

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

RENOVACE KLUZNÝCH PLOCH

REPAIR OF SURFACE SLIDING

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. MIROSLAV TEPLÝ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. JAROSLAV KUBÍČEK

BRNO 2013

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Bc. Miroslav Teplý

který/která studuje v **magisterském navazujícím studijním programu**

obor: **Strojírenská technologie (2303T002)**

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

Renovace kluzných ploch

v anglickém jazyce:

Repair of surface sliding

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Renovace strojních součástí je ekonomicky velmi výhodná a opravy povrchových vad a opotřebení tmelením je v současnosti vhodná alternativa pro navařování. DP řeší renovaci hřídele včetně provozních zkoušek, ověření vhodných tmelů a vypracování postupu renovace.

Cíle diplomové práce:

- 1) Současný stav problematiky technologií renovace součástí
- 2) Návrh experimentální práce
- 3) Rozbor aplikací lepidel a tmelů v oblasti renovací, výběr vhodných řešení
- 4) Vypracování experimentální práce
- 5) Vyhodnocení a závěr

Seznam odborné literatury:

- 1) KOLEKTIV AUTORŮ. Loctite, Worldwide Design Handbook. 2. vyd. Mainz: Erasmusdruck GmbH.1998. 452s. ISBN 0-96 5590-0-5
- 2)OSTEN,M. Práce s lepidly a tmely. 3vyd. Praha: Grada Publishing s.r.o.1996. 136s. ISBN 80-7169-338-3
- 3)PETERKA, Jindřich. Lepení konstrukčních materiálů ve strojírenství, Praha: SNTL, 1980, 1. vydání, 788 s.
- 4)FREJDIN, Anatolij. Pevnost' a životnost' lepených spojov, Bratislava: Alfa, 1981, 1. vydání, 112 s.
- 5)Loctite - vysoce výkonná lepidla a tmely,[vid.15.listopad 2011] Dostupné z http://www.loctite.cz/cps/rde/xchg/henkel_czc/hs.xsl/homepage.htm

Vedoucí diplomové práce: Ing. Jaroslav Kubíček

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2012/2013.

V Brně, dne 22.11.2012

L.S.

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

Výběr vhodné kluzné hmoty pro renovaci hřídele vyžaduje porovnání několika kritérií. Mezi hlavní kritéria byla zvolena velikost pevnosti ve smyku při tahovém namáhání přeplátované lepené sestavy, odolnost proti adhezivnímu opotřebení a kritérium ekonomické. Z výsledků všech zkoušek je vybrána nejvhodnější kluzná hmota na opravu opotřebovaného místa hřídele. Technologický postup tmelení hřídele byl vypracován na základě literární studie, doporučení dodavatele kluzné hmoty a vlastních zkušeností.

Klíčová slova

Renovace, opotřebení, tmel, lepidlo, hřídel

ABSTRACT

The selection of suitable materials for the renovation of sliding shafts requires a comparison of several criteria. The main criteria were selected size shear strength under tensile stress lap bonded assemblies, resistance to adhesive wear and economic criteria. From the results of all tests is selected the most suitable friction material to repair worn out places of shaft. The technological process of sealing the shaft was drawn up on the basis of the literature, recommendations supplier of sliding materials and their own experience.

Key words

Repair, wear, sealant, adhesive, shaft

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

TEPLÝ, Miroslav. *Renovace kluzných ploch*. Brno, 2013. 60 s. 5 příloh, CD. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie, Odbor technologie svařování a povrchových úprav. Vedoucí práce Ing. Jaroslav Kubíček.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že diplomovou práci na téma Renovace kluzných ploch jsem vypracoval samostatně s využitím uvedené literatury a podkladů pod vedením vedoucího diplomové práce.

V Brně dne 22.5.2013

.....
Teplý Miroslav

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji Ing. Jaroslavu Kubíčkovi za cenné rady a připomínky při vypracování této diplomové práce.

OBSAH

TITULNÍ LIST

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

ABSTRAKT V ČESKÉM JAZYCE

ABSTRAKT V ANGLICKÉM JAZYCE

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

PODĚKOVÁNÍ

OBSAH

ÚVOD

1. RENOVACE HŘÍDELŮ.....	- 10 -
1.1 Obrobení hřídele.....	- 10 -
1.2 Elektrolytické povlaky	- 11 -
1.3 Navařování	- 11 -
1.4 Žárové nástřiky	- 12 -
2. OPOTŘEBENÍ	- 13 -
2.1 Adhezivní opotřebení	- 14 -
2.2 Abrazivní opotřebení	- 15 -
2.3 Erozivní opotřebení	- 15 -
2.4 Kavitační opotřebení	- 16 -
2.5 Únavové opotřebení	- 17 -
2.6 Vibrační opotřebení	- 18 -
3. KLUZNÁ LOŽISKA A KLUZNÉ MATERIÁLY	- 19 -
3.1 Hydrodynamická kluzná ložiska	- 19 -
3.2 Hydrostatická kluzná ložiska	- 22 -
4. POLYMERY, LEPENÍ, TMELENÍ	- 24 -
4.1 Základní rozdělení plastů	- 24 -
4.2 Molekulární struktura plastů	- 26 -
4.3 Nadmolekulární struktura plastů	- 26 -
4.4 Úprava povrchu adherendu	- 27 -
4.4.1 Struktura (drsnost) povrchu	- 29 -
4.4.2 Odstranění nečistot z povrchu, odmašťování	- 29 -
4.4.3 Úpravy ocelového povrchu	- 32 -
4.5 Epoxidové pryskyřice	- 33 -
4.5.1 Plniva epoxidových tmelů	- 34 -
5. RENOVACE KLUZNÉ PLOCHY HŘÍDELE.....	- 37 -
5.1 Kluzné hmoty	- 37 -
5.1.1 Fluid	- 38 -
5.1.2 Garex	- 38 -
5.1.3 HRE.....	- 39 -
5.1.4 Chester Metal Slide	- 39 -
5.2 Zkouška kluzných hmot - pevnost ve smyku	- 40 -
5.2.1 Zkušební tělesa	- 40 -
5.2.2 Postup zkoušky.....	- 42 -
5.2.3 Výsledky zkoušky	- 42 -
5.3 Zkouška kluzných hmot – odolnost proti opotřebení.....	- 47 -
5.3.1 Zkušební tělesa.....	- 48 -
5.3.2 Postup zkoušky.....	- 49 -
5.3.3 Výsledky zkoušky	- 50 -
5.4 Ekonomické hodnocení, výběr vhodné kluzné hmoty	- 54 -

5.5 Technologický postup renovace kluzné plochy hřídele	- 56 -
5.5.1 Úprava povrchu hřídele	- 56 -
5.5.2 Odstranění nečistot z povrchu, odmaštění.....	- 57 -
5.5.3 Nanesení tmelu	- 57 -
5.5.4 Opracování přebytečné hmoty	- 58 -
5.5.5 Výstupní kontrola.....	- 59 -
6. ZÁVĚR.....	- 60 -
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ	
SEZNAM PŘÍLOH	

ÚVOD [13] [21]

Pro renovaci opotřebeného nebo jinak nevyhovujícího hřídele se v současné době využívá několika technologií. Využívá se galvanických povlaků, žárových nástřiků, navařování nebo tmelení a lepení. Objevuje se trend nahrazování galvanických povlaků, které jsou velkou ekologickou zátěží, za povlaky žárově nanesené nebo se nahrazují navařováním. Narozdíl těmto technologiím je tmelení a lepení technologicky nenáročné a rychlost renovace bývá časově nejméně náročná. Je zřejmé, že výběr nejvhodnější technologie se určí podle stávajících a požadovaných vlastností konkrétního renovovaného dílu.

V této diplomové práci je navržena renovace kluzné plochy hřídele tmelením. Jsou porovnávány čtyři kluzné hmoty od různých výrobců. Porovnává se pevnost ve smyku na adheredech s tryskaným a frézovaným povrchem. Dále je porovnávána odolnost proti opotřebení za různých podmínek. Z výsledků zkoušek je vybrán nejvhodnější tmel pro renovaci hřídele. Dále je vytvořen návrh na přípravu povrchu před nanášením hmoty, postup nanášení hmoty a jejího následného obrobení do požadovaných tolerancí. Ke všem operacím renovace je navržen způsob kontroly.



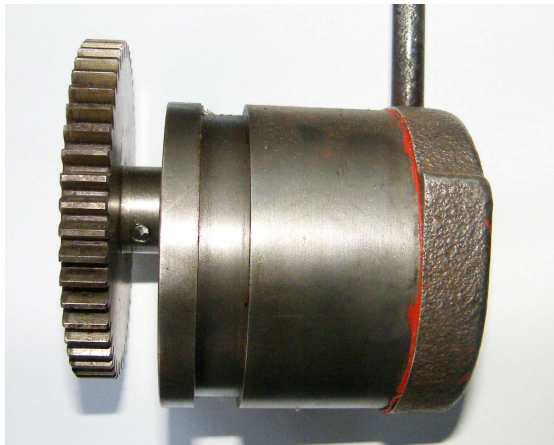
Obr. 1 Vlevo nanášení kluzného tmelu na hřídel, vpravo kluzné ložisko [21]

Teoretická část

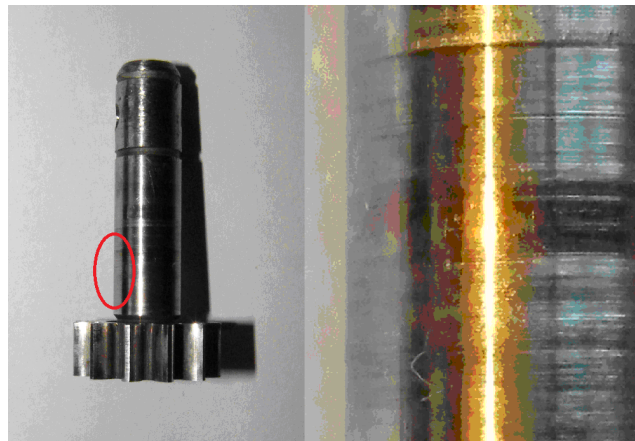
1. RENOVACE HŘÍDELŮ

Na obr. 3 je znázorněna hřídel zubového čerpadla jednoúčelového stroje. Čerpadlo slouží pro dodávku oleje v převodové skříni s maximálním tlakem 2 bar. Svou jedinečnou konstrukcí je těžko nahraditelné a jeho výměna časově náročná. Je umístěno uvnitř převodové skříňe bez montážních otvorů na jeho případnou opravu. Na obrázku je patrné opotřebení hřídele.

Hřídel je uložena v bronzovém kluzném ložisku s otáčkami 1000 min^{-1} . Hřídel v místě opotřebení není kalená.



Obr. 2 Zubové čerpadlo



Obr. 3 Opatřebená hřídel zubového čerpadla

Pro renovaci hřídele je možné vybírat z několika technologií oprav. Podle velikosti poškození, druhu uložení, mechanického, chemického a tepelného zatížení se volí nejvhodnější technologie renovace.

1.1 Obrobení hřídele

Obrobení hřídele broušením, pro dosažení požadované geometrické přesnosti, je nejjednodušší způsob renovace. V mnoha případech je tento způsob nevyužitelný z důvodu nedostatku materiálu, nebo např. probroušením do měkkého jádra. Z těchto důvodů se využívají metody renovací s dodáním materiálu pro obrobení na požadovaný rozměr.



Obr. 4 Broušení hřídele [32]

1.2 Elektrolytické povlaky [2] [16] [41]

Technologie vylučování kovů a jejich slitin je využívána pro vytváření slabých i silných povlaků s cílem ochrany povrchu základního materiálu proti korozi a opotřebení a v neposlední řadě dodání chybějícího materiálu. V galvanických lázních se za účinku stejnosměrného proudu vylučuje elektrolytický povlak. Podstatou procesu vylučování kovu je elektrolýza, při které lze nanášet kov anody na katodu. Pro účel opravy poškozeného hřídele se především využívá tvrdého chromování. K výhodám tohoto povlaku patří vysoká tvrdost (800-1200 HV), korozivzdornost a odolnost proti opotřebení. Povlaky mohou být až několik mm silné a jsou schopné dalšího opracování (broušení). Tvrdé chromování se provádí bez mezipovlaku nebo pro zvýšení antikoročních vlastností s mezipovlakem z mléčného chromu.

1.3 Navařování [8] [29] [44] [30] [37]

Navařování opotřebené hřídele je možné provádět buď ručním, automatickým nebo poloautomatickým způsobem. Z klasických metod: ručně obalenou elektrodou, MIG/MAG, TIG. U ručního navařování, aby se minimalizovaly deformace, se svarové housenky pokládají podél osy střídavě. Při automatické metodě se navařuje po obvodě za rotace navařované hřídele. U těchto metod se vnáší do navařované součásti poměrně vysoké napětí, které se projevuje nezanedbatelnými deformacemi součásti. Navíc výběr přídavného materiálu je omezen pouze na kovy. Pro korozivzdorné nebo otěrvzdorné návary se stále více osvědčuje laser. Laser lze využít nejen pro tavení drátu, ale i kovového či keramického prášku. Tímto způsobem je možné chránit součásti proti korozi nebo opotřebení. Bronzové kluzné vrstvy lze na obyčejnou ocel navářet s minimálním stupněm promíšení. Návary nevykazují kvalitativní vady a díky vynikající přilnavosti k základnímu materiálu je lze obrábět běžnými způsoby. Při navařování za pomoci prášku je tloušťka jedné vrstvy 0,2 – 2 mm.



Obr. 5 Laserový návar, přídavný materiál – prášek [44]



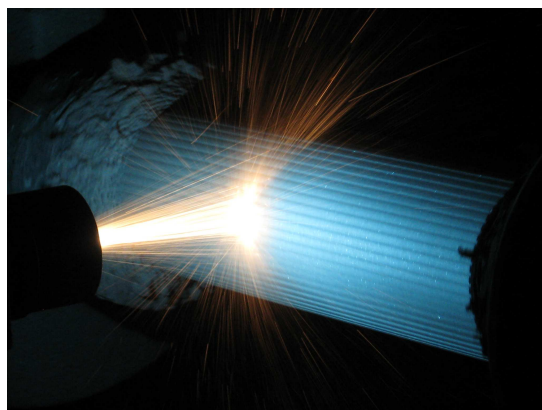
Obr. 6 Návar metodou MIG/MAG [30]

1.4 Žárové nástřiky [9] [13]

Žárový nástřik je částicový proces nanášení povlaků, kde je přídavný materiál ve formě prášku, drátu nebo tyčinky přiváděn do zařízení. V zařízení dojde k natavení a urychlení částic směrem k povlakované součásti. Při dopadu na součást dochází k markantnímu plošnému rozprostření částic a jejich rychlému utužení. Tím je vytvořena charakteristická lamelární struktura povlaků. K natavení přídavného materiálu může být zdrojem tepelné energie spalovací proces nebo elektrická energie. Povlaky proti opotřebení se používají proti abrazivnímu, kavitačnímu a adhezivnímu opotřebení a ke snížení koeficientu tření. Patří mezi ně celá řada kovů a jejich slitin, keramické materiály, cermety, ale i plastické hmoty s nízkým koeficientem tření.

Tab. 1.1 Základní charakteristiky žárových nástřiků [9]

Technologie	HVOF	Plasma	El. oblouk	Plamen
Forma materiálu	prášek	prášek	drát	prášek/drát
Teplota plamene [°C]	~3000	~ 5000-25000	~ 3000-6000	~ 2700-3000
Rychlost částic [m/s]	~ 400-800	~ 80-300	~ 50-150	~ 80-100
Typické materiály	kovy, slitiny, cermety	keramika	kovy, slitiny, cermety (trub. dráty)	kovy, slitiny, plasty
Vlastnosti povlaku	velká hustota, výborná adheze, tlakové pnutí	porézní v případě keramik	větší tloušťka, vysoká hustota	vyšší porezita a obsah oxidů
Vhodné aplikace	ochrana proti opotřebení, korozi	tepelné bariéry, izolátory	otěruvzdorné povlaky, renovace	klasická metalizace, méně náročné aplikace



Obr. 7 Žárový nástřik součásti [13]

2. OPOTŘEBENÍ [16] [3] [39] [30]

Spolehlivost a životnost strojních součástí je ovlivněna opotřebením, které se značným dílem podílí na ztrátách materiálu a energie. Opotřebením, které vzniká při vzájemném styku a relativním pohybu těles je složitý děj, jež je ovlivňován řadou faktorů. Na povrchu součástí dochází ke složitému vzájemnému působení materiálů. Zvětšující opotřebením se projevuje chvěním, hlukem a rázy a zvyšováním tření až k zadírání.

Opotřebením se tedy projevuje odstraňováním nebo přemísťováním částic hmoty z povrchu materiálu zejména mechanickým účinkem, který je zpravidla doprovázen fyzikálními, chemickými a elektrickými jevy. V důsledku namáhání vznikají trhliny, které vytvářejí nové povrchy a vedou k oddělení částí povrchů. Namáhání při opotřebením se projevuje mikroplastickou deformací způsobenou zatlačováním tvrdých částic do měkčího povrchu, únavou povrchových vrstev při opakovaném rázovém zatížení, vznikem oxidů a změnou struktury.

Opotřebením je definováno velikostí úbytku hmotnosti, objemu nebo vrstvy materiálu z funkčního povrchu přepočtený na jednotku délky relativního pohybu. Časová rychlost otěru je závislá především na působící tlakové síle, velikosti kontaktní plochy, její drsnosti a na relativní rychlosti funkčních povrchů nebo funkčního povrchu a média.

Kluzné tření tuhých těles je možné buď jako čisté tření mezi plochami těchto těles nebo jako tření v adhezních vrstvách. Velikost třecí síly je dána difúzí molekul a atomů, které se na povrchu vzájemně dotýkají a kdy mezi dotýkajícími se vrcholky nerovností dochází k mikrosvarům. Dalším faktorem je zachytávání se mikronerovností povrchů, které může nastat i přes další částice, jež jsou mezi styčnými povrchy. V tomto případě síla vyvolává pružné a plastické deformace a dochází k abrazi.

V praxi jsou většinou kluzné plochy odděleny vrstvou maziva. Za mazivo lze pokládat i povlak kovu na jednom z těles. Na velikost součinitele tření má vliv i vznik možných chemických sloučenin.

Tření lze dělit do několika hlavních skupin:

- suché
- smíšené
- mezní
- kapalinné

a) Suché tření má hledisko deformační (čisté tření tuhých těles) a adhezní. Na obojí mají vliv vlastnosti povrchů.

b) Mezní tření je za podmínek, kdy k bezprostřednímu styku třecích ploch brání jen mezní vrstva maziva, tj. film polárních molekul maziva s velkou přilnavostí k povrchu.

c) Při kapalinném tření jsou povrchy těles odděleny souvislou vrstvou kapalného média. Při nahrazení kapalinného média plynným se hovoří o plynném tření. Při kapalinném tření je opotřebením povrchu těles minimální, prakticky k opotřebením nedochází.

d) Smíšené tření nastává, pokud vrstva maziva je menší než tloušťka potřebná pro kapalinné tření, ale je větší než tloušťka tenkého filmu, který zajišťuje mezní mazání.

Odolnost kluzných ploch proti opotřebením zejména závisí na chemickém složení, fyzikálně mechanických vlastnostech materiálu a struktury povrchu styčných ploch. Tvrdý materiál není zárukou vysoké odolnosti proti opotřebením. Pro kluzné uložení velmi záleží na použité dvojici materiálů, neboť velikost opotřebením je závislé na stejnorodosti materiálů a tvaru krystalů. Jsou-li tvrdosti rozdílné, tak se dvě sdružené kluzné plochy opotřebovávají méně. Nejvýhodnější je tedy kombinace jedné tvrdší a druhé měkčí plochy.

2.1 Adhezivní opotřebení [16] [27] [6]

Adhezivní opotřebení nastává při smýkání tuhých těles, přitlačovaných k sobě normálovou silou. Následkem toho dochází k porušování povrchových vrstev a ke vzniku adhezivních mikrospojů, které jsou vzápětí rozrušovány. Na vznik a průběh adhezivního opotřebení má zejména vliv:

- hloubka vnikání a poloměr zakřivení povrchových nerovností
- vlastnosti materiálu resp. schopnost vytvářet adhezní spoje
- velikost zatížení a relativní rychlost pohybu

V závislosti na intenzitě jednotlivých faktorů dochází k různě velkým opotřebením. Intenzitu adhezivního opotřebení značně ovlivňuje mazivo mezi styčnými povrchy.

K tzv. mírnému adhezivnímu opotřebení dochází tehdy, když rychlost porušování adsopční a oxidové vrstvy na povrchu je nižší než rychlost jejich obnovování. V tomto případě tyto vrstvy slouží jako ochrana povrchu a brání vzniku adhezních spojů. Adhezní spoje vznikají v menší míře a jsou nedokonalé, takže při jejich rozrušení nedochází k významnějšímu přenosu materiálu mezi povrchy. Na obr. 8 je pouzdro s výše uvedeným typem opotřebení. Jeho povrch je lesklý, vyhlazený, bez rýh a stop po zadírání.



Obr. 8 Adhezivní opotřebení pouzdra - mírné [6]

Druhým případem je intenzivní adhezní opotřebení, kde vznikají četné a relativně dokonalé adhezní mikrospoje. Následně jejich rozrušování je spojeno s přenosem materiálu mezi povrchy a dochází ke vzniku volných částic. Takto opotřebované povrchy se vyznačují rýhovanými, rozbrázděnými povrchy až viditelnými částicemi materiálu ulpělými na styčných površích. Vznikající porucha může vést k vzrůstu odporu proti relativnímu pohybu a tím k devastaci třecího uzlu (zadření).



Obr. 9 Adhezivní opotřebení čepu - intenzivní [6]

2.2 Abrazivní opotřebení [16] [27] [6]

Tento druh opotřebení je charakterizováno oddělováním částí povrchů nerovnostmi povrchu nebo tvrdšími volnými částicemi mezi kluznými plochami. Velikost opotřebení závisí na zatížení a délce kluzné dráhy, tvrdosti, množství a tvaru volných částic.

Oddělování částic materiálů z opotřebovávaného povrchu závisí na úhlu mezi povrchem kluzné plochy a hrany abrazivní částice. Povrch může být částicí pouze rýhován a podle své dráhy vytvářet val, nebo při rýhování dojde k tvorbě třísky.

Při větším množství abrazivních částic dochází k jejich shlukování či vrstvení. Nastává abrazivní opotřebení i za situace, když částice mají menší velikost než je vůle mezi kluznými plochami.

Tvar abrazivních částic má výrazný vliv na opotřebení. Je zřejmé, že ostrohranné částice působí mnohem intenzivněji než částice zaoblené. Hloubka vnikání částic do povrchu je závislá nejen na tvaru, ale i na síle působí v normálovém směru na abrazivní částice. Dalším faktorem je i možné převrácení částic, které může působit nemalé opotřebení.

U volných abrazivních částic větších než je vůle mezi kluznými povrchy dochází k abrazivnímu opotřebení. Přítomnost mazacího prostředí prakticky nemá žádný vliv na snížení abrazivního opotřebení.

Při nízké pevnosti abrazivních částic dochází k jejich drcení a otupování. Při drcení se zmenšují rozměry až na podkritické (částice menší než vůle mezi povrchy) a otupují se, zároveň se vytvářejí nové ostrohranné.

Tvrdost abrazivních částic má výrazný vliv na velikost opotřebení. Při vyšší tvrdosti než opotřebovávaný povrch, částice snadněji vnikají do povrchu a intenzita opotřebení se tím zvyšuje.



Obr. 10 Abrazivní opotřebení pístu [6]

2.3 Erozivní opotřebení [16] [27] [6]

Tento druh opotřebení je charakterizován rozrušováním materiálu stykem s tuhými částicemi unášenými proudícím médiem i samotnými částicemi média. Proces erozivního opotřebení je zejména ovlivňován:

- podmínkami nárazu (kinetickou energií a úhlem dopadu částic)
- vlastnostmi média a částic (tvar, tvrdost a velikost částic, rozložení částic v médiu, druh, teplota a chemické působení média)
- vlastnostmi opotřebovávaného materiálu

Při nárazu částice na povrch se kinetická energie částice přemění na deformační práci. Po dopadu částice na povrch vznikne deformační stopa, nebo může dojít k oddělení malého objemu povrchové vrstvy. Velikost opotřebení je závislé na velikosti kinetické energie částice a na velikosti brzděné dráhy částice. Brzděná dráha částice je dána zejména modulem pružnosti opotřebovávaného materiálu.

Při dopadu částice na povrch s velkou hodnotou modulu pružnosti je brzdná dráha nepatrná. Pružné deformace jsou tedy malé a vznikající síly a teploty velké. Např. u kalené oceli dochází k intenzivnímu opotřebení, které je velmi závislé na úhlu dopadu částic.

Pokud částice dopadají na povrch s malou hodnotou modulu pružnosti, brzdná dráha je relativně dlouhá a vznikající síly jsou malé. Tento stav nastává např. u pryže nebo některých plastů, opotřebení je podstatně nižší než u tvrdých materiálů.

Erozivní opotřebení může nastat i vysokou rychlostí proudícího média za podmínky, když pevnost v tlaku opotřebovávaného povrchu je menší než tlak, který je kapalinou vyvoláván při dopadu na povrch.



Obr. 11 Erozivní opotřebení kulového uzávěru [6]

2.4 Kavitační opotřebení [16] [27] [6]

Kavitační opotřebení je charakterizováno oddělováním částic z povrchu v oblasti dynamických účinků vyvolaných vznikem a zánikem kavitačních dutin vyplněných sytou párou v kapalině v místech, kde náhle klesne tlak kapaliny pod tlak syté páry a opět stoupne na tlak syté páry.

V počátečním stádiu porušování povrchu se stává kovový povrch drsným. Podle vlastností materiálu, v závislosti na době kavitačního působení, se mění reliéf povrchu a ukazuje se různorodost charakteru vývoje prohlubenin a nerovností. Poškození povrchu se rozšiřuje do hloubky a částečně do šířky. Se zvyšující se deformací povrchu se mění pevnost i plastičnost materiálu. Zpevnění závisí na době zatížení, mnohonásobnosti působení a hloubce průniku, vlastnosti materiálu propouštět vlny plastické deformace a velikosti energie nárazu. Podle přenosu energie při implozi kavitačních dutin a velikosti energie absorbované materiálem lze rozlišovat různé působení na povrch:

- Napětí jsou pod hodnotou prahu opotřebení, kde nedochází k mechanickému poškození. Je rozrušována mezní vrstva kapaliny na povrchu materiálu, což může vyvolat korozní poškození.
- Při napětí nižší než mez kluzu dochází k poškození povrchu následkem únavových dějů, které lze pokládat za vysokocyklovou únavu.
- Napětí vyšší než mez kluzu vyvolává plastickou deformaci povrchu. Dochází ke zpevnění povrchových vrstev a k únavovému poškození, které lze považovat za nízkocyklovou únavu.
- Při překročení pevnosti materiálu dochází k okamžitému poškození, které lze srovnávat s křehkým lomem.



Obr. 12 Kavitační opotřebení rotoru turbíny [6]

2.5 Únavové opotřebení [16] [27] [6]

Únavové opotřebení se projevuje v místech opakovaného styku dvou těles. Z povrchu, který je vystaven působení normálových a smykových sil, může docházet k uvolňování částic. Mezi nejběžnější případy povrchové únavy patří valivá ložiska a ozubená kola (v místech dotyku zakřivených povrchů) a hovoří se o kontaktním únavovém porušování.

Kontaktní únavové porušení vzniká za velkých kontaktních tlaků, skluzu a tření na povrchu tělesa. Skluz vytváří předpoklady pro vznik adhezivního opotřebení.

Při zatěžování např. boku zubu pod mezí kluzu dochází ke zdrsnění kontaktní plochy. Na zdrsněném povrchu vznikají trhliny, které se rozvíjejí a spojují, až nastane odlupování částí povrchu.

Rozvoj porušování pokračuje k tvorbě důlků (pitting), obvykle okrouhlého tvaru. U tvrdých povrchů mohou mít důlky protáhlý nebo hranatý tvar. Významný podíl na jejich vzniku má mazivo, které vniká do povrchových trhlin, a účinkem kontaktního namáhání součásti se jeho tlak zvyšuje. Tento proces přispívá k rozšiřování trhlin a ke vzniku důlků.

Dalším kontaktním únavovým porušováním je odlupování povrchové vrstvy materiálu (spalling). K němu zejména dochází u povrchově kalených součástí s malou prokalenou vrstvou. Působením opakujících se tlaků vznikají podpovrchové trhliny. Následně dochází k prolamování povrchové vrstvy a k jejímu odlupování.

Na vznik únavového opotřebení mají kromě provozních podmínek vliv také:

- tvrdost povrchové vrstvy
- nečistoty
- vměstky
- struktura (drsnost) povrchu



Obr. 13 Únavové porušení zdvihátka ventilu [6]

2.6 Vibrační opotřebení [16] [27] [6]

Vlivem vzájemného kmitavého pohybu o různé amplitudě, frekvenci a proměnlivém zatížení částí, které mohou být v bodovém, čárovém nebo plošném styku vzniká vibrační opotřebení. Velikost amplitudy je omezena na 0,075 mm, při vyšší hodnotě převládá adhezní opotřebení. K vibračnímu opotřebení vždy dochází v oxidačním prostředí za přítomnosti drobných částic oddělených od povrchu. Tyto částice vytvářejí přechod k abrazivnímu opotřebení.

Na průběh a intenzitu vibračního opotřebení zejména působí:

- amplituda pohybu
- frekvence pohybu
- měrný tlak ve styku součástí
- vlastnosti materiálu



Obr. 14 Vibrační opotřebení drážkování hřídele [6]

3. KLUZNÁ LOŽISKA A KLUZNÉ MATERIÁLY [3] [14]

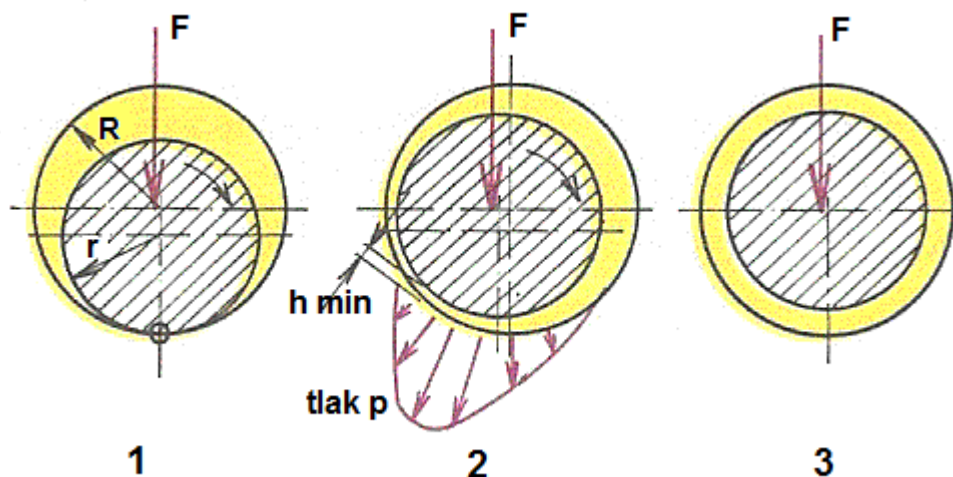
V současné době se valivá ložiska stále více nahrazují ložisky kluznými. Nabízejí řadu výhod, např. úspory místa a hmotnosti, vyšší únosnost, kompenzace nepřesností, tlumení vibrací a tím i hluku. V neposlední řadě vynikají svojí jednoduchostí a nižšími pořizovacími náklady. Využívají se pro uložení hřídelů ručních pák a přesouvadel, vahadel ventilů, kloubových hřídelů, ale i pro uložení vřeten, kde jsou vysoké nároky na přesnost a klidnost chodu.

Jak již bylo zmíněno, nemá-li se ložisko nadměrně opotřebovávat, musí se hřídel ve styčné ploše s ložiskem stýkat prostřednictvím nosného prostředí, tj. kapaliny nebo plynu, jehož tlak odpovídá zatížení ložiska. Podle způsobu vyvození tlaku nosného prostředí lze kluzná ložiska dělit na:

- hydrodynamická, kde tlak nosného prostředí vzniká přímo v ložisku a je způsoben rotací hřídele
- hydrostatická, pneumostatická (podle druhu nosného prostředí – olej nebo vzduch), kde tlak nosného prostředí je způsoben vnějším zdrojem mimo ložisko, např. hydroagregátem.

3.1 Hydrodynamická kluzná ložiska [14] [42] [33] [20] [24]

Nosné prostředí se vytváří za procesu rotace hřídele. Mazivo je hřídelem unášeno do zužující se mazací vrstvy, ve které se vytváří hydrodynamický tlak. V místě je tlaková hydrodynamická síla a zatěžující síla na hřídel v rovnováze. Hydrodynamická síla se zvyšuje s otáčkami hřídele.



Obr. 15 Princip kluzného hydrodynamického ložiska [42]

- 1 – rozběh nebo zastavení
- 2 – střední otáčky hřídele (běžný provoz), mazivo je vtlačováno rotujícím hřídelem do klínové mezery
- 3 – vysoké otáčky hřídele

Mezi výhody těchto ložisek patří malé vnější rozměry, tlumení kmitání pomocí olejové vrstvy a jednoduchost.

K nevýhodám patří zejména vznik tepla z hydrodynamického tření. Ohřev hřídele způsobuje jeho zvětšení a tím se zmenšuje tloušťka olejového filmu (nebezpečí zadření),

proto je nutné mazání s funkcí odvodu tepla. Při rozběhu a doběhu prochází ložisko fází suchého a mezního tření. Potřebný tlak nosného prostředí vzniká až při určité obvodové rychlosti. Je proto výhodné, aby byl rozběh a doběh hřídele co nejkratší a hřídel byla v tuto dobu bez zatížení.

Typy kluzných ložisek:

- pevná
- pružná
- stavitelná
- segmentová



Obr. 16 Ocelové segmenty kluzného ložiska s bronzovou výstelkou



Obr. 17 Stavitelné kluzné ložisko

Materiály a konstrukce kluzných ložisek:

Masivní bronz – pouzdra z masivního cínového bronzu CuSn10P mají velké všestranné využití. Tento materiál je vhodný pro aplikace v náročných uloženíh a nepříznivých provozních podmínkách. Pouzdra odolávají nečistotám, odolávají korozi, při nízkých rychlostech odolávají rázovému zatížení a vibracím, možné využití hřídele s hrubou strukturou povrchu. Jsou především vhodná pro kývavé pohyby, pro střední a vysoké otáčky vhodná nejsou. Mažou se plastickým mazivem nebo olejem. Plastické mazivo se používá pro pravidelné periodické domazávání, olejová lázeň se využívá výjimečně.



Obr. 18 Různá provedení pevných kluzných pouzder z bronzu

Slinutý bronz – kluzná pouzdra ze slinutého bronzu tvoří slinutá bronzová matrice (základní materiál SINT A50 s objemem pórů 28%) napuštěná minerálním olejem. Jsou vhodná pro rotační pohyb a zpravidla nevyžadují domazávání.

Svinutý bronzový pás – kluzná pouzdra z bronzu CuSn8 se zvláště hodí pro uložení, kde se nelze vyhnout průniku nečistot. Při nízkých kluzných rychlostech odolávají rázovým zatížením a vibracím. Pracovní povrch je opatřen mazacími kosočtvercovými kapsičkami, které slouží jako zásobníky maziva. Z těchto kapsiček se následně mazivo postupně samo uvolňuje. Mazat lze jak olejem, tak i všemi běžně dostupnými plastickými mazivy.

Kompozit PTFE – kluzná pouzdra se skládají z několika vrstev. Jako základní nosná vrstva je ocelový plech (elektrolyticky pocínovaný proti korozi). Střední vrstvou je porézní cínový bronz, jenž pomáhá odvádět teplo vytvořené během provozu a zaručuje pevnou vazbu mezi výztuhou a kluzným povlakem. Kluzná vrstva je z PTFE a olova. Vzhledem k obsahu olova v kluzné vrstvě nesmí ložiska přijít do styku s potravinami, nápoji, ani farmaceutickými výrobky. Jsou vhodná pro provoz bez údržby, vysoká zatížení, vysoké provozní teploty a vysoké kluzné rychlosti. Kluzná vrstva PTFE vykazuje nízké tření i bez použití maziva. Pravidelné mazání je doporučeno z důvodu ochrany proti korozi a nečistot. Použití oleje nebo jiné tekutiny je výhodné pro zvýšení výkonu ložiska.

Kompozit POM – kluzná pouzdra s kluznou vrstvou z polyoxymetyleny se skládají ze tří základních vrstev – poměděné ocelové výztuhy, slinuté porézní matrice z cínového bronzu a POM. Tento kluzný materiál vyžaduje domazávání je velmi zřídka. Díky materiálu a kapsiček v kluzném povrchu, které slouží jako zásobníky maziva, mohou ložiska pracovat s minimálním množstvím maziva. Jsou vhodná pro velmi namáhaná uložení.

Kompozit s nerezovým pouzdrem – kluzná nerezová pouzdra potažená tkaninou ze svazků teflonového vlákna a kovových drátků mohou pracovat bez maziva a velmi dobře snášejí velké zatížení. Současně odolávají korozi. Kluzná vrstva je tvořena pouze z vláken PTFE (polytetrafluoretylen), která jsou potažena teplem tvrditelnou pryskyřicí. Pryskyřice brání shrnování tkaniny i při vysokých zatíženích. Kovová strana slouží k přitavení na nerezovou výztuhu. Vysoké zatížení snášejí při nízkých kluzných rychlostech.

PTFE polyamid – termoplastická kluzná pouzdra s přísadou PTFE a skleněného vlákna jsou tenká a dobře přenášejí teplo. Jsou tedy vhodná pro vysoké kluzné rychlosti a do korozních prostředí. Mají elektroizolační vlastnosti. Kombinace použitých materiálů pouzdra eliminuje nutnost mazání a zajišťuje dlouhou životnost. Neustálým přísunem maziva lze kluznou rychlost ještě zvýšit.

Vinutá vlákna – kluzná pouzdra vyrobená navíjením pramenů tetlonového a polyesterového vlákna do matrice z pryskyřičného pojiva jsou zejména vhodná pro uložení vystavená velkým zatížením, vibračním a korozivním prostředím. Technologie navíjení vláken a epoxidová pryskyřičná matrice dávají výjimečnou kombinaci mechanických vlastností pevných polyesterových vláken, tribologického chování tetlonu a skelných vláken. Pouzdra nevyžadují mazání, avšak přítomnost maziva poskytuje ochranu proti nečistotám.

Spinodální slitiny – spinodální slitiny Cu-Ni-Sn se kontinuálně odlévají a pouze spinodálně vytvrzují nebo tvářejí a spinodálně vytvrzují. Rozměrový a tvarový sortiment je přizpůsoben pro výrobu pouzder i čepů. Ložisková pouzdra z těchto slitin mají dobrou tepelnou vodivost, vysokou pevnost (až 1100 Mpa) a nízký součinitel tření (srovnatelný s cínovým bronzem s vysokým obsahem olova). Nejsou určena pro suchá uložení. Mají velmi dobrou korozní odolnost.

Kompozice – kompozice lze dělit na cínové a olovené. Vyznačují se malou pevností, únavovou pevností a nízkou tepelnou odolností (do 100°C), dobrou odolností proti zadírání a jímavostí cizích částic. Cínové kompozice jsou korozivzdorné, olovené vyžadují maziva s antikorozními aditivy. Ložiska (např. ocelový základní materiál) se kompozicí vylévají metodou statického nebo odstředivého lití. Kompozicové materiály lze na základní materiál i navařovat speciálními technologiemi.



Obr. 19 Skružovaná kluzná ložiska s výstelkou, vlevo PTFE, vpravo POM

3.2 Hydrostatická kluzná ložiska [14], [28]

Tyto ložiska lze plně zatížit již od nulových otáček, protože tlak nosného prostředí není generován rotací hřídele jako u hydrodynamických ložisek, ale pochází od vnějšího zdroje. Tlakové prostředí působí po celém obvodu hřídele a odstraňuje vůli hřídele v ložisku. Hydrostatická ložiska jsou složitější a výrobně náročnější. Hřídel i pánev musí být opracovány v menší rozměrové toleranci. Jsou vhodná pro uložení včetně velmi přesných obráběcích strojů a pro vysoké otáčky.

Druhy hydrostatických ložisek:

S jedním čerpadlem a škrcením – Tlaková kapalina je do všech kapes dodávána přes škrtící ventily jedním čerpadlem. Vzhledem ke konstantnímu škrcení jednotlivých kapes se dle

změny zatěžující síly mění velikost dodávaného množství, podle velikosti vůle mezi hřídelí a pouzdrem. Důsledkem je jistá excentricita hřídele.

S více čerpadly – Plnicí čerpadlo dodává potřebné množství kapaliny čerpadlům odměrným. Odměrná čerpadla plní každou kapsu konstantním množstvím tlakové kapaliny. Tento způsob vykazuje přibližně dvojnásobnou tuhost oproti systému s jedním čerpadlem a škrcením.

Se škrcením závislým na zatížení – Jedno čerpadlo dodává do kapes s předřazenými škrtícími ventily tlakovou kapalinu. Škrtící ventily se změnou tlaku v kapse regulují průtok. Při zvýšení zatížení hřídele v některých kapsách vzroste a v ostatních klesne tlak kapaliny v závislosti na vůli mezi hřídelí a pouzdrem. Např. zvýšení tlaku způsobí deformaci membrány škrtícího ventilu a umožní větší průtok dodávané kapaliny. Při snížení tlaku je jev opačný a průtok dodávané kapaliny se sníží.

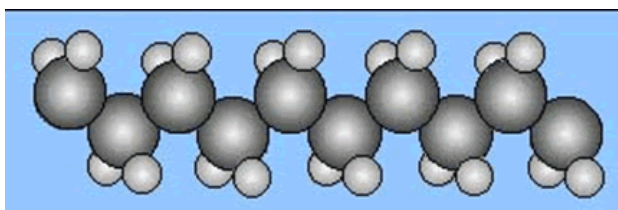
4. POLYMERY, LEPENÍ, TMELENÍ [19] [7]

Polymery jsou chemické látky s pestrou paletou vlastností. Jsou tvořeny makromolekulami obsahující většinou atomy uhlíku, vodíku, kyslíku, dusíku, chloru a dalších. Z chemického hlediska se jedná o látky organického původu.

4.1 Základní rozdělení plastů [10] [19]

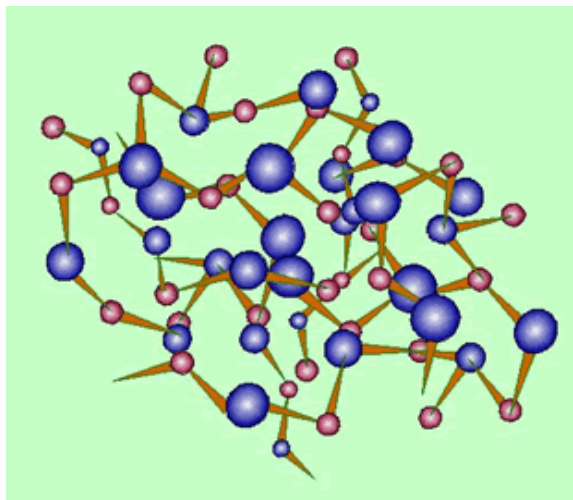
Polymery lze dělit podle teplotního chování na:

Termoplasty – při zahřívání přecházejí do plastického stavu, kde je lze snadno tvářet a zpracovávat různými technologiemi. Ochlazováním do tuhého stavu přejdou u semikrystalických plastů pod teplotou tání, u amorfních plastů pod teplotou viskózního toku.



Obr. 20 Řetězec molekulární struktury polyethylenu [10]

Reaktoplasty – v první fázi zahřívání měknou, ale lze je tvářet pouze omezenou dobu. V průběhu dalšího zahřívání dochází k prostorovému zesíťování struktury chemickou reakcí (tzv. vytvrzování). Tento děj je nevratný a vytvrzený plast již nelze roztavit. Zahříváním na vyšší teploty dochází k degradaci hmoty a jejího rozpadu.



Obr. 21 Síťová struktura fenolformaldehydu (bakelit) [10]

Kaučuky – v první fázi zahřívání měknou a lze je tvářet také jen omezenou dobu. V průběhu dalšího zahřívání dochází chemickou reakcí k prostorovému zesíťování struktury (tzv. vulkanizace).

Podle nadmolekulární struktury se plasty dělí na:

Amorfní – makromolekuly jsou neuspořádané a zaujímají zcela nahodilou pozici. Mezi amorfní plasty patří např. PS, PMMA apod. Vyznačují se tvrdostí, křehkostí, vysokou pevností a modulem pružnosti. Možné použití amorfních plastů je do teploty zesklnění.

Krystalické (semikrystalické) - makromolekuly vykazují určitý stupeň uspořádanosti (stupeň krystalinity). Stupeň krystalinity vyjadřuje relativní podíl uspořádaných oblastí mezi oblastmi amorfními, pohybuje se od 40 do 90%. Mezi semikrystalické plasty lze zařadit např. POM, PTFE, PA. Vyznačují se houževnatostí, pevnost a modul pružnosti roste se stupněm krystalinity. Možné použití semikrystalických plastů je do teploty tání.

Podle druhu přísad:

Plněné – samotná makromolekulární látka tvoří funkci pojiva, přičemž určuje základní fyzikální a mechanické vlastnosti hmoty. Plniva zlepšují mechanické vlastnosti hmoty, nebo chemickou odolnost, nebo tvarovou stálost při zvýšené teplotě, jiná mohou pouze hmotu zlevňovat.

- Plniva mohou být vyztužující ve formě krátkých nebo dlouhých vláken (skleněná, kovová, uhlíková, méně účinná bavlněná vlákna, nebo textilní ústrižky). Obsah vláken je do 50%, protože je důležité, ke správné funkci vyztužení hmoty, dokonalé obalení pojivem.
- Dále jsou plniva nevyztužující, které jsou ve formě prášku. Přidávají se z důvodu snížení ceny hmoty, nebo pro zlepšení určitých vlastností. Např. přidáním grafitu se zlepšují kluzné vlastnosti, práškovými kovy se zlepšuje tepelná vodivost. Obsah nevyztužujících plniv je do 70%.
- Dalším typem plniva jsou kovové nebo skleněné kuličky, jež zvyšují odolnost proti rázům a zvyšují rozměrovou stabilitu. Tepelné a světelné stabilizátory zpomalují degradační procesy a zvyšují životnost hmoty.
- Maziva snižují viskozitu polymeru a zamezují lepení výrobku na stěnu formy. Obsah maziv je do 1% a používají se např. stearáty Ca a Zn, vosky nebo oleje a tuky.
- Jako barviva se většinou používají pigmenty založené na anorganických sloučeninách kovu. Organická barviva (líhové roztoky) jsou rozpustná v polymeru a využívají se tehdy, když hmota po vybarvení má zůstat průhledná.
- Změkčovadla zlepšují zpracovatelnost a ohebnost materiálu a houževnatost. Mechanické vlastnosti se však zhoršují.
- Tvrdivla způsobují příčné vazby mezi makromolekulami, tím dochází k vytvrzení hmoty. Pro ovlivnění účinků tvrdidla se používají iniciátory a urychlovače polyreakcí.
- Nadouvadla se při zahřátí mění v plynné látky a tvoří tedy odlehčené plasty. Obsah nadouvadel je nízký 0,5 až 2% k základnímu materiálu.
- Retardéry hoření tvoří samozhášivou vlastnost hmoty, zpomalují proces hoření nebo nedovolí zapálení plastu.

Neplněné – pokud množství přísad neovlivňuje vlastnosti polymerní matrice, jedná se o plast neplněný

Dále lze plasty dělit dle původu (přírodní, syntetické), polaritu (polární a nepolární), či chemické struktury (polyolefiny, polyamidy, styrenové plasty apod.)

4.2 Molekulární struktura plastů [19]

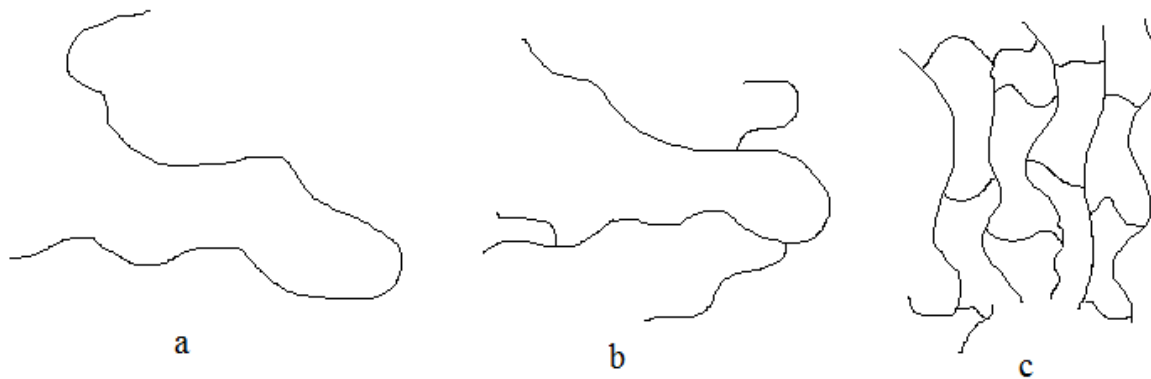
Plast je makromolekulární látka syntetického nebo přírodního původu. Za působení tlaku a teploty je tvářitelný. Makromolekula sestává z opakujících se monomerních jednotek, jejímž základním prvkem je uhlík.

Druhy polymerních makromolekul:

Lineární – lineární makromolekuly jsou tvořeny z monomerních molekul, které se řadí do řetězce za sebou. Polymery s lineárními makromolekulami mohou mít vyšší hustotu, protože se k sobě mohou z prostorových důvodů více přiblížit. S touto strukturou mají plasty vyšší obsah krystalických podílů. Plasty jsou obvykle dobře tavitelné a rozpustné.

Rozvětvené – rozvětvené makromolekuly mají na základním řetězci větve. Plasty s touto strukturou mají nižší hustotu než plasty s lineárními makromolekulami, neboť v důsledku bočních větví se nemohou rozvětvené makromolekuly dostatečně k sobě přiblížit. S touto strukturou plasty hůře krystalizují. Rozvětvením makromolekul je zhoršena tekutost v roztaveném stavu, snížení mezimolekulárních sil a tím zhoršení většiny mechanických vlastností.

Zesíťované – v tomto případě se vytváří prostorová síť z několika lineárních nebo rozvětvených makromolekul, které jsou mezi sebou propojeny vazbami. Tato síť způsobuje ztrátu rozpustnosti a tavitelnosti polymeru. Charakteristické pro kaučukovité polymery je řídká síť, naopak hustá síť je charakteristická pro reaktoplasty.



Obr. 22 Polymerní makromolekuly a) lineární, b) rozvětvené, c) zesíťované [40]

4.3 Nadmolekulární struktura plastů [4]

Jak již bylo zmíněno, nadmolekulární struktura plastů může být amorfní nebo krystalická. Lineární makromolekuly vytváří uspořádanější strukturu než makromolekuly rozvětvené, zesíťované makromolekuly vytváří strukturu neuspořádanou. Tedy, termoplasty mohou mít nadmolekulární strukturu jak amorfní, tak i semikrystalickou, zatímco reaktoplasty pouze amorfní strukturu.

Amorfní struktura – neuspořádaná struktura, zcela nahodilé uspořádání. Globuly jsou základním morfologickým útvarem této struktury a jsou tvořeny z chaoticky stočených makromolekul. Velikost globul je 10 až 30 nm.

Krystalická struktura – struktura s určitým stupněm uspořádanosti. Lamely a fibrily jsou základním morfologickým útvarem.

4.4 Úprava povrchu adherendu [1] [35]

Stupeň a druh zdrsnění zlepšuje mechanickou adhezi lepidla k základnímu materiálu (adherendu). Nemá však v řadě případů rozhodující význam. Pro dobrou adhezi je podmínkou přiblížení lepidla k adherendu na vzdálenost několika desetin nanometru.

Chemisorpce lepidla na adherend nasvědčuje pevnému spojení lepidla s adherendem kovalentními vazbami. Při odlupování je prokázáno, že nedochází k adhezni poruše, ale že na povrchu adherendu zůstává zbytek lepidla. Množství zbytků lepidla je do jisté míry závislé na materiálu a úpravě povrchu adherendu před lepením. U zdrsněného povrchu např. smrkováním dochází k poruše i materiálu adherendu, kdy v lepidle zůstávají vytrhané zbytky kovu. Takže nejde pouze o adhezni poruchu, ale o poruchu v lepidle i adherendu. Většinou však (u hliníkových slitin) dochází k poruše mezi chemisorbovanou vrstvou a ostatní hmotou lepidla, tedy těsně vedle povrchu adherendu. Převážná většina vzniklých poruch je kohezního charakteru. Nejslabší místo spoje je tedy v těsné blízkosti chemisorbované vrstvy nebo chemisorbovaných vrstev směrem do lepidla.

U kovů a anorganických adherendů se prakticky difúzní teorie adheze neuplatňuje. Části makromolekul jsou příliš velké, než aby mohly difundovat např. po hranicích zrn kovu. Difúzní teorie se především uplatňuje u vzájemného lepení polymerů.

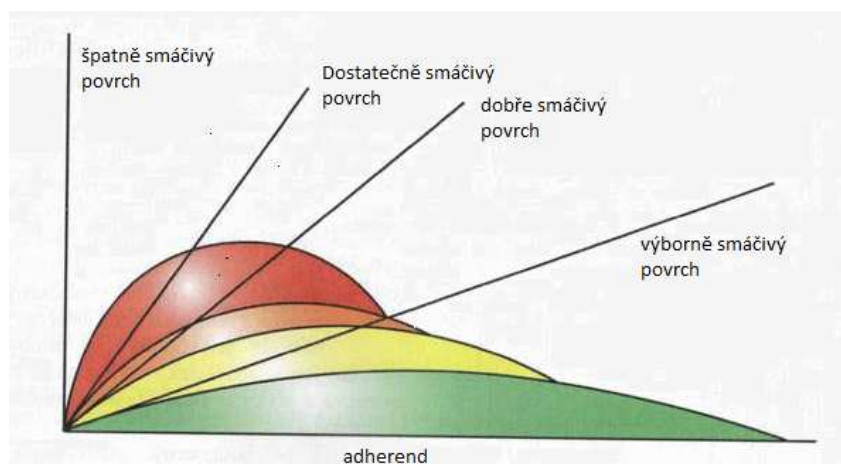
Důležitou operací před lepením je příprava povrchu adherendu. Je-li povrch znečištěn mastnotou nebo vrstvou, která není pevně spojena s adherendem, musí se z povrchu všechny nečistoty odstranit např. tryskáním, broušením nebo chemickým procesem. V případě znečištěného povrchu nelze dosáhnout kvalitního spoje.

Povrchová úprava před lepením musí být takového charakteru, aby následná adhezni pevnost spoje byla vyšší než pevnost kohezní. Organická lepidla mají nízkou volnou povrchovou energii, čisté kovy zpravidla vysokou volnou povrchovou energii. To je podmínkou pro vytvoření spojů s vysokou adhezni pevností. Povrchy kovů jsou důsledkem sorbcí složek atmosféry velmi rychle znečišťovány, což způsobuje snižování volné povrchové energie kovu. Proto je nutné před lepením znečištěnou vrstvu (film) odstranit a nahradit jí vrstvou, která odolává účinkům atmosféry a je vhodná pro lepení. Úprava povrchu je důležitým faktorem pro vytvoření maximální adheze, zároveň musí zabránit i podkorodování lepidla. Podkorodování lepidla by v konečné fázi mohlo způsobit rozpadnutí spoje.

U povrchových úprav je zapotřebí provést měření volné povrchové energie. Jednou z měřících metod je měření smáčecího úhlu, který vytvoří na povrchu adherendu kapka vody. Pokud je povrch adherendu dobře smáčivý, voda se rozteče. To dává dobrý předpoklad, že bude adherend dobře smáčen i lepidlem.

Na obr. 23 jsou znázorněny možné smáčivosti povrchu, kde:

- výborně smáčivý povrch je v rozmezí úhlu 0° až 20°
- dobře smáčivý povrch je v rozmezí úhlu 20° až 40°
- dostatečně smáčivý povrch je v rozmezí úhlu 40° až 55°
- špatně smáčivý povrch je v rozmezí úhlu 55° až 90°
- u nesmáčivého povrchu je úhel větší než 90°



Obr. 23 Smáčivost povrchu adherendu [35]

Povrchová úprava pro lepený spoj je závislá na druhu použitého lepidla, dále podle lepeného materiálu a zejména podle požadavků, které jsou kladeny na zatížení za provozních podmínek a životnosti spoje.

Povrchové úpravy jsou vybrány podle:

- druhu a stavu adherendu
- typu použitého lepidla
- ekonomického hlediska
- požadavků na konečný výsledek spoje

Před zavedením určité technologie lepení do sériové výroby je třeba provést zkoušky. Zkouška ve smyku je vhodná pro porovnání úpravy povrchu adherendu, než jako provozní kontrola dodržení správné technologie úpravy. K těmto účelům je vhodnější odlupovací zkouška.

Výsledkem zkoušek jsou příslušné číselné hodnoty pevnosti a z nich např. průměr, maximum a minimum zkoušených dávek. Dalším důležitým výsledkem zkoušek je vzhled lomu. Na obr. 24 jsou vyobrazeny možné druhy poruch lepeného spoje. Kohezní porucha je nejprůzračnějším výsledkem, pokud zároveň vykazuje dostatečnou hodnotu pevnosti. Pokud dojde k adhezní poruše (lepidlo zůstane na jedné z ploch), lze takový spoj požadovat za nevyhovující, pokud je výsledná hodnota pevnosti nižší než je požadavek konstrukce. Nebo ještě za vyhovující, pokud je výsledná pevnost ještě v souladu s požadavky. V tomto případě je zapotřebí zkoušku opakovat na několika dalších vzorcích, aby se snížila pravděpodobnost náhodných jevů. Může nastat i smíšená porucha, kde je část spoje kohezní lom a část adhezní. V tomto případě by se mělo postupovat stejně jako u adhezní poruchy.



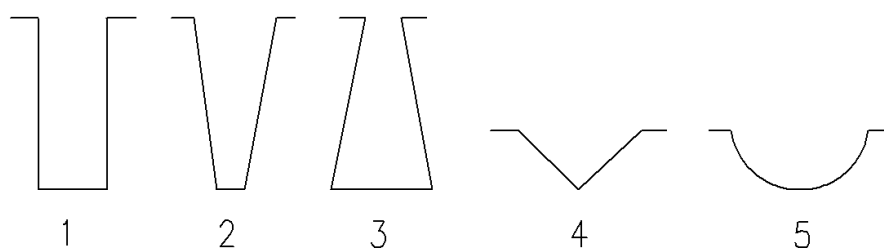
Obr. 24 Druhy porušení lepeného spoje [1]

4.4.1 Struktura (drsnost) povrchu [1]

Povrch před lepením je zapotřebí zdrsnit. Důvodem je zvětšení lepené plochy a tím zvýšená pevnost spoje. Na obr. 25 jsou vyobrazeny základní typy nerovností povrchu. Nejvýhodnější tvar zdrsnění je plochá kónická nerovnost. Zvětšuje podstatně lepený povrch. Pokud dojde při lepení k uzavření vzduchové bubliny u miskové kónické nerovnosti, která je vzhledem k velkému průměru a malé hloubce postižena poměrně velká část povrchu, dojde k výraznějšímu snížení pevnosti spoje. Hluboké nerovnosti typu válcových, kónických otevřených i uzavřených nejsou také příliš vhodné. Lepidlo špatně prohlubně vyplňuje, neproniká až na jejich dno. Tedy poměr mezi mikropovrchem a účinným povrchem není výhodný.

Narozdíl tomu při výrobě kluzných ploch tmelením nebo vyléváním kluznými hmotami na bázi epoxidové pryskyřice je doporučován co nejhrubší povrch, nejlépe „otrhaný“. Tento povrch je výhodný pro dokonalé mechanické zakotvení hmoty, aby při jejím následném zatěžování, které může být různého charakteru, nedocházelo k jejímu odlupování.

Povrchy je možné připravit obráběním (soustružením, frézováním, hoblováním, broušením), tryskáním (abrazivo umělý korund, bílá litina apod.), leptáním.



Obr. 25 Základní typy nerovností povrchu lepených ploch (1 - válcová nerovnost, 2 – kónická otevřená nerovnost, 3 - kónická uzavřená nerovnost, 4 – kónická plochá nerovnost, 5 – kónická misková nerovnost) [1]

4.4.2 Odstranění nečistot z povrchu, odmašťování [1] [17] [15] [11] [36] [12] [18] [43] [38] [25]

Nečistoty jsou k povrchu vázány fyzikální adsopcí a adhezními silami. Pro dobrou adhezi lepidla k povrchu adherendu je odmaštění a odstranění mechanických nečistot z lepeného povrchu je nutné. Neodmašťují se pouze lepené plochy, ale nejlépe celé díly. Není to pouze z důvodu nezanesení nečistot při operaci lepení, ale i při následném vytvrzování. Zejména při

vytvrzování za vyšších teplot může dojít ke snížení viskozity mastnot a jejich zatečení do spoje a tím snížit jeho pevnost. K čištění a odmašťování se používá zejména:

- mechanické čištění (kartáčování, tryskání, obrábění apod.)
- alkalické odmašťování
- odmašťování v parách rozpouštědla
- oplachování a tamponování rozpouštědly

Alkalické odmašťování – Alkalické lázně jsou vodné roztoky obsahující alkalické soli a mýdla a povrchově aktivní látky – tenzidy. Emulgační přísady tuky sbalují a vytěsňují na hladinu, kde je poměrně snadné tuky z lázně odstranit. Mezi alkalické soli patří metakřemičitan sodný, orthokřemičitan sodný, pyrofosforečnan sodný, hydroxid sodný a další. Odmašťuje se ponorem nebo postříkem. Pro vyšší účinnost odmašťování se lázně zahřívají na teplotu 60 – 90 °C. Doba odmašťování je závislá na druhu a míře znečištění, pohybuje se mezi 5 až 10 minutami. Účinnost alkalické lázně je dána druhem a koncentrací chemikálií v ní obsažených. Účinnost lze ovlivnit mechanickým působením, teplotou a dobou působením. Mechanické působení lze vyvodit při postříku rychlostí proudění, promícháváním lázně, pohybem dílů v lázni. Značně zlepšit odmašťovací účinek lze použitím ultrazvuku. Životnost lázně je omezena a je závislá na stupni znečištění dílů a na druhu znečištění. Po alkalickém odmašťování se díl oplachuje ponorem nebo sprchováním, nejlépe demineralizovanou vodou.

Výrobek UniClean Bio WB je alkalická odmašťovací lázeň s bioremediací. Bioremediace je přirozený proces, při kterém bioaktivní složky (mikroorganismy) rozkládají organické látky (mastnota, nečistoty) na oxid uhličitý a vodu. Biosložka neslouží k vlastnímu odmašťování dílů, k tomu slouží povrchově aktivní látky (tenzidy) a jiné přísady. Biosložka pouze slouží ke zvyšování životnosti lázně. Doporučená teplota lázně je 40 – 45 °C, při teplotě 42 °C je aktivita mikroorganismů nejvyšší. Teplota nesmí přesáhnout 55 °C, jinak by došlo k odumření biosložky. Důležitým parametrem je hodnota pH, která se pohybuje v rozmezí 8,8 – 9,4. Dodržení pH je důležité, neboť při vysokém pH není biosložka dostatečně účinná v odbourávání organických nečistot. Při nízkém pH mohou být odbourávány tenzidy v lázni a účinnost lázně by se tím snižovala. Velkou výhodou této lázně je nižší teplota ohřevu než u běžně používaných lázní, která je až 90 °C. Výhoda je v uspořené energii, která při cenách el. energie není zanedbatelná.

Výrobek Pragolod 46 je slabě alkalický odmašťovací a čistící přípravek pro odmašťování oceli, litiny, hliníku a jeho slitin a mědi a jejich slitin. Přípravek obsahuje nízkopěňivé účinné tenzidy. Díky této vlastnosti je vhodný pro aplikace ponorem, postříkem, pomocí ultrazvuku, či pro tlakové mytí pomocí zařízení WAP. Pracovní podmínky přípravku jsou v tab. 4.1.

Tab. 4.1 Pracovní podmínky přípravku Pragolod 46 pro různé aplikace [12]

Aplikace	Doporučená koncentrace [%]	Teplota [°C]	Expoziční doba [min]
Ponor	4 – 10	50 – 85	2 – 8
Ultrazvuk	1 – 6	40 – 80	0,5 – 3
Postřík	2 – 6	40 – 85	1 – 3
Tlakové mytí	0,5 – 1	40 - 75	0,5 - 3

Odmašťování rozpouštědly – Odmašťovat rozpouštědly lze buď oplachováním, tamponováním nebo v parách rozpouštědla. K nejlepším výsledkům dochází při odmašťování v parách rozpouštědla. Při tamponování i oplachování se většina nečistot odstraní, ale část zůstane po celém povrchu rozprostřena.

Při odmašťování v parách se na studeném dílu páry zkondenzují, rozpustí mastnotu a odkapou. Většina běžných rozpouštědel jsou na bázi chlorovaných uhlovodíků. Např. trichloretylen.

Pro odmašťování oplachováním nebo tamponováním se používá nejčastěji aceton. Má výbornou odmašťovací schopnost a je doporučován i řadou výrobců tmelů a lepidel.

Je zřejmé, že výběr rozpouštědla také závisí na materiálu adherendu, velikosti a druhu znečištění. Chlorované etany a etylény narušují hliník. Aceton může naleptávat některé plasty. Dichloretylen nesmí přijít do styku s mědí, jinak mohou vznikat výbušné acetylidy.

Dle velikosti znečištění se může použít kombinace různých metod odstraňování nečistot. Například nejprve mechanické očištění, potom hrubé omytí Purgasolem, technickým benzinem či jiným přípravkem a nakonec odmaštění acetonem.

Elektrolytické odmašťování – Elektrolytické odmašťování je proces, který probíhá v alkalických lázních za působení stejnosměrného elektrického proudu. El. proudem je odmašťování urychlováno a účinnost lázně se zvyšuje. Na odmašťovaných součástech se vytváří zplodiny (vodík, kyslík), které narušují vrstvu mastných nečistot. Nečistoty se vyvíjením vodíku či kyslíku snadněji uvolní a smísí se s lázní. Výhodou této technologie odmašťování je značná rychlost odstranění mastných nečistot.

Namáhané díly, zejména kalené, nesmí být katodicky elektrolyticky odmašťovány. Je přípustné pouze anodické elektrolytické odmašťování. Koncentrace vodíku a doba expozice je při katodickém elektrolytickém odmašťování příliš vysoká. Vodík tak může difundovat do odmašťovaného materiálu a ovlivnit ho vodíkovým křehnutím.

Tab. 4.2 Pracovní podmínky přípravků pro elektrochemické odmašťování [12]

Přípravek		Pragolod 61	Pragolod 66
Doporučená koncentrace		7 – 10 %	8 – 10 %
Doporučená teplota lázně	Ocel	60 – 80 °C	50 – 70 °C
	Barevné kovy	50 – 70 °C	-
Proudová hustota	Katodicky/anodicky	10 / 10 A.dm ²	- / 10 A.dm ²
Expoziční doba	Ocel - katodicky	1 – 2 min	-
	Ocel - anodicky	30 s	30 – 60 s
	Barevné kovy - katodicky	1 min	-
	Barevné kovy - anodicky	15 s	-
Elektrody	Korozivzdorná ocel 17 241, 17 246		
Plocha zboží : plocha elektrod	1 : 2		

Výrobek Pragolod 66 je silně alkalický odmašťovací přípravek pro anodické elektrolytické odmašťování oceli. Je určený pro odmašťování povrchů před povrchovými úpravami, které vyžadují vysokou čistotu povrchu. Tento přípravek kromě odmašťovacího účinku současně umožní odstranění náletové rzi a v anodickém cyklu zajišťuje aktivaci, příp. mikroskopické zdrsnění povrchu.

Přípravek Pragolod 61 je silně alkalický a je určen pro odmašťování oceli, mědi a jejich slitin. Je možné lázeň použít v katodickém i anodickém cyklu. Obsahuje nízkopěnové biologicky odbouratelné neionogenní tenzidy.

Ultrazvukové odmašťování – Ultrazvukové čištění je efektivní způsob odstraňování organických i anorganických volně vázaných nečistot z povrchů. V běžné praxi se využívají frekvence od 24 do 43 kHz, pro jemnější čištění i 100 kHz. Vyšší frekvence 400 kHz až 4 MHz zaručuje nejjemnější čištění s ochranou mikrostruktur. Takto vysoké frekvence se využívají např. v elektrotechnice na čištění křehkých křemíkových konstrukcí.

Při šíření zvukových vln v kapalině vzniká následkem střídavého zhuštění a zředění kapaliny přídatný tlak. Přídatný (zvukový) tlak dosahuje k hodnotám, při nichž se v kapalině vytváří kavitační zárodky. Zárodky se vytváří v okamžiku zředění, tedy když zvukový tlak má zápornou hodnotu a na kapalinu působí roztahné síly, které vyvolávají porušení soudržnosti kapaliny. Po krátké existenci kavitační zárodky zanikají. Zánik je přitom doprovázen velkými silami a velkým místním zvýšením teploty. Například při frekvenci 25 kHz dosahují lokální tlaky až 50 MPa a lokální teploty hodnot vyšších než 5000 °C. Při vzniku i zániku kavitačních zárodků je dalším průvodním jevem místní elektrizace. V bublinkách přeskakují jiskry a kapalina slabě světélkuje. Hořlavé kapaliny nesmí být použity pro aplikace čištění ultrazvukem.

Vznikající vysoké tlaky a teploty mohou jemnější a křehčí struktury poškodit. Velikost sil je regulována frekvencí. Při nízké frekvenci např. 20 kHz se vytváří větší kavitační zárodky a silnější tlakové vlny, než při vyšší frekvenci např. 35 kHz, kde se vytváří vyšší počet menších kavitačních zárodků. Nízké frekvence se používají pro robustnější silně znečištěné díly. Vyšší frekvence se užívá pro intenzivní, ale jemnější čištění. Pro zvýšení účinnosti se kapalina zahřívá na potřebnou teplotu, kdy jsou nečistoty odstraňovány efektivněji a doba čištění se zkracuje.

Čistící přípravky pro aplikaci odstraňování nečistot ultrazvukem se nejčastěji používají alkalické roztoky, vždy k této aplikaci určené. Jeden z vhodných přípravků je Pragolod 46, v tab. 4.1 je doporučená koncentrace a teplota lázně.

4.4.3 Úpravy ocelového povrchu [1]

Ocel se reakcí se vzdušnou vlhkostí rychle pokrývá vrstvou oxidů. Vzniklá vrstva není pevně spojena s jádrem kovu a proto není pro lepení vhodná. Z tohoto důvodu se vzniklé vrstvy odstraňují a je-li to možné, okamžitě nanáší lepidlo, anebo se povrch oceli chemicky moří. Na broušený povrch by se lepidlo mělo nanést do čtyř hodin, jinak vznikne dostatečně silná vrstva oxidů, jež sníží pevnost spoje. Mořením se získá na povrchu vrstva, která je pevně spojena s jádrem adherendu a zároveň má vhodné vlastnosti pro lepení.

Úpravy povrchu oceli lze provést např. následujícími způsoby:

- piklování v kyselině chromsírové
- moření v roztoku peroxodisíranu amonného
- moření v kyselině fosforečné
- moření v kyselině sírové a dusičné
- moření v kyselině fluorovodíkové a sírové

- moření v kyselině chlorovodíkové, peroxidu vodíku a formaldehydu
- moření v kyselině fluorovodíkové, dusičné a chromsírové
- moření v kyselině fluorovodíkové, chlorovodíkové a fosforečné
- moření v kyselině chlorovodíkové
- moření v kyselině orthofosforečné a ethylalkoholu
- tamponování roztokem hydroxidu draselného
- fosfátování

Při úpravě povrchu fosfátováním mají tlustší povlaky tendenci tvořit větší krystaly, které snižují pevnost spoje.

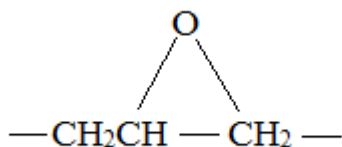
U renovací nebo oprav strojních součástí tmelením se zpravidla moření nevyužívá. Opravovaná místa se mechanicky očistí např. kartáčováním a opracují se na požadované rozměry obráběním, popř. otryskají. V další fázi se povrch odmašťuje acetonem nebo přímo odmašťovacími látkami dodávanými výrobcem tmelu. Tyto látky mají zpravidla příznivý vliv na zvýšení adheze tmelu k adherendu.

4.5 Epoxidové pryskyřice [1] [17] [23]

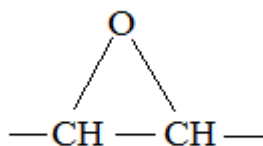
Epoxidové pryskyřice jsou sloučeniny, které v molekule obsahují více než jednu epoxidovou (oxiranovou) skupinu. Tato skupina je reaktivní s velkým počtem látek, což vede k zesíťování makromolekulárních produktů. Zásluhou velké reaktivity mají epoxidové pryskyřice široké aplikační možnosti jako jsou lepidla, tmely, zalévací a lisovací hmoty až po lékařské pryskyřice. V průběhu vytvrzování nedochází k odštěpení vedlejších produktů, dochází jen k malému smršťování. Vytvrzené produkty se vyznačují výbornou adhezí ke kovu, sklu, dřevu, keramice a dalších. Obecně mají v poměrně širokém rozsahu teplot velmi dobré elektroizolační a chemické vlastnosti, odolávají vodě, alkalickým roztokům a vybraným rozpouštědlům.

Epoxidové pryskyřice lze dělit na dvě základní skupiny:

- obsahující glycidylové (2,3 epoxypropylové) skupiny



- obsahující epoxidové skupiny



Mezi nejběžnější epoxidové pryskyřice patří pryskyřice glycidylového typu a jsou to produkty alkalické kondenzace epichlorhydrinu nebo dichlorhydrinu s 2,2 – bis (4 – hydroxyfenyl) propanem (krátce zvaným dian nebo bisfenol A). K dalším rozšířeným patří alifatické a cykloalifatické pryskyřice. Hlavní výhodou cykloalifatických pryskyřic je větší

odolnost vůči povětrnostním vlivům (neabsorbuje ultrafialové záření) a dále jsou odolnější vůči elektrickému oblouku a plazivým proudům. Dalšími rozšířenými jsou hydantoinové pryskyřice, které jsou vhodné pro vysoký stupeň plnění, mají dobrou tekutost.

Při vytvrzování epoxidových pryskyřic dochází k chemickým reakcím, které přemění nízkomolekulární, tavitelné a rozpustné monomery a oligomery na netavitelné a nerozpustné polymery. Epoxidové pryskyřice jsou jednosložkové nebo dvousložkové. Vytvrzují se za normální nebo zvýšené teploty. Pro opravárenské účely jsou pryskyřice zpravidla dvousložková vytvrzující za normální teploty, za teploty okolí. Druhou složkou je tvrdidlo, které ovlivňuje dobu polymerace a současně i vlastnosti hmoty. Tvrdidla jsou nejčastěji založena na bázi amínů – alifatické aromatické diaminy, polyetylén – polyamíny, amidiaminy. Na bázi fluoridu boritého vytvrzuje nejrychleji a umožňuje i rychlé vytvrzení při nízkých teplotách (0 až 10 °C). Dále jsou rozšířené anhydridy dikarboxylových kyselin, polysulfidy a dikyandiamidy.

Adheze ke kovovým i nekovovým materiálům je výborná. Především je dána epoxidovými a hydroxylovými skupinami pryskyřičných základů i nitridovou skupinou, která je vnesena tvrdidlem, např. dikyadimidem. Epoxidové skupiny ovlivňují adhezi pouze při smáčení povrchu materiálu. V další fázi dochází k reakci epoxidových skupin s tvrdidly, dochází k polymeraci a epoxidové skupiny mizí.

Velikost koheze epoxidových pryskyřic je určena velikostí přitažlivých sil mezi makromolekulami. Snižování kohezní pevnosti epoxidových pryskyřic se dle dlouhodobých zkoušek projevuje jen nepatrně. Smrštitelnost tmelů i samotných epoxidových pryskyřic je nepatrná.

Vlastnosti moderních tmelů:

- minimální smrštivost (v hodnotách do 0,2 %) – možnost vytvoření požadované plochy bez dalšího opracování např. vyléváním nebo otiskem protidílce
- tixotropní vlastnosti – soudržnost, nestékavost tmelu umožní vytvořit velké tloušťky i na svislé ploše
- různobarevnost tmelu a tvrdidla – snížení pravděpodobnosti záměny složek, vizuální kontrola stavu promíchání
- tolerantní poměr míchání obou složek – není zapotřebí přesného vážení či odměřování
- dostatečná elasticita – zpravidla se tmelí materiály s jiným koeficientem teplotní roztažnosti
- teplotní odolnost – dle použití jsou tmely dodávány s různou teplotní odolností (od 60 °C až do 800 °C)
- antikorozi a nemagnetické
- nejedovatost – možnost použití pro potravinářský průmysl
- dlouhodobá skladovatelnost

4.5.1 Plniva epoxidových tmelů [17] [9] [31]

Každý tmel má své specifické použití. Plniva v epoxidových tmelech mají různé složení a vlastnosti. Podle použití jsou tmely plněny práškovými, vlákninovými plnidly nebo jejich kombinací.

Druhy plniv:

- kovy – Mn ocel, CrNi ocel, litina, Mo, Cu, Al, slitiny mědi, slitiny hliníku
- nekovy – C, diamantový prach
- keramika – SiC, TiC, WC, ZrO₂, Al₂O₃

Kovem plněné tmely jsou především určeny pro opravu hřídelí, čepů, svorníků, závitů, kluzných ložisek, ložiskových pánví, kluzných vedení, kovových odlitků, vodních pump a oběžných kol apod. Kovem plněné tmely jsou zpravidla dobře obrobitelné. Lze je soustružit, frézovat, vrtat i brousit. Obrábět se musí jemně, bez vzniku velkých sil, aby nedošlo k odtrhávání nebo přehřátí hmoty a tedy k destrukci opravované plochy. Kovem plněné tmely mohou dosáhnout až 95% plnění. Takto vysoký stupeň plnění je dán nízkou adsorbční schopností plniva.

Keramikou plněné tmely jsou určeny především na opravu poškozených těles čerpadel a jejich lopatek, výměníků tepla, povrchů zásobníku průmyslových kapalin, lodních šroubů apod. Tmely vytváří hladký a tvrdý povrch odolávající eroznímu a abrazivnímu opotřebení. Keramikou plněné tmely jsou neobrobitelné a dosahují jen 65% plnění.

Na tekutost tmelu má vliv kromě pryskyřice také tvar částic plniva. Částice kulového tvaru (zejména kovy) zlepšují tekutost i zabíhavost tmelu, navíc ve vytvrzeném tmelu nezpůsobují mikronapětí. Narozdíl tomu ostrohranné částice (keramika) tekutost tmelu zhoršují a po vytvrzení zvyšují mikronapětí. Napětí v tmelu může vést až ke vzniku trhlin.

Schopnost plniva adsorbovat epoxidovou pryskyřici je důležitou vlastností. Od této vlastnosti se odvíjí možný stupeň plnění tmelu. Kovem plněné tmely mohou dosahovat až 95% plnění, což je dáno malou adsorbční schopností prášku se zpravidla sférickým tvarem zrna. Keramika, která obsahuje mikropóry a je ostrohranná, dosahuje pouze 65% plnění. Velikost zrn plniv se pohybuje od 1 do 5 μm , v některých případech do 30 μm . Plniva prodlužují dobu zpracovatelnosti tmelu. Snižují růst rakčnické teploty a snižují smršťivost. Ovlivňují chemickou odolnost, tvorbu trhlin i koeficient teplotní roztažnosti.

Metody výroby práškového plniva:

- atomizace
- lití nebo sintrování
- aglomerizace

Atomizace

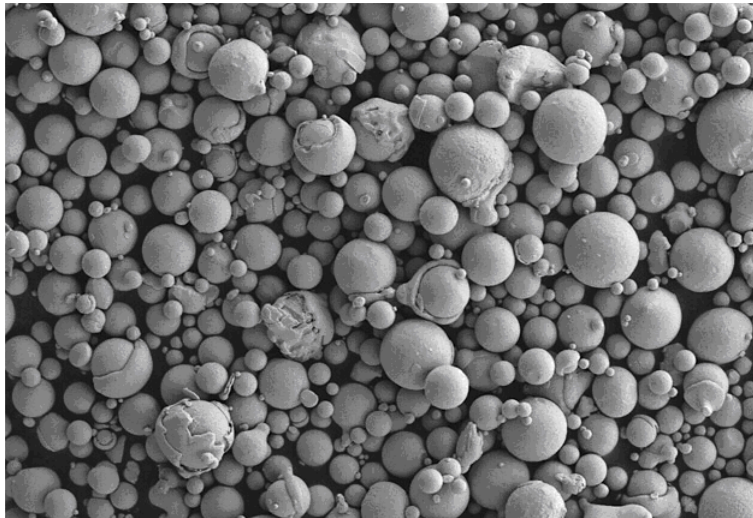
Tato metoda se používá pro výrobu prášků z kovových a slitinových materiálů. Princip výroby prášku je založen na roztavení kovu či slitiny a odlití taveniny do přehřátého hrdla s tangenciálně přivedeným atomizačním médiem. Při průchodu taveniny hrdlem je pod vysokým tlakem atomizačního média rozprášena a při dalším průletu komorou ve tvaru jednotlivých kapek tuhne. Ochranou proti oxidaci je komora vyplněna inertním plynem. Jako atomizační médium se využívá voda nebo plyn. Částice při atomizaci vodou jsou nepravidelného tvaru a bez ostrých hran. Při atomizaci plynem, používá se vzduch, pára, helium, dusík nebo argon, jsou částice téměř ideálně kulovité. Prášky vyrobené pomocí atomizace mají velmi nízkou vnitřní pórovitost a výbornou tekutost. Rychlost výroby prášků touto metodou se obvykle pohybuje mezi 20 až 60 $\text{kg}\cdot\text{min}^{-1}$.

Lití nebo sintrování

Metoda je vhodná pro výrobu oxidů, karbidů nebo cermetů. Prášky se vyrábí rozdrcením bloku materiálu na jednotlivé částice požadovaného rozměru. Bloky se vyrábí buď odlitím taveniny požadovaného složení nebo sintrováním jemných částic. Prášky vytvořené touto metodou mají nepravidelné ostrohranné částice, které mají nízkou tekutost. Sferoidizace prášku kyslíko – acetylenovým plamenem nebo plazmou zvýší jeho tekutost.

Aglomerizace

Tato metoda dovoluje aglomerizaci libovolných materiálů dohromady. Je využitelná pro výrobu kovových, oxidických, karbidických i cermetových prášků. Proces aglomerizace spočívá z vytvoření kašovitě hmoty z jemného prášku a požadovaného složení, organického pojiva a vody. Typickými pojivy jsou polyvinyl alkohol, metylcelulóza, polyethylén glykol a jiné. Po vytvoření kašovitě hmoty se pro atomizaci používají dva základní principy. Prvním je dopadající kašovitě hmoty na rotující disk, kde dochází k rozdělení na jednotlivé částice. Druhým principem je přívod kašovitě hmoty do malého otvoru, za kterým je atomizována na jednotlivé částice pomocí dvou proudů stlačeného vzduchu. Během dopadu částic dochází v komoře k jejich vysušení ohřátým vyčištěným plynem. Nakonec se částice zachycují v kolektoru. Relativní pórovitost vyrobených prášků se snižuje pomocí tepelného zpracování nebo plazmatu.



Obr. 26 Atomizovaný prášek argonem [31]

Praktická část

5. RENOVACE KLUZNÉ PLOCHY HŘÍDELE

V této kapitole budou zkoušeny a porovnávány čtyři kluzné hmoty od různých výrobců. Budou provedeny dvě základní zkoušky.

První zkouškou bude stanovení pevnosti ve smyku lepené přeplátované sestavy s přípravou povrchu frézováním a tryskáním. Oba povrchy budou mít podobné drsnosti. Tryskáním se do povrchu adherendu vnáší značná mechanická energie, která aktivuje povrchové atomy schopné vytvářet pevné vazby. Z této informace lze usoudit, že lepený spoj s přípravou povrchu tryskáním, má vyšší pevnost než spoj s frézovaným povrchem.

Druhou zkouškou bude stanovení odolnosti proti opotřebení. Zkouška bude prováděna třením ocelové kalené kuličky na zkušebním vzorku s vrstvou kluzné hmoty.

Hřídel uložená v kluzném bronzovém ložisku podléhá opotřebení. Takto opotřebovanou hřídel je nutné opravit, aby nedocházelo k úniku provozních kapalin, nebo ke vniknutí cizorodých látek, které by způsobovaly zvýšené opotřebování nebo destrukci zařízení. Při zvýšené vůli přestává hřídelový těsnící kroužek plnit svoji funkci.

Pro správnou funkci renovované plochy je třeba vybrat nejvhodnější typ kluzné hmoty. Výběr spočívá ve vyhodnocení několika kritérií, tj. prostředí provozu hřídele, druh, velikost a množství nečistot, teplota (maximální, minimální, konstantní či proměnná), velikost a druh zatížení (statické, dynamické), kluzná rychlost, způsob mazání a druh maziva a další, v neposlední řadě se nesmí opomenout ani hledisko ekonomické.

5.1 Kluzné hmoty

Běžné kluzné hmoty jsou epoxidové pryskyřice s kovovými a dalšími plnivy zlepšující požadované vlastnosti. Dodávají se v různých konzistencích:

- pastovité (nestékavé, vhodné pro tmelení i na svislých plochách)
- tekuté (samonivelační, vhodné pro vylévání ložiskových pouzder, odlévání velkých ploch)

Všechny kluzné hmoty dále uvedené jsou pastovité konzistence, vhodné i k nanášení na svislé plochy. Jsou dvousložkové, zpravidla jsou obě složky pastovité konzistence. Výjimku tvoří např. hmota Fluid, která je dodávána s nízkoviskózním tužidlem.



Obr. 27 Kluzná hmota Chester Metal Slide s tvrdidlem (vpravo)

5.1.1 Fluid

Dle přílohy 1 je výrobek Fluid od společnosti Movychem dvousložková kluzná hmota na bázi modifikované středněmolekulární pryskyřice s obsahem minerálních plniv a plniv FeSi, grafitu, Molik a tixotropních aditiv. Doporučená teplota pro aplikaci je 21 °C.

K typickým aplikacím patří:

- opravy kluzných vodících ploch
- opravy kluzných ložisek
- opravy hydraulických pístů atd.

Tab. 6.1 Vybrané technické údaje tmelu Fluid

Mísicí poměr složek	100 : 2,8
Zpracovatelnost při 21 °C	25 – 40 min
Rychlost vytvrzení při 21 °C	24 hod
Pevnost v tlaku, tloušťka vrstvy 1 mm	40 MPa
Teplotní odolnost min / max	-35 °C / 65 °C

Více informací k produktu v příloze 1.

5.1.2 Garex

Hmota Garex od společnosti Dawex Chemical je dvousložková kovem plněná kluzná hmota. Je určena pro použití při 20 °C.

Mezi základní druhy použití patří:

- opravy horizontálních i vertikálních kluzných vedení strojů a zařízení
- opravy kluzných ložisek
- opravy poškozených hřídelí hřídelovým těsnícím kroužkem atd.

Tab. 5.2 Vybrané technické údaje tmelu Garex

Mísicí poměr složek	2 : 1
Zpracovatelnost	20 min
Rychlost vytvrzení při 23 °C	2,5 hod
Pevnost v tlaku	200 MPa
Teplotní odolnost	80 °C

Více informací k produktu v příloze 2.

5.1.3 HRE

Výrobek HRE od společnosti Hortex je dvousložková epoxidová samomazná kluzná hmota plněná minerály.

Mezi typické aplikace patří:

- opravy kluzných vedení strojů
- opravy kluzných ložisek
- opravy poškozených hřídelí atd.

Tab. 5.3 Vybrané technické údaje tmelu HRE

Mísící poměr složek	2 : 1
Zpracovatelnost při 23 °C	15 až 20 min
Rychlost vytvrzení při 23 °C	4 hod
Pevnost v tlaku	85 MPa
Teplotní odolnost min / max	-35 °C / 120 °C

Více informací k produktu v příloze 3.

5.1.4 Chester Metal Slide

Dle přílohy 4 je Chester Metal slide od společnosti Chester Molekular dvousložková epoxidová hmota s velmi dobrými kluznými vlastnostmi. Hmota obsahuje speciální pryskyřice, ocelová a molybdenová plnidla.

Mezi typické aplikace tmelu patří:

- opravy uložení hřídelových pouzder
- opravy kluzných ložisek
- opravy kluzných vedení průmyslových strojů
- opravy poškozených ploch hřídelí ve styku s hřídelovým těsnícím kroužkem atd.

Tmel by se měl nanášet při teplotě vyšší než 4°C a relativní vlhkosti vzduchu nižší než 90%.

Tab. 5.4 Vybrané technické údaje tmelu Chester Metal Slide

Mísící poměr složek	2 : 1
Teplotní odolnost za mokra max. / min.	100 °C / -50 °C
Teplotní odolnost za sucha max. / min.	200 °C / -50 °C
Minimální teplotní odolnost	-50 °C
Pevnost v tlaku	146 MPa
Zpracovatelnost při 20 °C	35 min
Rychlost vytvrzení při 20°C	5 hod

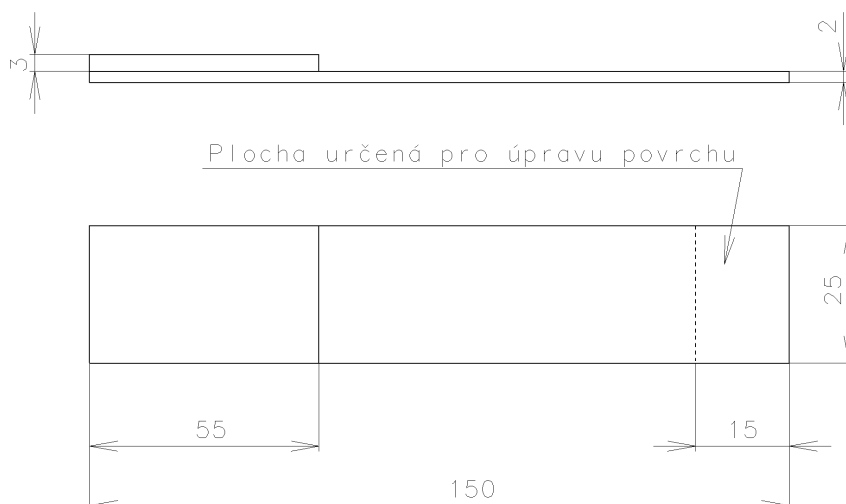
Více informací k produktu v příloze 4.

5.2 Zkouška kluzných hmot - pevnost ve smyku [5]

Jednou z možností porovnání kluzných hmot je stanovení pevnosti ve smyku při tahovém namáhání. Zkouška se provede dle ČSN EN 1465. Podstatou zkoušky je zjistit sílu nebo napětí při porušení spoje. Zkouška spočívá v tahovém zatížení jednoduchého přeplátovaného spoje adherendů. Tahová síla je rovnoběžná s plochou lepeného spoje a hlavní osou zkušební tělesa.

5.2.1 Zkušební tělesa [26] [22]

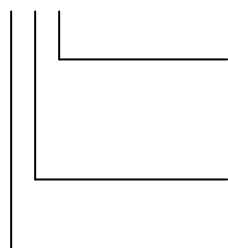
Zkušební tělesa jsou vyrobena z plechu jakosti S355, tvar a rozměry jsou vyobrazeny na obr. 28. Povrch zkušebních těles je upraven tryskáním umělým korundem o velikosti zrn 1,68 – 2,38 mm. Další povrchy jsou upraveny frézováním. Povrchy adherendů jsou vyfotografovány na obr. 29 a naměřené hodnoty drsnosti povrchu jsou v tab. 5.5. Drsnost povrchu je změřena přenosným digitálním drsnoměrem TR 200 (obr. 31). Jsou měřeny hodnoty Ra a Rz. Jsou zhotovena vždy 3 zkušební tělesa pro každý typ povrchu. Aby při smykové zkoušce působila zatěžující síla v rovině lepeného spoje, jsou na obou koncích zkušební tělesa přivařeny distanční plechy o tloušťce 3 mm (rozměry v obr. 28).



Obr. 28 Rozměry zkušební tělesa

Slepená zkušební tělesa musí být řádně označena. Musí být číselně označena, dále musí být označena hmota, kterou je těleso slepeno a označen druh lepeného povrchu. Bylo zvoleno následující značení:

H F 2



1
2
3

číslo vzorku

F - frézovaný povrch

T - tryskaný povrch

F - lepeno hmotou Fluid

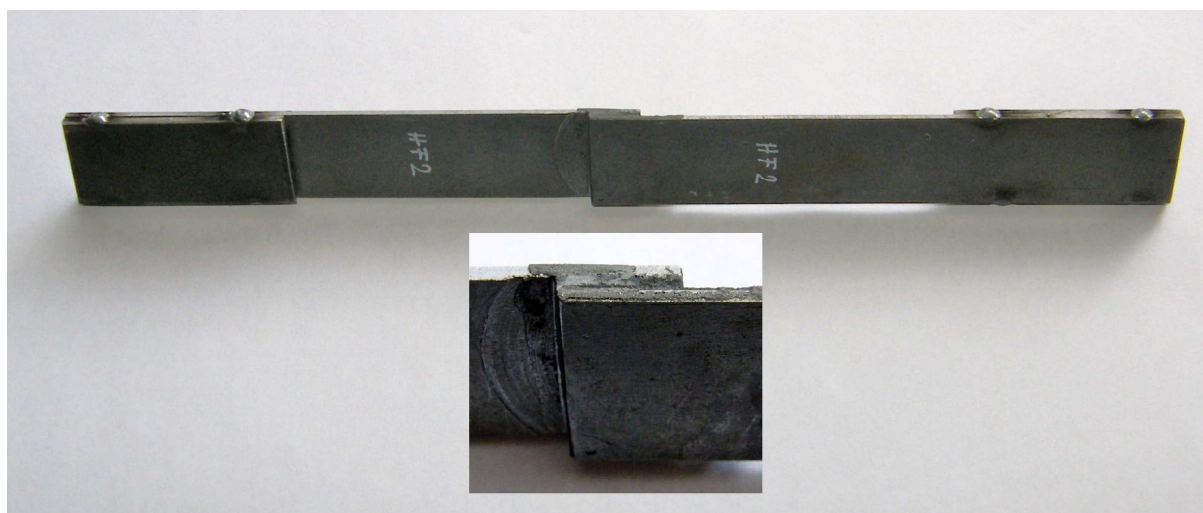
G - lepeno hmotou Garex

H - lepeno hmotou HRE

Ch - lepeno hmotou Chester Metal Slide



Obr. 29 Povrchy adherendů (vlevo úprava tryskáním, v pravo frézováním)



Obr. 30 Zkušební těleso slepené (přeplátování spoje 12,5 mm, 1mm kluzné hmoty)

Připravené části zkušebních těles se stejným typem povrchu se slepí s přeplátováním 12,5 mm a tloušťkou tmelu 1 mm. Zajištěním polohy v přípravku je dosaženo přesného přeplátování a přesné tloušťky tmelu. Před lepením se lepené plochy řádně odmastí acetonem. Je použita postřiková metoda odmašťování. Tmel je vytvrzován 7 dní za teploty 15 až 20 °C a atmosférického tlaku.

Tab. 5.5 Naměřené hodnoty drsnosti povrchu adherendu

Povrch adherendu	Struktura povrchu [μm]	
	Ra	Rz
Tryskaný	3,36	23,7
Frézovaný	3,16	19,5



Obr. 31 Přenosný digitální drsnoměr TR 200 [22]



Obr. 32 Tryskací kabina [26]

5.2.2 Postup zkoušky

Zkušební těleso se vloží symetricky do čelistí hydraulického zkušebního stroje ZD 40. Dle přílohy 5 je stroj určen pro tahové, tlakové a ohybové zkoušky materiálů do 400 kN. Řídící jednotka EDC 60 umožňuje řízení rychlosti zatěžování.

Zkušební těleso se do čelistí trhačního stroje umístí svisle, rovnoběžně s vedením příčnicku. Poloha zkušebního tělesa je zajištěna tak, aby působící síla byla v rovině lepeného spoje. Tato poloha je zajištěna distančními plechy, které jsou na zkušebních vzorcích přibodovány. Rychlost posuvu čelistí je nastavena na $2 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$.



Obr. 33 Zkušební vzorek upevněný v čelistech trhačního stroje

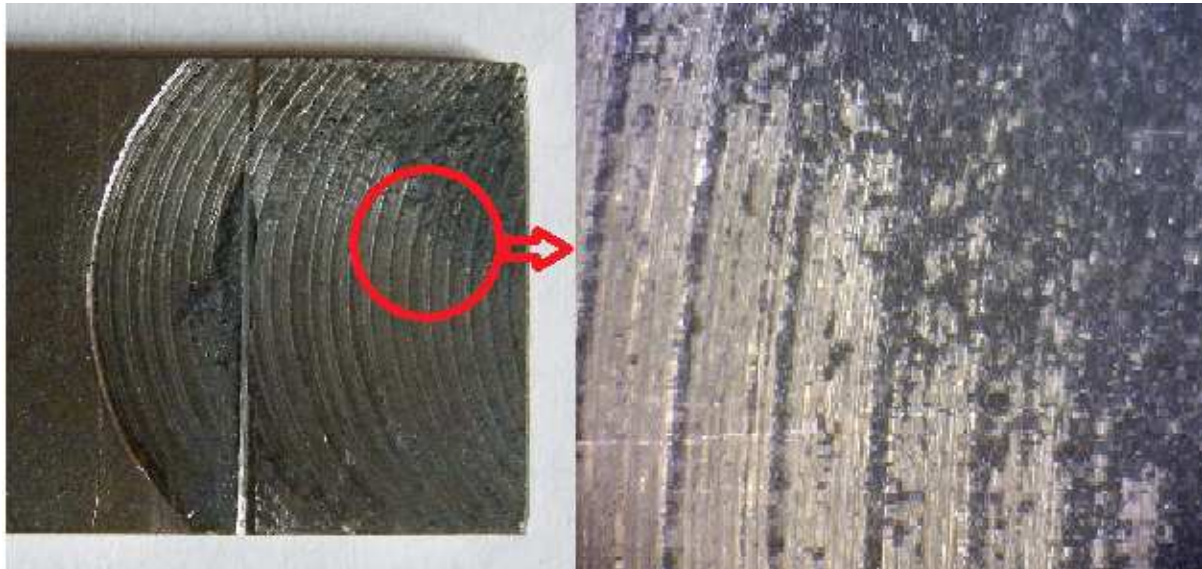
5.2.3 Výsledky zkoušky

Lepené spoje s frézovanou přípravou povrchu vykazují výrazně nižší pevnost ve smyku než spoje s tryskaným povrchem. Hodnoty pevnosti spojů jsou uvedeny v tab.5.6.

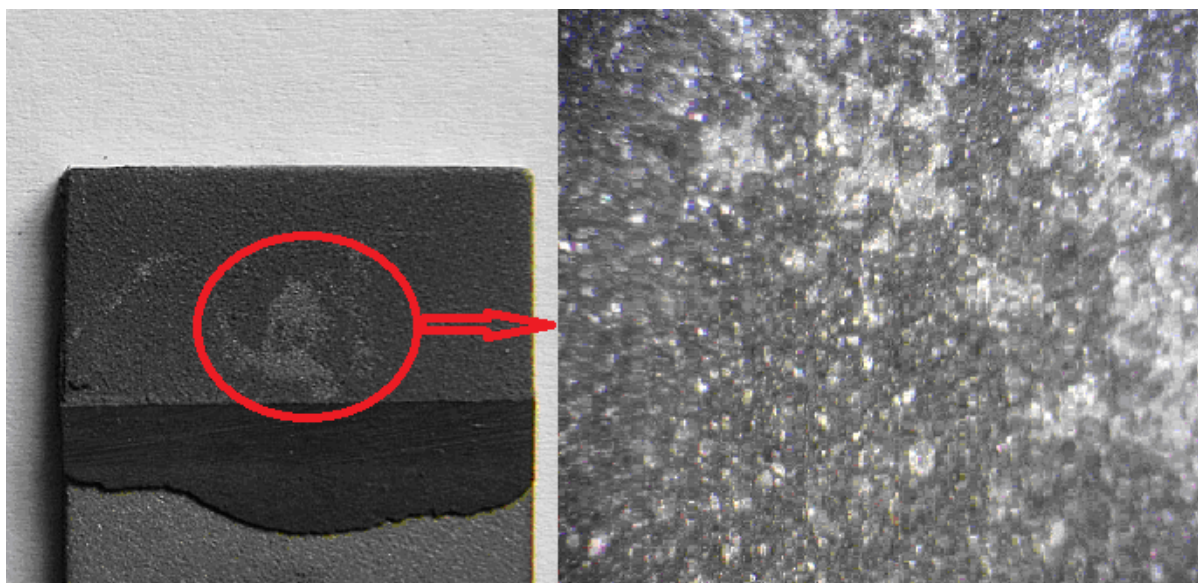
Hmota Fluid se v porovnání s ostatními hmotami vyznačuje u frézovaných povrchů nejnižší pevností spoje, naopak u tryskaného povrchu má pevnost spoje nejvyšší.

Při smykové zkoušce u vzorků s frézovanou přípravou povrchu došlo k adhezní poruše, k této poruše došlo u hmot Fluid, Garex a HRE. K poruše smíšené s menším podílem plochy kohezní poruchy došlo u spojů hmotou Chester Metal Slide (obr. 34).

U zkoušky spojů s tryskanou přípravou povrchu došlo ke smíšené poruše u vzorků lepených hmotou Fluid, Garex a Chester Metal Slide. V tomto případě je podíl adhezní poruchy ke kohezní velmi malý. Spoje lepené hmotou HRE vykazují pouze kohezní poruchy.



Obr. 34 Detail povrchu lepené plochy hmotou Chester Metal Slide po smykové zkoušce – v levé spodní (světlé) části jsou zřetelné stopy po frézování (adhezní porucha), v pravé horní (tmavé) části je zřetelná kohezní porucha spoje (porucha hmoty)



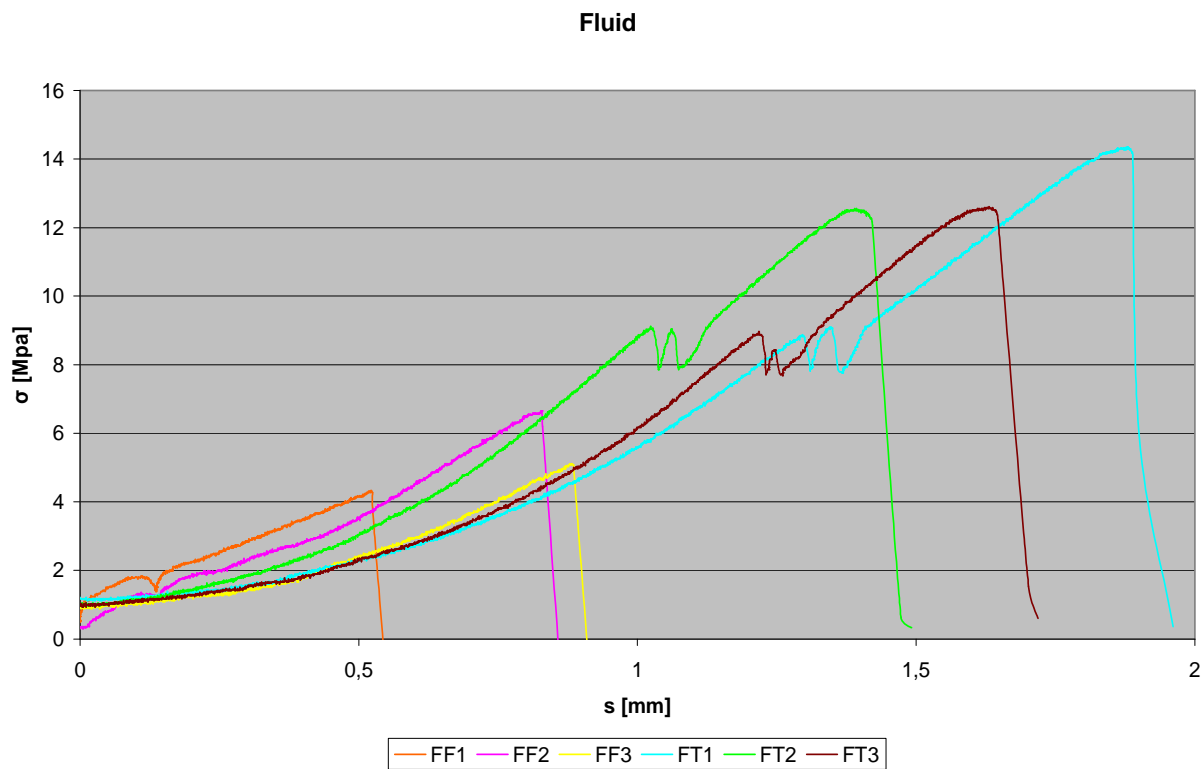
Obr. 35 Kombinovaná porucha spoje lepeného hmotou Chester Metal Slide s tryskanou přípravou povrchu - vyznačena a zvětšena adhezní porucha (světlá místa - adhezní poruchy, tmavá místa - kohezní poruchy)



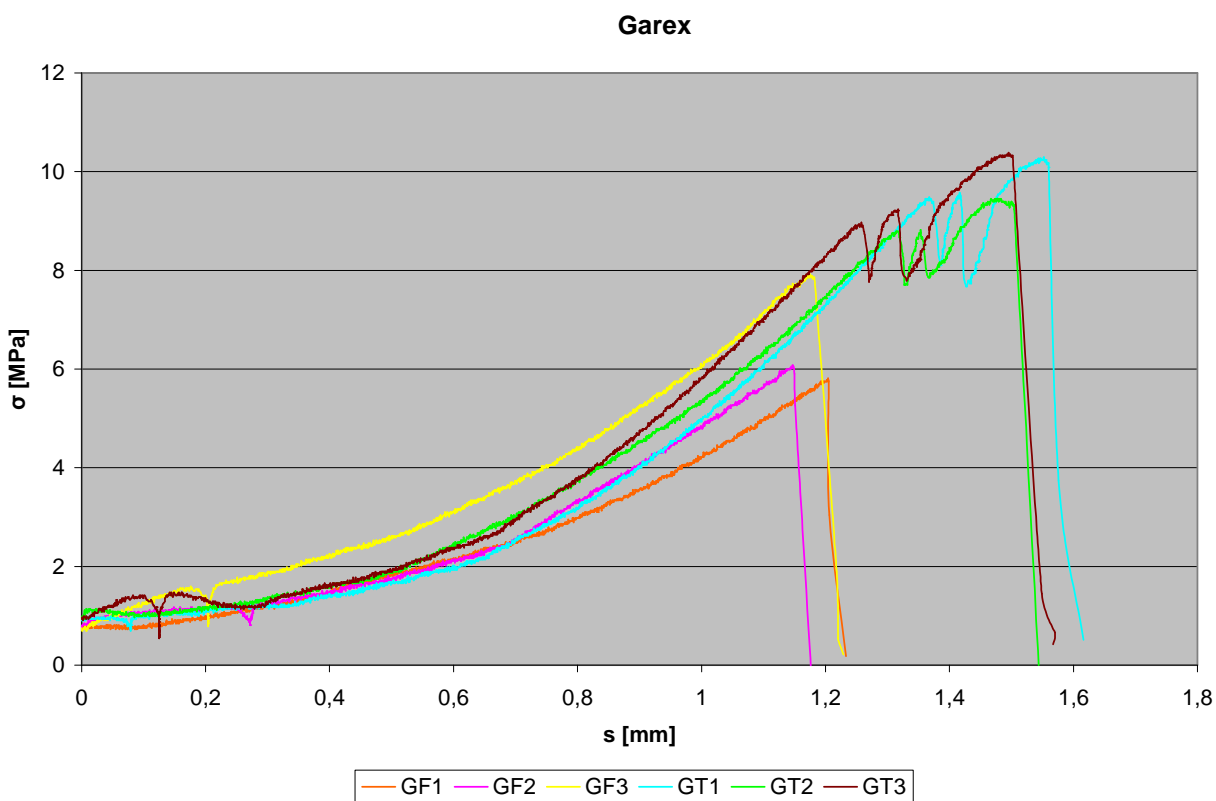
Obr. 36 Detail povrchu kohezní poruchy po smykové zkoušce (světlé body - plniva hmoty), lepené hmotou HRE, tryskaný povrch

Tab. 5.6 Pevnost lepených spojů ve smyku

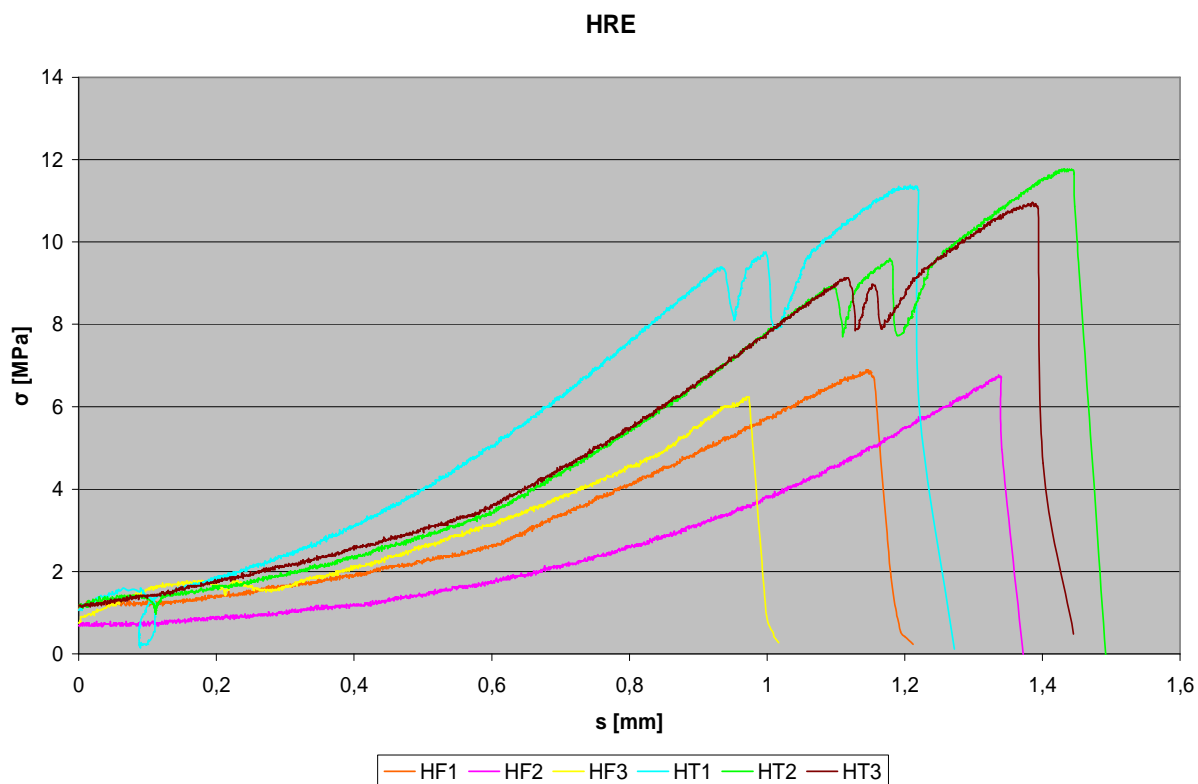
Vzorek	Fm [N]	Rm [MPa]	Vzorek	Fm [N]	Rm [MPa]
FF1	1354,4	4,33	HF1	2154	6,89
FF2	2078,8	6,65	HF2	2116,4	6,77
FF3	1598,8	5,12	HF3	1947,2	6,23
FT1	4486,8	14,36	HT1	3555,6	11,38
FT2	3922,4	12,55	HT2	3677,6	11,77
FT3	3941,2	12,61	HT3	3423,6	10,96
GF1	1815,6	5,81	ChF1	1900	6,08
GF2	1900	6,08	ChF2	2426,8	7,77
GF3	2474	7,92	ChF3	2483,2	7,95
GT1	3216,8	10,29	ChT1	2633,2	8,43
GT2	2953,6	9,45	ChT2	2981,2	9,54
GT3	3245,2	10,38	ChT3	3085,2	9,87



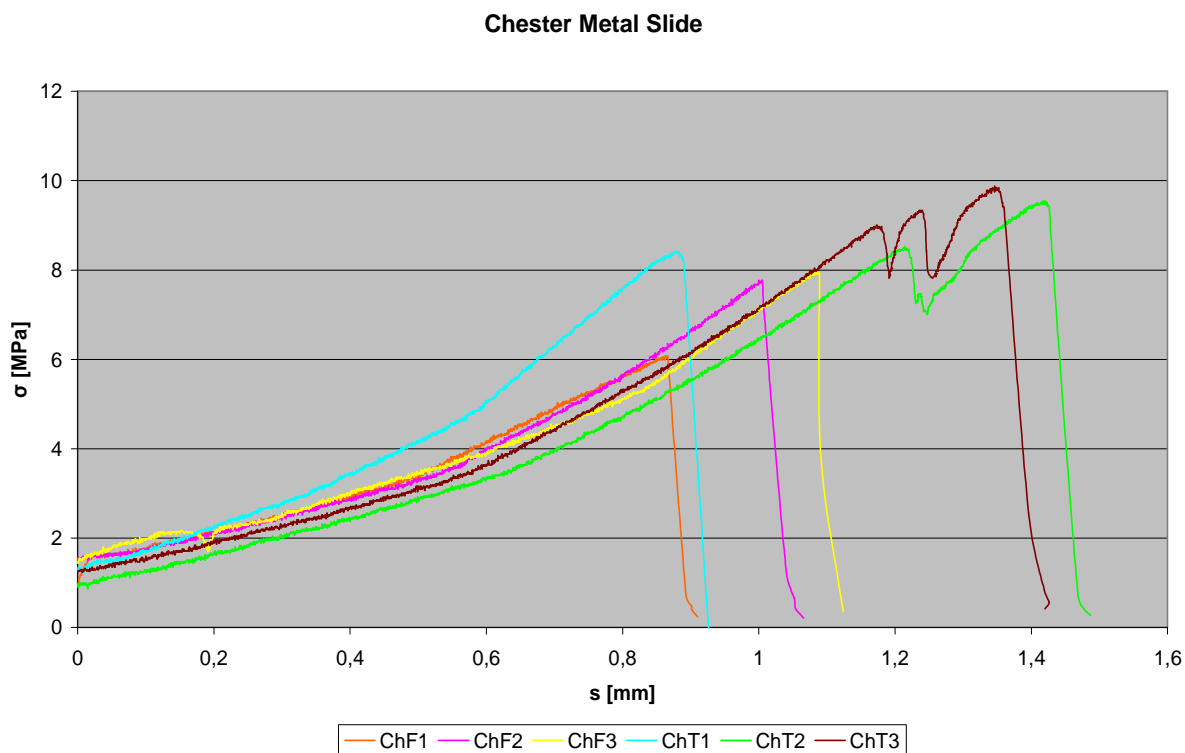
Graf 1. Výsledky smykové zkoušky přeplátovaných spojů lepených hmotou Fluid



Graf 2. Výsledky smykové zkoušky přeplátovaných spojů lepených hmotou Garex



Graf 3. Výsledky smykové zkoušky přeplátovaných spojů lepených hmotou HRE



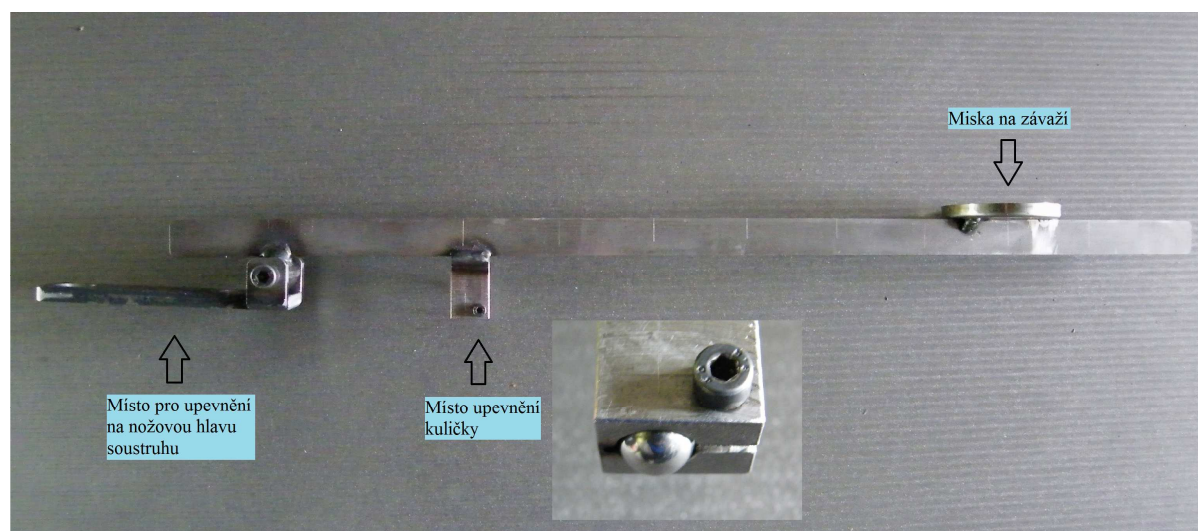
Graf 4. Výsledky smykové zkoušky přeplátovaných spojů lepených hmotou Chester Metal Slide

Tab. 5.7 Průměrné hodnoty pevnosti lepených spojů

Hmota	Příprava povrchu	Aritmetický průměr Rm [MPa]
Fluid	Tryskaný	13,17
	Frézovaný	5,37
Garex	Tryskaný	10,04
	Frézovaný	6,6
HRE	Tryskaný	11,37
	Frézovaný	6,63
Chester Metal Slide	Tryskaný	9,28
	Frézovaný	7,27

5.3 Zkouška kluzných hmot – odolnost proti opotřebení

K dalšímu porovnání kluzných hmot je třeba provést zkoušku odolnosti proti opotřebení. Bude zkoušena odolnost proti adhezivnímu opotřebení. Princip zkoušky spočívá ve styku kalené kuličky (zatížení 20 N) s povrchem rotujícího zkušebního tělesa. Zkouška se provádí bez přítomnosti přidávaných mazadel. Podstatou zkoušky je zjistit velikost opotřebení (úbytku materiálu) na připravených vzorcích.

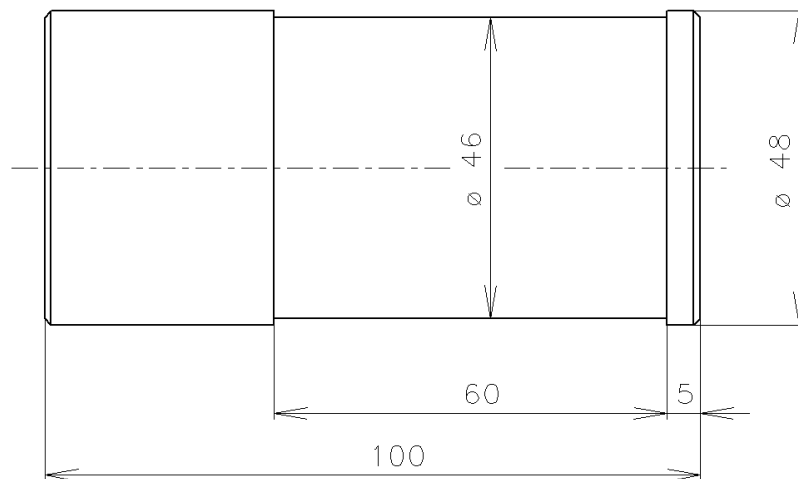


Obr. 37 Přípravek na zatěžování kluzné hmoty

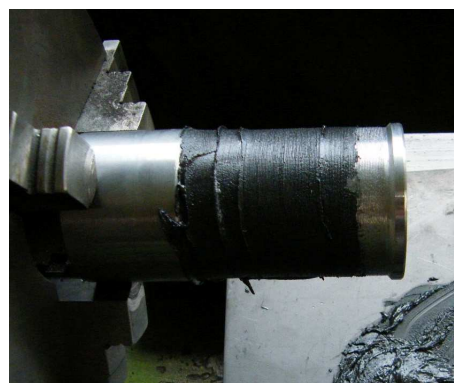
Na obr. 37 je vyobrazen jednoduchý přípravek vlastní konstrukce. Přípravek je založen na pákovém mechanismu v poměru 4:1 s přesně určeným místem pro závaží. Na rameni přípravku je umístěn držák kalené kuličky přesně ve $\frac{1}{4}$ vzdálenosti mezi čepem a závažím. Kulička je v držáku svěrně upevněna. Tento způsob upevnění je výhodný pro snadné pootočení nebo výměnu kuličky.

5.3.1 Zkušební tělesa

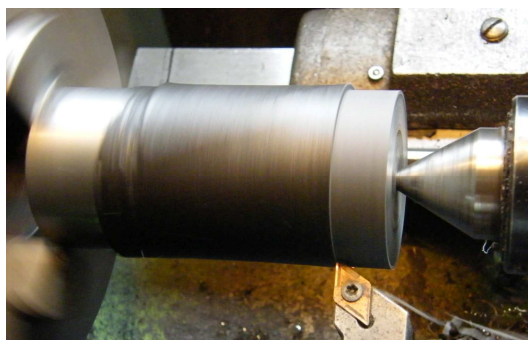
Tvar a rozměry zkušebních těles z materiálu jakosti S355 jsou vyobrazeny na obr. 38. Místo pro nanášení hmoty ($\varnothing 46$ mm) je hrubě soustruženo, aby bylo dosaženo dobré adheze kluzné hmoty k povrchu. Před nanášením hmoty je povrch důkladně odmaštěn acetonem. Hmoty je nanášena po vrstvách, tzn. první vrstva je vtlačována do nerovností povrchu, každá další vrstva je vtlačována do již nanášené hmoty. Tmel se nanáší v jedné operaci, aniž by některá z vrstev zreagovala. Dbá se zvýšené opatrnosti na možný výskyt vzduchových bublin. Tmelí se s dostatečným přídatkem na obrábění. Dle rozměrů na výkresu (obr. 31) se jednoduchým výpočtem zjistí množství hmoty. V tomto případě je zapotřebí $8,9 \text{ cm}^3$ hmoty (bez přídatku na obrábění). Přídatkem pro obrábění je uvažován 3 mm na průměru ($\varnothing 51$ mm), což je po zaokrouhlení 14 cm^3 . Celkem je zapotřebí namíchat $22,9 \text{ cm}^3$ hmoty. Po vytvrzení se přebytečná hmota osoustruží. Před dokončením na požadovaný rozměr se kontroluje kvalita povrchu. Možné vzduchové bubliny se dotmelí a po vytvrzení se zkušební těleso obrobí na požadovaný rozměr.



Obr. 38 Rozměry zkušebního tělesa



Obr. 39 Připravený povrch soustružením vlevo, vpravo nanášení 1. vrstvy hmoty



Obr. 40 V levo nanesená hmota s přídavkem, v pravo obrábění vytvrzené hmoty

5.3.2 Postup zkoušky

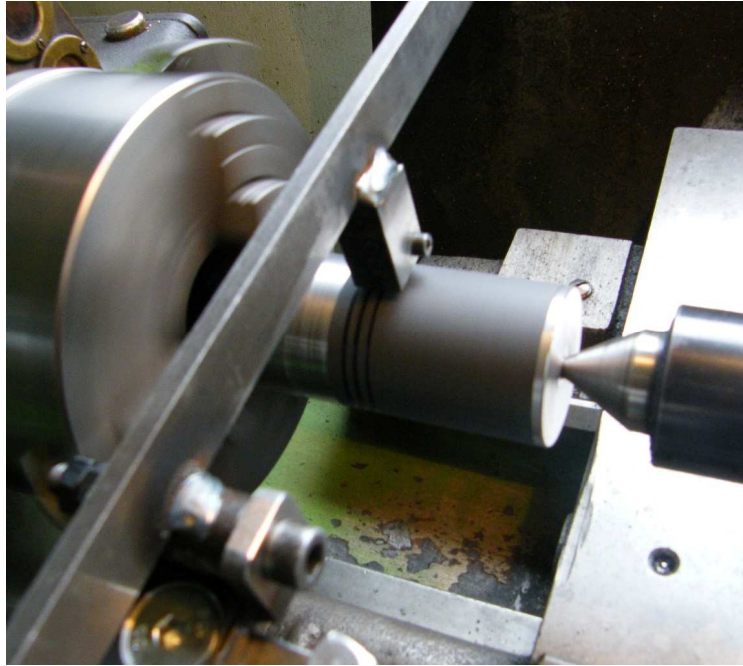
Zkouška je prováděna na hrotovém soustruhu, na kterém je upevněn přípravek vlastní konstrukce pro zatěžování kluzné hmoty (obr. 41). V přípravku je uchycena ocelová kalená kulička o průměru 10 mm, 62 HRC, která je ve styku s povrchem zkušebního tělesa. Na kuličku působí síla 20 N, jež je vyvinutá samotnou konstrukcí přípravku a závažím na něm umístěným.

Do univerzálního tříčelistového sklíčidla se upne zkušební těleso. Pro tuhé upnutí je zkušební těleso opřeno otočným hrotem. Na rotující zkušební těleso je přiložena kontaktní kalená kulička. Vstupní hodnoty nastavení jsou uvedeny v tab. 5.8. Aby nedocházelo k ovlivnění výsledků, před každým započítáním nové dráhy je kulička pootočená do polohy bezvadného stavu nebo vyměněna za novou.

Tab. 5.8 Hodnoty nastavení

Nastavení číslo	Zatížení F [N]	Otáčky zkušebního tělesa n [min^{-1}]	Obvodová rychlost zkušebního tělesa v [$\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$]	Doba zatížení t [s]
1	20	255	38,43	60
2		500	75,36	60
3		255	38,43	120
4		500	75,36	120

Z důvodu přesnějších výsledků je zkouška u každého nastavení opakována. V tomto případě se zkouška opakuje třikrát. Na obr. 43 je vyobrazeno zkušební těleso s výraznými stopami po styku s kuličkou. Stopy opotřebení jsou opatřeny popisem k jasné identifikaci podmínek zatížení hmoty.



Obr. 41 Zkouška opotřebení na hrotovém soustruhu

5.3.3 Výsledky zkoušky

Jako ukazatel velikosti opotřebení byla zvolena šířka stopy po kuličce. Naměřené hodnoty opotřebení všech kluzných hmot jsou v tab. 5.9. Z hodnot opotřebení každého nastavení je vypočten aritmetický průměr. Tyto hodnoty jsou použity do grafu 5. Z hodnot je zřejmé, že za daných podmínek nejvíce odolává opotřebení hmota Garex.



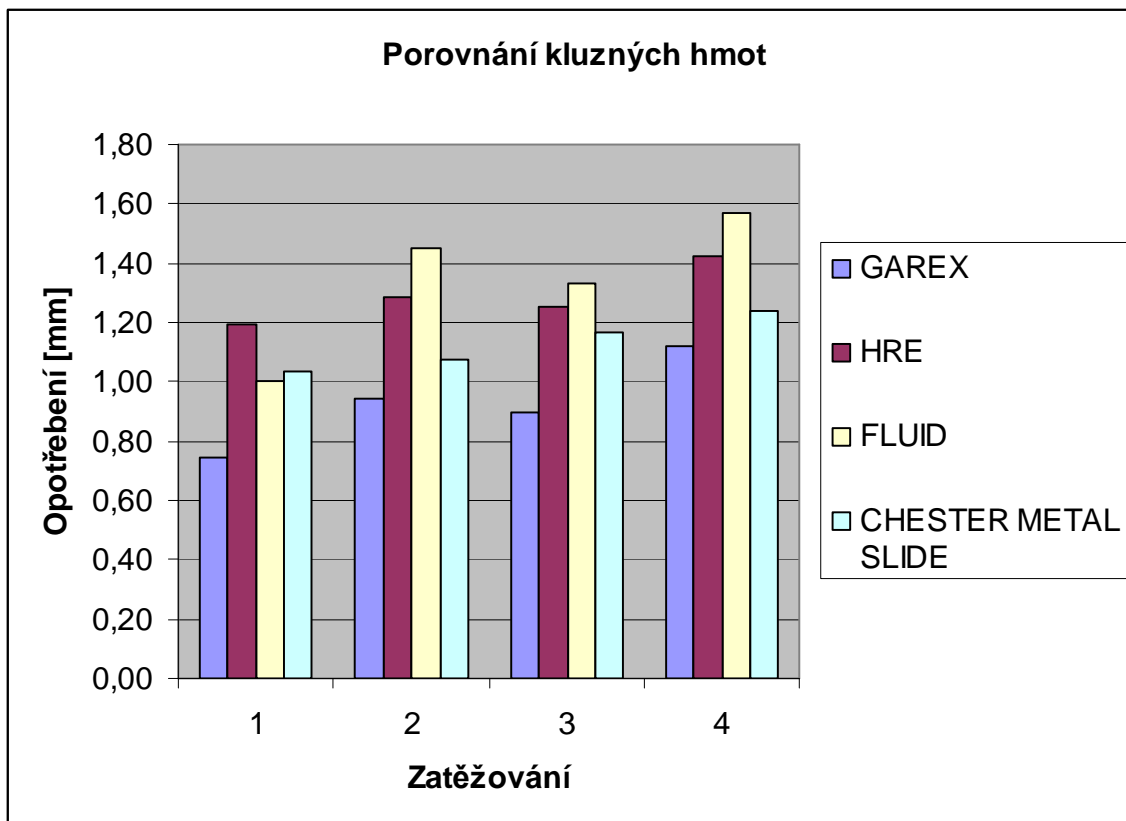
Obr. 42 Mikroskop Schut SSM-E



Obr. 43 Zkušební těleso s označením drah opotřebení

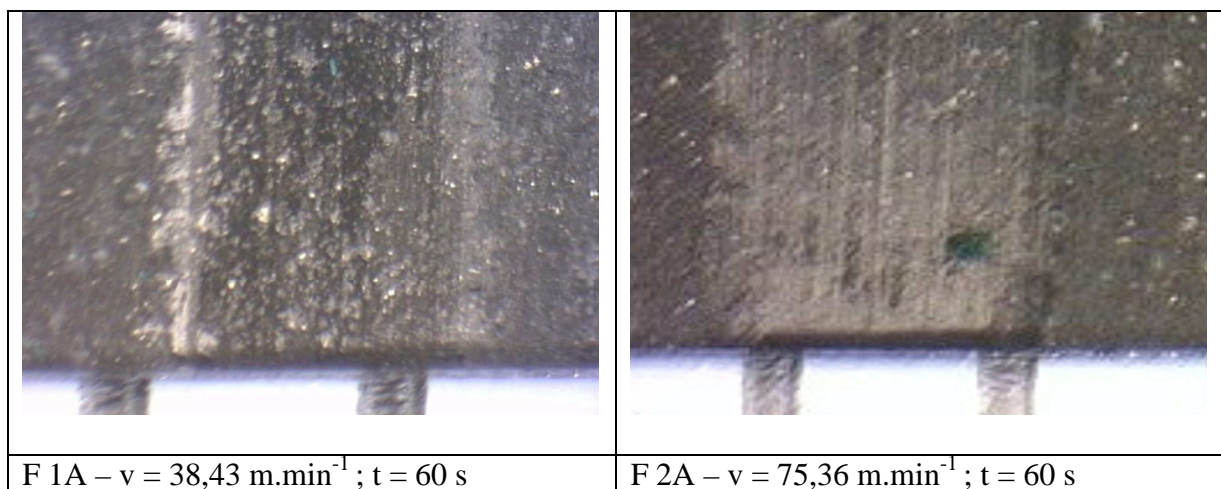
Tab. 5.9 Naměřené hodnoty opotřebení


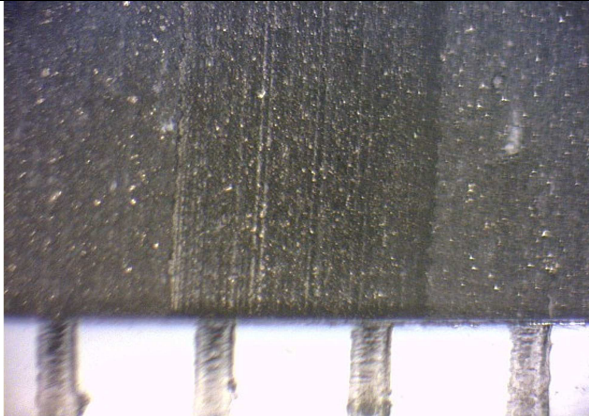
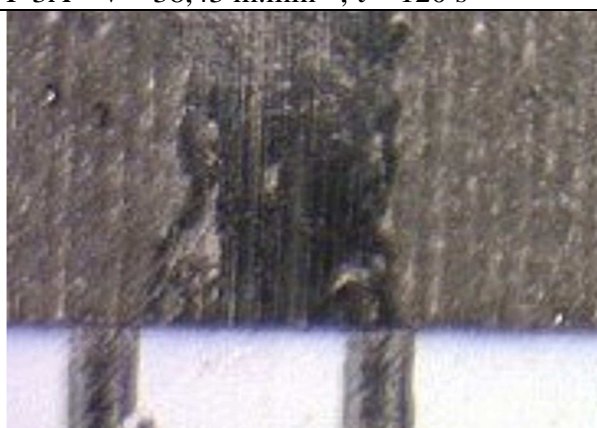

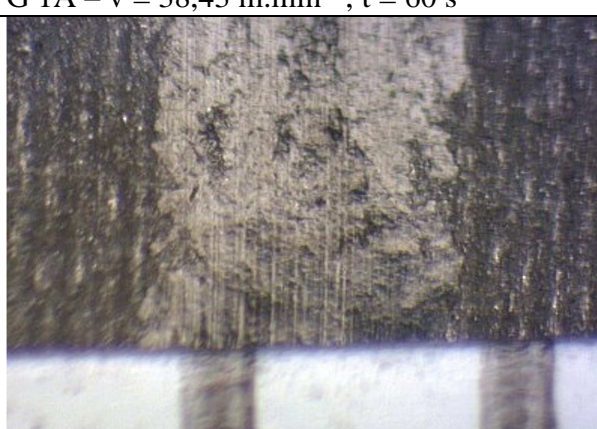
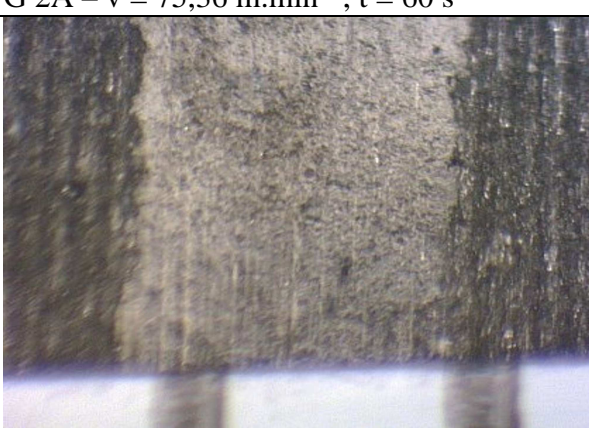
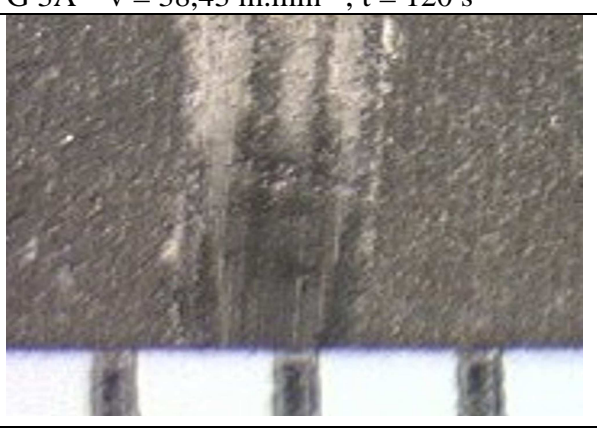
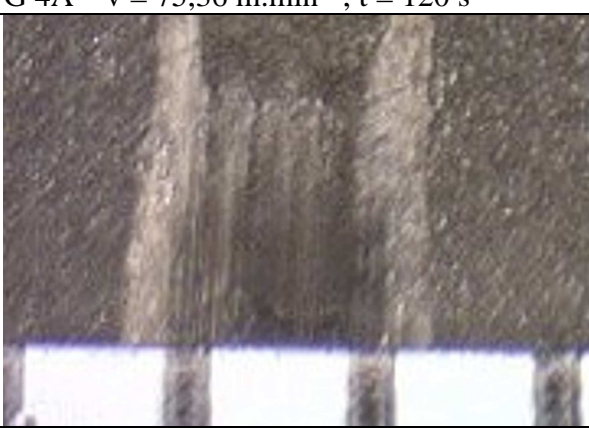
Hmota	Nastavení číslo	Hodnota opotřebení (šířka stopy) [mm]			Aritmetický průměr z A,B,C [mm]
		A	B	C	
FLUID	1	1,01	0,99	1,00	1,00
	2	1,45	1,46	1,45	1,45
	3	1,34	1,32	1,34	1,33
	4	1,57	1,58	1,56	1,57
GAREX	1	0,75	0,74	0,75	0,75
	2	0,95	0,93	0,94	0,94
	3	0,9	0,88	0,91	0,90
	4	1,12	1,13	1,12	1,12
HRE	1	1,2	1,19	1,19	1,19
	2	1,28	1,28	1,3	1,29
	3	1,25	1,26	1,25	1,25
	4	1,43	1,42	1,43	1,43
CHESTER METAL SLIDE	1	1,01	1,05	1,04	1,03
	2	1,07	1,07	1,09	1,08
	3	1,18	1,15	1,09	1,17
	4	1,23	1,25	1,24	1,24

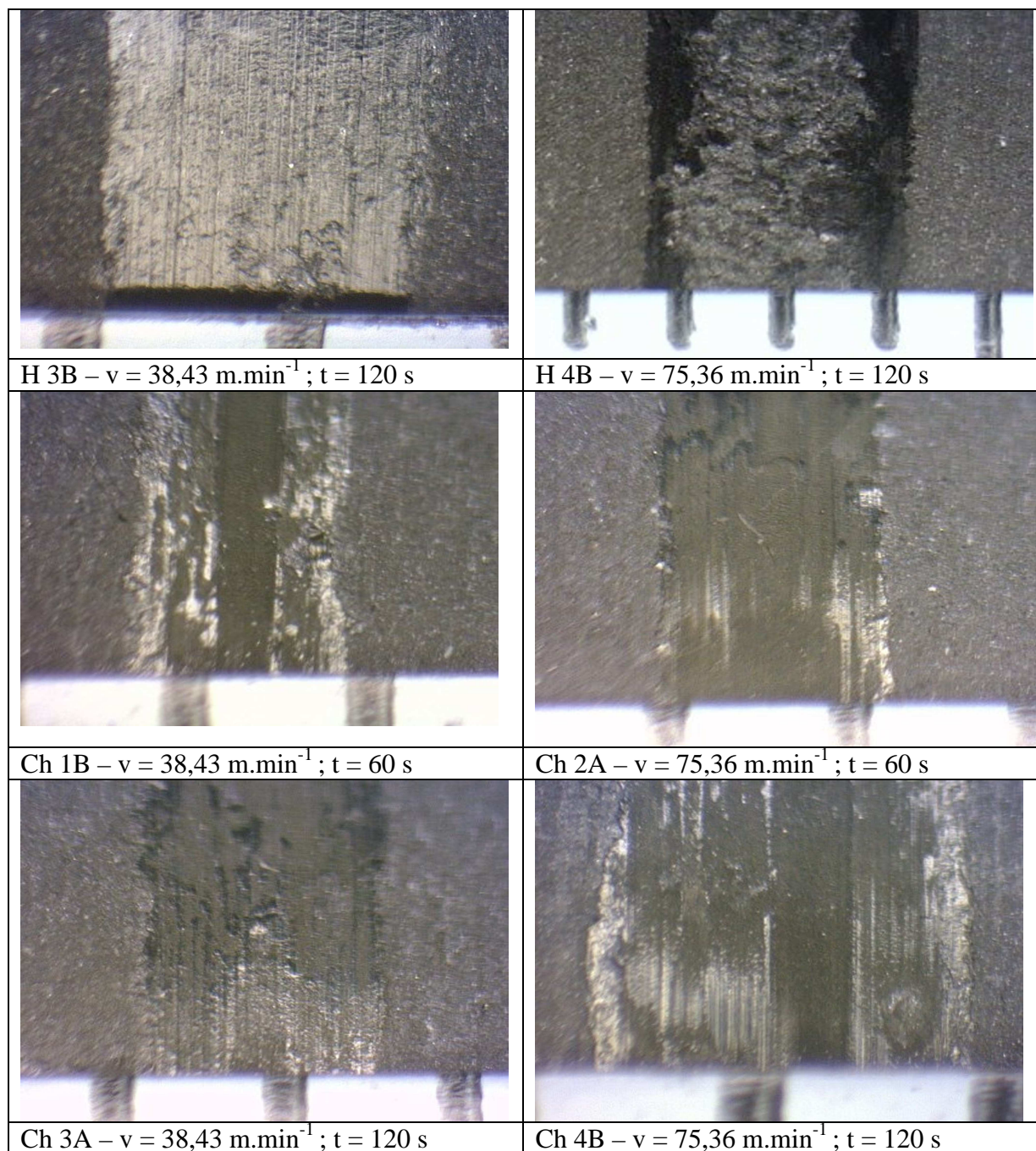


Graf 5. Porovnání velikosti opotřebení kluzných hmot za podmínek dle tab. 6.9

Jednotlivé dráhy opotřebení jsou nafoceny pomocí mikroskopu Schut (obr. 42). Všechny detaily opotřebení (obr. 44) jsou opatřeny měřítkem a pro lepší přehlednost jsou vždy pod obrázkem napsány podmínky, za kterých k opotřebení došlo. Zatížení je konstantní 20 N.



	
F 3A – $v = 38,43 \text{ m.min}^{-1}$; $t = 120 \text{ s}$	F 4A – $v = 75,36 \text{ m.min}^{-1}$; $t = 120 \text{ s}$
	
G 1A – $v = 38,43 \text{ m.min}^{-1}$; $t = 60 \text{ s}$	G 2A – $v = 75,36 \text{ m.min}^{-1}$; $t = 60 \text{ s}$
	
G 3A – $v = 38,43 \text{ m.min}^{-1}$; $t = 120 \text{ s}$	G 4A – $v = 75,36 \text{ m.min}^{-1}$; $t = 120 \text{ s}$
	
H 1A – $v = 38,43 \text{ m.min}^{-1}$; $t = 60 \text{ s}$	H 2A – $v = 75,36 \text{ m.min}^{-1}$; $t = 60 \text{ s}$



Obr. 44 Soubor detailů drah opotřebení (přiložené měřítko: 1 dílek = 1 mm)

5.4 Ekonomické hodnocení, výběr vhodné kluzné hmoty

V kapitole 5.3.1 byl vypočítán objem hmoty pro výrobu zkušebního vzorku i s přídavkem na obrábění na $22,9 \text{ cm}^3$. Kluzné hmoty mají rozdílné měrné hmotnosti a pořizovací náklady (ceny a měrné hmotnosti jsou uvedeny v tab. 5.10).

Tab. 5.10 Ceny a měrné hmotnosti kluzných hmot

Kluzná hmota	Cena v Kč za 1 kg bez DPH	Měrná hmotnost [g.cm ⁻³]
FLUID	340,5	1,72 - 1,84
GAREX	400	1,78
HRE	2000	1,35
CHESTER METAL SLIDE	6384	1,5

Z výše uvedených hodnot lze určit hmotnostní spotřebu hmoty a tedy i cenu. V případě hmoty FLUID je uvažována vyšší udávaná měrná hmotnost.

Výpočet ceny kluzné hmoty dle spotřebovaného objemu:

$$C_i = \frac{C_{kgi} \cdot \rho_i \cdot V}{1000} \quad [\text{Kč}] \quad (5.1)$$

kde: C_i - cena spotřebované kluzné hmoty

C_{kgi} - cena kluzné hmoty [Kč.kg⁻¹]

ρ_i - měrná hmotnost kluzné hmoty [g.cm⁻³]

V - objem spotřebované kluzné hmoty [cm³]

Po dosazení příslušných hodnot do vzorce je cena spotřebované hmoty po zaokrouhlení :

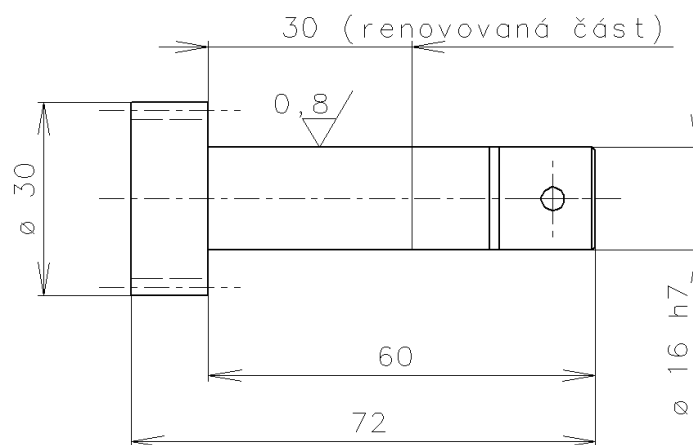
Tab. 5.11 Cena spotřebované hmoty (22,9 cm³)

Kluzná hmota	Cena spotřebované hmoty [Kč]
FLUID	14,50
GAREX	16,50
HRE	62
CHESTER METAL SLIDE	219,50

Porovnáním cen kluzných hmot je zřejmé, že nejnižší cenu má hmota Fluid, naopak nejvyšší hmota Chester Metal Slide. Cena však není jediné hledisko výběru kluzné hmoty. Je třeba vzít v úvahu vlastnosti hmot. A to zejména odolnost proti opotřebením a pevnost ve smyku. Nejlepších výsledků při zkoušce smykem dosáhla hmota Fluid na tryskaném povrchu. Hmota Garex nejvíce odolává proti adhezivnímu opotřebením. HRE vykazuje dobrou pevnost ve smyku, opotřebením ve srovnání s ostatními hmotami příliš neodolává. Tedy nejvhodnější hmotou pro opravu hřídele je Garex. Tato hmota se vyznačuje nízkou pořizovací cenou, výbornou odolností proti opotřebením a dostačující pevností ve smyku.

5.5 Technologický postup renovace kluzné plochy hřídele

Při renovaci hřídele je možné využít několika způsobů oprav. Způsob opravy se volí dle velikosti opotřebení, provozních teplot, typu pracovního prostředí, pevnostních hledisek apod. Bude renovován hřídel zubového čerpadla – plocha styku s bronzovým kluzným ložiskem a hřídelovým těsnícím kroužkem. Teplota neklesá pod 10 °C a pracovní teplota součásti nepřesahuje 60 °C. Pro renovaci je vybrána hmota Garex. Dle provedených zkoušek má dobrou adhezi k povrchu, odolává opotřebení a tepelnou odolností vyhovuje. Před renovací je hřídel zbaven nečistot a zkontrolován. Kontroluje se povrch hřídele, možné trhliny, rozměry.



Obr. 45 Dílenský výkres se základními rozměry renovované součásti

5.5.1 Úprava povrchu hřídele [4]

Aby bylo dosaženo potřebné vrstvy tmelu po obrobení, musí se z opotřebovaného místa odstranit přebytečný materiál. Odstraní se soustružením na hrotovém soustruhu Harrison Alpha 1350 XS. Jedná se o mechatronický soustruh určený pro kusovou až středně sériovou výrobu. Je vybaven řídicím systémem FANUC 0i TD. Opotřebované místo ($\varnothing 16$ mm) se obrobí na $\varnothing 15$ mm. Dle přílohy 2 je pro mechanické zakotvení tmelu k povrchu hřídele vyžadována vysoká drsnost povrchu (ideálně Ra 25), které se zpravidla docílí soustružením otupeným nožem. V případě nedosažení dostatečné hrubosti povrchu se požadovaná plocha otryskává.



Obr. 46 Hrotový soustruh Harrison Alpha 1350 XS [4]

Tab. 5.12 Základní technické parametry soustruhu Alpha 1350 XS

Oběžný průměr na ložem	350 mm
Oběžný průměr nad suportem	196 mm
Vzdálenost mezi hroty	650 mm
Vrtání vřetene	42 mm
Rozsah otáček	1 – 3500 min ⁻¹
Výkon	7,5 / 5,5 kW

5.5.2 Odstranění nečistot z povrchu, odmaštění

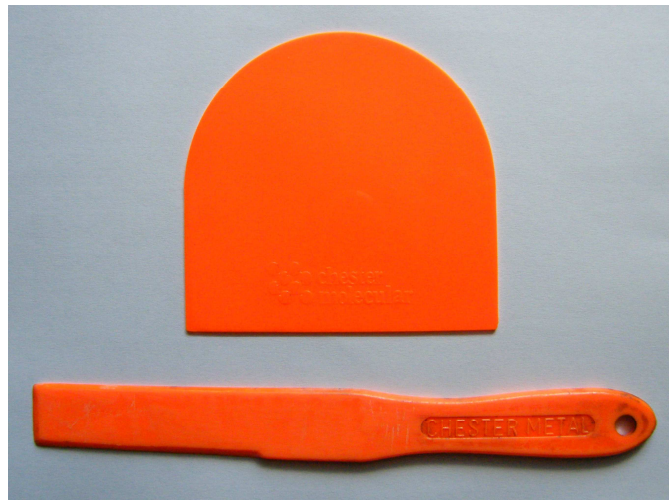
Před nanesením hmoty Garex je nutné povrch hřídele řádně očistit od ulpívajících nečistot a odmastit. Povrch součásti je obroben, bude plně vyhovovat řádné odmaštění bez dalších předchozích úprav. Pro odmašťování je výrobcem hmoty doporučen aceton. Na plochu se aceton nanáší čistým štětcem nebo postříkem. Byla zvolena postříková metoda.

5.5.3 Nanesení tmelu

Kluzná hmota Garex je dvousložkový epoxidový tmel. Mísí se v poměru 2 : 1. Tedy 2 díly základní složky a 1 díl tvrdidla. Na čisté, acetonem odmaštěné podložce se obě složky v požadovaném množství pečlivě promíchají. Teplota pro nanášení hmoty je doporučena 20 °C, při nižších teplotách dochází k výraznému zvýšení viskozity – hmotu lze proto hůře zpracovávat a dochází ke zpomalování vytvrzování. (Příloha 2)

Na připravenou odmaštěnou plochu se nanese kluzná hmota. Nanáší se ve dvou fázích. V první fázi se nanese slabá vrstva, která se pečlivě zapraví do nerovností povrchu, tím dojde

k pevnému zakotvení hmoty k povrchu hřídele. Bezprostředně po první fázi se postupně po vrstvách nanese zbytek hmoty do požadovaného rozměru. S ohledem na potřebný přídavek pro obrábění se hmota vrství až na cca \varnothing 18 mm.



Obr. 47 Pomůcky na zpracování tmelu

5.5.4 Opracování přebytečné hmoty [34]

Po dokonalém vytvrzení tmelu se přebytečná hmota obrobí. Soustruží se na hrotovém soustruhu Harrison Alpha 1350 XS na \varnothing 17 mm. V případě výskytu defektů (vzduchové bubliny), musí se tyto nedokonalosti dotmelit. Po vytvrzení se hmota obrobí na \varnothing 16,2 mm. Následně se povrch brousí na hrotové brusce BUA 25 B Profi na \varnothing 16 h7, Ra 0,8. Je použit brusný kotouč A99B 80K 9 V. Tento stroj umožňuje ruční broušení i broušení v automatických cyklech. Je vybaven řídicím systémem SIEMENS Sinumerik 810 D. Obrábění se provede bez použití chladících mazacích prostředků. Při dosažení vhodné struktury povrchu soustružením, lze operaci broušení vypustit. V tomto případě se hmota soustruží na \varnothing 16 h7.



Obr. 48 Hrotová bruska BUA 25 B Profi [34]

Tab. 5.13 Základní technické parametry hrotové brusky BUA 25 B Profi

Oběžný průměr	250 mm
Vzdálenost mezi hroty max.	750 mm
Max. hmotnost obrobku upnutého :	
v hrotech	250 kg
letmo včetně upínače	50 kg

5.5.5 Výstupní kontrola

Výstupní kontrola sestává z vizuální kontroly povrchu a rozměrové kontroly. Kontroluje se párovitost, deadheze, trhliny apod. Rozměr obrobku se zkontroluje třmenovým mikrometrem. Zkontroluje se drsnost povrchu.

Tab. 5.14 Technologický postup renovace hřídele hmotou Garex

TECHNOLOGICKÝ POSTUP			
Název součásti:		HŘÍDEL	
Materiál: ČSN 14 220			
Pořadové číslo operace	Pracoviště Typ stroje	Popis opravy	Měřidla
1	Strojní údržba Alpha 1350 XS	Hrubě soustružit Ø 16 na Ø 15	Posuvné měřítko
2	Strojní údržba	Očistit a odmastit Ø 15	-
3	Strojní údržba	Nanést tmel	-
4	Strojní údržba Alpha 1350 XS	Soustružit vytvrzenou hmotu na Ø16,2	Posuvné měřítko
5	Strojní údržba BUA 25 B Profi	Brousit Ø 16,2 na Ø 16 h7	Třmenový mikrometr
6	Strojní údržba	Kontrola	Třmenový mikrometr

6. ZÁVĚR

Výběr vhodné kluzné hmoty pro renovaci hřídele vyžaduje porovnání několika zvolených kritérií. Mezi hlavní kritéria byla zvolena velikost pevnosti ve smyku při tahovém namáhání přeplátované lepené sestavy, odolnost proti adhezivnímu opotřebení a kritérium ekonomické.

Na zkoušku pevnosti ve smyku byly zvoleny dva druhy přípravy povrchu adherendu. Prvním byl povrch frézovaný a druhým povrch tryskaný umělým korundem. Z důvodu objektivního porovnání kluzných hmot byly oba povrchy zhotoveny s téměř totožnou drsností povrchu. Zkouška odolnosti proti opotřebení byla prováděna na hrotovém soustruhu. Na nožové hlavě soustruhu byl připevněn přípravek s uchycenou kalenou kuličkou, která se pod daným zatížením třela o povrch rotujícího zkušebního tělesa s vrstvou kluzné hmoty. K přesnému určení ceny spotřeby kluzné hmoty byl vytvořen přepočítaný poměr na cenu za objem hmoty. Kluzné hmoty se prodávají s cenou za kilogram, přičemž jednotlivé kluzné hmoty mají jinou měrnou hmotnost. Z výsledků zkoušek a přepočítaných cen byla zvolena nejvýhodnější kluzná hmota - Garex. Tato hmota se vyznačuje nejlepší odolností proti opotřebení, průměrnou pevností lepeného spoje ve smyku a jednou z nejnižších cen.

Technologický postup tmelení hřídele byl vypracován na základě literární studie, doporučení dodavatele kluzné hmoty a vlastních zkušeností. Technologický postup vychází z podmínek strojního vybavení vlastní firmy.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. PETERKA, Jindřich. *Lepení konstrukčních materiálů ve strojírenství*. 1. vyd. Ing. Jindřich Klůna, Ing. Zdeněk Kříž, Ing. Nad'a Jiřinová. Praha: SNTL, 1980, 792 s.
10. HSC Online: Manufacturing with polymers. *HSC Online* [online]. 2004 [cit. 2013-04-01]. Dostupné z: http://hsc.csu.edu.au/engineering_studies/application/transport/3059/manuf_polymer.html
17. KUBÍČEK, Jaroslav. *Renovace a povrchové úpravy* [online]. Brno, 2006 [cit. 2013-04-04]. 89 s. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/svarovani/opory_soubory/renovace_a_povrchove_upravy__kubicek.pdf f. Skriptum. Vysoké učení technické v Brně.
19. LENFELD, Petr. *Technologie zpracování plastů* [online]. Liberec [cit. 2013-03-27]. Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/index.htm. Skriptum. Technická univerzita Liberec.
8. ELTZE, Andre. Diodový laser a navařování pro opravu povrchů. *MM Průmyslové spektrum*. Praha: MM Publishing s.r.o., 2013, roč. 2013, 1,2.
2. AMBROŽ, Oldřich a Jiří KAŠPAR. *Žárové nástřiky a jejich průmyslové využití*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1990, 318 s. ISBN 80-030-0347-4.
29. *Příručka svařování: Opravy a údržba*. 5. aktualizované. Vamberk: ESAB VAMBERK s.r.o., 2008.
44. Vlastnosti laserového navařování. *MATEX PM* [online]. 2011 [cit. 2013-02-15]. Dostupné z: <http://www.matexpm.com/cz/laserove-navarovani/vlastnosti>
30. Renovace navařováním. *Welcor* [online]. 2005 - 2013 [cit. 2013-02-15]. Dostupné z: <http://www.welcor.cz/navary.php>
37. ŠTĚPÁN, Karel. Laserové navařování kluzných vrstev. *TriboTechnika* [online]. 2013, roč. 2013, č. 1 [cit. 2013-02-12]. Dostupné z: <http://www.tribotechnika.sk/tribotechnika-12013/laserove-navarovani-kluznych-vrstev.html>
16. KRAUS, V. *Povrchy a jejich úpravy* [online]. [cit. 2013-02-12]. Dostupné z: <http://tzs.kmm.zcu.cz/POUcelk.pdf>
41. Tvrdé chromování pro technické účely. *OSTROJ a.s.* [online]. 2013 [cit. 2013-02-22]. Dostupné z: <http://www.ostroj.cz/tvrde-chromovani-pro-technicke-ucely>
9. HOUDKOVÁ ŠIMŮNKOVÁ, Šárka, Radek ENŽL a Olga BLÁHOVÁ. *Žárové nástřiky: Moderní technologie povrchových úprav* [online]. 2003 [cit. 2013-02-26]. Dostupné z: <http://www.kmm.zcu.cz/CD/content/index.html>
3. BORSKÝ, Václav. *Základy stavby obráběcích strojů*. Vyd. 2., přeprac. Brno: VUT, 1991, 214 s. Učební texty vysokých škol (Vysoké učení technické v Brně). ISBN 80-214-0361-6.

14. Kluzná, nebo valivá ložiska?. *MM Průmyslové spektrum* [online]. 2009, roč. 2009, č. 11 [cit. 2013-03-09]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/kluzna-nebo-valiva-loziska.html>
42. Uložení, účel, rozdělení, kluzná ložiska. AMBROŽ, Alois. *Coptel* [online]. 2011 [cit. 2013-03-10]. Dostupné z: <http://coptel.coptkm.cz/index.php?action=2&doc=28525&docGroup=4765&cmd=0&instance=2>
28. Poznatky v oblasti hydrostatických ložisek. *MM průmyslové spektrum* [online]. 2002, roč. 2002, č. 11 [cit. 2013-03-12]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/poznatky-v-oblasti-hydrostatickych-lozisek.html>
33. SKF. *Kluzná pouzdra SKF*. Švédsko, 2000. Dostupné z: http://www.pkservis.com/data/web/upload/22_SKF/kluzna_pouzdra_SKF.pdf
20. Ložiskové materiály za spinodálních slitin. *MM Průmyslové spektrum*. 2007, roč. 2007, č. 11. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/loziskove-materialy-ze-spinodalnich-slitin.html>
24. NOVOTNÝ, Jiří. Materiály, Použití a návrh kluzných ložisek. *TriboTechnika* [online]. 2008, roč. 2008, č. 1 [cit. 2013-02-12]. Dostupné z: http://www.tribotechnika.sk/1-2008/klzne_loziska_tribotechnika.html
39. Tribologie. *Ksp.tul* [online]. 2008 [cit. 2013-03-22]. Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/stud_materialy/ttv/tribologie.pdf
27. POŠTA, Josef, Petr VESELÝ a Milan DVOŘÁK. *Degradace strojních součástí* [online]. Praha: ČZU, 2002, 67 s. [cit. 2013-03-09]. Monografie. ISBN 80-213-0967-9. Dostupné z: http://degradace.tf.czu.cz/Mngr_ram.htm
6. *Degradace strojních součástí* [online]. 2003 [cit. 2013-03-09]. Dostupné z: <http://degradace.tf.czu.cz>
7. DUCHÁČEK, Vratislav. *Polymery: výroba, vlastnosti, zpracování, použití*. Vyd. 2., přeprac. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2006, 278 s. ISBN 80-708-0617-6.
35. STOKLASA, František. Pájecí slitiny. *Coptel: Elektrotechnika* [online]. 2010 [cit. 2013-03-30]. Dostupné z: <http://coptel.coptkm.cz/index.php?action=2&doc=6096>
15. KONVALINKA, Roman. UniClean Bio: Nízkoteplotní odmaštění před galvanizací - cesta k dosažení výrazných provozních úspor. *Povrchová úprava* [online]. 2011, VII., březen 2011 [cit. 2013-04-01]. Dostupné z: <http://www.povrchovauprava.cz/uploads/assets/casopisy/pu-2011-03.pdf>
11. JANSEN, Rolf a PREIKSCHAT. *Vodíkové křehnutí*. 2. vyd. SurTec Deutschland GmbH, 2002. Dostupné z: <http://www.surtec.cz/>

36. ŠKEŘÍK, Jan. *Technický receptář. 660 receptur pro kutily i profesionály*. 1. vyd. Praha: FCC PUBLIC, 1999, 285 s. ISBN 80-901-9856-2.
12. Kapalné odmašťovací přípravky. *Pragochema* [online]. 2013 [cit. 2013-04-08]. Dostupné http://www.grc.nasa.gov/WWW/StructuresMaterials/ASG/images/gallery/Argon_h.jpgz:
<http://www.pragochema.cz/?start=2&lan=cz&vyr=Kapalne-odmastovaci-pripravky>
18. KUBÍK, Stanislav. *Pokroky matematiky, fyziky a astronomie: Ultrazvuk a jeho technické využití* [online]. 1956, s. 258-269 [cit. 2013-04-08].
43. Ultrazvukové čističky a ultrazvukové čištění. *Ultrazvuk s.r.o.* [online]. 2011 [cit. 2013-04-08]. Dostupné z: <http://www.ultrazvuk-sro.cz/>
38. Technologievorsprung. *Sonosys GmbH* [online]. Neuenbürg, 2013 [cit. 2013-04-09]. Dostupné z: <http://www.sonosys.de/Megasonic/technologievorsprung>
25. OM servis: Ultrazvuk. *OM servis* [online]. 2009 [cit. 2013-04-09]. Dostupné z: <http://www.omservis.cz/ultrazvuk.html>
23. MLEZIVA, Josef a Jaromír ŠŇUPÁREK. *Polymery - výroba, struktura, vlastnosti a použití*. 2. přepr. vyd. Praha: Sobotáles, 2000, 537 s. ISBN 80-859-2072-7.
31. Scanning electron micrograph of argon: Atomized Powder. *NASA* [online]. 2008 [cit. 2013-04-11]. Dostupné z: <http://www.grc.nasa.gov/WWW/StructuresMaterials/ASG/images/gallery/Argon.html>
4. Consorta Praha: Alpha 1350 XS. *Consorta Praha s.r.o.* [online]. 2013 [cit. 2013-04-15]. Dostupné z: <http://consorta.cz/alpha-1350xs/>
34. Slovákcké strojírny: BUA 25 B Profi. *Tosas* [online]. 2010 [cit. 2013-04-16]. Dostupné z: http://www.tosas.cz/index.php?id_document=10098
5. ČSN EN 1465. *Lepidla: Stanovení pevnosti ve smyku při tahovém namáhání přeplátovaných lepených sestav*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009, 12 s.
26. PKIT Praha: Tryskací materiály a tryskací zařízení. *PKIT Praha s.r.o.* [online]. 2008 [cit. 2013-04-18]. Dostupné z: <http://www.pkit.cz/vstrikovaci-kabiny.php>
13. Keco Coatings: Blog. *KECO Coatings* [online]. 2013 [cit. 2013-05-12]. Dostupné z: <http://www.kecocoatings.com/blog/?Tag=KECO%20Coatings>
21. Mazaná kluzná ložiska v extrémních pracovních podmínkách. *MM Průmyslové spektrum* [online]. 2007, roč. 2007, č. 11 [cit. 2013-05-12]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/mazana-kluzna-loziska-v-extremnich-pracovnich-podminkach.html>
22. Měřicí technika, CNC stroje. *Jirka a spol., s.r.o.* [online]. 2013 [cit. 2013-05-12]. Dostupné z: <http://www.jirkaspol.cz/digitalni-drsnomer-tr200.html>

32. Schleifprozesse: Bärhausen. *Bärhausen* [online]. 2013 [cit. 2013-05-20]. Dostupné z: <http://baerhausen.polarismedia.de/keramische-schleifmittel/schleifprozesse/>

40. Topology. *Topology* [online]. 2000 [cit. 2013-05-20]. Dostupné z: <http://faculty.uscupstate.edu/llever/Polymer%20Resources/Topology.htm#Linear>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ

R_m	mez pevnosti lepeného spoje	[MPa]
F_m	maximální zatěžující síla	[N]
F	zatížení kalené kuličky	[N]
n	otáčky zkušebního tělesa	[min ⁻¹]
s	prodloužení zkušebního tělesa při smykové zkoušce	[mm]
σ	napětí v lepeném spoji	[MPa]
v	obvodová rychlost zkušebního tělesa	[m.min ⁻¹]
t	doba zatěžování zkušebního tělesa	[s]
C_i	cena spotřebované kluzné hmoty	[Kč]
C_{kgi}	cena kluzné hmoty	[Kč.kg ⁻¹]
ρ_i	měrná hmotnost kluzné hmoty	[g.cm ³]
V	objem spotřebované kluzné hmoty	[cm ³]

SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA 1 - Fluid: kluzná hmota

PŘÍLOHA 2 – Garex: kluzná hmota

PŘÍLOHA 3 – HRE: kluzná hmota

PŘÍLOHA 4 – Chester Metal Slide: kluzná hmota

PŘÍLOHA 5 – Hydraulický zkušební stroj

TECHNICKÝ LIST

kluzná dvousložková hmota

FLUID

CHARAKTERISTIKA VÝROBKU

Fluid je dvousložková kluzná hmota na bázi modifikované střednomolekulární pryskyřice polyvinylbutyralom, s obsahem minerálních plniv a plniv FeSi, grafitu, Molik a tixotropních aditiv, tvrditelné směsí polyalkylénpolyaminem / převážně diethylentriamin /.

POUŽITÍ

Fluid je pastovitá hmota určená pro opravy, renovace výrobu nových kluzných částí jako jsou ložiskové pouzdra, ložiskové pánve - výstelky, rovinné a vodící kluzné plochy, otisky, plochy kluzných částí výsypek a žlabů, plochy hydraulických pístů apod..

Vytužená hmota má nízký koeficient tření / cca 10 x kluznější než bronz /, neopotřebovává protidílec, rozběh části strojů z nulové polohy je oproti materiálům plynulejší.

Hmota **Fluid** je z části samomazná, ale nedoporučuje se pro kluzné části nepoužívat maziva. Pro vodní stykové plochy je mazadlem voda. Kluzné plochy rovinné a rotační jsou běžně mazány strojními oleji apod..

V praxi se osvědčila při výrobě nových pouzder pro vytlačovací lisy plastových forem, opravy stáčecích dopravních pásů, při výrobě skelných vláken, ve vinařském průmyslu a svojí podstatou je použitelná všude tam, kde se její fyzikální a chemické vlastnosti shodují s požadavkem aplikace

FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI kluznou hmotou FLUID

vzhled: černá pastovitá hmota

Měrná hmotnost g/cm³: **1,72 - 1,84**

Stat.pevnost v tlaku MPa: tloušťka vrstvy

2 mm - **18**

1,5 mm - **25**

1 mm - **40**

Pevnost v smyku: **dural - dural Mpa 12 ocel-ocel MPa 14**

Koeficient tření v závislosti na tlaku:

tlak 0,5 Mpa **0,622**

tlak 1,4 Mpa **0,577**

tlak 4,3 Mpa **0,504**

tlak 8,1 Mpa **0,420**

tlak 9,8 Mpa **0,388**

Hmotnostní úbytek WN / g / v závislosti na

Delco v / hod / a tlaku p / Mpa /:

tlak 2,3 Mpa **0,01036**

tlak 6,2 Mpa **0,06424**

Obsah epoxiskupín ek.v 100 gr. : **0,28**

Obsah popela / 900st.C kamna /: **59,60 %**

Těkavé podíl: **1 %**

Doba gelace : **115 minut:**

Doba aplikace

po smíchání s tužidlem minut: **25**

Rzměrová stálost při dotvrzování:

-0,6 %

50. Tloušťka vrstvy

je nejvhodnější od 1 do 2 mm. Snížení základního materiálu od funkční plochy je 0,5 - 0,9 mm.

Ložisková pouzdra:

Aplikace hmoty na výstelky je vhodná do poměru L: D = 3: 1. V osovému řezu se označí materiál a výstelka, kótují se rozměry polotovaru a výstelky / obr. 5 až 8 /. Základní materiál se ohrubuje s drsností Ra 50. Drsnost

povrchu na funkční ploše výstelky se označí Ra 0,8 případně 0,4. Pokud se jedná o pouzdra, kde je funkční také čelo ložiskového pouzdra, vyznačí se na základním materiálu požadovaný rozměr / obr. 6 / a po vytvrzení snížení čel základního materiálu o 0,5 až 0,9 mm.

Příklady kreslení dílců s výstelkou:

Pro zajištění kluzné funkce hybných uložení je nutné předepisovat vůli mezi pouzdrem a čepem na střední až horní hranici

tolerance podle diagramu 1 - viz. stať V.

Příklad: pouzdro prům. 80 H7, výrobní rozměr 80,015, čep prům. 80 f6, výrobní rozměr 79,96

- Skutečná vůle 0,055 je větší než minimální vůle 0,035 podle diagramu 1 - vyhovuje.

Výstelky se mohou aplikovat také do přírub ozubených kol, řemenic apod. Zvláště výhodné je renovovat opotřebené, složité a drahé dílce.

ROVINNÉ VODÍCÍ kluzné plochy

Základní materiál a protiplochy se důkladně očistí a odmastí nejlépe čistým acetonem / takzvaný ledový aceton /.

Protiplocha se potřese separátorem a ponechá se oschnout po dobu 15 až 30 minut. Separátor musí být zcela čistý a teplý cca 25 - 30 st. C. Před použitím je nejlépe ohřát separátor v teplé vodě. Separátor SE je možno objednat zvlášť u výrobce. Homogenizovaná hmota **Fluid** s tužidlem se nanáší na povrchy

po vrstvách, přičemž se první vrstva dobře zatlačí na základní materiál, aby nastalo dobré přilnutí hmoty k podkladu. Konečná vrstva

FLUID se upraví tvarovou stěrkou na příslušnou šířku kluzné plochy. / Tvar stěrky je zobrazen na obr. č. 9, přičemž A je šířka vodící plochy /.

Dílec s nanesenou hmotou **Fluid** se položí na protidielec upravený separátorem a zatíží tak, aby dosahující plošky

sedli na protidielec. Při dosednutí se musí přebytečná hmota vytisknout po obou stranách ven, což je znakem toho, že hmota bylo

nanesené dostatečně množství - souvislost s výkrojem tvarové stěrky. Po vytvrzení cca 24 hod. se dílec složí, odstraní se pretok

a zhotoví se

mazací drážky. Dielec nanesených **Fluid** se musí chránit před poškozením nárazem tvrdých předmětů, před nepřípustnými

deformacemi a při případné přepravě lan apod..

Ložisková pouzdra VYRÁBĚNÉ odstředivým způsobem

Do polotovarů pouzder, případně jiných dílců / viz. čl. 12 / ... ozubených kol, řemenic apod. ... / Se vyhrubuje otvor pro

nanesení kluzné hmoty **Fluid** tak, aby výška fazetky byla větší o 0,5 mm než

je požadovaný jmenovitý rozměr konečného ložiskového pouzdra a šířka fazetiek byla 1 - 1,5 mm.

Otvor pro nanesení hmoty se udělá

průměr větší o 3 - 4 mm oproti jmenovitému průměru. / Viz. obr. 10 /

Pouzdro se odmastí a do otvoru se nanese hmota. Pouzdro se upne do soustruhu s otáčkami 300 - 2300 ot / min. a roztočí se po dobu 15

- 30 sekund. Volba otáček a času musí být úměrná hmotnosti dílce.

Hmota při odstředění musí být v pouzdře rovnoměrně rozložena. Pouzdro se vybere ze soustruhu a odloží se válcovou na rovnou podložku. Při kalených dílcích se výstelka z **Fluid** vyrobí až po tepelném zpracování. Po 24 hod..

se pouzdro opracuje na požadované rozměry.

Ložiskové pánve - Výstelka:

V pánvi se připraví otvor pro nanesení hmoty podobným způsobem jako podle čl. 21 ... do polotovarů pouzder ... atd.. Po rozdělení pánve na dvě poloviny tvoří fazetka dosedací plochu pro dotlačení separovaného trnu. Po vytvrzení se trn snímá /

obr. 11 / a obě poloviny pánve se

dokončí na požadovaný rozměr otvoru pánve. Při opracování se současně odlehčí

fazetka. **UPOZORNĚNÍ !** pokud má dílec, který se

má vystýlat hmotou **Fluid musí se** mazací otvor předem vyvětrat a před nanášením hmoty přelepit lepicí páskou.

V. ORIENTAČNÍ ÚDAJE:

Diagram 1 / obr. č.. 12 / uvádí minimální vůli pro zajištění funkce při daném jmenovitém rozměru pouzdra a čepu.

Diagram 2 / obr.č.13 / uvádí obecní vztah mezi zatížením v Npza obvodovou rychlostí v

m / sec. pro ložiskové pouzdra s výstelkou z hmot vyrobených na bázi epoxiesterových pryskyřic.

Vyčiarkovaná část zaručuje, že při dobrém mazání nepřekročí opotřebení hodnotu 0,025 mm za 100 hod. provozu.

OBEČNÉ PODMÍNKY PRO BEZPEČNOU pracuje s hmotou FLUID:

Řeší Bezpečnostní list je nutno seznámit pracovníky s bezpečnostním listem uvedeno na

www.movychem.cz

POZOR !!! Tužidlo je silná alkalická žíravina.

Při práci používat pracovní oblek, gumové nebo latexové rukavice, brýle, nebo obličejový štít.

Při práci nejíst nepít nekouřit.

Manipulaci - míchání hmoty s tužidlem uskutečněno na dobře větraném místě. Pro práci s hmotou

Fluid vyloučit osoby s

pozitivní alergickou anamnézou, především exematikov.

Základní hmota je hořlavina IV. třídy nebezpečnosti, tužidla jsou hořlaviny II.třídy nebezpečnosti.

S hmotou **Fluid** nakládáme jako s chemickou látkou podle § 163 Sb. r.2001.

Při náhodném potriesnení tužidlem, ihned oplachovat proudem vody a vyhledat lékaře.

Při náhodném požití podat větší množství vody, nevyvolávat zvracení - ihned vyhledat lékaře.

Při zasažení očí - ihned vyplachovat proudem vody při otevřených očích, vyhledat lékaře.



GAREX

dvousložková rychle tvrdnoucí kluzná hmota

Použití:

Garex je dvousložkový rychle tvrdnoucí polymer - kluzná hmota, která má po vytvrzení 16 x lepší kluzné vlastnosti než bronz. Současně použití tohoto polymeru zaručuje delší životnost než při použití bronzových materiálů.

Garex má tři základní druhy použití:

1. Konstrukce nových a opravy poškozených rovinných i svislých kluzných vodících ploch strojů a zařízení.
2. Výroba nových kluzných ložisek (pouzder) a renovace vydřených nebo poškozených výroba nových kluzných ložisek a renovace vydřených bronzových.
3. Oprava poškozených hřídelí (např. vydřených od gufera)

Obecně platí, že lze touto hmotou opravovat různé typy kluzných vodících ploch a pouzder, ať už byly vyrobeny z jakéhokoliv materiálu. Garex je natolik univerzální, že jím lze opravit původní části, které byly vyrobeny z bronzu, gamapestu, gs-super, turcitu, diamantu nebo jiných kluzných hmot.

Po vytvrzení lze hmotu libovolně opracovávat (brousit, vrtat nebo frézovat). Garex vznikl modifikací z kluzné hmoty GS- super (má stejné kluzné vlastnosti) s důrazem na rychlejší vytvrzení a zjednodušení přípravy aplikace. Hmota Garex je pastovitá, vhodná i pro nanášení na svislých plochách. V případě že chceme odlévací kluznou hmotu, doporučujeme použít tekutý materiál **GS super fluid**. Má stejné kluzné parametry, ale její konzistence umožňuje odlévání, zalévání nebo natírání hmoty.

Největší výhodou této kluzné hmoty je že neopotřebovává protidílec a i bez mazání nemůže nikdy dojít k zadření. Jednotlivé složky se nemusí odvažovat, ale nanášejí se v poměru 2 : 1 objemově.

Podrobný technologie a konstrukce, bezpečnostní předpisy a skladování viz podniková norma kluzné hmoty GS- super PN 10 – 98

Vlastnosti po vytvrzení :

mísící poměr složek	2 díly složky A + 1 díl složky B (objemově i váhově)
zpracovatelnost	20 minut
doba vytvrzení	při 23 °C cca 2,5 hodiny
tepelná odolnost	80 °C
barva	černá
pevnost ve smyku	20 MPa
pevnost v tlaku	200 MPa
pevnost v ohybu	min. 60 MPa
tvrdost Brinell	64 MPa
koeficient tření	0,01 – 0,07 (podle tlaku a mazání)
smrštitelnost	nulová
trvale odolává	vodě, saponátům, oleji, naftě, benzínu zředěným minerálními kyselinám (chlorovodíková 10%, dusičná 10%, sírová 30%) a alkalickým roztokům (hydroxid sodný 40 %, amoniak 10%)
neodolává	organickým kyselinám (octová 5%, mléčná 10 %) a je narušována organickými rozpouštědly (etanol, xylen), acetonem.

Instrukce a informace v tomto technickém listu jsou výsledkem našich zkoušek a zkušeností. Protože různorodost materiálů a podkladů a počet jejich možných kombinací a způsobů aplikací je nesmírně vysoký, není možné obsáhnout jejich úplný popis. Prospekt může jen právně nezávazně poradit, zpracování výrobku je však nutno přizpůsobit konkrétním podmínkám. Výrobce není odpovědný za škody způsobené nedodržením instrukcí nebo použitím produktu k nevhodnému účelu. Ujistěte se, že postupujete podle nejnovějšího vydání technického listu výrobku. Ty jsou k dispozici na naší webové stránce.

Dawex Chemical, Okružní 4550, 760 05 Zlín, tech. podpora: 777 644 770, tel: 577 242 395, fax: 577 220 252

Návod k použití:

1. Složku A i B v plastových dózách podle potřeby promícháme.
2. Před použitím tmelu je třeba opravovanou část dílce očistit, dokonale odmastit acetonem.
3. Na předem připravený plech vložíme **dva díly složky A a jeden díl složky B**. Důkladně smícháme špachtlí na plechu a nanese na požadované místo. Doba zpracovatelnosti je cca 20 minut. Taktó nanesený tmel vytvrzuje při 23 °C cca 2,5 hodiny. Se zvyšující se teplotou (např. horkým vzduchem) se úměrně snižuje doba vytvrzování. Nízká teplota podstatně snižuje rychlost vytvrzování.
4. Znečištěné nástroje umýt hadříkem namočeným v acetonu.

Upozornění: Protože se tímto tmelem opravují funkční kluzné plochy, je třeba se při aplikaci vyvarovat zanesení jakýchkoliv nečistot a používat jen dokonale čisté nástroje !!

Všeobecné zásady pro praxi :

- Místo na které má být aplikována kluzná hmota musí být zdrsнено a dokonale odmaštěno, doporučujeme použít aceton nebo perchlor – **nedoporučujeme používat technický benzín**.
- Pro potřebné zakotvení kluzné hmoty v případě výroby ložiskového pouzdra nebo opravy hřídele musíme podklad důkladně zdrsnit – např. šroubovici s co nejmenším stopáním. Zdrsnění se nesmí provádět nožem z rychlořezné oceli, ale nejlépe „tupým nožem“. Minimální drsnost by měla být Ra 12, ideálně až Ra 25.
- Kluznou hmotu doporučujeme nanášet o tloušťce cca 2 - 4 mm a následně opracovat na potřebný rozměr. **Ideální vlastnosti hmota vykazuje při tloušťce 1 – 1,5 mm** po opracování. Z důvodu tlakové únosnosti **nedoporučujeme** aplikovat hmotu **ve větší** konečné (po opracování na hotovo) **sile než 3 mm**. Kluznou hmotu nanášíme po vrstvách a každou vrstvu důkladně zatlačíme do předchozí.
- U vodorovných i svislých rovinných kluzných ploch nejlepší povrchové úpravy dosáhneme otiskem protidílece. Protidílec musí být ošetřen separátorem, který zabraňuje přilepení kluzné hmoty na protidílec (separátor V11).
- U poškozených hřídelí, pokud je nerovnost velmi malá doporučujeme zvětšit poškození a následně nanést kluznou hmotu, protože při mikroporezitách a velmi malých poškozeních není možné zajistit dokonalé ukotvení materiálu na opravované části.
- Hmota Garex je určena pro použití při 20 °C. Při podchlazení dochází ke zpomalování vytvrzování a hmota lze hůře zpracovávat. Proto ji skladujte při předepsané teplotě a do provozů ji předávejte až před samotnou aplikací.

Balení:

- 1 kg (složka A - 665 g, složka B - 335 g)

Instrukce a informace v tomto technickém listu jsou výsledkem našich zkoušek a zkušeností. Protože různorodost materiálů a podkladů a počet jejich možných kombinací a způsobů aplikací je nesmírně vysoký, není možné obsáhnout jejich úplný popis. Prospekt může jen právně nezávazně poradit, zpracování výrobku je však nutno přizpůsobit konkrétním podmínkám. Výrobce není odpovědný za škody způsobené nedodržením instrukcí nebo použitím produktu k nevhodnému účelu. Ujistěte se, že postupujete podle nejnovějšího vydání technického listu výrobku. Ty jsou k dispozici na naší webové stránce.

H O R T E X, s.r.o.
 Dělnická 251
 CZ - 500 04 Hradec Králové
 Česká republika
 Telefon: +420 495 535 133
 Fax: +420 495 532 959
 E-mail: hortex@hortex.cz
 Internet: www.hortex.cz



TECHNICKÝ LIST

Datum vydání: březen 2007

Datum změny: srpen 2010 verze 1.3

Strana: 2/2

HORTEX Plastická ocel HRE

Vlastnosti po vytvrzení

Smršťitelnost:	neměřitelná (0,02%)
Pevnost ve smyku:	18 MPa
Pevnost v tlaku:	85 MPa
Pevnost v ohybu:	min. 50 MPa
Tvrdost (Shore):	70 D
Rázová houževnatost:	min. 15 kJ/m ²
Teplotní odolnost:	-35°C do +120°C * -31°F do +248°F

Trvale odolává: vodě, saponátům, oleji, naftě, benzínu zředěným minerálními kyselinám (chlorovodíková 10%, dusičná 10%, sírová 30%) a alkalickým roztokům (hydroxid sodný 40 %, amoniak 10%)

Neodolává: organickým kyselinám (octová 5%, mléčná 10 %) a je narušována organickými rozpouštědly (etanol, xylen), acetonem

Poznatky z praxe:

1. Výrobek je určen pro použití při 23°C. Snížená teplota při aplikaci 5 - 10°C zpomaluje proces vytvrzování a tmel se jeví jako hustší. Proto doporučujeme výrobky skladovat při teplotě 23°C a do provozů rozdělovat až při samotných opravách.
2. Všechny epoxidové kompozice mají záruku 24 měsíců. Pokud jsou skladovány v původních uzavřených obalech. Vlivem skladování může dojít k vytěsnění tekutých složek. Proto před použitím složky A i B promícháme v původním plastovém obalu.
3. Při dávkování není nutné jednotlivé složky vážit. Dle potřeby dávkujeme objemově 2 díly složky A a 1 díl složky B.
4. Samotná povrchová úprava tmelené části může být ve dvou provedeních:
 - po nanesení tmelu a vytvrzení zabrousíme
 - po nanesení na opravované místo necháme tmel „zavadnout“ a posléze uhladíme pomocí mokré špachtle nebo jiného nástroje. Po vytvrzení již nebrousíme a získáme tím dokonale hladký povrch v odstínu barvy tmelu.
5. Při tmelení rozsáhlých nerovností a zejména hlubokých otvorů musíme tmelit po vrstvách a jednotlivé vrstvy umačkáme vhodným nástrojem.
6. Při opravách mikroporozity a malých závad doporučuje tam kde je to možné tyto otvory zvětšit a posléze zatmelit. Větší otvory zaručují dokonalé ukotvení tmelu a tím dosažení zaručené pevnosti.

Skladování

Skladujte v suchu při teplotě 20°C v originálních obalech.
 Záruční doba - 24 měsíců v originálních obalech.

* (°C x 1,8) + 32 = °F

UPOZORNĚNÍ

Údaje udávané v tomto technickém listě, obzvláště návrhy ke zpracování výrobků HORTEX se zakládají na našich nejnovějších znalostech a zkušenostech. Protože se však materiály mohou velmi lišit a nemáme vliv na pracovní podmínky, doporučujeme provést dostatečný počet pokusů pro zjištění vhodnosti našich výrobků. Za škody vzniklé na základě uvedených pokynů nebo na základě ústního projednání neručíme, pokud by nám ovšem nebyl prokázán záměr nebo hrubá nedbalost. Údaje byly sestaveny pečlivě, přesto nezakládají právní nárok na odvolání.

HORTEX, s.r.o.
 Dělnická 251
 CZ - 500 04 Hradec Králové
 Česká republika
 Telefon: +420 495 535 133
 Fax: +420 495 532 959
 E-mail: hortex@hortex.cz
 Internet: www.hortex.cz



TECHNICKÝ LIST

Datum vydání: březen 2007

Datum změny: srpen 2010 verze 1.3

Strana: 1/2

HORTEX Plastická ocel HRE

PROFIL PRODUKTU

Plastická ocel HRE je dvousložková, samomazná kluzná hmota s trvale velmi nízkým koeficientem tření (17x lepší než bronz). Určena pro výrobu a opravy kluzných vodících částí strojů (suport), opravu vydřených hřídelí, ložiskových pouzder a poškozených vodících ploch. Dlouhodobá životnost.

HRE má tři základní druhy použití:

- 1 Konstrukce nových a opravy poškozených rovinných i svislých kluzných vodících ploch strojů a zařízení.
- 2 Výroba nových kluzných ložisek (pouzder) a renovace vydřených nebo poškozených výroba nových kluzných ložisek a renovace vydřených bronzových
- 3 Oprava poškozených hřídelí (např. vydřených od gufera)

Obecně platí, že lze touto hmotou opravovat různé typy kluzných vodících ploch a pouzder, ať už byly vyrobeny z jakéhokoliv materiálu. Plastická ocel HRE je natolik univerzální, že jím lze opravit původní části, které byly vyrobeny z bronzu, gamapestu, gs-super, turcitu, diamantu nebo jiných kluzných hmot. Po vytvoření lze hmotu libovolně opracovávat (brousit, vrtat nebo frézovat). Největší výhodou této kluzné hmoty je že neopotřebovává protidílec a i bez mazání nemůže nikdy dojít k zadření. Jednotlivé složky se nemusí odvažovat, ale mísí se v poměru 3 : 1 objemově. Základem správného lepení je řádné očištění, zdrsnění, odmaštění (HORTEX Čistící sprej) spoj.

APLIKACE PRODUKTU

1. Před použitím tmelu je třeba plochu dílce očistit (případně odmastit HORTEX Čistící sprej), rezavé místa obrousit smirkovým papírem. Pro snadné nanášení doporučujeme, aby teplota tmelu při aplikaci neklesala pod 20°C. Při nižších teplotách dochází k zhoustnutí (v zimních měsících je možné tmel zahřívat nepřímým ohřevem - např. teplou vodou). Před použitím promícháme složku A a složku B v plastovém obalu.
2. Smícháme v předepsaném poměru obě složky. Pokud najednou nespotřebujeme celé množství, dávkujeme pryskyřici a tvrdidlo v poměrných objemových množstvích 2 : 1 (2 díly složky „A“ + 1 díl složky „B“).
3. Po přidání tvrdidla celou kompozici dobře promícháme alespoň 2-3 minuty.
4. Dobře promíchané složky aplikujeme zvoleným způsobem. Nanesený tmel se vytvrzuje při 23°C - po 2 hodinách. Konečná tvrdost po 4 hodinách.
5. Znečištěné nástroje umýt v acetonu.

INFORMACE O FYZIKÁLNÍCH A CHEMICKÝCH VLASTNOSTECH PŘÍPRAVKU

Vlastnosti v nevytvrzeném stavu

Základ:	epoxid plněný minerály
Skupenství (při 20°C):	pasta
Barva:	černá
Zápach (vůně):	typický
Balení:	PVC nádoba
Obsah balení:	0,3 kg nebo 1,0 kg

Vlastnosti vytvrzení

Doba zpracování (při 23°C):	15 - 20 minut
Poměr míšení (objemově i váhově):	2 : 1 (2 díly složka „A“ a 1 díl složka „B“)
Specifická hmotnost:	1,35 g/cm ³
Manipulační pevnost po:	2 hodinách
Konečné vytvrzení (při 23°C) po:	4 hodinách

UPOZORNĚNÍ

Údaje udávané v tomto technickém listě, obzvláště návrhy ke zpracování výrobků HORTEX se zakládají na našich nejnovějších znalostech a zkušenostech. Protože se však materiály mohou velmi lišit a nemáme vliv na pracovní podmínky, doporučujeme provést dostatečný počet pokusů pro zjištění vhodnosti našich výrobků. Za škody vzniklé na základě uvedených pokynů nebo na základě ústního projednání neručíme, pokud by nám ovšem nebyl prokázán záměr nebo hrubá nedbalost. Údaje byly sestaveny pečlivě, přesto nezakládají právní nárok na odvolání.

PLASTICKÉ OCELI **Technická a všeobecná data**

Typ produktu	Báze-chemický základ	Specifická vlastnost	Barva po vytvrzení	Obsah balení	Poměry směsi		Maxim. čas pro zprac. (+20°C) (minuty)	Specifická hmot. sm.ěsí (g/cm ³)	Teplotní stálost (°C / °F)	Čas vytvrzení (v hod.)	Střední pevnost při (+20°C)			Smrštění (%)					
					% hmotnosti pryskyřice (tvrdilo)	% objemové pryskyřice (tvrdilo)					Tlak (MPa)	Táh (MPa)	Ohyb (MPa)		Ráz. pevnost (kJ/m ²)	Shore (D)			
HZ	epoxidová pryskyřice + kovové plnidlo	pastovitá	černo stříbrná	0,3 kg	100	50	2	1	15 - 20	1,45	-35°C do +200°C -31°F do 392°F	2	4	95	20	45	15	78	0,015
HFE	epoxidová pryskyřice + kovové plnidlo	pastovitá s vysokou odolností teplotní odolnosti	tmavě šedá	0,3 kg	100	50	2	1	15 - 20	1,41	-35°C do +220°C -31°F do +428°F	2	4	95	20	45	15	79	0,03
HAL	epoxidová pryskyřice + hliníkové plnidlo	pastovitá s vysokou odolností teplotní odolnosti	hliníková	0,3 kg	100	50	2	1	15 - 20	1,40	-35°C do +250°C -31°F do +482°F	2	4	95	20	45	15	78	0,02
HME-O	epoxidová pryskyřice + kovové plnidlo	pastovitá rychle se vytvrzující	ocelová	0,4 kg	100	100	1	1	3 - 5	1,85	-35°C do +200°C -31°F do +392°F	30 minut	45 minut	65	15	35	10	84	0,01
HME24-O	epoxidová pryskyřice + kovové plnidlo	pastovitá velmi pomalu se vytvrzující	ocelová	0,4 kg	100	100	1	1	120	1,85	-35°C do +200°C -31°F do +392°F	12	24	65	15	35	10	84	0,01
HME-L	epoxidová pryskyřice + kovové plnidlo	pastovitá rychle se vytvrzující	litinová	0,4 kg	100	100	1	1	3 - 5	1,85	-35°C do +200°C -31°F do +392°F	30 minut	45 minut	65	15	35	10	84	0,01
HME24-L	epoxidová pryskyřice + kovové plnidlo	pastovitá velmi pomalu se vytvrzující	litinová	0,4 kg	100	100	1	1	120	1,85	-35°C do +200°C -31°F do +392°F	12	24	65	15	35	10	84	0,01
HBR	epoxidová pryskyřice + kovové plnidlo	pastovitá	bronzová	0,3 kg	100	50	2	1	15 - 20	1,40	-35°C do +120°C -31°F do +248°F	2	4	95	20	45	15	75	0,025
HWO	epoxidová pryskyřice + kovové plnidlo	pastovitá	mosazná	0,3 kg	100	50	2	1	15 - 20	1,40	-35°C do +120°C -31°F do +248°F	2	4	95	20	45	15	75	0,03
HRE	epoxidová pryskyřice + piněná minerály	pastovitá samomasná kluzná hmota	černá	0,3 kg	100	50	2	1	15 - 20	1,35	-35°C do +120°C -31°F do +248°F	2	4	85	18	50	15	70	0,02
HGMV	epoxidová pryskyřice + kovové plnidlo	pastovitá elektricky vodivá	černá	0,3 kg	100	50	2	1	15	1,45	-35°C do +215°C -31°F do +419°F	2	4	95	20	60	15	73	0,025
HF AA Keramik	epox. pryskyřice + piněná minerály s korundem	tekutá extrém. vysoká odolnost na oděr	modrá	0,5 kg	100	20	5	1	30 - 45	1,90	-35°C do +170°C -31°F do +338°F	15 - 17	24	113	26	97	15	88	0,02
HL3 polymer	epoxidová pryskyřice + piněná minerály	tekutá rychlá chemická kotva	stříbrná	0,75 kg	100	8	8	1	15 - 20	1,45	-35°C do +150°C -31°F do +302°F	1	3	95	20	60	15	85 - 90	0,02
HL24 polymer	epoxidová pryskyřice + piněná minerály	tekutá pomalá chemická kotva	stříbrná	1,0 kg	100	3	3	1	15 - 20	1,45	-35°C do +150°C -31°F do +302°F	6	24	95	20	60	15	85 - 90	0,02
Epoxidový tmeľ	epoxidová pryskyřice + piněná minerály	plastelina	žlutá/černá	0,08 kg	100	100	1	1	15 - 20	1,95	-35°C do +200°C -31°F do +392°F	2	24	80	30	56	62	87	0,005
V11	benzínová frakce	kapalina	světle žlutá	0,5 litr	100		1			0,70	-35°C do +150°C -31°F do +302°F								

*(C x 1,8) + 32 = F

I_pl_ocel_tech_data_h10v1.3

Všechna udaná data jsou založena na laboratorních měřeních a číselných zkušenostech od zákazníků. Byly sestaveny pečlivě, přesto však nezakládají právní nárok na odvolání.



Technický list

červenec 2010

Chester Metal Slide

TECHNICKÝ POPIS PRODUKTU

Chester Metal Slide je dvousložkový epoxid – kovový kompozit, s obsahem molybdenu, s velmi dobrými kluznými vlastnostmi, určený k profesionálním opravám kluzných ploch ve strojírenství. Materiál obsahuje speciální pryskyřice, ocelová a molybdenová plnidla.

Typické aplikace :

- OPRAVY ULOŽENÍ HŘÍDELOVÝCH POUZDER
- OPRAVY KLUZNÝCH LOŽISEK
- OPRAVY POŠKOZENÝCH MÍST VE STYKU S
- "O" KROUŽKY A GUFERA
- OPRAVY KLUZNÝCH VEDENÍ OBRÁBĚCÍCH A PRŮMYSLOVÝCH STROJŮ
- OPRAVY KLUZNÝCH PLOCH KDE SE VYŽADUJE NÍZKÝ KOEFICIENT TŘENÍ
- OPRAVY VODÍTEK
- OPRAVY LOŽISKOVÝCH PÁNVÍ
- Atd.

Technická Data

Měrná hmotnost	-----	-----	1,5 g/cm ³	
Poměr míšení dle objemu	-----	-----	2 : 1	
Poměr míšení dle hmotnosti	-----	-----	2 : 1	
Barva			Tmavě šedá	
Pevnost v tahu (Nerezová ocel)	ASTM 1002	ISO 4587	23,5 MPa	3524 psi
Pevnost v tahu (litina)	ASTM 1002	ISO 4587	23,6 MPa	3423 psi
Pevnost v tahu (Aluminium)	ASTM 1002	ISO 4587	13,2 MPa	1914 psi
Pevnost v tahu (Mosaz)	ASTM 1002	ISO 4587	12,6 MPa	1827 psi
Teplotní odolnost za mokra	-----	-----	100 ^o C (-50 ^o C)	212 ^o F
Teplotní odolnost za sucha	-----	-----	200 ^o C (-50 ^o C)	392 ^o F
Minimální teplotní odolnost	-----	-----	-50 ^o C	-58 ^o F
Zpracovatelnost (68 ^o F)(20 ^o C)	-----	-----	35 min	
Tvrдость	ASTM D2240	-----	88 D	
Pevnost v tlaku	ASTM D695	ISO 604	146 Mpa	21175 psi
Součinitel tepelné vodivosti	-----	-----	0,56 W/mK	
Pevnost v ohybu	-----	ISO 178	90 MPa	
Pevnost na dopad		ISO 179	5,8 kJ/m ²	



Technický list

červenec 2010

Chester Metal Slide

Pokyny pro aplikaci

Aplikujte při teplotě vyšší než 4°C(39°F) a relativní vlhkosti nižší než 90%, na suchý odmaštěný povrch

Příprava povrchu při aplikaci na kov

Opravený povrch musí být mechanicky zbaven nečistot, mastnot, rzi apod., ideálně tryskáním, pískováním, obroušením nebo obrobením. Povrch by měl být dokonale vysušen a odmaštěn, například čističem Chester Fast Cleaner F-7.

Pokyny pro míšení a aplikaci tmelu.

Smíchejte obě složky na hladké rovné podložce dokud nedosáhnete konstantní barvy. Tmel nikdy nemíchejte v originálním obalu. Tmel nanášejte bezprostředně po smíšení, protože nejlepší přilnavosti k opravenému povrchu dosáhnete právě v tomto okamžiku. Nejprve naneste tenkou vrstvu na celý povrch tak aby jste se přesvědčili, že je tmel nanesen po celé ploše a bezprostředně poté naneste silnější vrstvu dle potřeby. V případě nutnosti nanášení druhé vrstvy nanášejte tmel na ne zcela vytvrzlenou první vrstvu.

Pokud nanášíte další druhou vrstvu po úplném vytvrzení předcházející, povrch musí být zdrsňen smirkovým plátnem po celé jeho ploše.

ZPRACOVATELNOST S OHLEDEM NA OKOLNÍ TEPLITU

Teplota okolního prostředí °C (°F)	Doba aplikace [min]	Doba úplného vytvrzení (hod)
5 (41)	60	16
10 (50)	45	8
20 (68)	35	5
30 (86)	10	2,5

Doba vytvrzení a doba zpracovatelnosti uvedená v tabulce je pouze orientační. Závisí na okolní teplotě, na množství použitého tmelu, tloušťce nanášené vrstvy apod. Obecně silnější vrstvy tuhnou rychleji než vrstvy tenčí. Hodnoty uvedené v tabulce platí pro váhové množství 0,25 kg tmelu.

Chemická odolnost

Test byl proveden při teplotě 20°C (68°F) po dobu 7 dní

- 1 – Velmi dobrá odolnost
- 2 – Krátkodobá odolnost
- 3 – Nedoporučuje se

Látka	Chemická odolnost
Benzín	1
Nafta	1
Brzdová kapalina	1
Olej	1
Ropa	1
Kyselina dusičná 10 %	1
Kyselina fosforečná 10 %	1
Kyselina octová 10 %	1
Aminy	1
Kyselina solná 10%	1
Čpavek 20%	1
Voda 100°C	1
Slaná voda	1
Chlor	1
Aceton	3
Chlor	3

DALŠÍ INFORMACE

Skladování

Skladujte v originálních obalech v suchu při teplotách od +0°C (32 °F) do +30°C (86 °F).

Příloha 5

Hydraulický zkušební stroj ZD40 /400kN/

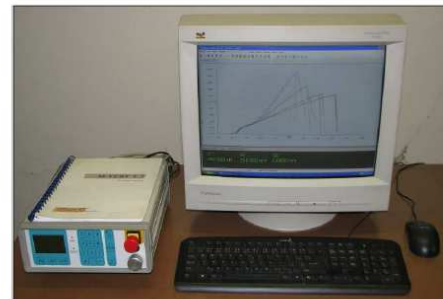
Stroj umožňuje provádět tahové, tlakové a ohybové zkoušky materiálů do 400 kN s řízením rychlosti zatěžování a programovým zpracováním zkoušek. Je vybaven vestavěným inkrementálním délkovým snímačem polohy příčnicku s rozlišením 0,01 mm a snímačem síly s řídicí jednotkou EDC 60.

Řídicí jednotka EDC 60 je vysoce precizní elektronické zařízení speciálně konstruované pro řízení servo-hydraulických zkušebních strojů. Je vyráběna speciálně pro aplikace řízení zkušebních strojů a využívají ji přední evropské výrobci univerzálních zkušebních strojů. Jednotka je opatřena programem pro zkoušky kovů s možností provádět zkoušky bez PC u jednoduchých aplikací bez použití průtahoměru.

Technické parametry:

- Výrobce: HBM /SRN/
- Měřicí rozsah: 8 ÷ 400 kN
- Chyba měření síly: 1/100 jmenovitého rozsahu síly, tj. $\pm 1 \%$ odpovídá třídě přesnosti 1
- Měřicí rozsah měření dráhy: 0 ÷ 280 mm
- Chyba měření dráhy: $\pm 0,01$ mm
- sériové rozhraní RS 232 pro komunikaci s nadřazeným PC COM1 pro PC s FIFO s maximální rychlostí 115 KB
- inkrementální vstup pro napojení snímače dráhy

Počítač je vybaven programem M-TEST v.1.7 pro tahovou, tlakovou a ohybovou zkoušku kovových materiálů dle EN 10001-2 s vyhodnocením výsledků, grafickým zpracováním.



Řídicí jednotka EDC 60

