

ABRASIVE WEAR OF Ag, Cu, Sn, Hg ALLOYS

OPOTŘEBENÍ SLITIN Ag, Cu, Sn, Hg

Lev J., Černý M.

Ústav techniky a automobilové dopravy, Agronomická fakulta, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Česká republika.

E-mail: xlev@mendelu.cz, michalc@mendelu.cz

ABSTRACT

The dissertation deals with the comparison of the resistance of Ag-Cu-Sn-Hg alloys towards abrasive wear. Three different alloys were compared - Safargam Special, ANA 2000 and Permite C. Out of interest, the tests were done also with with glass-ionomer cement FUJI GX IX, which is used as an alternative to mentioned alloys. For the materials, resistance towards abrasive wear and point pressure stress tests were designed. The tests were designed to reflect the real abrasive wear in usual practice as much as possible. The outcome of the dissertation is an analysis of the most resistant alloy Ag-Cu-Sn-Hg towards abrasive environment and point pressure stress. The result of the dissertation is a selection of a material with the best resistance towards the abrasive wear.

Key words: abrasive wear, Ag-Cu-Sn-Hg alloys, stress, strenght

ÚVOD

První zmínka o slitinách Ag-Cu-Sn-Hg se datuje do šestého století před naším letopočtem, kdy byly popsány v Číně. První zmínku o těchto slitinách v Evropě nacházíme v rukopise lékaře z Ulmu, Johannese Stockera z roku 1528. Uvádí se v něm recept na výrobu této slitiny nazvané amalgam. Díky dobrým mechanickým vlastnostem, odolnosti vůči korozi a snadné přípravě těchto slitiny, byly a doposud jsou nejvíce používány ve stomatologii. Z tohoto oboru vzešel požadavek, na porovnání vlastností jednotlivých druhů těchto slitin. V současné době jsou nejvíce používány výšeměďnaté slitiny, které nahrazují starší typy slitin s nižším obsahem mědi. Zvýšené množství mědi zabraňuje vytváření tzv. gama-fáze, která způsobuje menší korozní odolnost. Po přechodu na slitiny s větším obsahem mědi bylo však zaznamenáno zvýšené množství případů fragmentace při zatížení. Po tomto zjištění započal výzkum a porovnání vlastností nejpoužívanějších slitin Ag-Cu-Sn-Hg. Tato práce navazuje na výzkum korozních vlastností na VŠCHT v Praze [1], a mechanických vlastností na MZLU v Brně [2]. U daných materiálů byla porovnávána odolnost vůči fragmentaci při bodovém tlakovém zatížení a odolnost vůči abrazivnímu opotřebení.

MATERIÁL A METODIKA

Pro porovnání vlastností byly zvoleny čtyři druhy materiálů. Z předešlých prací byly převzaty - nízkoměďnatý amalgam SAFARGAM SPECIAL, a výšeměďnaté amalgamy ANA 2000 a PERMITE C. Pro srovnání odolnosti slitin s novým druhem materiálu, skloionomerními cementy byl zvolen materiál FUJI GX IX, který je považován za jejich nástupce.

Safargam special - klasická slitina s vysokým obsahem stříbra a nízkým obsahem mědi.

Složení: Ag - 69.4%, Sn - 26.0%, Cu - 4.6%, Hg - 3.0%. [2]

ANA 2000 – smíšená slitina obsahující sférické i disperzní částice s vysokým obsahem mědi. Momentálně nejpoužívanější. K dispozici je v praktických tabletách s peletkami rtuti (Duett) nebo ve formě prášku a kapslí.

Složení: Ag 43.0%, Sn 29.6%, Cu 25.4%, Hg 2.0%. [2]

Permite C - směsný amalgám – do klasické slitiny (pilinové) jsou přimíchány globule AgCu₂₈. Amalgám je ve formě prášku či v kapslích, se rtutí se míchá v poměru 1:0,92; kde 1 je hmotnostní díl slitiny. Permite C má světovou reputaci, klinicky ověřený non-gama-2 amalgám s nízkým obsahem rtuti.

Složení: Ag 56%, Sn 27,9%, Cu 15,4%, In 0,5%, Zn 0,2%. [2]

GC Fuji IX GP - kondenzovatelný skloionomerní výplňový cement v klasické a rychle tuhnoucí verzi, chemicky tuhnoucí. Možné využít na variabilní techniky: sendvič s kompozitním materiálem, s inlejí nebo jednoduše samotná skloionomerní výplň. FAST verze má kratší dobu tuhnutí – 3 min., tuhne po začátku míchání. Kapslová nebo prášková verze.

Příprava vzorků:

Metodiku přípravy vzorků dentálních slitin upravuje norma ČSN EN ISO 24 234 [3]. Příprava vzorků a zkoušení jejich vlastností se záměrně normou neřídila a snažila se simulovat reálné prostředí při zatěžování a způsob přípravy. Zároveň byla navržena s ohledem na použitelnost i pro další druhy materiálů. Metodika přípravy vzorků byla upravena s ohledem na postupy přípravy v praxi.

Diskuze rozměrů vzorku vedla k závěru, že vzorek by měl být dostatečně velký ve zkušebním stroji, avšak vzhledem k vysoké ceně použitých materiálů by měl být co nejmenší. Byl zvolen válcový vzorek $\varnothing 4$ mm, délky 4 mm.

Pro válcový vzorek byla navržena forma, která se skládá ze dvou sešroubovaných desek. Horní deska byla zabroušena na výšku 4mm a byly do ní v několika řadách vyvrtány otvory průměru $\varnothing 4H7$. Spodní deska sloužila jako dno formy. Tyto desky byly vzájemně sešroubovány, aby bylo zabráněno deformacím a bylo zajištěno těsné dosednutí desek na sebe. Materiál desek byl zvolen PVC - DUROPLAST „B“ ČSN 64 3211.

Pro každý materiál bylo vyrobeno 10 vzorků. Jejich počet byl limitován vysokými pořizovacími náklady.



Obr.1 Zkušební vzorky: Safargam Special, Permite C, ANA 2000, Fuji GX IX

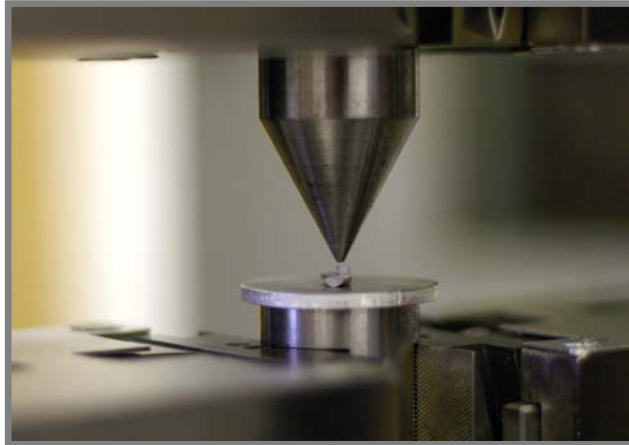
Porovnávání odolnosti jednotlivých materiálů vůči tlakovému zatížení

Porovnávání odolnosti jednotlivých materiálů vůči tlakovému zatížení bylo provedeno na pracovišti UMI VUT FSI v Brně. Způsob zatížení při zkoušce pevnosti v tlaku vzorků ze slitin Ag-Cu-Sn-Hg popisuje norma ČSN EN ISO 24234. Tato zkouška předpokládá zatížení výplní komplanárními rovinami. Vzorek předepsaných rozměrů je tedy zatěžován mezi dvěma litinovými deskami, dokud nedojde k prasknutí vzorku. Tento způsob zatížení však nemodeluje případy z praxe, kde k porušení dochází při bodovém tlakovém zatížení. Drcení mezi litinovými deskami bylo nahrazeno zatížením geometricky jasně definovaným hrotem. Použit byl zkušební stroj Zwick Z020, $F_{\max} = 20\text{kN}$. Zkušební hrot a základna byli upnuty do čelistí měřicích hlav. Po přípravě pracoviště, byl na základnu umístěn pro ustavení a do něj zkušební vzorek. Takto připravený vzorek se zakryl ochranným plastovým krytem. Pohyb hrotu byl spouštěn přes řídicí modul zkušebního stroje Zwick Z020 se zabudovaným snímačem. Rychlost posuvu příčnicku byla stanovena na 10mm/min. Silový rozsah nastaven 0-2,5kN. Po usazení vzorku a nastavení parametrů stroje byla spuštěna zkouška. Hrot vnikal do vzorku a způsobil destrukci. Jakmile došlo k úplné fragmentaci vzorku, a tím k eliminaci

silového působení. zkuška se automaticky zastavila. Příčnick vyjel zpět do výchozí polohy. Naměřená data byla automaticky uložena do PC. Pro každý materiál se provedlo 5 měření.

Měřené veličiny:

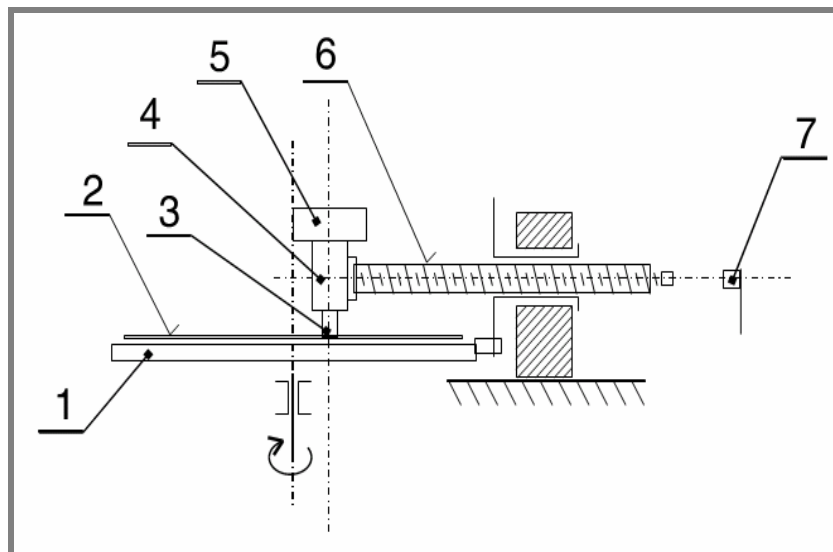
- síla potřebná k destrukci zkušební vzorku
- čas od doteku po čas, při kterém došlo k destrukci



Obr.2 Vzorek po fragmentaci zkušebním hrotem

Porovnání odolnosti dentálních výplní vůči abrazivnímu opotřebení

Odolnost slitin Ag-Cu-Sn-Hg vůči abrazivnímu opotřebení doposud nebyla zkoumána. Bylo nutné zvolit způsob experimentální zkoušky, která by simulovala zkouškou reálný mechanismus opotřebování v praxi. V praxi dochází k abrazi potravou, nečistotami v potravě a čištěním (abrazivní částice). Pro srovnávací zkoušku odolnosti vůči abrazi byla zvolena zkouška ČSN 01 5084 „Stanovení odolnosti kovových materiálů proti abrazivnímu opotřebení na brusném plátně“.



Obr.3 Schéma zkušebního zařízení s brusným plátnem [3]

Zkušební přístroj s brusným plátnem se skládá z rovnoměrně se otáčející vodorovné desky (1), na kterou se upevňuje brusné plátno (2). Zkušební těleso (3) je drženo upínací hlavicí (4) a je přitlačováno k brusnému plátnu silou vyvozenou závažím (5). Zařízení (6) umožňující radiální posuv vzorku a koncového vypínače (7). Testované těleso se během zkoušky posunuje od středu ke kraji brusného plátna a částí svého povrchu neustále přichází do styku s čistým brusným plátnem.

Navržená metodika vyšla z normy ČSN 01 5084. Vzhledem k použití materiálů s odlišnými vlastnostmi a použitím menších zkušebních vzorků byla upravena. Pro zkoušku byl zvolen vzorek o rozměrech $\varnothing 4\text{mm}$, délka 4mm. Pro upnutí vzorku byla navržena upínací kleština, která byla vložena do upínací hlavy. Brusná dráha byla z 50m zkrácena na 5m. Drsnost plátna 120. Vzorek byl zatížen závažím 100g. Porovnával se procentuální úbytek hmotnosti vůči původní hm. vzorku.

Postup měření abraze

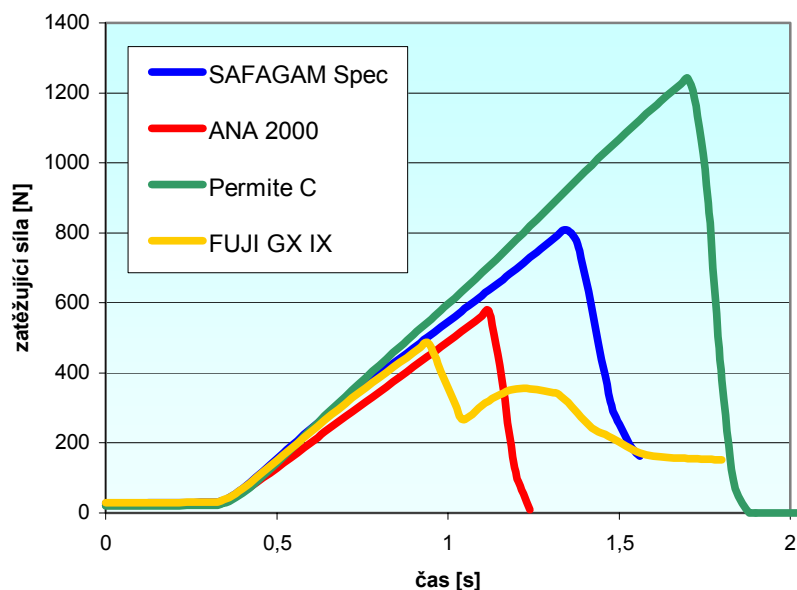
Všechny vzorky byly nejprve zváženy na elektronických vahách s přesností 0,001g. Vzorek byl vložen do kleštiny, kleština upnuta do upínací hlavy a zajištěna pojistným šroubem. Stroj byl po ujetí dráhy 5m automaticky zastaven. Všechny vzorky byly opět zváženy. Přehled průměrných hodnot % ztráty hmotnosti jednotlivých vzorků shrnuje tabulka 1.

Název materiálu	Ztráta [%]
ANA 2000	15,79
SAFARGAM SPECIAL	17,56
PERMITE C	13,14
FUJI GX IX	27,88

Tab. 1 Průměrná ztráta hmotnosti jednotlivých materiálů v %

VÝSLEDKY A DISKUZE

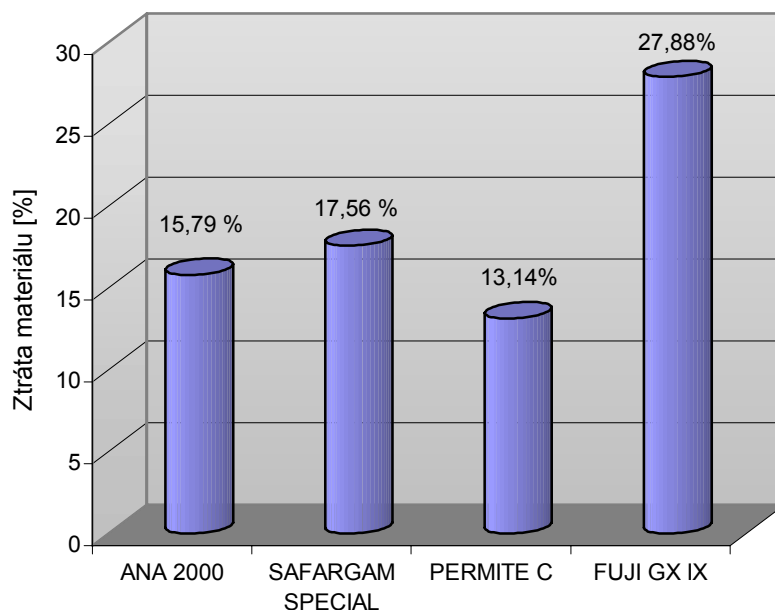
Z uvedených zkoušek vykázala nejlepší vlastnosti slitina Permite C. Průměrná hodnota zátěžné síly, při které došlo k fragmentaci vzorků byla přes 1200N. Také opotřebení vzorků na brusném plátně bylo nejmenší, přibližně 13%, viz. graf 2. Závislost zatěžující síly na čase znázorňuje graf 1.



Graf. 1 Srovnání průběhu zatížení jednotlivých materiálů

Závislost F-t potvrzuje obavy, že výšemednatá slitina ANA 2000 je náchylnější k náhlému lomu. To dokládá i rozbor lomové plochy vzorku tohoto materiálu. Safargam Special dosáhl dobrých výsledků ve zkoušce odolnosti vůči bodovému tlakovému zatížení i odolnosti vůči abrazivnímu opotřebení. Jeho nevýhodou je však horší odolnost vůči korozi [1]. V prostředí s velkou vlhkostí se na povrchu vytváří vrstva oxidů při uložování Hg. Proto je dnes již vytlačována výšemednatými slitinami, které mají větší korozní odolnost. Náchylnější k fragmentaci je slitina ANA 2000. Vzhledem k tomu, že slitina ANA 2000 je u nás nejpoužívanější materiál, je nepříjemné, že fragmentace nastávala právě u tohoto materiálu. Permite C jako zástupce výšemednatých slitin vykazuje výrazně lepší odolnost vůči opotřebení i tlaku než dříve používané nízkomednaté slitiny Ag-Cu-Sn-Hg i ANA 2000. Příprava výšemednatých slitin je také technologicky lépe zvládnuta. Starší slitiny se připravovaly ručně, dávkování bylo nepřesné, hrozilo větší nebezpečí kontaminace rtuť.

Při porovnání výsledků Fuji GX IX lze jednoznačně konstatovat, že tento materiál, má jednoznačně horší mechanické vlastnosti. Zejména abrazivní odolnost je výrazně menší, viz graf 2. Tento materiál má při zkoušce odolnosti vůči bodovému tlakovému zatížení jiný průběh závislosti F-t. Po překonání maximální hodnoty zatížení dochází k poklesu a opět k mírnému vzrůstu zatěžující síly. Analýzou lomové plochy, která vykazuje velké množství trhlin, lze usoudit, že nedochází k šíření magistrální trhliny jako u zkoumaných slitin, ale k větvení více trhlin, čímž dochází k větší energetické náročnosti šíření trhliny. Z grafu je patrné, že dochází k zastavení šíření trhliny. Maximální zatěžující síla tedy nemusí vést k fragmentaci vzorku. Materiál je zajímavou alternativou slitin Ag-Cu-Sn-Hg. Po zlepšení jeho odolnosti vůči abrazivnímu prostředí, by byl zřejmě dobrým nástupcem.



Graf. 2 Srovnání opotřebení jednotlivých materiálů

ZÁVĚR

Provedené zkoušky vyhodnotili jako nejodolnější slitinu Ag-Cu-Sn-Hg Permite C. Tato slitina dosahovala v obou testech nejlepších výsledků. Zkoušky neprokázaly, že výšeměďnaté slitiny Ag-Cu-Sn-Hg, jsou náchylnější k fragmentaci při bodovém tlakovém zatížení. Byla navržena metodika zkoušek a příprava vzorků simulující podmínky v praxi. Výsledek práce může pomoci při rozhodování o výběru vhodné slitiny především ve stomatologii.

LITERATURA

- [1] JOSKA, L. – NOVÁK, P.: *Koroze zubních amalgámů*, Praha, VŠCHT, 1993
- [2] LACKO, H. - *Mechanické vlastnosti dentálních výplní*, Brno 2006
- [3] ČSN 01 5084, Vydavatelství PHM, Praha 1973