky č. 13 a 14.

Tab. 13: Hodnoty drsnosti při použití nečištěného oleje

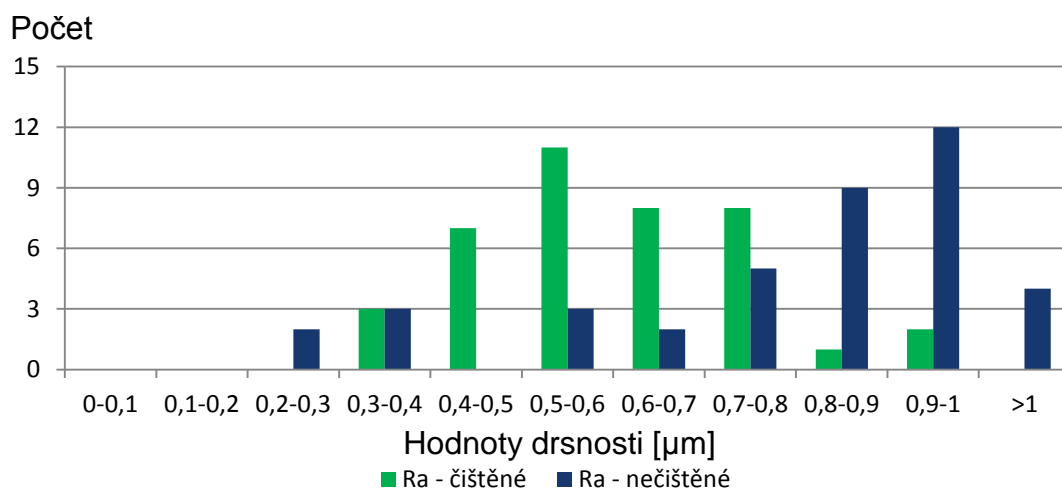
DRSNOST POVRCHU		PRŮMĚRNÁ HODNOTA [μm]	PRŮMĚRNÁ ODCHYLKA [μm]	INTERVAL SPOLEHLIVOSTI 95% [μm]	
SP 38 9.10.	Ra	0,35	0,08	0,320	0,371
	Rt	2,69	0,71	2,457	2,915
SP 38 27.10.	Ra	0,48	0,10	0,449	0,513
	Rt	3,69	0,87	3,404	3,968
SP 38 18.11.	Ra	0,61	0,08	0,587	0,636
	Rt	4,98	1,08	4,631	5,330
SP 38 3.12.	Ra	0,78	0,17	0,729	0,840
	Rt	6,23	1,43	5,765	6,689

Tab. 14: Hodnoty drsnosti při použití čištěného oleje

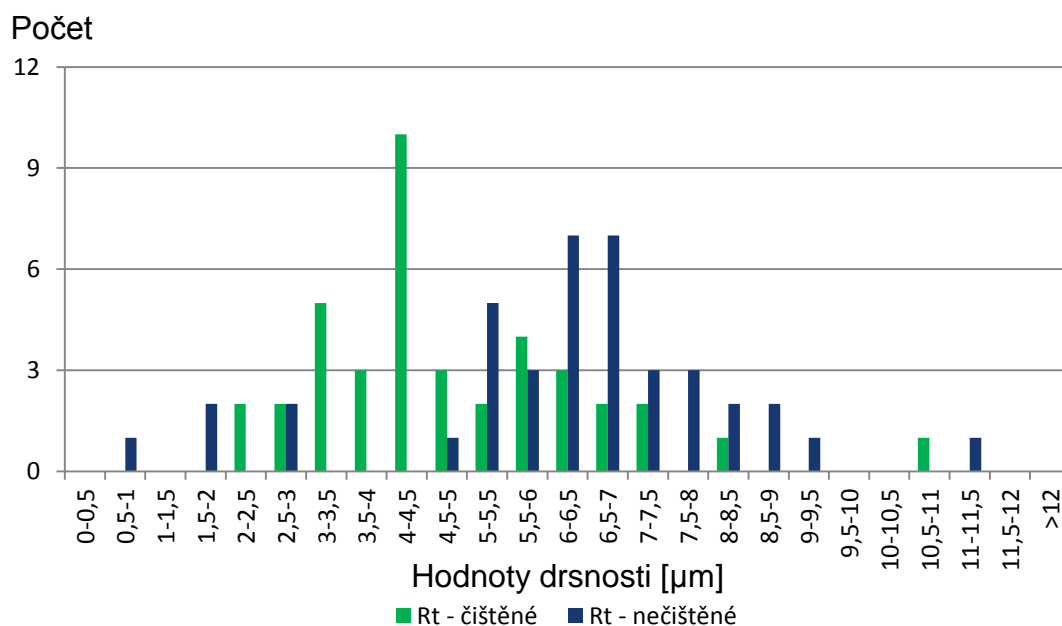
DRSNOST POVRCHU		PRŮMĚRNÁ HODNOTA [μm]	PRŮMĚRNÁ ODCHYLKA [μm]	INTERVAL SPOLEHLIVOSTI 95% [μm]	
SP 38 26.1.	Ra	0,39	0,07	0,365	0,408
	Rt	3,03	0,65	2,825	3,243
SP 38 17.2.	Ra	0,47	0,14	0,426	0,519
	Rt	3,77	1,73	3,212	4,332
SP 38 17.3.	Ra	0,56	0,11	0,526	0,598
	Rt	4,65	1,27	4,242	5,063
SP 38 14.4.	Ra	0,61	0,11	0,570	0,644
	Rt	4,84	1,31	4,417	5,263

Četnost výskytu drsnosti Ra a Rt dané hodnoty pro nečištěné oleje ze stroje SP 38 zobrazují grafy v příloze č. 21, stejné grafy pro čištěné oleje jsou v příloze č. 22. Tabulky poukazují na zhoršování hodnoty drsnosti při použití déle používaných olejů, k ověření této hypotézy byly provedeny t-testy, které jsou k nalezení v příloze č. 23.

Obr. č. 49 porovnává četnost výskytu drsnosti Ra dané hodnoty pro skupiny redukovaných ústřížků, při kterých byl k protlačování použit nečištěný olej z 3.12. a čištěný olej z 14.4., tedy poslední odebrané vzorky oleje. Stejně porovnání pro hodnoty drsnosti Rt zobrazuje obr. č. 50.



Obr. 49: Graf porovnávající četnosti výskytu drsnosti Ra dané hodnoty po protlačování s použitím olejů z 3.12. a 14.4.



Obr. 50: Graf porovnávající četnosti výskytu drsnosti Rt dané hodnoty po protlačování s použitím olejů z 3.12. a 14.4.

Výsledné tabulky drsností, grafy četností a t-testy tedy poukazují na zhoršení hodnoty drsnosti povrchů redukovaných dřívků s delší dobou používání olejů na strojích. Při použití posledních vzorků olejů, odebraných 3.12. a 14.4. se i zde ukazuje vliv magnetického filtru oleje na kvalitu povrchu vyráběných dílů. Pro potvrzení či vyvrácení tohoto tvrzení byl opět použit dvouvýběrový t-test v programu Microsoft Excel 2010. T-test byl nejdříve proveden pro porovnání výsledků měření drsností povrchů, kdy byl k protlačování použit nový olej (vzorky z 9.10. a 26.1.) a následně pro porovnání výsledků měření, kdy byly použity oleje z 3.12. a 14.4..

Pro t-testy byly stanoveny stejné nulové a alternativní hypotézy:

- **Nulová hypotéza** = Hodnota drsnosti povrchů se při používání magnetického filtru oleje neliší
- **Alternativní hypotéza** = Hodnota drsnosti povrchů se při používání magnetického filtru oleje liší

Postupně byl spočítán f-test jednotlivých ověřovaných dat pro určení správného dvouvýběrového t-testu, výsledky obou testů jsou zobrazeny tabulkou č. 15, výpočet je k nalezení v příloze č. 24.

Tab. 15: Výsledky f-testu a t-testu

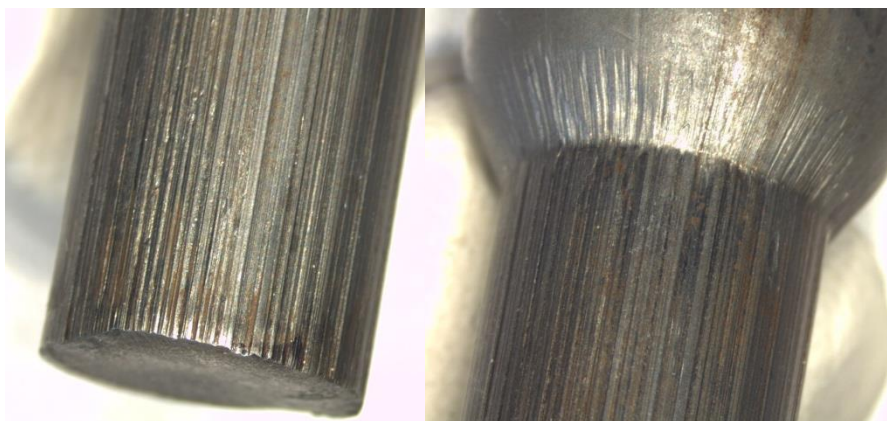
OVĚŘENÍ HYPOTÉZ	9.10.-26.1.		3.12.-14.4.	
	Ra	Rt	Ra	Rt
F-TEST	0,208	0,276	0,002	0,120
T-TEST	0,051	0,075	$9,66 \cdot 10^{-5}$	0,001

Na základě výsledků t-testu byla pro drsnosti při použití nových olejů přijata nulová hypotéza: „Hodnota drsnosti povrchů se při používání magnetického filtru oleje neliší“. Pro výsledky drsností při použití olejů z 3.12. a 14.4. byla nulová hypotéza zamítnuta: „Hodnota drsnosti povrchů se při používání magnetického filtru oleje liší“.

I zde výsledky potvrzují předpoklad, že nový (čistý) olej není ovlivněn magnetickým filtrem oleje, ale v čase se toto používání projeví, zde například snížením hodnot drsností Ra a Rt.

3.2.2.3 Výsledky měření drsnosti u zadřeného průtlačku

V kapitole 3.1.4 je zmíněno zastavení stroje po zlomení vyhazovacího kolíku a následná výměna olejů, která 3.12. přerušila odebírání vzorků. Při této poruše došlo k uvíznutí ústřížku během zcela vedené redukce (kapitola 2.2.3), které bylo způsobeno nedostatečným mazáním, kdy čerpadlo nasávalo pouze zpěněný olej a nedokázalo tak k procesu redukování dopravovat dostatek oleje. Na obrázku č. 51 je fotka zadřeného ústřížku.



Obr. 51: Snímek povrchu zadřeného dřívku

Výsledky měření drsnosti tohoto dílu zobrazuje tabulka č. 16, s měřením se nejdříve začalo na druhé straně dílu, která nevykazovala takové známky poškození (fotky dílu jsou v příloze č. 25).

Tab. 16: Drsnost povrchu zadřeného dílu

	DRSNOST POVRCHU								PRŮMĚRNÁ HODNOTA [μm]
	Ra	0,696	1,699	3,757	2,508	4,182	3,134	0,735	
Rt	7,044	12,995	17,720	19,132	25,554	18,197	8,750	5,039	14,30

Průměrné hodnoty drsnosti u tohoto dílu se pohybují v řádově jiných hodnotách, než výsledky předchozích měření drsnosti. Díl byl před problémem vyráběn po několik hodin, předchozí obsluha nezaznamenala žádné problémy, použitý materiál byl stále stejný a opotřebení nástroje bylo minimální, jediným rozdílem bylo nedostatečné mazání.

3.2.3 Částicová analýza zařízením HYDAC FCU 8000

Ve spolupráci se Škoda Auto a.s. byl měřen počet pevných částic na zařízení HYDAC FCU 8000 (obr. 52) ve vzorcích oleje k porovnání vlivu magnetického filtru na množství v nich obsažených. Při tomto způsobu měření olej protéká zobrazovací celou, kde je prosvícen laserovou diodou, prošlé světlo je zaznamenáno a vyhodnoceno softwarem zařízení. Pevné částice obsažené v oleji světlo nepropouštějí, snímačem je tak zaznamenán jejich obrys a je vyhodnocena jejich velikost a celkový počet v látce.



Obr. 52: Zařízení pro částicovou analýzu ve Škoda Auto a.s.

Pro částicovou analýzu byly vybrány poslední odebrané vzorky z obou strojů před a po zavedení magnetického filtru oleje. Jednotlivé vzorky byly nejdříve zředěny s olejem o známé čistotě v poměru dle tabulky č. 17. Olej byl po promíslení na jednu hodinu odstaven (pro uvolnění vzduchu, příloha č. 26) a následně bylo provedeno samotné měření obsahu pevných částic. Výsledky částicové analýzy (příloha č. 27) shrnuje tabulka č. 17.

Tab. 17: Výsledky částicové analýzy

VZOREK OLEJE	MNOŽSTVÍ VZORKU [g]	MNOŽ. ŘEDÍČÍHO OLEJE [g]	ČÁSTICE > 2 µm [-]	ČÁSTICE > 5 µm [-]	ČÁSTICE > 15 µm [-]	ČÁSTICE > 25 µm [-]
SP 38 3.12.	5,98	450	-	-	-	-
NB 515 5.1.	5,85	450	-	-	44 826 623	44 826 623
SP 38 14.4.	6,51	450	-	-	44 826 623	44 826 623
NB 515 14.4.	5,93	450	-	-	44 826 623	44 826 623
NB 515 14.4.	2,89	450	4 079 615	7 430 031	198 655	23 679

Částicovou analýza nedokázala stanovit obsah pevných částic v měřených olejích i přes jejich vysoké zředění. U Vzorku oleje NB 515 z 14.4. se při vyšším zředění podařilo naměřit hodnoty odpovídající tabulce č. 17. Tyto hodnoty by měli být dále přepočítány přes použitý poměr k získání výsledku pro nezředěný olej, ale již nyní hodnoty přesahují všechny třídy čistoty, ať už by šlo o třídy ISO 4406 či NAS 1638.

Částicová analýza nebyla vhodnou metodou pro stanovení znečištění sledovaných olejů. Znečištění filtrovaných i nefiltrovaných olejů je tak vysoké, že není možné zařadit je do žádné z tříd čistoty. Protokoly ze zkoušky jsou v příloze č. 27 a v příloze č. 28 jsou uvedeny tabulky tříd čistoty dle ISO 4406 a NAS 1638.

3.2.3.1 Porovnání obsahu nečistot hmotnostním měřením

Vzhledem k výsledkům částicové analýzy proběhlo ve firmě Škoda Auto a.s. ještě nepřímé měření obsahu pevných částic hmotnostním měřením. Při tomto měření bylo vždy zváženo 100ml vzorku nečištěného oleje, získaná hodnota hmotnosti byla porovnána s hmotností 100ml filtrovaného oleje. Odměření 100ml vzorku se provedlo postupně stříkačkou s měřicím rozsahem 5ml o třídě přesnosti 2, vážených 100ml vzorku tak podléhá relativní chybě měření 2%. Výsledky měření zobrazuje tabulka č. 18, postup a záznam zvážených hodnot je v příloze č. 29.

Tab. 18: Výsledky hmotnostního měření

VZOREK OLEJE	HMOTNOST 100ml [g]	ROZDÍL HMOTNOSTÍ [g]
SP 38 3.12.	107,21	18,46
SP 38 14.4.	88,75	
NB 515 5.1.	96,36	8,77
NB 515 14.4.	87,59	

U obou typů oleje bylo filtrací dosaženo výrazně nižší hmotnosti, než u oleje nefiltrovaného. V návaznosti na výsledky částicové analýzy, byl u olejů proveden jednoduchý pokus s magnetem (příloha č. 30), který podporuje předpoklad o nemagnetickém složení částic ve filtrovaných olejích.

3.2.4 Pěnicí charakteristika odebíraných olejů

V kapitole 2.4.2.2.4, která se zabývá náchylností olejů k vytváření pěny vlivem kontaktu se vzduchem, je uvedena normalizovaná zkouška ČSN EN ISO 6247. Při odebírání vzorků nečištěných olejů stroje SP 38 došlo 3.12. k zastavení čerpadla, zadření průtlačku v nástroji a zlomení vyhazovacího kolíku. Po příchodu údržby a kontrole čerpadla se došlo k závěru, že za jeho zastavení může zpěněný procesní olej a byl proto vyměněn (viz. kapitola 3.2.2.3). Z tohoto důvodu se jevil test pěnicí charakteristiky jako zajímavá možnost k testování u odebíraných olejů.

Přesné podmínky zkoušky nebyly známy, ze základních znalostí o této metodě se provedlo náhradní měření pěnicí charakteristiky, kdy se za pomoci kompresoru hnal po pět minut do vzorků olejů (vždy odměřeno 100ml) vzduch stlačený na 1 bar za konstantní rychlosti a teploty okolí 22°C. Po deseti minutách usazování se zaznamenal objem pěny.

Nejprve bylo provedeno měření nových olejů, výsledky zobrazuje příloha č. 31, následovala zkouška nečištěných olejů (příloha č. 31) a na závěr se zpěnění ověřilo u olejů čištěných magnetickým filtrem (příloha č. 31). Výsledky měření zobrazuje tabulka č. 19.

Tab. 19: Výsledky zpěnění olejů

VZOREK OLEJE	NB 19.1.	NB 5.1.	NB 14.4.	SP 26.1.	SP 3.12.	SP 14.4.
VÝŠKA PĚNY [mm]	0,5-1	4-X	5-6	0,5-1	5-X	6-7

U vzorků čistých olejů (19.1., 26.1.) byla po 10 minutách zřetelné rozhraní mezi olejem a pěnou, olej uvolnil většinu vehnaného vzduchu. Vzorky nečištěných olejů (5.1., 3.12.) neměli po odstání zřetelné rozhraní mezi olejem a pěnou, v oleji nedošlo k uvolnění vzduchu a v celém objemu se vyskytovalo velké množství vzduchových bublinek. Vzorky olejů čištěných

magnetickým filtrem (14.4., 14.4.) měli opět znatelné rozhraní mezi olejem a pěnou, v oleji nedošlo k uvolnění vzduchu, ale množství vzduchových bublinek se jevílo menší, než v předchozím případě.

Tato zkouška neposkytuje statisticky ověřitelné informace a nebude ji možné použít k rozhodnutí, zda má magnetický filtr vliv na pěnicí charakteristiky olejů. Poukazuje ale na rozdíl této vlastnosti mezi čistými a znečištěnými oleji, který by mohl být použit jako ukazatel pro provedení výměny olejů, která je nyní provedena každé tři měsíce a stav olejů nezohledňuje.

3.2.5 Ekonomické zhodnocení

Na základě získaných informací z firmy a předešlých testů bude v této části provedeno posouzení investice do magnetického filtru oleje. V tabulce č. 20 jsou uvedeny náklady na provedení výměny procesního oleje pro vybrané stroje NB 515 a SP 38 (kurz 19.5.2015 – 27,36 Kč/€).

Tab. 20: Náklady na výměnu olejů pro vybrané stroje

STROJ	POUŽÍVANÝ OLEJ	CENA OLEJE [€/l]	OBJEM NÁDRŽE [l]	CENA VÝMĚNY OLEJE [Kč/l]
NB 515	ISOFORM 911	5,57	400	60 958
SP 38	ISOFORM 999	1,65	250 + 100	15 800

V kapitole 3.1.4 bylo uvedeno, že pravidelná výměna olejů se provádí v pravidelném intervalu tří měsíců (4x ročně), v této kapitole jsou také uvedena data jednotlivých výměn olejů obou sledovaných strojů. Z uvedených dat lze vyvodit, že po instalaci magnetického filtru byla pravidelná výměna olejů provedena až po čtyřech měsících, k rozhodnutí prodloužit interval nebylo použito žádných laboratorních měření, pouze zkušeností pracovníků lisovny.

Provedená měření rozhodnutí prodloužit interval výměny olejů při použití magnetického filtru podporují. Při porovnání posledních odebraných vzorků olejů (tabulka č. 21) se ukazuje, že i po delší době používání olejů se tato doba neprojeví na protlačovací síle. Díky magnetické filtraci byly navíc dosaženy lepší hodnoty povrchové drsnosti a částice magnetických kovů byly

z oleje odstraněny. Přesné informace o provedených měřeních jsou v jednotlivých kapitolách této diplomové práce.

Tab. 21: Porovnání výsledků měření

VZOREK OLEJE	DOBA POUŽÍVÁNÍ	PROTLAČOVACÍ SÍLA PRŮMĚR [N]	DRSNOST Ra PRŮMĚR [μm]	DRSNOST Rt PRŮMĚR [μm]	HMOTNOST 100ml [g]
SP 38 3.12.	8 TÝDNŮ	18 606	0,78	6,23	107,21
SP 38 14.4.	11 TÝDNŮ	18 560	0,61	4,84	88,75
NB 515 5.1.	11 TÝDNŮ	18 899	0,66	5,12	96,36
NB 515 14.4.	14 TÝDNŮ	18 981	0,57	4,40	87,59

Při používání magnetického filtru oleje se předpokládá prodloužení doby používání olejů na strojích za tří měsíců na čtyři, stejně jako tomu bylo při odebírání vzorků pro diplomovou práci. Následující tabulka č. 22 pak porovnává přímé náklady na instalaci magnetického filtru s úsporou dosaženou díky prodloužení intervalu pravidelných výměn o jeden měsíc.

Tab. 22: Úspory plynoucí z instalace zařízení na sledovaných strojích

STROJ	NB 515	SP 38
CENA MAG. FILTRU [Kč]	33 000	33 000
ROČNÍ ÚSPORA [Kč]	60 958	15 800
ÚSPORA PRVNÍ ROK [Kč]	27 958	- 17 200
ÚSPORA DRUHÝ ROK [Kč]	88 916	- 1 400
ÚSPORA TŘETÍ ROK [Kč]	149 874	14 400

Tabulka č. 22 zpracovává pouze přímé náklady spojené s výměnou olejů a instalací magnetického filtru, ale nezapočítává náklady nepřímé. Jedním z nepřímých nákladů jsou náklady na nástroje, nižší tření mezi nástrojem a dílem bude zvyšovat životnost nástrojů, na nižší tření u filtrovaných olejů poukazuje nižší hodnota drsnosti povrchu dřívků. Dalším z nepřímých nákladů bude údržba strojů, pevné částice v olejích více zatěžují čerpadla těchto

olejů, navíc při pění oleů jsou tato čerpadla zatěžována i kapilárními jevy, provedené zkoušky poukazují na odlišnou pěnicí schopnost olejů a snížený obsah pevných částic v nich. Dále se díky mísení olejů mohou tvrdé kovové částičky dostat do kluzných vedení, mazaných ložisek a dalších pohybujících se částí stroje a zapříčinit tak jejich poškození.

Z porovnání přímých nákladů na instalaci magnetického filtru na vybraných strojích se ukazuje, že náklady na zařízení se u stroje SP 38 vrátí během třetího roku a u stroje NB 515 se náklady spojené s koupí zařízení vrátí ihned první rok.

3.2.5.1 Ekonomické zhodnocení pro všechna strojová zařízení firmy

Následující tabulka č. 23 porovnává přímé náklady a úspory plynoucí z instalace magnetického filtru na všechny lisovací stroje SACMA (SP) a NEDSCHROEF (NB) firmy KAMAX s.r.o., podrobný postup výpočtu pro jednotlivé typy strojů je v příloze č. 32. Stejně jako v předchozí tabulce č. 23 se předpokládá prodloužení doby používání oleje o jeden měsíc.

Tab. 23: Úspory plynoucí z instalace zařízení na stroje SP a NB

STROJ	SUMA
CENA MAG. FILTRU [Kč]	858 000
ROČNÍ ÚSPORA [Kč]	609 723
ÚSPORA PRVNÍ ROK [Kč]	- 248 277
ÚSPORA DRUHÝ ROK [Kč]	361 446
ÚSPORA TŘETÍ ROK [Kč]	971 169

Vzhledem k používání levnějšího oleje ISOFORM 999 se investice do magnetického filtru oleje nevrátí během prvního roku, ale již během druhého roku se investice vrátí a s každým dalším rokem se ušetří na výměnách olejů přes 600 000 Kč.

4 ROZBOR ZÍSKANÝCH VÝSLEDKŮ

Výsledky měření protlačovacích sil se ukázaly být nezávislé na stavu znečištění olejů, při měření sil s použitím déle používaných olejů nebyla naměřena prokazatelná změna této síly, ani při testování filtrovaných olejů. Pro účely diplomové práce by bylo lepší měřit síly působící u složitějších operací procesu výroby šroubů, např. pěchování hlavy, kde je použitý stejný procesní olej a tvářecí síly jsou řádově vyšší, díky čemuž by mohl být vliv znečištění znatelnější. Tato měření by ale musela být prováděna dlouhodobě přímo na lisovacích strojích a i zde by byl výsledek nejistý, ovlivněn opotřebením nástrojů, odlišností vstupních materiálů, provedením přípravy materiálu (fosfátováním), atd.

Výsledky měření drsnosti dopadly výrazně lépe, byla u nich prokázána změna drsnosti povrchů dříků při použití více znečištěných olejů i rozdíly této drsnosti mezi filtrovanými a nefiltrovanými oleji. Hodnoty drsnosti ale nebyly získány z celého obvodu povrchu dříku, bylo by zajímavé výsledky této práce porovnat s měřením na kruhoměru, či jiném zařízení, které by dokázalo změřit 100% povrchu dříku.

Během částicové analýzy se ukázalo, že ji nelze pro měření nečistot procesních olejů uplatnit, naproti tomu měření hmotnosti a pěnicí charakteristiky jednoznačně poukázali na odlišné vlastnosti olejů při různém stupni znečištění. Vzhledem k současnému způsobu pravidelné výměny olejů a výrobním problémům které může přinést, by měl být stanoven jiný způsob, který by zohledňoval stav používaných olejů a dle tohoto stavu by se rozhodlo o provedení výměny olejů. Rychlým, levným a nenáročným způsobem by pak mohlo být právě měření hmotnosti a pěnicí charakteristiky.

Částicová analýza poukázala také na hlavní nedostatek magnetického filtru, kterým je neschopnost filtrovat diamagnetické částice. Tyto částice také zanášejí tvářecí nástroje i strojové zařízení, čímž mohou opět způsobovat výrobní problémy popsané v této diplomové práci. K filtrování procesních olejů pro odstranění těchto částic by bylo potřeba přidat další zařízení, např. filtrace přes porézní materiál, filtrace odstředivou silou, elektrostatické čištění, atd.. Přidáním dalšího filtračního zařízení by se více omezily popsané výrobní problémy a i zde je pravděpodobné delší používání procesních olejů.

5 ZÁVĚR

Hlavním cílem diplomové práce bylo zjištění vlivu znečištěných olejů na redukování průměru dířku při protlačování. Pro účely diplomové práce byly vybrány dva stroje firmy KAMAX s.r.o. s odlišnými procesními oleji, u kterých byly v týdenních intervalech odebírány vzorky znečištěných olejů z lisovacího prostoru stroje v období mezi pravidelnými výměnami olejů. Po ukončení prvního sledovaného období byla ke stroji nainstalována magnetická filtrace olejů a po ukončení druhého sledovaného období mohl být tak posouzen vliv této filtrace v porovnání k předešlým odebraným vzorkům.

Po provedení zkoušek protlačovací síly se došlo k závěru, že nečistoty obsažené v olejích potřebnou velikost této síly neovlivňují. Naměřené síly se oproti předpokladu s delší dobou používání olejů nezhoršovali, při měření tvářecích sil nebyl také zaznamenán vliv magnetického filtru. Zkoušky drsnosti povrchů poukázaly na zhoršení hodnoty drsnosti Ra i Rt při použití déle používaných olejů. Na hodnotách drsnosti byl znatelný pozitivní vliv filtrování oleje ke konci sledovaného období. Lze tedy předpokládat menší tření mezi dílem a nástrojem a možné zvýšení životnosti nástrojů. Částicová analýza nedokázala filtrované i nefiltrované oleje analyzovat, bylo proto provedeno hmotnostní porovnání a určena výrazně nižší hmotnost filtrovaných olejů. Následující pokus s magnetem poukázal na složení nečistot v odebíraných olejích. I když byl u všech odebraných vzorků olejů obsah nečistot až příliš vysoký pro částicovou analýzu, byly to u filtrovaných olejů pravděpodobně částičky diamagnetické, jejichž počet filtr nedokázal ovlivnit. Poslední testování olejů na pěnicí charakteristiku poukázalo na zhoršení této vlastnosti u používaných olejů a rozdíl této vlastnosti u filtrovaných a nefiltrovaných olejů.

Ekonomické zhodnocení pak pouze z přímých nákladů poukazuje na možné úspory plynoucí z instalace magnetické filtrace, pokud se po delší době prokáže zvýšení životnosti nástrojů, menší poruchovost zařízení a vyšší využití stroje, úspory plynoucí z instalace zařízení budou dále narůstat.



Vzhledem k výsledkům diplomové práce, které zaznamenaly u znečištěných olejů negativní vliv na proces redukování průměru dříku a prokázaly zmírnění tohoto vlivu při použití magnetické filtrace se doporučuje instalace tohoto způsobu filtrování olejů i na ostatních strojích firmy KAMAX s.r.o..



SEZNAM LITERATURY

- [1] LENFELD, P.: *Technologie II. – část 1*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2009. 110s. ISBN 978-80-7372-465-5
http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/index.htm
- [2] Učební texty z oblasti teorie a technologie tváření VŠB-TU v Ostravě
<http://www.345.vsb.cz/jirihruby/Stv/Cvika.htm>
- [3] PUCHAU, J.: *Kurs lísování za studena – v2.1*. Museros: KAMAX S.A.U, 2004. 206s. Vnitro-firemní dokument
- [4] Obchodní stránky společnosti SACMA Limbiate S.p.A.
<http://sacma.ru/uk/>
- [5] Studijní materiály katedry strojírenské technologie: *Teorie tváření*
www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/stud_materialy/ttv/tribologie.pdf
- [6] MANNSBART, S.: *Modelování třecího odporu při objemovém tváření za studena*. Brno: VUT v Brně, 2006. 31s. ISBN 80-214-3315-9
<http://www.vutium.vutbr.cz/tituly/pdf/ukazka/80-214-3315-9.pdf>
- [7] MANG, T.; BOBZIN, K.; BARTELS T.: *Industrial tribology*. Germany: WILEY-VCH Verlag & Co. KGaA, Weinheim, 2011. 666s.
ISBN 978-3-527-32057-8
- [8] GOUVEA, J.: *Friction (online article)*. USA: The University of Maryland, 2013
<http://umdb.org.pbworks.com/w/page/68392697/Friction%20%282013%29>
- [9] MANG, T.; DRESEL, W.: *Lubricants and lubrication*. Germany: WILEY-VCH GmbH, Weinheim, 2007. 890s.
ISBN 978-3-527-31497-3



- [10] Obchodní stránky společnosti ZINKPOWER GmbH & Co. KG
<http://www.zinkpower.com/cs/fosf-tov-n.html>
- [11] TKACZ, J.: *Korozní odolnost konstrukčních slitin hořčíku*. Brno: VUT v Brně, 2013. 49s.
https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=72244
- [12] OKURKA, D.: *Vliv povrchových úprav na kvalitu tvářeného dílce*. Brno: VUT v Brně, 2011. 56s.
https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=40276
- [13] Obchodní stránky společnosti KAMAX GmbH & Co. KG
<http://www.kamax.com/cz/podnik/cisla-data-fakta/>
- [14] Obchodní stránky společnosti INTERSPARK PRAHA s.r.o.
http://www.interspark.cz/files/Magneticke-filtry-Micromag_65hu8s9z.pdf

SEZNAM PŘÍLOH

- 1. Snímek listu ze vstupní kontroly materiálu**
- 2. Ukázka zanešení průtlačnic**
- 3. Snímky nainstalovaných magnetických filtrů u strojů SP 38 a NB 515**
- 4. Snímky průběhu čištění filtru a odstraněných nečistot**
- 5. Snímek zapůjčených průtlačnic a vyrobeného navádění**
- 6. Snímky odebraných vzorků olejů**
- 7. Snímky redukovaných ústrižků**
- 8. Snímky ústrižků po odlišných průbězích protlačování, jejich počet**
- 9. Kvantily náhodné veličiny**
- 10. Výsledky F-testů a T-testů pro protlačovací síly NB 515**
- 11. Výsledky F-testů a T-testů pro protlačovací síly SP 38**
- 12. Snímky umístění ústrižků při měření drsnosti a podmínky měření**
- 13. Snímek nefiltrovaného a filtrovaného profilu drsnosti**
- 14. Jednotlivé hodnoty drsností nečištěných olejů z NB 515**
- 15. Jednotlivé hodnoty drsností čištěných olejů z NB 515**
- 16. Grafy četnosti výskytu drsností nečištěných olejů z NB 515**
- 17. Grafy četnosti výskytu drsností čištěných olejů z NB 515**
- 18. Výsledky T-testů pro hodnoty drsnosti olejů z NB 515**
- 19. Jednotlivé hodnoty drsností nečištěných olejů z SP 38**
- 20. Jednotlivé hodnoty drsností čištěných olejů z SP 38**
- 21. Grafy četnosti výskytu drsností nečištěných olejů z SP 38**
- 22. Grafy četnosti výskytu drsností čištěných olejů z SP 38**
- 23. Výsledky T-testů pro hodnoty drsnosti olejů z SP 38**
- 24. Výsledky T-testů při srovnávání čiš. a nečištěných olejů**
- 25. Snímky zadřeného ústrižku**
- 26. Příprava vzorků pro částicovou analýzu**
- 27. Výsledky částicové analýzy**
- 28. Třídy čistoty dle ISO 4406 a NAS 1638**
- 29. Průběh měření hmotnosti 100ml čištěných i nečištěných olejů**
- 30. Snímky pokusu s magnetem**
- 31. Snímky testování pěnicí charakteristiky**
- 32. Výpočet úspor magnetické filtrace na všech strojích SP a NB**



Příloha č. 1

Vstupní kontrola materiálu KAMAX, s.r.o. TURNOV

Číslo dílu: D113320974	Norma materiálu: KN 105.02	Číslo zkoušky: 48239	Dodavatel: ŽDB	Dodavatel WD: Třinec
Materiál: 32CrB4	Tavba: 23602	Rozměr [mm]: 9,74	S - díl. <input checked="" type="checkbox"/>	Stav dodání: GKZ+K

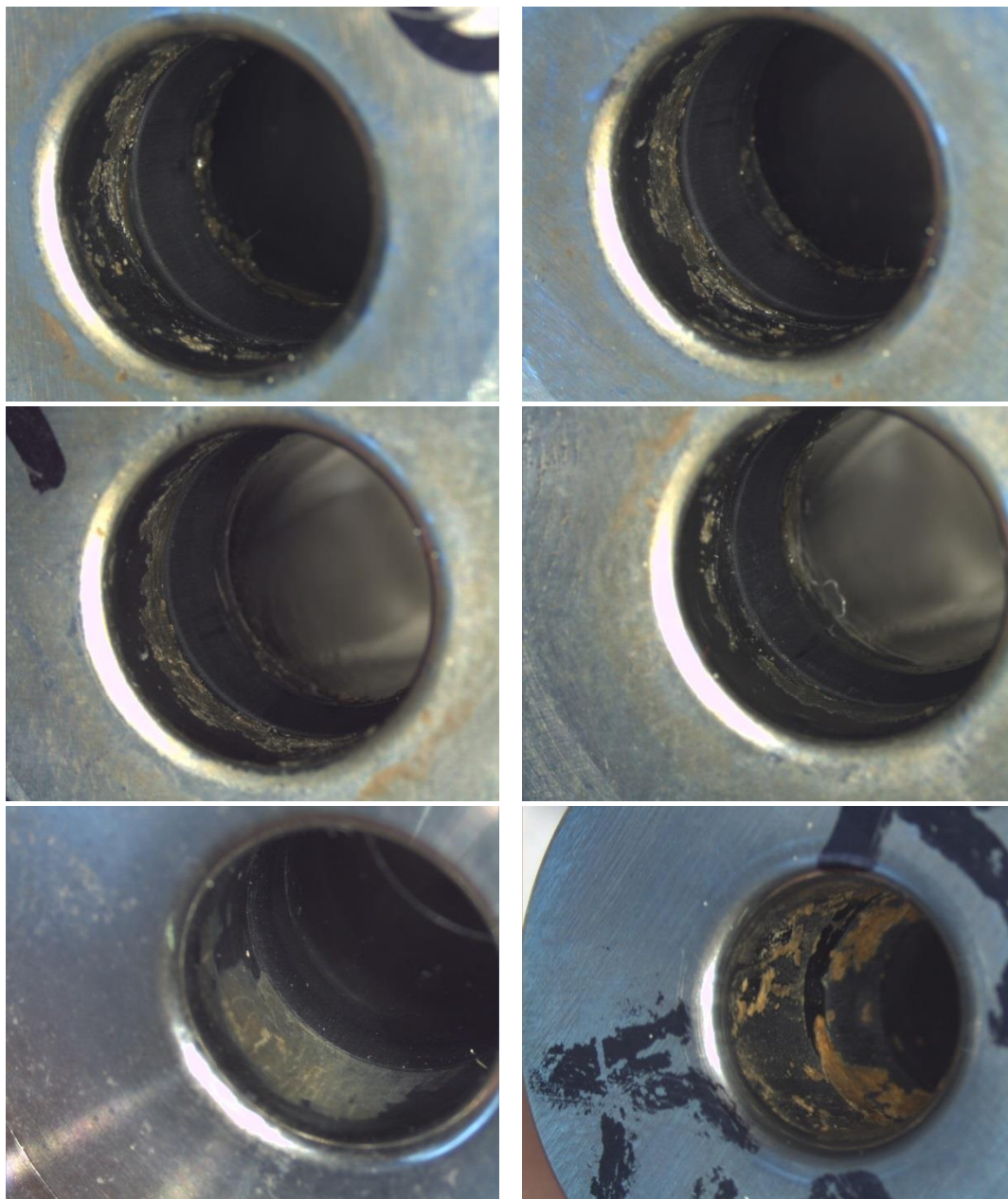
Počet reklamovaných kol:
Dodatečné zkoušky na kole č.:

Poznámka:

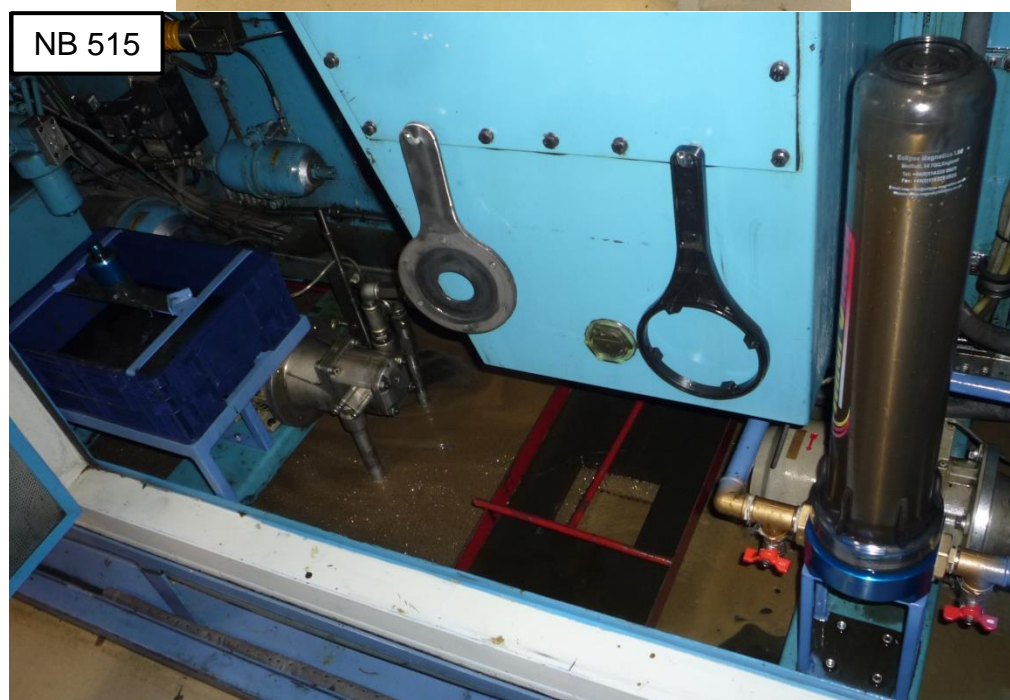
VÝSLEDKY

Kontrolovaný znak	Předpis	Měřeno v Kamaxu		Udává dodavatel	
Průměr [mm]:	9,70 - 9,74	9,72	9,73	9,72	9,73
Rm [N/mm ²]:	max. 630	592	592	583	610
Z [%]:	min. 60	69,7%	69,7%	68,16	70,07
Tvrdość jádra [HRC]:					
Tvrdość okrajové zóny [HRC]:					
C [%]:	0,3 - 0,34			0,330	
Si [%]:	0,15 max			0,080	
Mn [%]:	0,7 - 0,9			0,760	
P [%]:	0,015 max.			0,012	
S [%]:	0,015 max.			0,010	
Cr [%]:	1,05 - 1,2			1,090	
Cu [%]:	max. 0,30			0,040	
V [%]:					
Al [%]:	0,02 - 0,05			0,035	
B [%]:	0,0015 - 0,005			0,002	
Ti [%]:	max. 0,06			0,033	
Péčovácí zkouška:					
Oduhličení [mm]:	0,075	0		0	
Vyuhličení [mm]:	0	0,00		0	
Trhliny [mm]:	0				
Struktura:		A			
Ostatní:		A			
Nepřítomnost rzi:					

Příloha č. 2



Příloha č. 3



Příloha č. 4



Příloha č. 5



Příloha č. 6



Příloha č. 7



Příloha č. 8



TP MĚŘENÍ	POČET MĚŘENÍ	% PODÍL
OK měření	134	47,7%
1/2 OK	94	33,5%
ŠPATNÉ	53	18,9%
CELKEM	281	100%



Příloha č. 9

$k_1 \backslash k_2$	1	2	3	4	5	6	8	10	20	30	40	60
1	161,45	199,50	215,71	224,58	230,16	233,99	238,88	241,88	248,01	252,12	254,32	254,32
2	18,51	19,00	19,16	19,25	19,30	19,33	19,37	19,39	19,44	19,47	19,50	19,50
3	10,13	9,55	9,28	9,12	9,01	8,94	8,84	8,77	8,66	8,58	8,53	8,53
4	7,71	6,94	6,59	6,39	6,26	6,16	6,04	5,96	5,80	5,70	5,63	5,63
5	6,61	5,79	5,41	5,19	5,05	4,95	4,82	4,74	4,56	4,44	4,36	4,36
6	5,99	5,14	4,76	4,53	4,39	4,28	4,15	4,06	3,87	3,75	3,67	3,67
8	5,32	4,46	4,07	3,84	3,74	3,61	3,51	3,44	3,25	3,13	3,03	3,03
10	4,96	4,10	3,71	3,48	3,33	3,22	3,07	2,97	2,77	2,64	2,54	2,54
20	4,35	3,49	3,10	2,87	2,71	2,60	2,45	2,35	2,12	1,96	1,84	1,84
30	4,17	3,31	2,92	2,69	2,53	2,42	2,26	2,16	1,93	1,76	1,62	1,62
40	4,08	3,23	2,83	2,60	2,45	2,33	2,18	2,07	1,83	1,65	1,50	1,50
60	4,00	3,15	2,75	2,52	2,36	2,25	2,09	1,99	1,74	1,56	1,38	1,38
1,00	3,84	2,99	2,59	2,37	2,21	2,09	1,94	1,83	1,57	1,35	1,00	1,00

Kritické kvantily F rozdělení $F_{0,05}(k_1, k_2)$, pro něj platí $P[F_{0,05}(k_1, k_2) > F_{0,05}(k_1, k_2)] = 0,05$

Příloha VII

k	α									
	0,60	0,70	0,80	0,90	0,95	0,975	0,99	0,995		
1	,325	,727	1,376	3,078	6,314	12,706	31,831	63,657		
2	,289	,617	1,061	1,886	2,920	4,303	6,965	9,925		
3	,277	,584	,978	1,638	2,353	3,182	4,541	5,841		
4	,271	,569	,941	1,533	2,132	2,776	3,747	4,604		
5	,267	,559	,920	1,476	2,015	2,571	3,365	4,032		
6	,265	,553	,906	1,440	1,943	2,447	3,143	3,707		
7	,262	,549	,896	1,415	1,895	2,365	2,998	3,499		
8	,262	,546	,889	1,397	1,860	2,306	2,896	3,355		
9	,261	,543	,883	1,383	1,833	2,262	2,821	3,250		
10	,260	,542	,879	1,372	1,812	2,228	2,764	3,169		
11	,260	,540	,876	1,363	1,796	2,201	2,718	3,106		
12	,259	,539	,873	1,356	1,782	2,179	2,681	3,055		
13	,259	,538	,870	1,350	1,771	2,160	2,650	3,012		
14	,258	,537	,868	1,345	1,761	2,145	2,624	2,977		
15	,258	,536	,866	1,341	1,753	2,131	2,602	2,947		
16	,258	,535	,865	1,337	1,746	2,120	2,583	2,921		
17	,257	,534	,863	1,333	1,740	2,110	2,567	2,921		
18	,257	,534	,862	1,330	1,734	2,101	2,552	2,878		
19	,257	,533	,861	1,328	1,729	2,093	2,539	2,861		
20	,257	,533	,860	1,325	1,725	2,086	2,528	2,845		
21	,257	,532	,859	1,323	1,721	2,080	2,518	2,831		
22	,256	,532	,858	1,321	1,717	2,074	2,508	2,819		
23	,256	,532	,858	1,319	1,714	2,069	2,500	2,807		
24	,256	,531	,857	1,318	1,711	2,064	2,492	2,797		
25	,256	,531	,856	1,316	1,708	2,060	2,485	2,787		
26	,256	,531	,856	1,315	1,706	2,056	2,479	2,779		
27	,256	,531	,855	1,314	1,704	2,052	2,473	2,771		
28	,256	,530	,855	1,313	1,701	2,048	2,467	2,763		
29	,256	,530	,854	1,311	1,699	2,045	2,462	2,756		
30	,256	,530	,854	1,310	1,697	2,042	2,457	2,750		
40	,255	,529	,851	1,303	1,684	2,021	2,423	2,704		
60	,254	,527	,848	1,296	1,671	2,000	2,390	2,660		
120	,254	,526	,845	1,289	1,658	1,980	2,358	2,617		
,253	,524	,842	1,282	1,645	1,960	2,326	2,576			

SÍLA

DESNOŠT

$v = n - 1 = 5 - 1 = 4$
(volím 4)

$v = n - 1 = 40 - 1 = 39$
(volím 30)

Příloha VI

Kvantily $t_{\alpha,k}$ náhodné veličiny $St_{\alpha,k}$

$$P(t \leq t_{\alpha,k}) = \alpha$$

$$\left(\bar{x} \pm t_{\alpha,2} \cdot \frac{s}{\sqrt{n}} \right)$$



Příloha č. 10

POROVNÁČÍ PROTLAČOVACÍCH SIL U NB 515

F-TEST

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Mean	18221,66919	18685,83789
Variance	606141,1816	69281,91455
Observations	13	10
df	12	9
F	8,748909229	
P(F<=f) one-ta	0,001413336	
F Critical one-t	3,072947122	

T-TEST

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Mean	18221,66919	18685,83789
Variance	606141,1816	69281,91455
Observations	13	10
Hypothesized	0	
df	15	
t Stat	-2,00575614	
P(T<=t) one-ta	0,031633343	
t Critical one-t	1,753050356	
P(T<=t) two-ta	0,063266686	
t Critical two-t	2,131449546	



Příloha č. 11

POROVNÁNÍ PROTLAČOVACÍCH SIL U SP 38

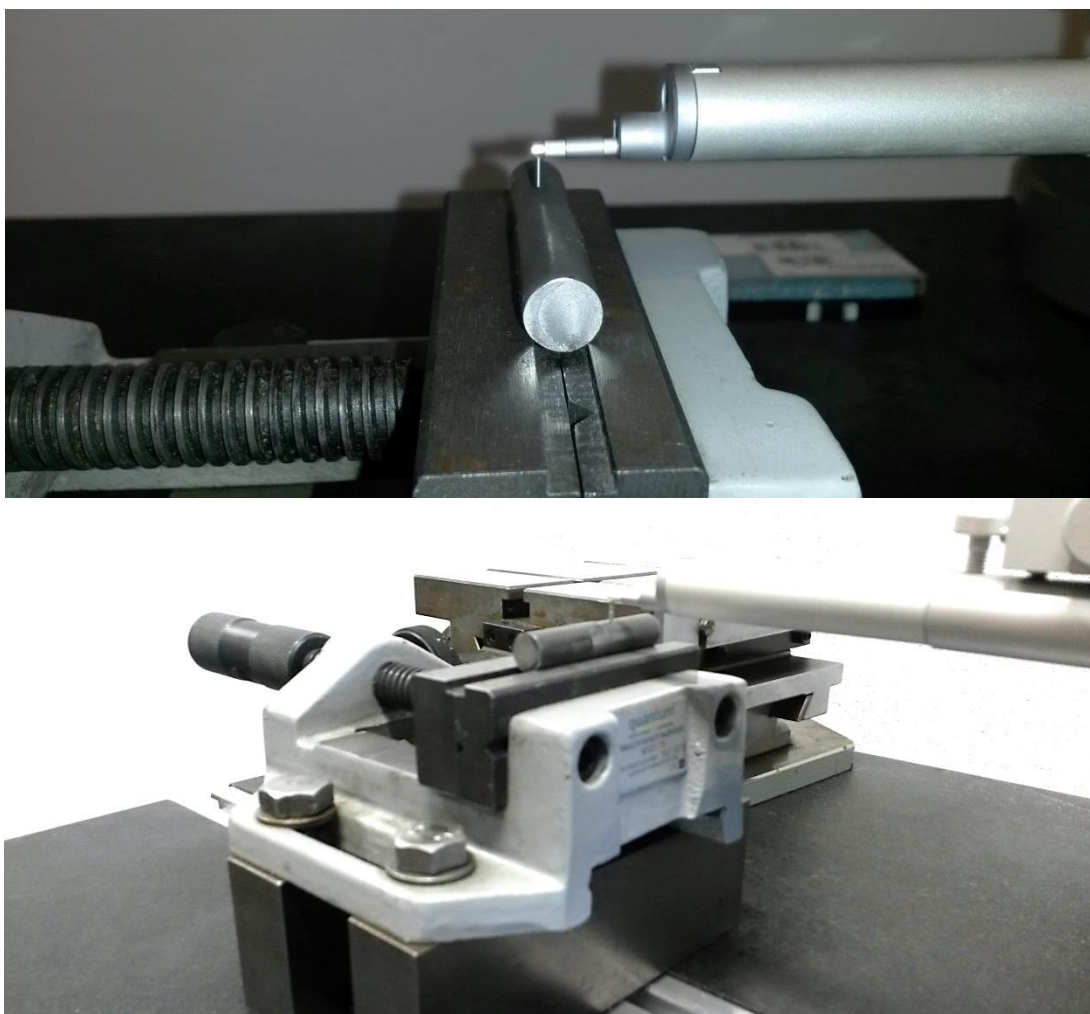
F-TEST

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Mean	18198,70326	17913,33572
Variance	141839,1324	593696,1208
Observations	12	9
df	11	8
F	0,238908639	
P(F<=f) one-ta	0,015779364	
F Critical one-t	0,33921414	

T-TEST

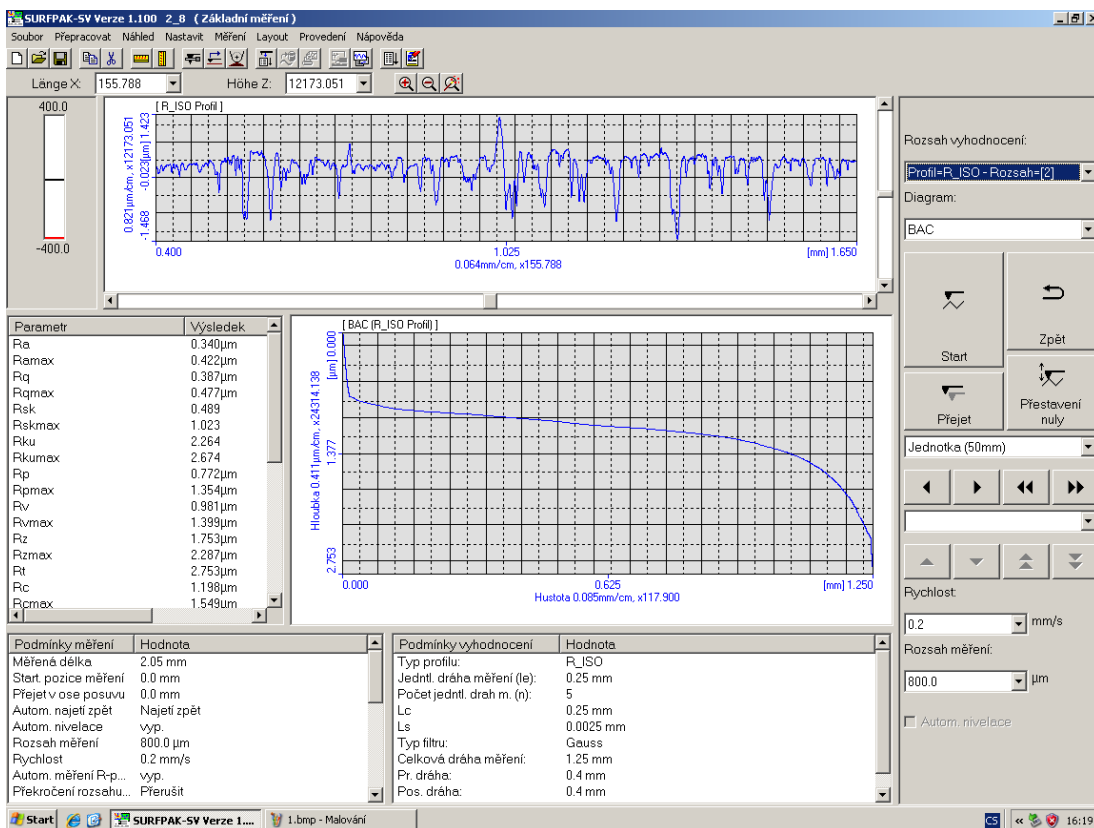
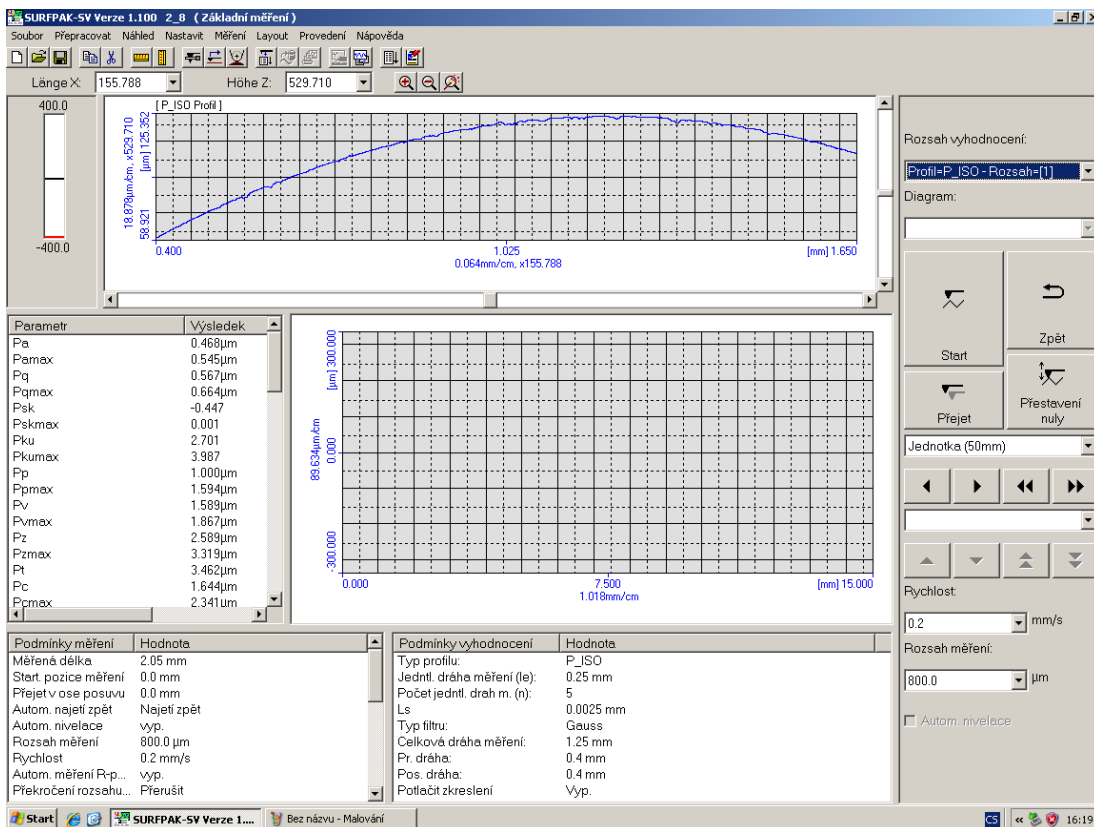
	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Mean	18198,70326	17913,33572
Variance	141839,1324	593696,1208
Observations	12	9
Hypothesized	0	
df	11	
t Stat	1,02318317	
P(T<=t) one-ta	0,164098368	
t Critical one-t	1,795884819	
P(T<=t) two-ta	0,328196736	
t Critical two-t	2,20098516	

Příloha č. 12



PODMÍNKY MĚŘENÍ		
Typ profilu:	R_ISO	
Jedntl. dráha měření (le):	2.5	mm
Počet jedntl. drah m. (n):	5	
Lc	2.5	mm
Ls	0.008	mm
Typ filtru:	Gauss	
Celková dráha měření:	12.5	mm
Pr. dráha:	1.25	mm
Pos. dráha:	1.25	mm
Potlačit zkreslení	Vyp.	

Příloha č. 13





Příloha č. 14

NB	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
20.10.	Ra	0,243	0,342	0,259	0,238	0,311	0,289	0,470	0,380	0,358	0,445	0,309	0,216	0,292	0,366	0,220	0,337	0,496	0,330	0,311	
	Rt	1,014	2,874	2,277	2,331	1,938	3,254	1,885	3,861	3,900	2,010	3,155	2,719	0,564	1,777	3,491	1,348	2,164	3,769	1,840	2,226
10.11.	Ra	0,241	0,296	0,342	0,316	0,215	0,227	0,330	0,567	0,351	0,322	0,259	0,336	0,365	0,297	0,507	0,370	0,250	0,365	0,357	
	Rt	1,908	2,411	2,187	2,232	0,531	0,932	2,564	3,571	2,784	2,461	1,423	2,890	2,885	3,151	3,852	2,266	1,270	3,416	2,439	
1.12.	Ra	0,638	0,544	0,826	0,725	0,681	0,710	0,696	0,679	0,513	0,651	0,809	0,716	0,767	0,635	0,679	0,709	0,740	0,749	0,758	
	Rt	5,844	5,676	5,099	7,048	4,903	5,463	4,133	6,613	3,548	4,115	4,942	5,745	5,463	4,863	4,710	5,615	4,780	5,167	5,492	
5.1.	Ra	0,534	0,568	0,595	0,599	0,509	0,784	0,477	0,584	0,567	0,632	0,569	0,572	0,617	0,613	0,543	0,490	1,110	0,594	0,586	
	Rt	3,783	3,890	4,991	4,116	4,446	4,642	7,484	6,084	6,208	3,673	3,493	3,875	4,023	5,127	4,504	3,242	12,762	6,836	5,094	

21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	PRŮMĚR
0,293	0,253	0,431	0,393	0,245	0,475	0,421	0,417	0,375	0,543	0,551	0,461	0,399	0,398	0,403	0,386	0,296	0,331	0,359	0,317	0,358
1,792	2,170	2,331	2,521	1,199	3,756	3,825	4,298	2,636	3,956	3,340	3,562	2,924	3,575	2,813	2,848	2,051	4,309	4,044	1,901	2,706
0,357	0,394	0,342	0,422	0,382	0,722	0,593	0,764	0,641	0,565	0,849	0,603	0,673	0,596	0,537	0,646	0,794	0,765	0,573	0,562	0,458
2,440	3,128	4,423	4,347	3,006	4,442	5,832	5,598	4,649	3,581	8,810	5,272	5,587	3,466	4,320	3,933	4,751	5,448	3,537	3,657	3,404
0,524	0,508	0,571	0,788	0,797	0,618	0,568	0,703	0,673	0,729	0,719	0,734	0,735	0,604	0,732	0,222	0,828	0,800	1,146	0,229	0,679
4,294	6,587	3,946	6,329	5,482	3,825	3,548	6,511	6,747	4,334	4,218	5,134	8,445	3,872	4,680	0,621	8,709	9,178	8,617	1,035	5,253
0,574	0,514	0,734	0,503	0,655	1,013	0,632	0,587	0,725	0,724	0,694	0,682	0,855	1,002	0,701	0,723	0,711	0,719	0,665	0,773	0,658
5,665	5,410	6,057	3,512	4,604	9,434	5,184	3,634	4,639	4,255	4,350	4,158	7,265	7,323	4,479	5,711	4,665	4,319	4,040	4,462	5,119

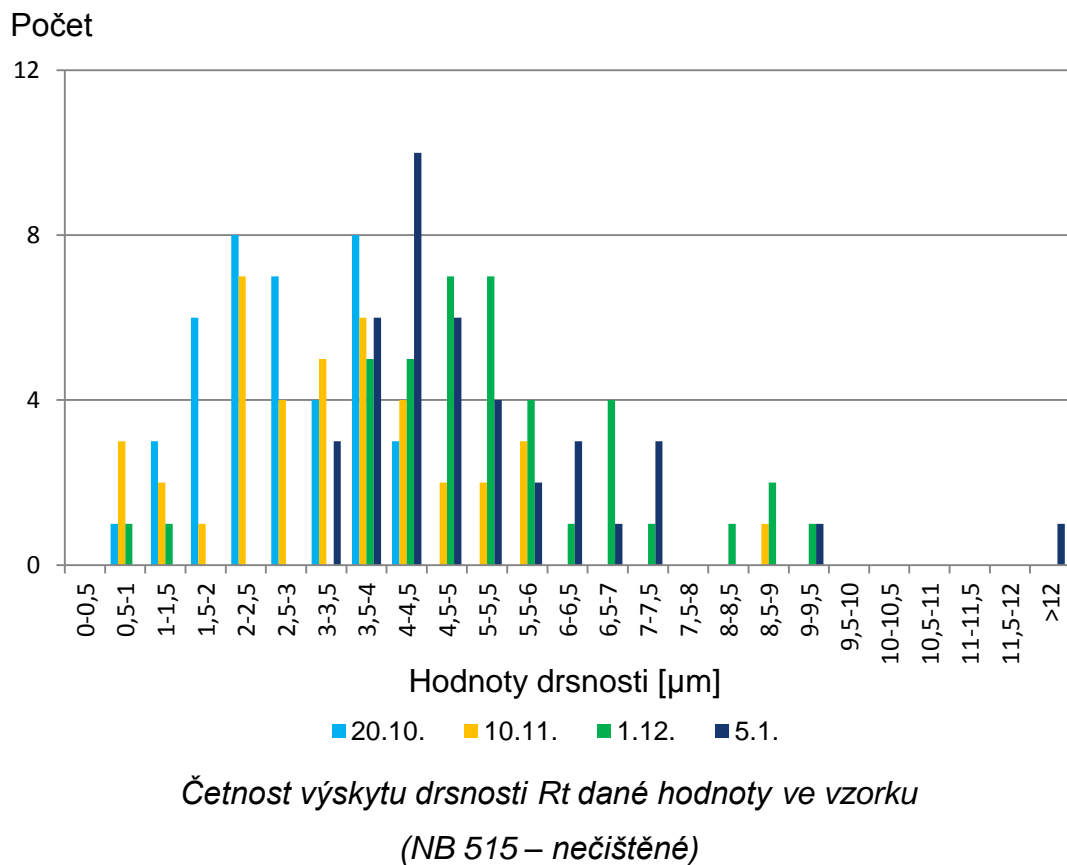
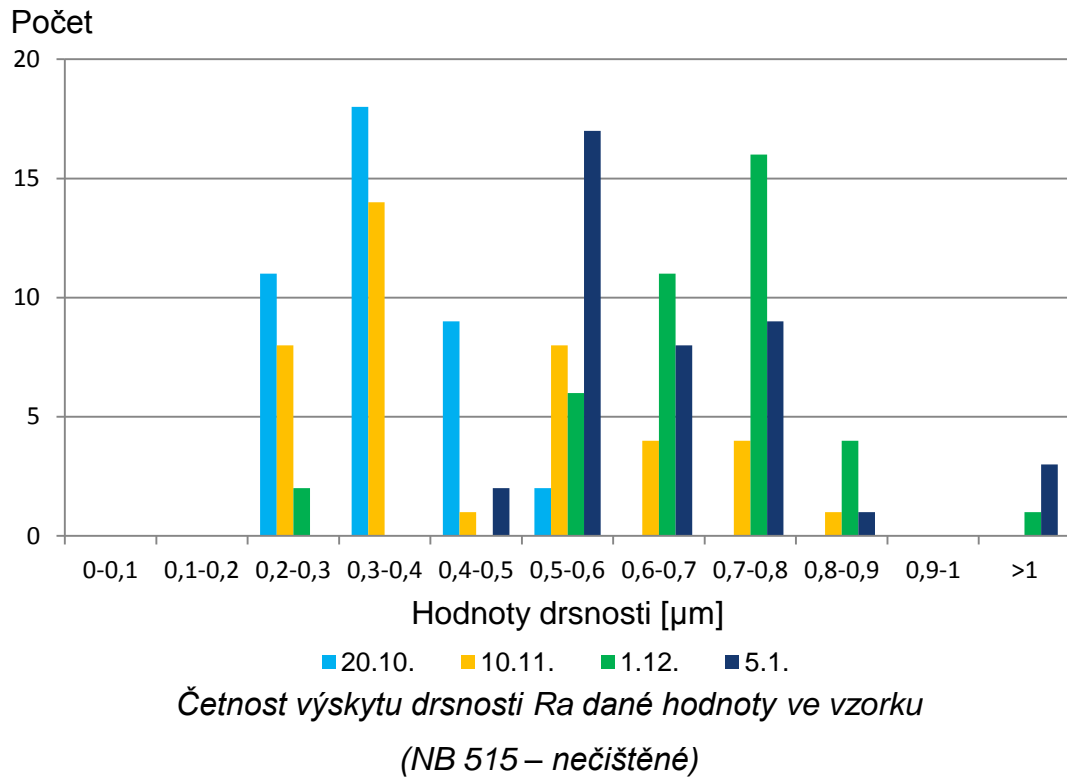


Příloha č. 15

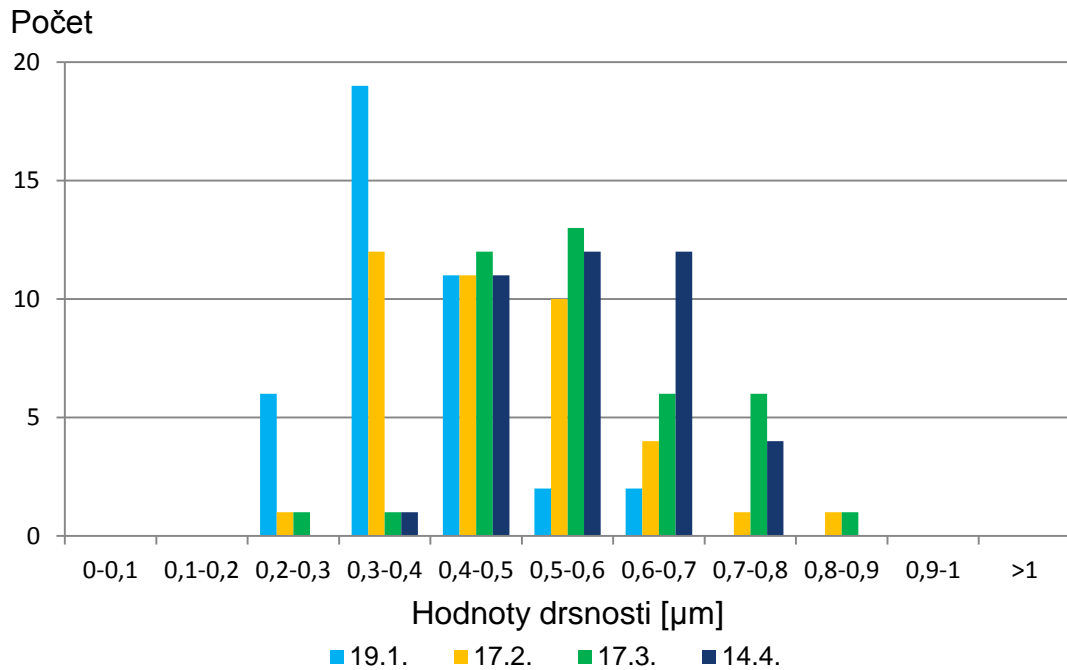
NB	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
19.1.	Ra	0,685	0,324	0,422	0,302	0,327	0,354	0,423	0,316	0,343	0,320	0,396	0,396	0,292	0,411	0,278	0,218	0,301	0,325	0,303
	Rt	7,157	2,134	2,125	1,588	2,501	3,213	3,367	1,758	3,047	2,065	3,820	3,820	2,224	2,739	3,280	0,431	2,387	2,338	3,203
17.2.	Ra	0,462	0,433	0,511	0,445	0,338	0,309	0,458	0,589	0,571	0,554	0,506	0,387	0,446	0,517	0,389	0,348	0,299	0,363	0,580
	Rt	4,119	2,611	4,331	4,124	2,133	1,851	4,787	6,254	5,348	4,733	3,525	3,428	4,028	5,184	2,374	1,917	1,590	2,465	3,271
17.3.	Ra	0,580	0,521	0,473	0,492	0,646	0,668	0,402	0,495	0,524	0,438	0,684	0,535	0,501	0,644	0,792	0,872	0,748	0,486	0,709
	Rt	5,798	2,927	4,328	3,657	6,174	3,922	5,473	2,526	3,574	2,617	5,221	3,138	3,475	5,917	6,008	6,423	6,565	4,552	6,053
14.4.	Ra	0,378	0,436	0,629	0,663	0,777	0,429	0,531	0,692	0,687	0,441	0,618	0,753	0,617	0,566	0,505	0,471	0,611	0,453	0,524
	Rt	2,668	3,858	4,222	4,590	6,937	4,146	2,592	3,074	4,094	6,881	3,913	5,113	4,247	4,659	4,163	3,340	4,182	2,908	3,700

21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	PRŮMĚR
0,364	0,357	0,402	0,497	0,365	0,502	0,338	0,258	0,386	0,242	0,237	0,368	0,517	0,492	0,418	0,453	0,486	0,467	0,477	0,690	0,385
3,870	2,639	4,949	4,778	2,261	4,080	3,225	2,045	3,328	1,139	1,044	2,851	5,256	4,521	2,647	3,179	2,955	3,250	4,116	4,831	3,063
0,350	0,386	0,383	0,412	0,506	0,675	0,728	0,457	0,381	0,556	0,453	0,857	0,614	0,521	0,655	0,383	0,388	0,463	0,613	0,445	0,479
2,115	2,168	3,976	3,724	2,753	4,712	4,915	3,235	3,442	3,963	5,274	6,052	4,025	2,949	4,055	3,114	2,571	5,205	6,367	3,485	3,757
0,437	0,400	0,576	0,771	0,711	0,222	0,408	0,419	0,543	0,510	0,580	0,728	0,524	0,479	0,539	0,609	0,528	0,365	0,484	0,513	0,554
3,184	3,443	6,033	5,300	6,604	0,791	2,371	3,152	3,423	3,696	5,202	7,841	3,353	4,237	4,886	4,572	3,193	2,921	3,828	4,004	4,335
0,583	0,536	0,790	0,443	0,612	0,647	0,658	0,724	0,571	0,435	0,435	0,454	0,532	0,434	0,573	0,641	0,529	0,467	0,559	0,636	0,565
3,314	4,465	8,782	2,876	6,045	5,016	4,803	5,701	4,163	3,818	3,319	3,612	4,957	2,368	4,525	6,834	4,291	2,491	4,034	6,250	4,399

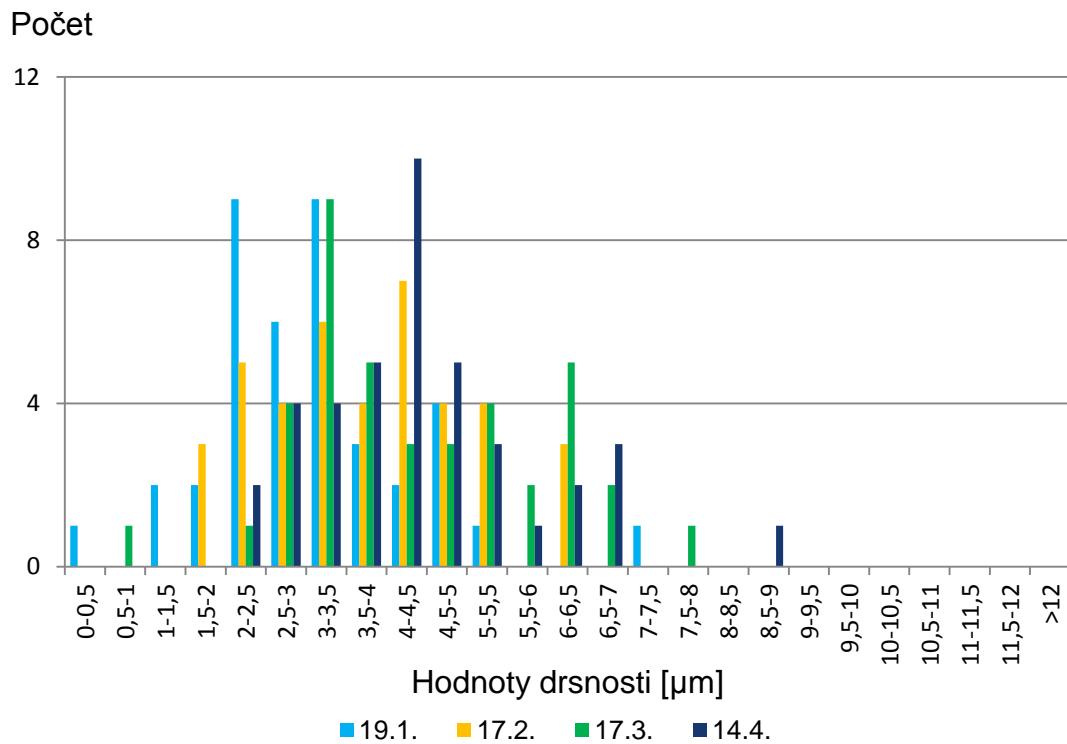
Příloha č. 16



Příloha č. 17



Četnost výskytu drsnosti R_a dané hodnoty ve vzorku
(NB 515 – čištěné)



Četnost výskytu drsnosti R_t dané hodnoty ve vzorku
(NB 515 – čištěné)



Příloha č. 18

	Variable 1	Variable 2		Variable 1	Variable 2		Variable 1	Variable 2
Mean	0,357525	0,4579	Mean	0,4579	0,67875	Mean	0,658	0,67875
Variance	0,007293	0,032497	Variance	0,032497	0,023324	Variance	0,019944	0,023324
Observati	40	40	Observati	40	40	Observati	40	40
Hypothesi	0		Pooled Va	0,02791		Pooled Va	0,021634	
df	56		Hypothesi	0		Hypothesi	0	
t Stat	-3,1825		df	78		df	78	
P(T<=t) on	0,001192		t Stat	-5,91195		t Stat	-0,63091	
t Critical o	1,672522		P(T<=t) on	4,22E-08		P(T<=t) on	0,264973	
P(T<=t) tw	0,002383		t Critical o	1,664625		t Critical o	1,664625	
t Critical t	2,003241		P(T<=t) tw	8,45E-08		P(T<=t) tw	0,529946	
			t Critical t	1,990847		t Critical t	1,990847	

	Variable 1	Variable 2		Variable 1	Variable 2		Variable 1	Variable 2
Mean	0,38515	0,4794	Mean	0,4794	0,553925	Mean	0,565325	0,553925
Variance	0,010971	0,014404	Variance	0,014404	0,017286	Variance	0,011327	0,017286
Observati	40	40	Observati	40	40	Observati	40	40
Pooled Va	0,012687		Pooled Va	0,015845		Pooled Va	0,014307	
Hypothesi	0		Hypothesi	0		Hypothesi	0	
df	78		df	78		df	78	
t Stat	-3,74207		t Stat	-2,64773		t Stat	0,426239	
P(T<=t) on	0,000174		P(T<=t) on	0,004901		P(T<=t) on	0,335554	
t Critical o	1,664625		t Critical o	1,664625		t Critical o	1,664625	
P(T<=t) tw	0,000347		P(T<=t) tw	0,009802		P(T<=t) tw	0,671108	
t Critical t	1,990847		t Critical t	1,990847		t Critical t	1,990847	

	Variable 1	Variable 2		Variable 1	Variable 2		Variable 1	Variable 2
Mean	2,7062	3,40395	Mean	3,40395	5,25335	Mean	5,1188	5,25335
Variance	0,922371	2,617711	Variance	2,617711	3,060104	Variance	3,302951	3,060104
Observati	40	40	Observati	40	40	Observati	40	40
Hypothesi	0		Pooled Va	2,838908		Pooled Va	3,181528	
df	63		Hypothesi	0		Hypothesi	0	
t Stat	-2,34543		df	78		df	78	
P(T<=t) on	0,011084		t Stat	-4,90874		t Stat	-0,33735	
t Critical o	1,669402		P(T<=t) on	2,46E-06		P(T<=t) on	0,36838	
P(T<=t) tw	0,022167		t Critical o	1,664625		t Critical o	1,664625	
t Critical t	1,998341		P(T<=t) tw	4,92E-06		P(T<=t) tw	0,736759	
			t Critical t	1,990847		t Critical t	1,990847	

	Variable 1	Variable 2		Variable 1	Variable 2		Variable 1	Variable 2
Mean	3,06265	3,757425	Mean	3,757425	4,3354	Mean	4,398875	4,3354
Variance	1,631334	1,57422	Variance	1,57422	2,223174	Variance	1,889934	2,223174
Observati	40	40	Observati	40	40	Observati	40	40
Pooled Va	1,602777		Pooled Va	1,898697		Pooled Va	2,056554	
Hypothesi	0		Hypothesi	0		Hypothesi	0	
df	78		df	78		df	78	
t Stat	-2,45427		t Stat	-1,87584		t Stat	0,197946	
P(T<=t) on	0,008173		P(T<=t) on	0,032209		P(T<=t) on	0,421801	
t Critical o	1,664625		t Critical o	1,664625		t Critical o	1,664625	
P(T<=t) tw	0,016345		P(T<=t) tw	0,064418		P(T<=t) tw	0,843602	
t Critical t	1,990847		t Critical t	1,990847		t Critical t	1,990847	



Příloha č. 19

9.10.	Ra	0,283	0,260	0,248	0,460	0,515	0,385	0,340	0,405	0,349	0,217	0,263	0,334	0,254	0,290	0,298	0,313	0,452	0,219	0,232	0,413
	Rt	2,231	1,618	2,346	3,541	4,068	2,811	2,753	3,219	3,416	1,469	2,663	2,201	2,071	2,255	2,946	2,872	3,675	1,803	1,308	3,259
27.10.	Ra	0,378	0,291	0,262	0,446	0,620	0,217	0,495	0,468	0,446	0,330	0,574	0,561	0,485	0,299	0,547	0,384	0,613	0,415	0,421	0,217
	Rt	3,126	1,689	2,754	3,224	4,776	0,840	3,335	3,607	5,420	3,203	3,938	4,979	4,192	3,014	4,854	2,453	4,010	2,525	4,005	0,290
18.11.	Ra	0,482	0,726	0,386	0,621	0,727	0,685	0,556	0,689	0,795	0,647	0,671	0,526	0,558	0,623	0,477	0,638	0,569	0,675	0,637	0,759
	Rt	4,258	7,823	2,873	6,086	4,846	4,652	5,105	5,050	9,479	4,315	6,166	4,251	4,038	4,584	3,104	4,771	4,551	6,039	4,668	7,449
3.12.	Ra	0,818	0,826	0,835	0,955	0,920	0,762	1,045	0,824	0,782	0,834	0,655	0,829	0,946	0,963	0,833	0,533	0,824	0,795	0,546	0,658
	Rt	7,685	5,502	7,826	5,742	6,349	5,282	7,030	6,220	8,173	6,202	5,334	5,435	5,915	8,747	8,995	4,951	6,315	5,083	6,572	5,497

0,306	0,266	0,250	0,288	0,333	0,305	0,318	0,261	0,522	0,411	0,424	0,592	0,329	0,596	0,356	0,276	0,287	0,504	0,353	0,315	0,346
2,716	1,957	2,294	2,631	2,042	1,829	2,509	2,089	3,690	3,348	3,175	3,906	3,297	4,849	2,602	2,012	1,635	5,005	2,385	0,946	2,686
0,444	0,500	0,520	0,531	0,405	0,665	0,774	0,695	0,452	0,571	0,455	0,423	0,448	0,456	0,490	0,603	0,821	0,462	0,544	0,526	0,481
4,449	3,560	3,765	3,794	2,219	4,920	4,841	4,498	3,914	4,827	3,294	3,021	4,167	4,477	3,960	4,018	6,080	3,064	4,236	4,102	3,686
0,659	0,687	0,623	0,437	0,540	0,632	0,564	0,500	0,511	0,727	0,508	0,779	0,714	0,596	0,603	0,629	0,544	0,615	0,557	0,580	0,611
4,762	5,627	5,742	3,889	4,323	8,345	5,112	3,120	3,177	3,969	3,462	6,643	5,741	4,968	4,324	4,131	4,107	5,951	3,683	4,047	4,981
0,772	0,586	0,972	0,732	0,811	0,962	0,301	0,359	0,276	0,344	0,923	0,939	0,919	0,950	0,940	1,010	1,023	0,970	1,180	0,223	0,784
6,301	7,230	9,325	6,503	6,562	7,284	1,993	2,643	1,663	2,915	7,652	6,057	6,904	6,677	8,891	8,218	6,122	6,929	11,460	0,908	6,227



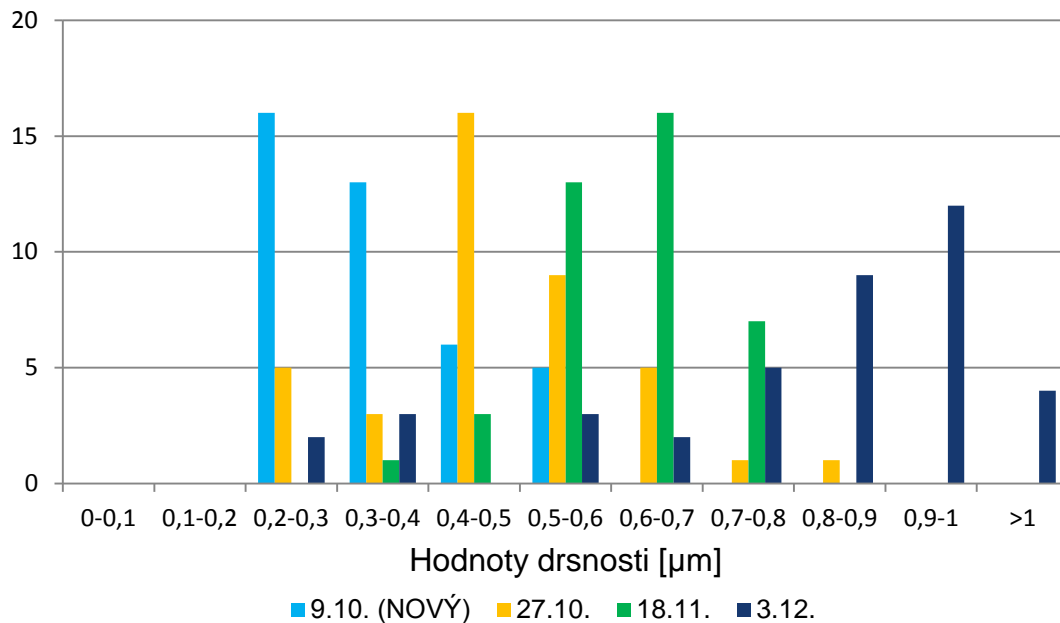
Příloha č. 20

26.1.	Ra	0,350	0,380	0,252	0,332	0,378	0,432	0,303	0,233	0,332	0,326	0,315	0,288	0,345	0,387	0,483	0,437	0,525	0,469	0,403	0,433
	Rt	3,538	2,939	1,494	4,113	2,687	3,744	2,386	1,122	3,541	1,872	2,239	2,478	3,411	2,556	3,551	4,270	5,130	2,862	3,173	2,809
17.2.	Ra	0,479	0,424	0,338	0,374	0,431	0,390	0,623	0,792	0,501	0,515	0,396	0,551	0,618	0,464	0,384	0,554	0,702	0,738	0,848	0,292
	Rt	4,880	2,841	2,717	2,552	4,094	2,162	5,361	7,837	3,452	4,969	3,521	5,340	4,872	4,134	2,902	6,811	5,981	6,255	8,062	2,476
17.3.	Ra	0,570	0,634	0,533	0,298	0,318	0,256	0,592	0,840	0,464	0,556	0,580	0,396	0,549	0,363	0,531	0,837	0,529	0,649	0,511	0,536
	Rt	7,654	6,198	3,059	2,008	3,788	1,957	5,334	9,243	3,278	3,274	3,983	3,981	4,305	3,375	3,545	6,276	4,258	4,959	4,346	4,042
14.4.	Ra	0,500	0,447	0,490	0,509	0,390	0,577	0,473	0,623	0,394	0,627	0,700	0,733	0,736	0,762	0,770	0,710	0,804	0,770	0,661	0,444
	Rt	3,722	2,504	4,159	3,930	3,467	5,321	3,299	5,532	2,499	5,719	4,082	6,007	6,109	7,293	6,676	4,662	7,439	8,011	5,222	3,204

0,327	0,357	0,354	0,307	0,434	0,400	0,368	0,396	0,344	0,288	0,353	0,381	0,426	0,406	0,286	0,375	0,580	0,626	0,512	0,542	0,387
3,079	3,112	2,550	2,088	2,749	2,580	2,689	3,575	2,592	2,566	4,354	3,198	2,603	3,117	2,073	2,848	4,374	3,793	3,800	3,703	3,034
0,220	0,223	0,220	0,220	0,304	0,496	0,336	0,311	0,391	0,220	0,220	0,724	0,545	0,802	0,578	0,455	0,434	0,662	0,634	0,502	0,473
0,793	0,488	0,489	0,348	1,891	3,596	2,635	2,327	3,646	0,416	0,298	9,988	3,505	6,540	3,324	2,659	3,036	5,225	4,697	3,765	3,772
0,675	0,507	0,654	0,725	0,696	0,749	0,590	0,648	0,586	0,505	0,454	0,295	0,573	0,948	0,464	0,553	0,638	0,456	0,734	0,492	0,562
6,747	3,541	3,880	5,715	6,508	8,201	6,048	6,163	5,931	4,148	2,935	1,745	3,700	5,219	4,829	4,511	4,553	3,649	4,857	4,358	4,653
0,371	0,578	0,503	0,509	0,487	0,472	0,682	0,438	0,599	0,962	0,606	0,663	0,540	0,962	0,615	0,579	0,687	0,755	0,581	0,567	0,607
2,116	4,140	5,648	4,854	2,790	4,029	4,423	4,308	4,383	6,677	3,467	5,995	3,451	10,859	4,452	4,186	3,870	6,269	4,061	4,760	4,840

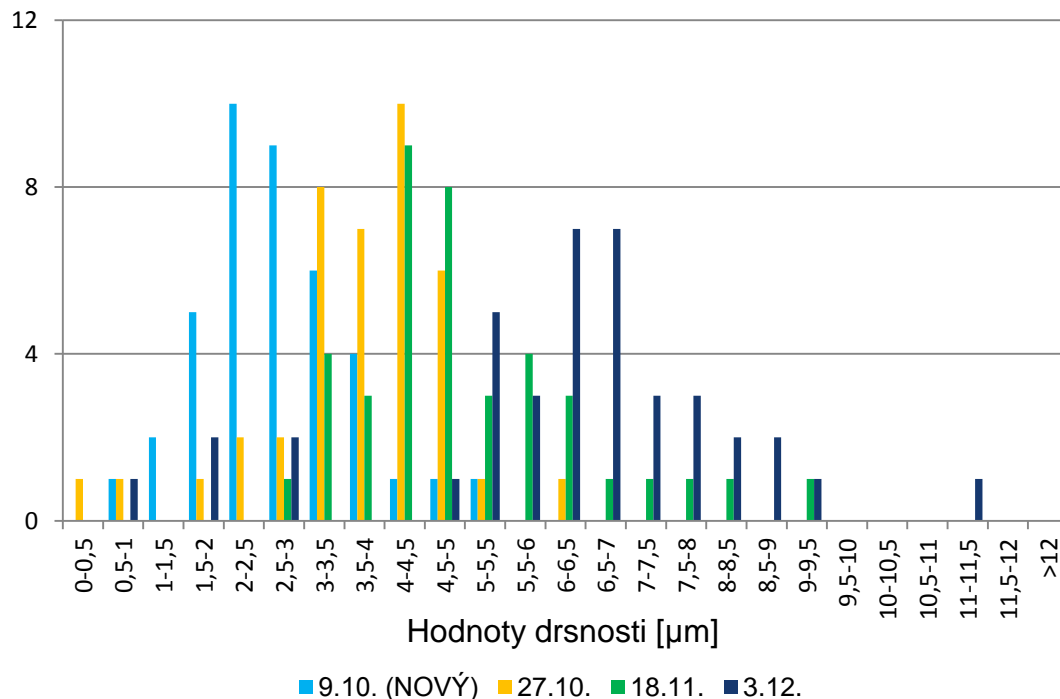
Příloha č. 21

Počet



Četnost výskytu drsnosti R_a dané hodnoty ve vzorku
(SP 38 – nečištěné)

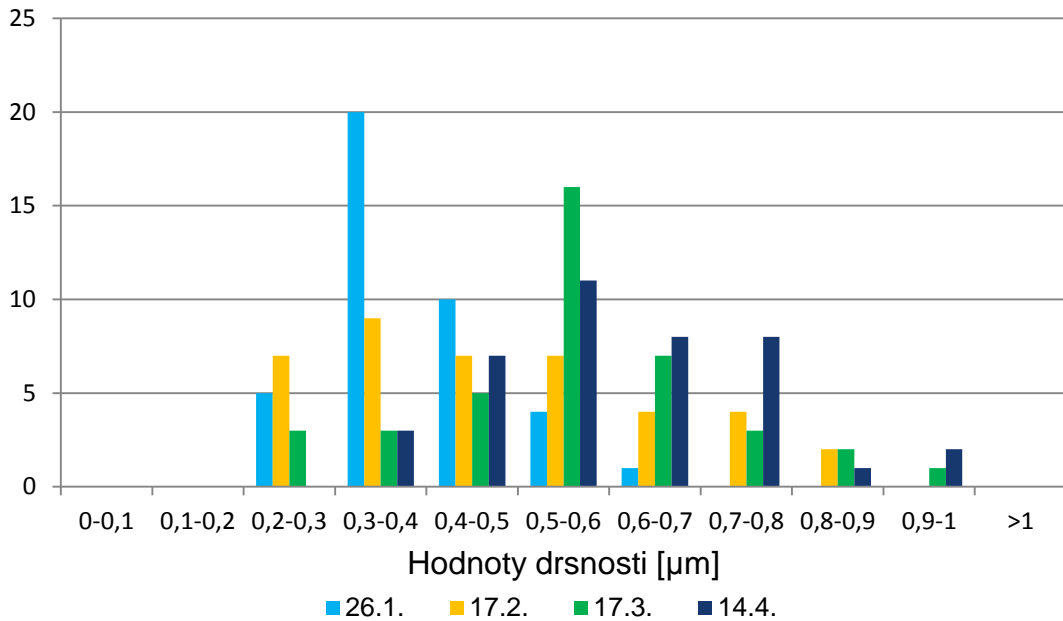
Počet



Četnost výskytu drsnosti R_t dané hodnoty ve vzorku
(SP 38 – nečištěné)

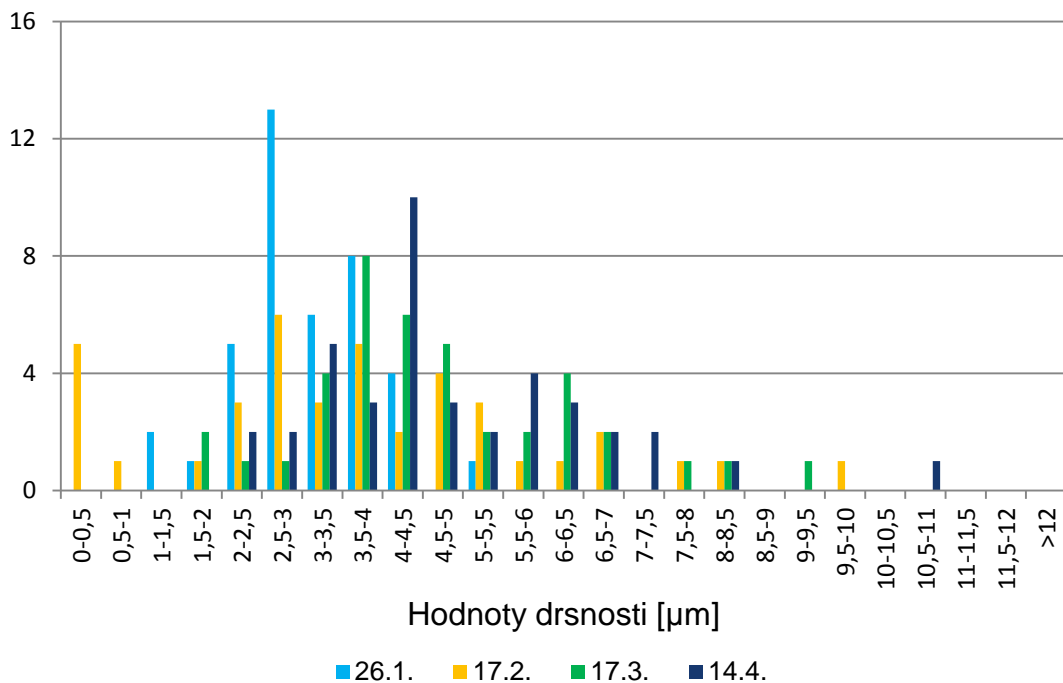
Příloha č. 22

Počet



Četnost výskytu drsnosti Ra dané hodnoty ve vzorku
(SP 38 – čištěné)

Počet



Četnost výskytu drsnosti Rt dané hodnoty ve vzorku
(SP 38 – čištěné)



Příloha č. 23

	Variable 1	Variable 2		Variable 1	Variable 2		Variable 1	Variable 2
Mean	0,34555	0,48135	Mean	0,6113	0,48135	Mean	0,6113	0,784375
Variance	0,009758	0,01782	Variance	0,008848	0,01782	Variance	0,008848	0,052455
Observati	40	40	Observati	40	40	Observati	40	40
Hypothesi	0		Hypothesi	0		Hypothesi	0	
df	72		df	70		df	52	
t Stat	-5,17189		t Stat	5,032798		t Stat	-4,42102	
P(T<=t) on	1E-06		P(T<=t) on	1,8E-06		P(T<=t) on	2,51E-05	
t Critical o	1,666294		t Critical o	1,666914		t Critical o	1,674689	
P(T<=t) tw	2E-06		P(T<=t) tw	3,6E-06		P(T<=t) tw	5,03E-05	
t Critical t	1,993464		t Critical t	1,994437		t Critical t	2,006647	

	Variable 1	Variable 2		Variable 1	Variable 2		Variable 1	Variable 2
Mean	0,386625	0,472775	Mean	0,472775	0,5621	Mean	0,6069	0,5621
Variance	0,007507	0,031403	Variance	0,031403	0,022614	Variance	0,020628	0,022614
Observati	40	40	Observati	40	40	Observati	40	40
Hypothesi	0		Pooled Va	0,027009		Pooled Va	0,021621	
df	57		Hypothesi	0		Hypothesi	0	
t Stat	-2,76217		df	78		df	78	
P(T<=t) on	0,003857		t Stat	-2,43072		t Stat	1,362558	
t Critical o	1,672029		P(T<=t) on	0,008682		P(T<=t) on	0,088472	
P(T<=t) tw	0,007715		t Critical o	1,664625		t Critical o	1,664625	
t Critical t	2,002465		P(T<=t) tw	0,017364		P(T<=t) tw	0,176943	
			t Critical t	1,990847		t Critical t	1,990847	

	Variable 1	Variable 2		Variable 1	Variable 2		Variable 1	Variable 2
Mean	2,68605	3,686	Mean	3,686	4,980775	Mean	4,980775	6,2273
Variance	0,815971	1,341689	Variance	1,341689	2,101021	Variance	2,101021	4,300148
Observati	40	40	Observati	40	40	Observati	40	40
Pooled Va	1,07883		Pooled Va	1,721355		Hypothesi	0	
Hypothesi	0		Hypothesi	0		df	70	
df	78		df	78		t Stat	-3,11603	
t Stat	-4,30543		t Stat	-4,41341		P(T<=t) on	0,001329	
P(T<=t) on	2,4E-05		P(T<=t) on	1,61E-05		t Critical o	1,666914	
t Critical o	1,664625		t Critical o	1,664625		P(T<=t) tw	0,002658	
P(T<=t) tw	4,8E-05		P(T<=t) tw	3,23E-05		t Critical t	1,994437	
t Critical t	1,990847		t Critical t	1,990847				

	Variable 1	Variable 2		Variable 1	Variable 2		Variable 1	Variable 2
Mean	3,03395	3,772125	Mean	4,652525	3,772125	Mean	4,839875	4,652525
Variance	0,673913	5,044558	Variance	2,687934	5,044558	Variance	2,944507	2,687934
Observati	40	40	Observati	40	40	Observati	40	40
Hypothesi	0		Hypothesi	0		Pooled Va	2,81622	
df	49		df	71		Hypothesi	0	
t Stat	-1,95231		t Stat	2,002398		df	78	
P(T<=t) on	0,028313		P(T<=t) on	0,024531		t Stat	0,49927	
t Critical o	1,676551		t Critical o	1,6666		P(T<=t) on	0,309497	
P(T<=t) tw	0,056627		P(T<=t) tw	0,049062		t Critical o	1,664625	
t Critical t	2,009575		t Critical t	1,993943		P(T<=t) tw	0,618995	
						t Critical t	1,990847	



Příloha č. 24

NB Ra 20.10.-19.1.

	Variable 1	Variable 2
Mean	0,357525	0,38515
Variance	0,007293	0,010971
Observati	40	40
Pooled Va	0,009132	
Hypothesi	0	
df	78	
t Stat	-1,2928	
P(T<=t) on	0,099948	
t Critical o	1,664625	
P(T<=t) tw	0,199896	
t Critical t	1,990847	

NB Rt 20.10.-19.1.

	Variable 1	Variable 2
Mean	2,7062	3,06265
Variance	0,922371	1,631334
Observati	40	40
Hypothesi	0	
df	72	
t Stat	-1,41073	
P(T<=t) on	0,081315	
t Critical o	1,666294	
P(T<=t) tw	0,162631	
t Critical t	1,993464	

NB Ra 5.1.-14.4.

	Variable 1	Variable 2
Mean	0,658	0,565325
Variance	0,019944	0,011327
Observati	40	40
Hypothesi	0	
df	72	
t Stat	3,314518	
P(T<=t) on	0,00072	
t Critical o	1,666294	
P(T<=t) tw	0,001439	
t Critical t	1,993464	

NB Rt 5.1.-14.4.

	Variable 1	Variable 2
Mean	5,1188	4,398875
Variance	3,302951	1,889934
Observati	40	40
Hypothesi	0	
df	73	
t Stat	1,99808	
P(T<=t) on	0,024717	
t Critical o	1,665996	
P(T<=t) tw	0,049434	
t Critical t	1,992997	

SP Ra 9.10.-26.1.

	Variable 1	Variable 2
Mean	0,34555	0,386625
Variance	0,009758	0,007507
Observati	40	40
Pooled Va	0,008633	
Hypothesi	0	
df	78	
t Stat	-1,97705	
P(T<=t) on	0,025785	
t Critical o	1,664625	
P(T<=t) tw	0,05157	
t Critical t	1,990847	

SP Rt 9.10.-26.1.

	Variable 1	Variable 2
Mean	2,68605	3,03395
Variance	0,815971	0,673913
Observati	40	40
Pooled Va	0,744942	
Hypothesi	0	
df	78	
t Stat	-1,80264	
P(T<=t) on	0,037654	
t Critical o	1,664625	
P(T<=t) tw	0,075308	
t Critical t	1,990847	

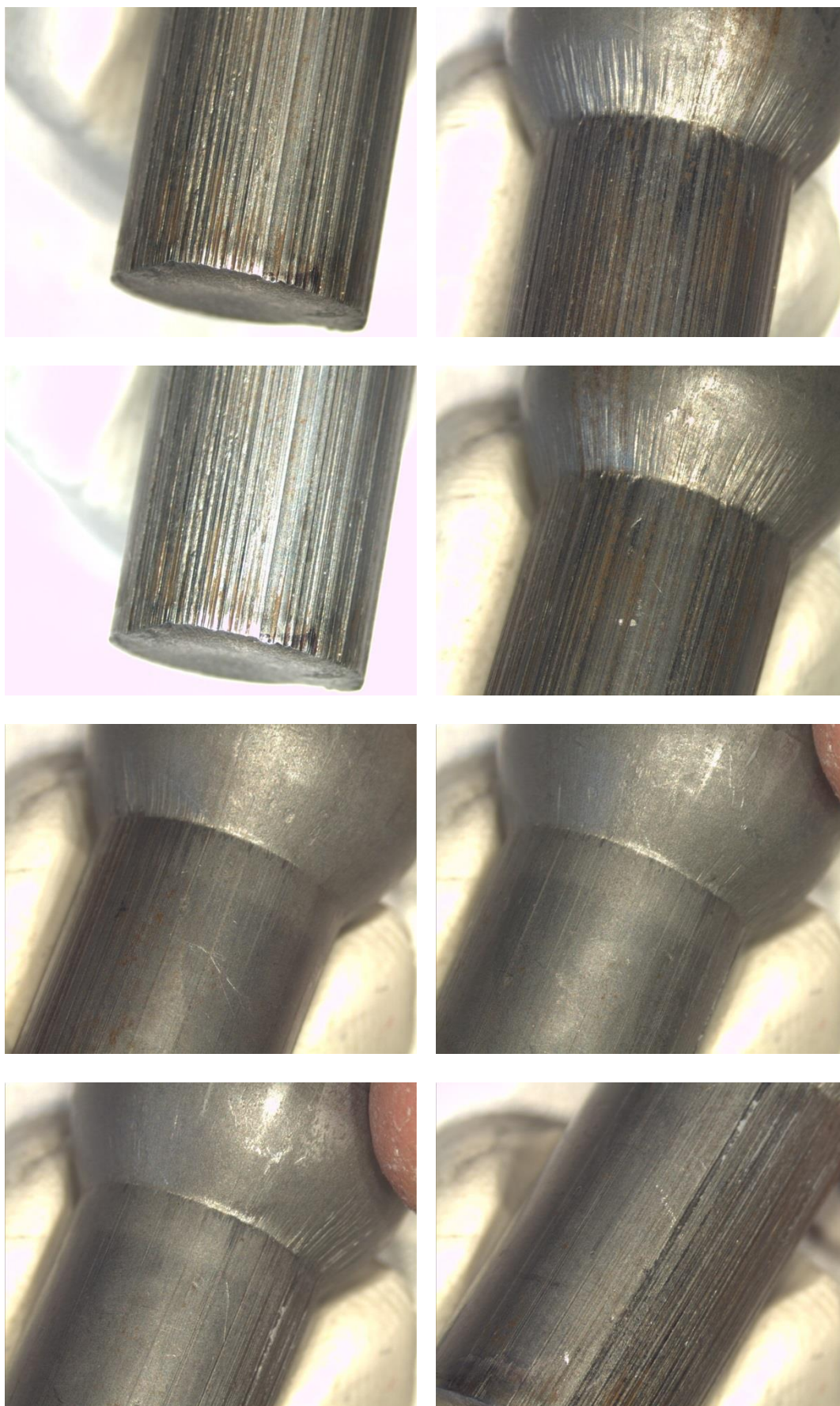
SP Ra 3.12.-14.4.

	Variable 1	Variable 2
Mean	0,784375	0,6069
Variance	0,052455	0,020628
Observati	40	40
Hypothesi	0	
df	66	
t Stat	4,152032	
P(T<=t) on	4,83E-05	
t Critical o	1,668271	
P(T<=t) tw	9,66E-05	
t Critical t	1,996564	

SP Rt 3.12.-14.4.

	Variable 1	Variable 2
Mean	6,2273	4,839875
Variance	4,300148	2,944507
Observati	40	40
Pooled Va	3,622328	
Hypothesi	0	
df	78	
t Stat	3,260098	
P(T<=t) on	0,000826	
t Critical o	1,664625	
P(T<=t) tw	0,001652	
t Critical t	1,990847	

Příloha č. 25



Příloha č. 26





Příloha č. 27

FILTROVANÝ 50

Online protokol : 2
FCU 2110-4 U3.31

ZKOUSKA FCU int.pum.
Start: 18.05.2015 09:16
Interval průměrování: 1 min
Množství vzorku: 50 ml

Cas	ISO	4406	Q
h:m	>02/>05/>15		ml
0:00	Chyba prouku		
0:00	>25/>23/>21		111
0:01	>25/>23/>21		106

Poslední měření :

Velikost	µm	diff	uce	cum	NAS	ISO
2	44826623	>>>>>>>	>15	>25		
5	44826623	>>>>>>>	>15	>23		
15	44826623	89653246	>15	>21		
25	44826623	44826623	>15			

FILTROVANÝ 515

Online protokol : 3
FCU 2110-4 U3.31

ZKOUSKA FCU int.pum.
Start: 18.05.2015 09:27
Interval průměrování: 1 min
Množství vzorku: 50 ml

Cas	ISO	4406	Q
h:m	>02/>05/>15		ml
0:00	24/>23/ 19		108
0:01	24/ 23/ 18		107

Poslední měření :

Velikost	µm	diff	uce	cum	NAS	ISO
2	4879615	11641980	12	24		
5	7340031	7562365	15	23		
15	190655	222334	13	18		
25	23679	23679	12			

STARÝ 515

Online protokol : 4
FCU 2110-4 U3.31

ZKOUSKA FCU int.pum.
Start: 18.05.2015 09:35
Interval průměrování: 1 min
Množství vzorku: 50 ml

Cas	ISO	4406	Q
h:m	>02/>05/>15		ml
0:00	>25/>23/>21		103
0:01	>25/>23/>21		103

Poslední měření :

Velikost	µm	diff	uce	cum	NAS	ISO
2	44826623	>>>>>>>	>15	>25		
5	44826623	>>>>>>>	>15	>23		
15	44826623	89653246	>15	>21		
25	44826623	44826623	>15			



Příloha č. 28

ISO 4406

Number of Particles per ml		ISO Code
More Than	Up to & Including	
80,000	160,000	24
40,000	80,000	23
20,000	40,000	22
10,000	20,000	21
5,000	10,000	20
2,500	5,000	19
1,300	2,500	18
640	1,300	17
320	640	16
160	320	15
80	160	14
40	80	13
20	40	12
10	20	11
5	10	10
2.5	5	9
1.3	2.5	8
0.64	1.3	7
0.32	0.64	6
0.16	0.32	5
0.08	0.16	4
0.04	0.08	3
0.02	0.04	2
0.01	0.02	1
0.005	0.01	0
0.0025	0.005	00

ISO 4406 Standard

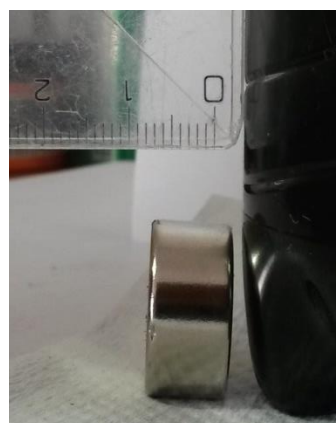
Class	Maximum Particles/ 100 mL in Specified Size Range (micron)				
	5-15	15-25	25-50	50-100	>100
00	125	22	4	1	0
0	250	44	8	2	0
1	500	89	16	3	1
2	1,000	178	32	6	1
3	2,000	356	63	11	2
4	4,000	712	126	22	4
5	8,000	1,425	253	45	8
6	16,000	2,850	506	90	16
7	32,000	5,700	1,012	180	32
8	64,000	11,400	2,025	360	64
9	128,000	22,800	4,050	720	128
10	256,000	45,600	8,100	1,440	256
11	512,000	91,200	16,200	2,880	512
12	1,024,000	182,400	32,400	5,760	1,024

Table 1: NAS 1638 Contamination Classification System

Příloha č. 29



Příloha č. 30



Příloha č. 31

NB 19.1.



SP 26.1.



NB 5.1.



SP 3.12.



NB 14.4.



SP 14.4.





Příloha č. 32

STROJ	POČET STROJŮ	POUŽÍVANÝ OLEJ	CENA OLEJE [€/l]	OBJEM NÁDRŽE [l]	CENA VÝMĚNY OLEJE [Kč/l]	CENA MAG. FILTRU [Kč]
NB 515	10	ISOFORM 999	1,65	400	180 576	330 000
SP 28	5	ISOFORM 999	1,65	200 + 60	58 687	165 000
SP 38	7	ISOFORM 999	1,65	250 + 100	110 603	231 000
SP 48	1	ISOFORM 999	1,65	350 + 140	22 121	33 000
NB 515	1	ISOFORM 911	5,57	400	60 958	33 000
SP 48	1	ISOFORM 911	5,57	350 + 140	74 674	33 000
SP 570	1	ISOFORM 911	5,57	670	102 105	33 000
SUMA	26				609 723	858 000

