

Volf LESHCHYNSKY, Hanna WEINERT

Metal Forming Institute, Poznań, Poland

Mikhail IGNATIEV

Baikov's Institute of Metallurgy and Material Sciences of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Jan A. KOZUBOWSKI, Julita SMALC-KOZIOROWSKA

Department of Materials Science, Warsaw University of Technology, Warsaw, Poland

Friction and wear with WS₂ nanoparticles under mixed and boundary lubrication

Tarcie i zużycie z nanocząstkami WS₂ w warunkach smarowania mieszanego i granicznego

Abstract

The mixture of Inorganic Fullerene-like (IF) WS₂ and Graphene-like nanoparticles were tested under mixed and boundary lubrication in air. The mixture of nanoparticles was synthesized by chemical vapor condensation (CVC) by the pyrolysis of W(CO)₆ carbonyls. The synthesized nanoparticles were not found to give an ultra-low friction coefficient compared to hexagonal 2H-WS₂ nanoparticles made by special rolling-milling technique. However, under the conditions of our experiments using contact loads of 300-900N and sliding velocity 0.44m/sec it is found that all nanoparticles can dramatically improve the anti-wear properties of the base oil. Additionally, an unusual friction behavior was found for nanoparticle suspension applied in step-load tests. A sharp drop of friction coefficient (up to 0.015) was registered at the normal load increase while usually friction coefficient sharp increase (up to 0.025) occurs for oil lubrication case. The nanoparticles and the interface were investigated using High Resolution TEM, SEM, XRD and surface analyses (XPS) on the wear tracks. The WS₂ graphene-like nanoparticles were found to present in amorphous-crystalline mixture. The WS₂ films were generated at the interface. Shear-induced reorientation of the graphene-like nanoparticles at the increase of contact stress assured low friction and unusual friction behaviour as compared to those of oil lubrication.

Streszczenie

Badano mieszaninę nieorganicznych cząstek fullerenopodobnych (IF) WS₂ i grafenopodobnych w warunkach smarowania mieszanego i granicznego w powietrzu. Mieszaninę nanocząstek syntetyzowano w drodze skraplania pary chemicznej (CVC) przez pirolizę karbonyłów W(CO)₆. Nie stwierdzono, by zsyntetyzowane nanocząstki dawały bardzo niski współczynnik tarcia w porównaniu z sześciokątnymi nanocząstkami 2H-WS₂ sporządzonymi specjalną techniką walcowania-mielenia. Jednakże, w warunkach naszych doświadczeń z zastosowaniem obciążeń stykowych 300-900 N i prędkości poślizgu 0,44 m/sec okazuje się, że wszystkie nanocząstki mogą znacznie poprawić przeciwzużyciowe własności oleju bazowego. Ponadto, stwierdzono niezwykle zachowanie tarcia dla zawiesiny nanocząstek stosowanej w próbach obciążania krokowego. Duży spadek współczynnika tarcia (do 0,015) zanotowano przy normalnym wzroście obciążenia, gdy tymczasem w przypadku smarowania olejem zwykle zdarza się duży wzrost współczynnika tarcia (do 0,025). Nanocząstki i powierzchnię styku poddano badaniu za pomocą TEM, SEM, XRD o wysokiej rozdzielczości i w drodze analizy powierzchniowej (XPS) na śladach zużycia. Stwierdzono obecność grafenopodobnych nanocząstek WS₂ w mieszaninie amorficzno-kryształicznej. Na powierzchni styku tworzyły się filmy WS₂. Spowodowana ścinaniem reorientacja nanocząstek grafenopodobnych przy wzroście naprężenia stykowego zapewniła niskie tarcie i niezwykle zachowanie tarcia w porównaniu ze smarowaniem olejowym.

Key words: IF – WS₂ nanoparticles, graphene-like nanoparticles, high resolution TEM, lubricated friction, XPS analysis

Słowa kluczowe: nanocząstki IF – WS₂, nanocząstki grafenopodobne, TEM o wysokiej rozdzielczości, tarcie ze smarowaniem, analiza XPS