

Technický protokol č. 26-04-020

Topologické měření přípravku MetalTec-1

Objednávka: ze dne 7.4.2026

Vyhotovil: Jan Walter

Kontroloval: Elena Čižmárová



V Praze dne: 29.04.2026

Počet stran: 6



1. PŘEDMĚT ANALÝZY:

Předmětem analýzy je vliv přípravku Metaltec-1 na tribologické vlastnosti měřené metodou pin on disc v porovnání s polyalfaolefinovým olejem.

2. POUŽITÉ ZAŘÍZENÍ

Digitální mikroskop Olympus DSX1000

Profilometr Sensofar Sneox FiveAxes

Tribometr CSM HTT tribometr

3. METODIKA MĚŘENÍ

Měření tribologických vlastností byla provedena za pomoci metody pin on disc na tribometru CSM HTT. Jako statický pin byla při všech testech použita 6 mm kulička z ložiskové oceli 100Cr6. Jako rotující disk byly použity vzorky ze dvojice materiálů, konkrétně ze zakalené ložiskové oceli 100Cr6 (váleček z ložiska) a z odlévané hliníkové slitiny AlSi10Mg (část bloku motoru). Testy byly provedeny v přípravku Metaltec-1 a Polyalfaolefin (PAO) oleji Labovac 14 bez přísady aditiv. Testovány byly následující kombinace:

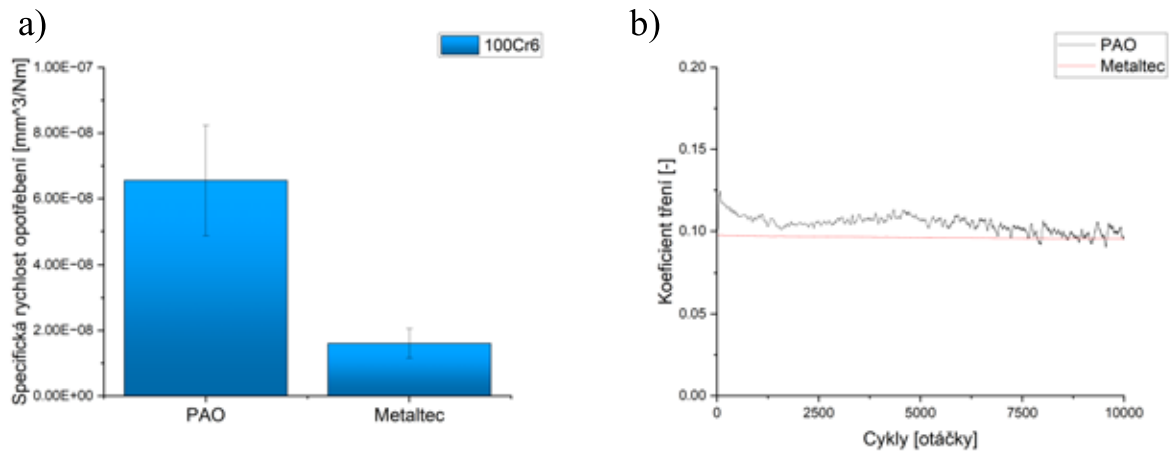
- 100Cr6/100Cr6 – PAO
- 100Cr6/100Cr6 – Metaltec-1
- 100Cr6/AlSi10Mg – PAO
- 100Cr6/AlSi10Mg – Metaltec-1

Testy byly provedeny s délkou 10 000 cyklů, lineární rychlostí 5 cm/s a normálovou zátěží 5 N. Během testů byl zaznamenáván koeficient tření. Následně bylo vyhodnoceno opotřebení a povrch protikusu byl analyzován pomocí světelné mikroskopie. Opotřebení bylo hodnoceno na základě opakovaného měření průřezu opotřebené stopy na disku pomocí optického profilometru. Každý test byl proveden dvakrát a uvedené hodnoty představují průměr naměřených výsledků.

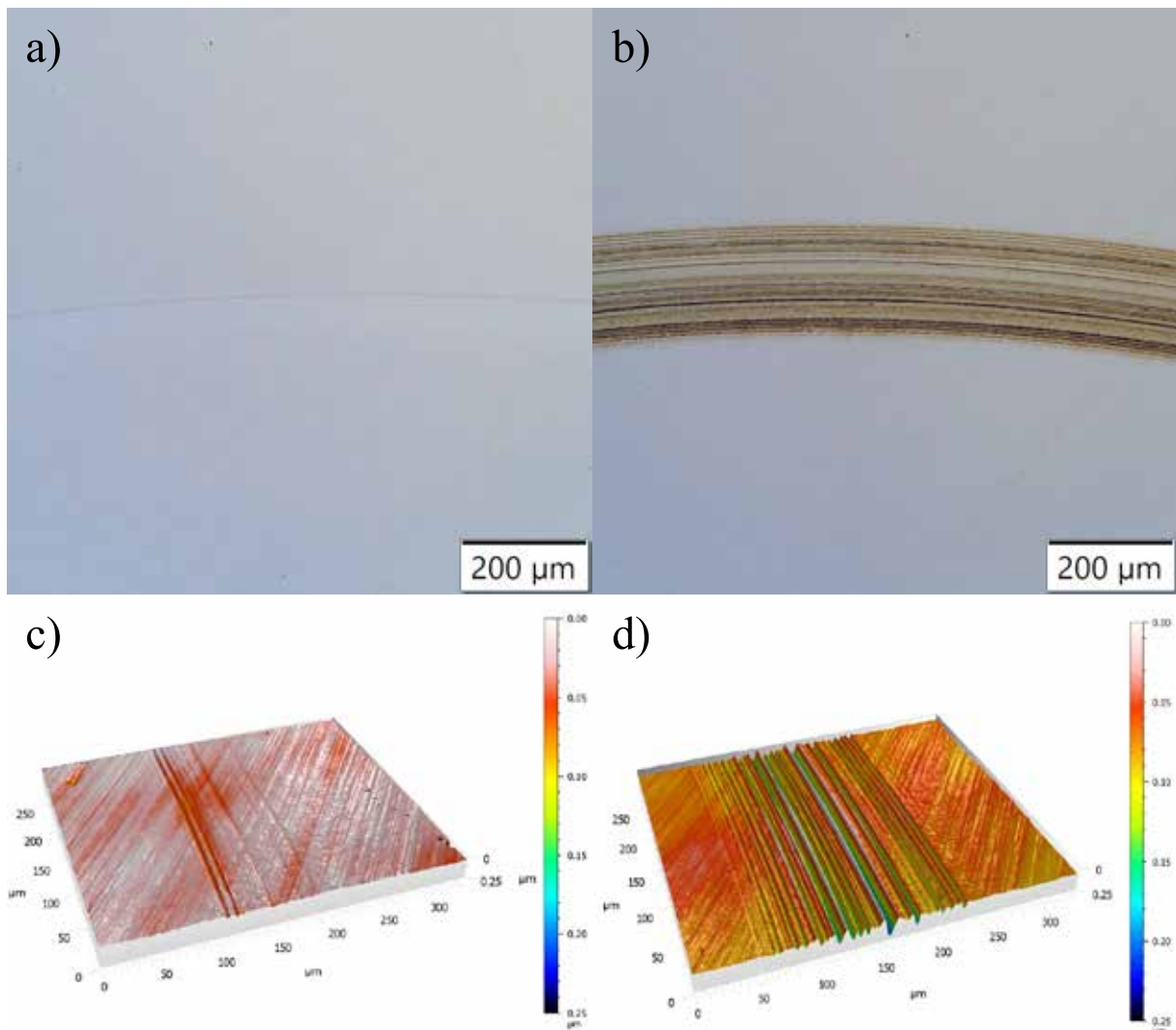
4. VÝSLEDKY MĚŘENÍ

100Cr6/100Cr6

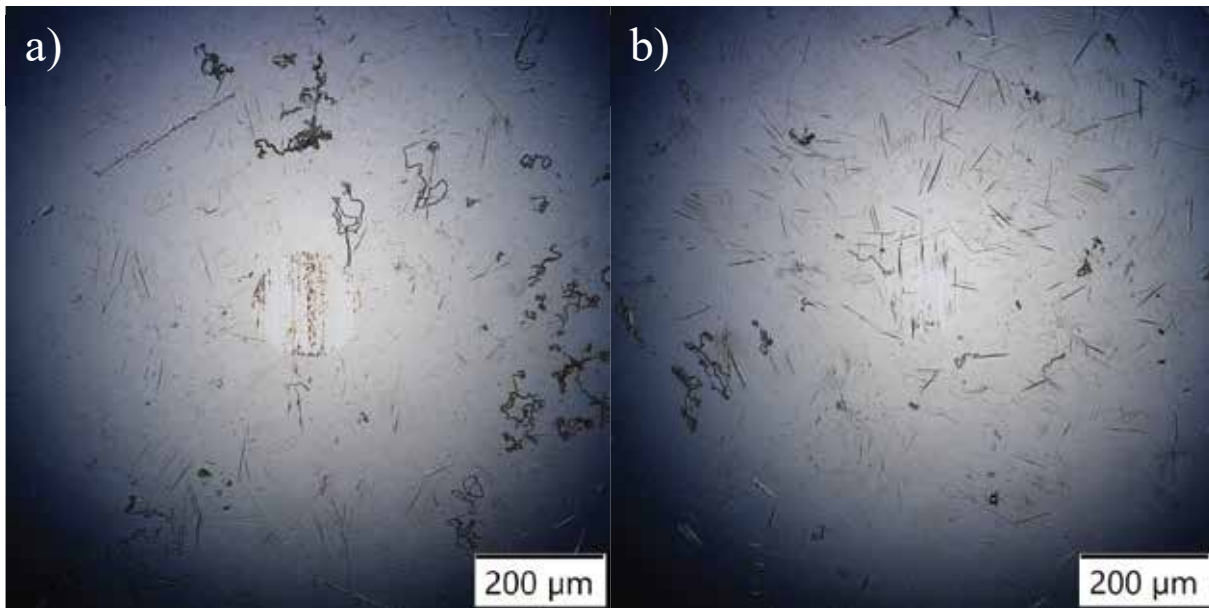
Během testování ocelového vzorku byla při použití PAO oleje zaznamenána rychlost opotřebení $6,55 \cdot 10^{-8} \pm 1,68 \cdot 10^{-8} \text{ mm}^3/\text{Nm}$. Tato hodnota odpovídá opotřebení naměřenému pro obdobnou materiálovou dvojici v PAO, jak je uvedeno v literatuře [1,2]. V přípravku Metaltec-1 je opotřebení přibližně čtyřikrát nižší než v PAO a dosahuje hodnoty $1,61 \cdot 10^{-8} \pm 4,51 \cdot 10^{-9} \text{ mm}^3/\text{Nm}$. Porovnání těchto hodnot je uvedeno na obr. 1a. Jak je patrné z obr. 2, stopa opotřebení v PAO je nejen širší, ale také podstatně hlubší. Opotřebení ocelové kuličky je v přípravku Metaltec-1 rovněž výrazně nižší, jak je patrné z obr. 3. V obou případech se průměrná hodnota koeficientu tření pohybovala okolo 0,1. Jak je zřejmé ze záznamu koeficientu tření uvedeného na obr. 1b, při použití přípravku Metaltec-1 je průběh procesu podstatně klidnější než v případě použití oleje PAO.



Obrázek 1 a) Specifická rychlost opotřebení b) průběh koeficientu tření při testech v kombinaci ocel 100Cr6/ocel 100Cr6



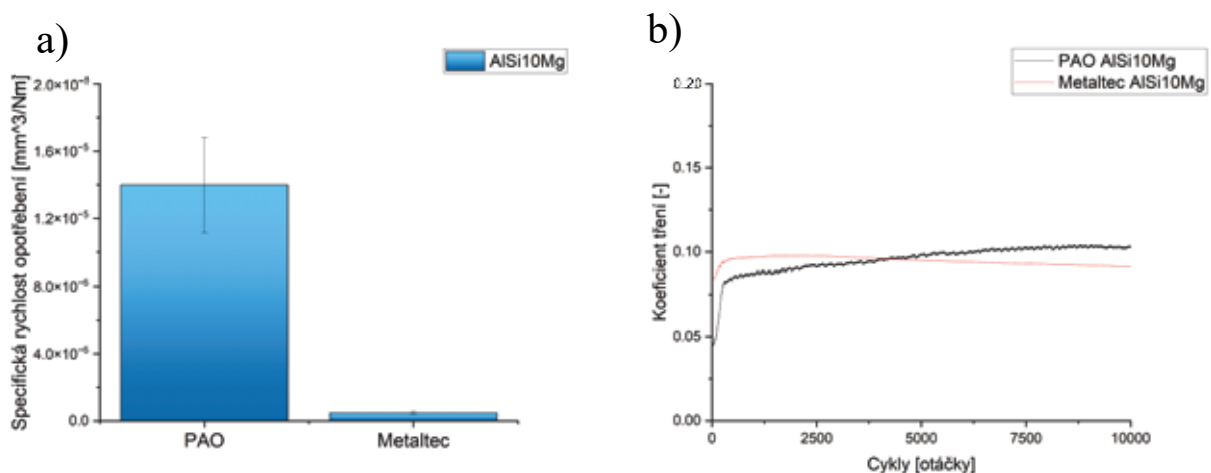
Obrázek 2 a) snímek stopy opotřebení v Metaltec-1, b) snímek stopy opotřebení v PAO, c) 3D sken opotřebení v Metaltec-1, d) 3D sken opotřebení v PAO při testech v kombinaci ocel 100Cr6/ocel 100Cr6



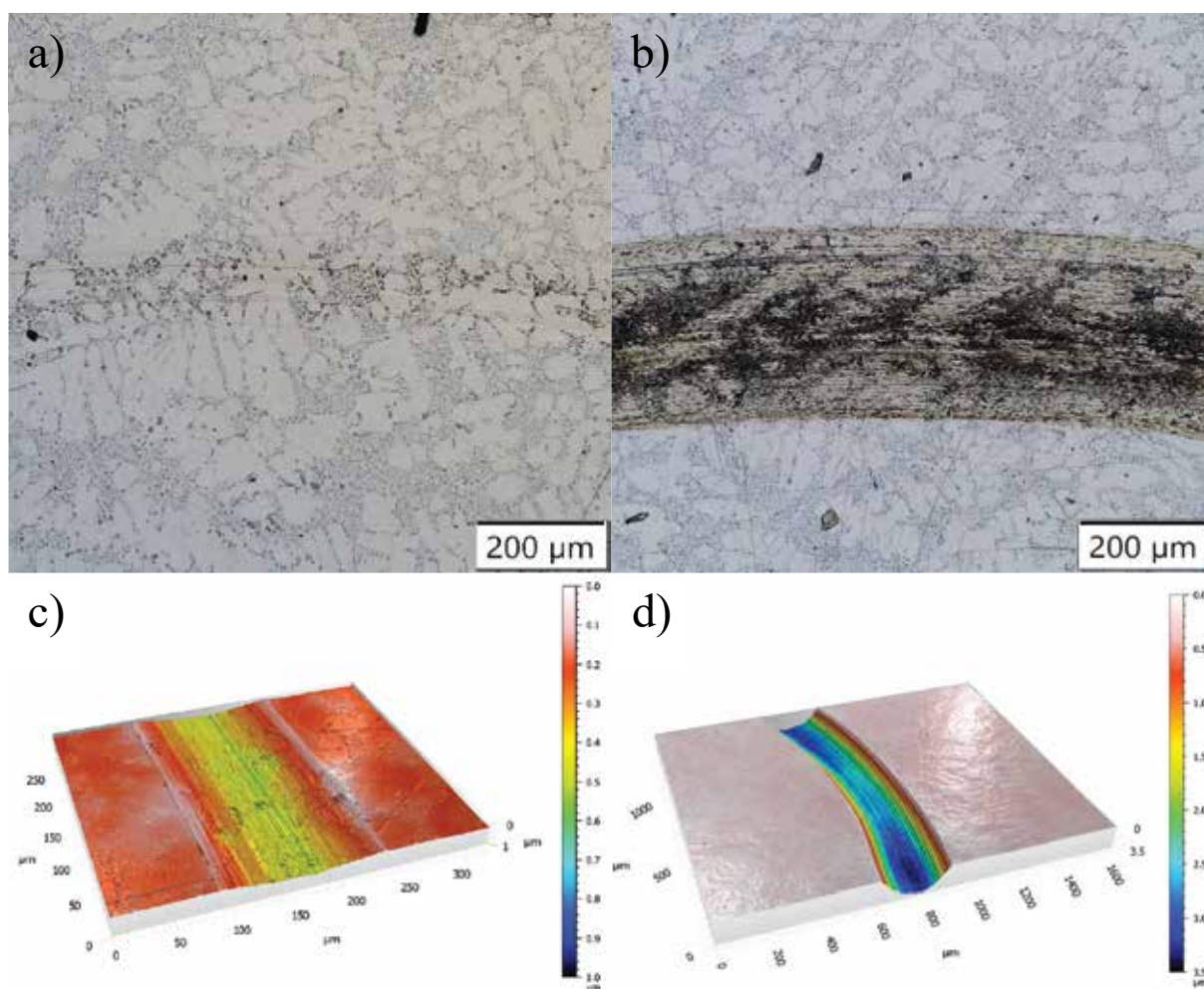
Obrázek 3 a) snímek opotřebení kuličky v PAO b) snímek opotřebení kuličky v Metaltec-1 při testech v kombinaci ocel 100Cr6/ocel 100Cr6

100Cr6/AISi10Mg

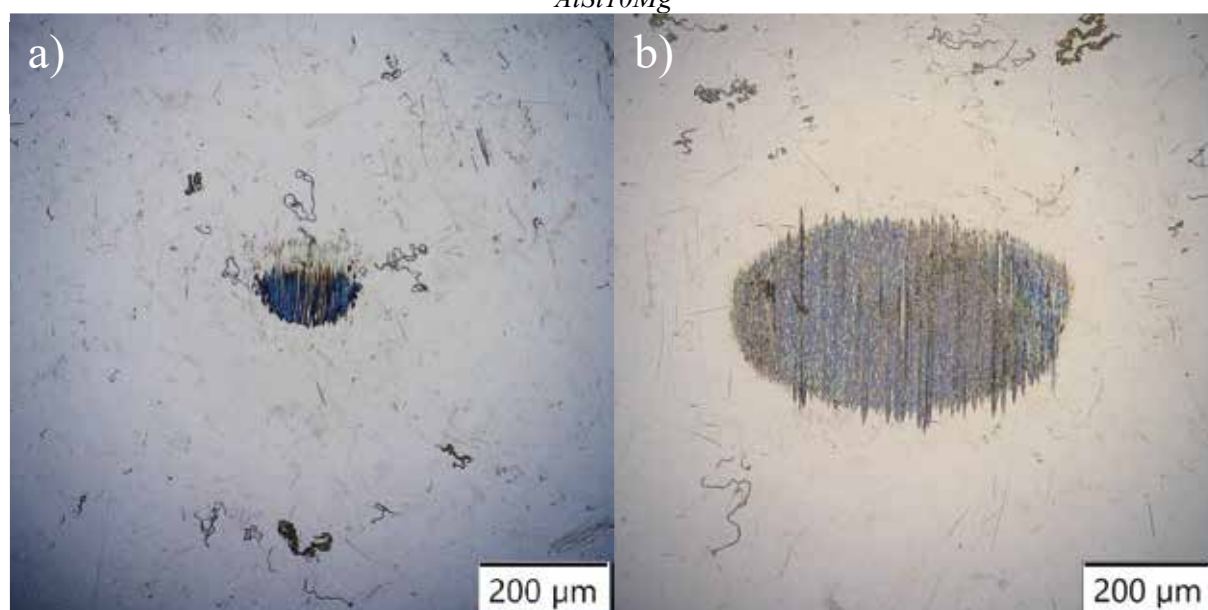
Výsledky testování s hliníkovým vzorkem sledovaly obdobný trend jako v případě testování s ocelí 100Cr6. V PAO byla zaznamenána rychlost opotřebení $1,4 \cdot 10^{-5} \pm 2,83 \cdot 10^{-6} \text{ mm}^3/\text{Nm}$, v Metaltec-1 bylo opotřebení téměř 30 x nižší a vykazovalo hodnotu $4,85 \cdot 10^{-7} \pm 9,1 \cdot 10^{-8} \text{ mm}^3/\text{Nm}$ (viditelné v Obrázku 4a). U tohoto porovnání je nutné uvést, že opotřebení v PAO spadá do „výrazného opotřebení“ (severe wear) pro mazaný kontakt ocel–ocel a nebylo by považováno v provozu za přípustné [3]. Výrazný rozdíl v opotřebení je také viditelný na ocelových kuličkách uvedených na Obrázku 6. Průměrné hodnoty koeficientu tření byly obdobné jako v předchozím případě. V oleji PAO je viditelná stoupající tendence koeficientu tření po dobu testu, zatímco v případě použití přípravku Metaltec-1 je tření v zásadě konstantní.



Obrázek 4 a) Specifická rychlost opotřebení b) průběh koeficientu tření při testech v kombinaci ocel 100Cr6/slitina AISi10Mg



Obrázek 5 a) snímek stopy opotřebení v Metaltec-1, b) snímek stopy opotřebení v PAO, c) 3D sken opotřebení v Metaltec-1, d) 3D sken opotřebení v PAO při testech v kombinaci ocel 100Cr6/slitina AlSi10Mg



Obrázek 6 a) snímek opotřebení kuličky v PAO b) snímek opotřebení kuličky v Metaltec-1 při testech v kombinaci ocel 100Cr6/slitina AlSi10Mg



Výsledky všech provedených měření jsou uvedeny v tabulce 1.

Tabulka 1 Výsledky měření

Test	Koeficient tření [-]	Specifická rychlost opotřebení [mm ³ /Nm]
100Cr6/100Cr6 – PAO	0,098	$6,55 \cdot 10^{-8} \pm 1,68 \cdot 10^{-8}$
100Cr6/100Cr6 – Metaltec-1	0,098	$1,61 \cdot 10^{-8} \pm 4,51 \cdot 10^{-9}$
100Cr6/AlSi10Mg – PAO	0,094	$1,4E \cdot 10^{-5} \pm 2,83 \cdot 10^{-6}$
100Cr6/AlSi10Mg – Metaltec-1	0,092	$4,85 \cdot 10^{-7} \pm 9,1 \cdot 10^{-8}$

5. ZÁVĚRY

Na základě provedených tribologických zkoušek metodou pin on disc lze stanovit následující:

- Použití přípravku Metaltec-1 vede k výraznému snížení opotřebení v porovnání s použitím polyalfaolefinu bez aditiv, a to jak v kombinaci 100Cr6/100Cr6 tak 100Cr6/AlSi10Mg.
- Použití přípravku nevede k výraznému snížení tření, ve všech testovaných kombinacích se průměrná hodnota koeficientu tření pohybovala okolo hodnoty 0,1.
- Použití přípravku Metaltec-1 vedlo k výraznému uklidnění tření a potlačení výkyvů hodnot koeficientu tření, především v případě kombinace 100Cr6/100Cr6.

Literatura

- [1] M.J.G. Guimarey, A.C. Currás, J.M. Liñeira Del Río, M.J.P. Comuñas, Lubricant properties of a polyalphaolefin oil additivated with zirconia and ceria-zirconia nanoparticles, *J. Mol. Liq.* 428 (2025). <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2025.127502>.
- [2] K. Bobzin, C. Kalscheuer, M.P. Möbius, Experimental Wear, Friction and Tribofilm Analysis of CrAlMoCuN Physical Vapor Deposition Coatings in Contact to Steel under Polyalphaolefin + Sulfur + Phosphorus (PAO+S + P) Lubrication, *Tribology Transactions* 68 (2025) 857–871. <https://doi.org/10.1080/10402004.2025.2516087>.
- [3] I.M.. Hutchings, Philip. Shipway, *Tribology : friction and wear of engineering materials*, Butterworth-Heinemann, an imprint of Elsevier, 2017.