

Nanomaziva a možnosti jejich praktické aplikace

Ing. Olga Křížová

Chematribos, s.r.o., Nušlova 2291/47, 158 00 Praha 5,
tel.: 607 668 754, e-mail: olga.krizova@chematribos.cz

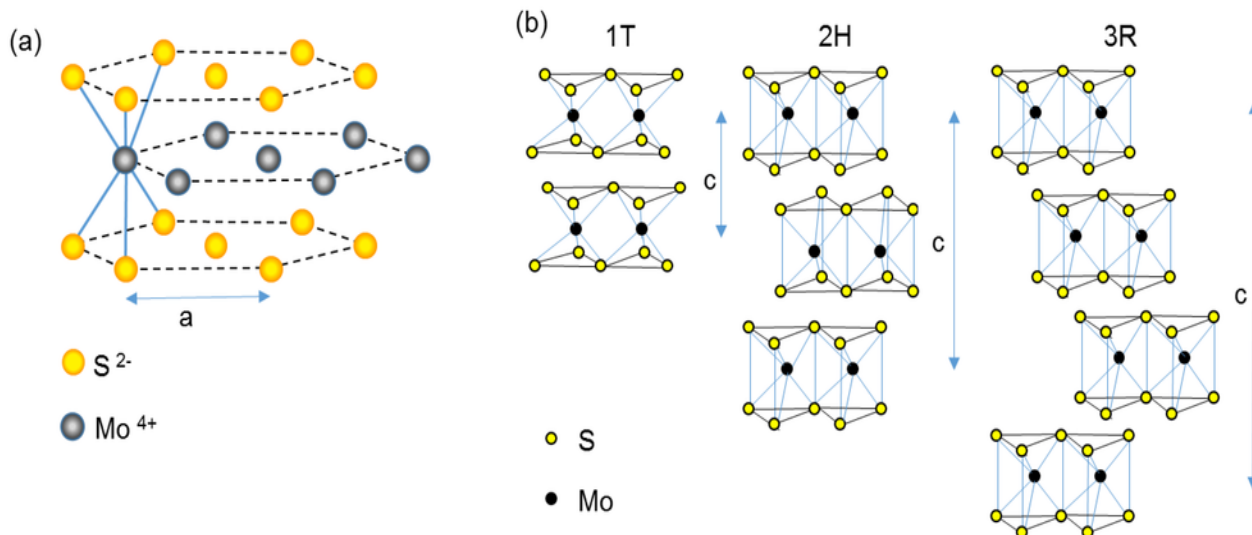
Díky rychlému rozvoji nových technologií výroby a způsobů použití nanomateriálů, nacházejí nanočástice významné možnosti uplatnění v oblasti mazání. Nanomaziva dnes můžeme nalézt v nejrůznějších sférách lidské činnosti a to zejména v nejnáročnějších aplikacích v kosmickém prostoru, v extrémních podmínkách prostředí i zatížení ve všech odvětvích průmyslu i v dopravě. Ve stručnosti jsou popsány základní fyzikálně-chemické definice a principy s ohledem na vliv velikosti částic. Pozornost je věnována prakticky používaným metodám stabilizace nanočástic v koloidních systémech a možnostem využití nanočástic jako aditiv do maziv. Diskutovány jsou nejčastěji používané skupiny nanoaditiv z hlediska jejich složení a struktury a hlavní výhody a nevýhody jejich aplikace v tribologických systémech. Článek shrnuje potenciál využití nanomaziv pro nejširší průmyslové aplikace.

Co jsou nanočástice?

Jednoduše můžeme nanočástice definovat jako částice o maximálních rozměrech 100nm v kterémkoli směru, spíše však o řád nebo o dva řády menší. Částice o velikosti pod 100nm vykazují zcela odlišné fyzikálně-chemické chování oproti obdobným strukturám běžné velikosti. Tyto nanočástice jsou svými rozměry srovnatelné s velikostí malých až středních molekul. Speciálním příkladem mimořádných vlastností jsou unikátní mazivostní účinky.

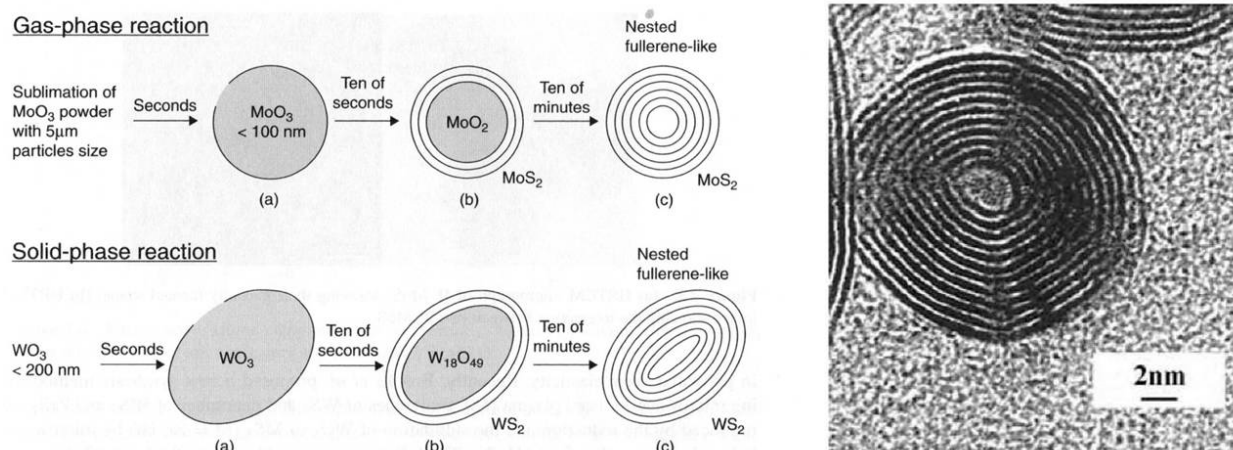
Jako příklad můžeme uvést srovnání známé vynikající mazivostní přísady – sulfidu molybdeničitého MoS_2 , tzv. molyky. Běžná velikost částic jemně mleté molyky se pohybuje na úrovni 2000nm a více. Její krystalografická struktura se vyskytuje ve třech sterických modifikacích (obr. 1).

Obr. 1: Sterické modifikace MoS_2



Oproti tomu nanočástice molyky, připravované speciálními postupy reakcemi v plynné, nebo pevné fázi, vykazují rozměry maximálně 40nm (obr. 2).

Obr. 2: IF disulfidy kovů



Tato nanoforma molyky, stejně jako dalších disulfidů kovů (např. WS_2 , NbS_2), je označována jako IF – forma (IF = anorganické fullereny).

Stabilizace koloidních systémů

Hlavní výzvou při aplikaci nanočástic do maziv je vytvoření dlouhodobě stabilní suspenze v použitém olejovém základu. Stabilita suspenze je přímo závislá na tendenci částic sedimentovat. Sedimentace se dá ovlivnit několika faktory. Největší vliv na potlačení rychlosti sedimentace má právě extrémně malá velikost částic. Usazování může být dále zpomalenou použitím oleje o vyšší viskozitě, malým rozdílem hustot pevné a kapalně fáze a vyšší teplotou. V praxi se dále stabilita koloidních systémů ovlivňuje sterickým odpuzováním částic, tj. přidávkem polymerů nebo elektrostatickým odpuzováním částic v micelárních systémech.

Druhy nanomaziv a mechanismus mazání

Obecně můžeme nanočástice dělit z hlediska jejich struktury na cibulové struktury, nanovlákná a micelární nanostruktury. Z pohledu chemického složení se v nanomazivech uplatňují zejména tři hlavní druhy – sulfidy a selenidy kovů, uhlíkové struktury a elementární měkké kovy.

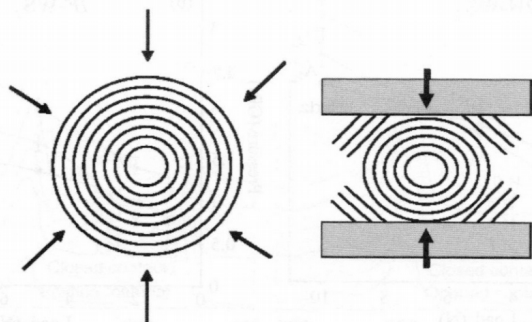
Mechanismus mazání IF disulfidy s cibulovou strukturou využívá schopnosti nanočástic tvořit mazací pláty v místě tribokontaktu. Mazivostní vlastnosti IF disulfidů můžeme prezentovat na výrazném snížení koeficientu tření při nízkém dávkování (tab. 1).

Tab. 1: Snížení koeficientu tření při aditivaci polyalfaolefinového (PAO) základového oleje IF disulfidy (tlak: 0,83 GPa, rychlost: 2,5 mm/s, teplota: 20°C)

Neaditivovaný PAO	1% IF- WS_2	1% IF- MoS_2	1% IF- NbS_2	1% IF- TaS_2
0,25	0,04	0,06	0,07	0,09

Rozbalování cibulových nanostruktur působením stříhového zatížení však vede k jejich degradaci. Cibulové nanostruktury jsou také narušovány při vysokých statických zatíženích, kdy dochází k jejich praskání - efekt louskáčku ořechů (obr. 3).

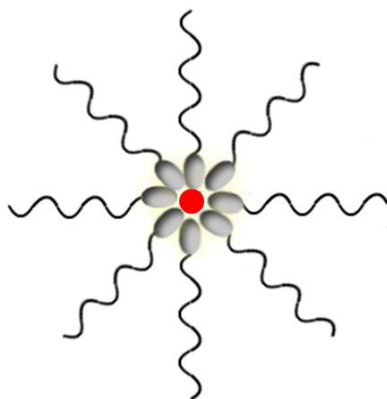
Obr. 3: Efekt louskáčku ořechů



Uhlíkové nanostruktury se odvozují od známých přírodních struktur grafitu a diamantu, které doplňují moderní synteticky připravované struktury fullerenu a uhlíkových nanotrubic. Jejich výhodou oproti IF disulfidům a selenidům je nižší degradace uhlíkových nanostruktur a extrémně nízké dávkování, avšak nevýhodami jsou jejich horší disperzní vlastnosti a nižší afinita k třecím povrchům v důsledku jejich nepolárního charakteru.

Velký potenciál pro praktické aplikace vykazují nanočástice měkkých kovů. Měkké kovy, jako je Au, Ag, Cu, Zn, Pb, Bi, Sn, In, jsou běžně využívány v tribotechnice. Pro praktickou aplikaci v nanomazivech se využívají zejména nanočástice Cu, Pb, Bi, Ag a slitin In-Sn, Bi-In, Pb-In. Stabilizace nanočástic kovů je založena na principu tvorby tzv. reverzních micel – v centru micelární struktury je polární nanočástice kovu, homogenizace v olejovém základu je zajištěna nepolárními uhlovodíkovými řetězci (obr. 4).

Obr. 4: Reverzní micela



Micelární struktury vznikají chemickou modifikací nanočástic kovů, ke které se používají například dialkyldithiofosfáty nebo deriváty vyšších mastných kyselin. Tvorba mazacího filmu nanovrstev kovů je zajištěna prostřednictvím vratné redoxní reakce, která probíhá výhradně v místě tribokontaktu.

Praktické aplikace nanomaziv

Počátek syntéz chemických látek ve formě nanočástic a experimentování s nimi spadá do doby před několika desítkami let. Praktické uplatnění nanočástic v oblasti mazání však začíná být rozšířené až v posledních letech. Důvodem je především náročná příprava nanočástic a potíže při stabilizaci jejich koloidních roztoků, které se mohou prakticky použít jako aditiva do maziv. Největších úspěchů je v praxi dosahováno s nanostrukturami IF disulfidů a diselenidů kovů a s micelárními strukturami měkkých kovů.

Nanoaditiva se uplatňují v motorových olejích, kde je při jejich použití dosahováno reálné úspory paliva kolem 5%. Další oblastí praktického využití jsou automobilové i průmyslové převodové oleje, ve kterých nanoaditiva výrazně přispívají k snížení opotřebení i o více než 50%, a tím k několikanásobnému prodloužení životnosti zařízení. S výhodou jsou nanočástice aplikovány ve formulacích plastických maziv pro nejnáročnější podmínky průmyslového provozu, kde je možné běžně dosahovat trojnásobného prodloužení servisních intervalů ložisek. Z dostupných případových studií je zřejmé, že zejména nanočástice na bázi kovů mají díky svým excelentním mazivostním vlastnostem a současně vysoké stabilitě v nejtvrdějších podmínkách potenciál pro uplatnění v celém spektru formulací průmyslových maziv.

Použitá literatura:

NANOLUBRICANTS, Jean Michel Martin, Nobuo Ohmae; John Willey&Sons Ltd, USA, 2008

Nanočástice jako ekologicky akceptovatelné mazivostní přísady,

Ing. Jan Vymetálek, Doc. Ing. Michal Stejskal, CSc.; Ústav technologie ropy a petrochemie, VŠCHT Praha