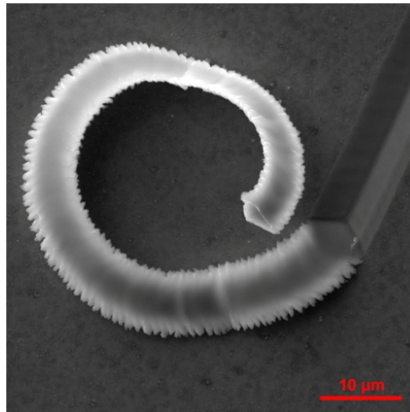


Struktūras un deformācijas procesu izpēte amorfā oglekļa/metāla nanokompozītos antifrikcijas pielietojumiem

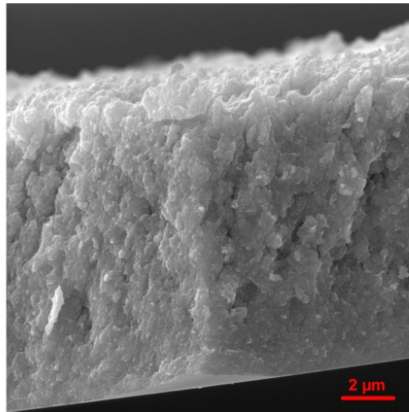
Roberts Zabels

Berze ir parādība, kas dažādos industriālajos novirzienos nes lielus zaudējumus. Tā, piemēram, veicina nodilumu iekšdedzes dzinēju cilindros, rites gultņu izdilšanu, ķēžu pārvades mezglu nolietojumu un negatīvi darbojas arī citos berzes pāros. Tās negatīvās iedarbības minimizēšanai tiek lietotas šķidrās smērvielas, taču to pielietojamībai ir ierobežojumi – temperatūru diapazons, spiediens, atmosfēras apstākļi u.c. Lai šo situāciju uzlabotu iespējama detaļu pārklāšana ar cietvielu kārtiņām, kas pilda smērvielas funkciju un aizsargā pamatdaļas virsmu no nodiluma.

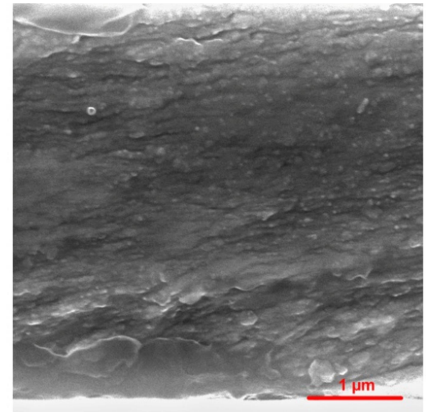
Šī pētījuma mērķis bija aplūkot šāda veida antifrikcijas pārklājumus uz amorfā oglekļa/vara bāzes un izvērtēt to piemērotību slīdes un rites berzes pāros. Pārklājumi tika iegūti ar augstas jaudas līdzstrāvas magnetronu jonu uzputināšanas metodi pie zemām pamatņu temperatūrām. Uzputināšanas apstākļi pietuvināti industriāli nepieciešamajiem, jo bieži jāpārklāj rūdītas tērauda detaļas, kas nepieļauj to karsēšanu virs $\sim 300^{\circ}\text{C}$. Iesākumam tika aplūkotas atsevišķās komponentes – tīra vara kārtiņas un tīra amorfā oglekļa kārtiņas. Tīrs varš ir ļoti mīksts, savukārt amorfajam ogleklim ir labvēlīgas īpašības antifrikcijas pielietojumiem, taču ir problēmas ar adhēziju un trauslumu. Veicot vienlaicīgu abu komponentu uzputināšanu, veidojas nanostrukturēts kompozītmateriāls, kurā nanoizmēra (5-20 nm) vara graudi iekļauti amorfā oglekļa matricā. Šādam nanokompozītam atkarībā no oglekļa koncentrācijas ir palielināta cietība un samazināts elastības modulis salīdzinājumā ar tīra vara kārtiņām, kas ir labvēlīga kombinācija antifrikcijas pielietojumiem. Neskatoties uz to, pie oglekļa koncentrācijas ~ 30 at.% pārklājumos novērojams trauslums. Lai uzlabotu mehānisko īpašību kopu amorfā oglekļa/vara nanokompozītos, nelielā apjomā (<9 at.%) tika ievadītas metālu (Ti, Nb, Mo) leģējošās piedevas. No mikroskopiskajiem izmeklējumiem bija redzams, ka piedevu ievadīšana neizmaina kompozīta nanostrukturēto dabu. Aplūkojot leģētos amorfā oglekļa/vara pārklājumus ar oglekļa koncentrāciju 38-45 at.%, netika novērots trauslums, kas ir būtisks uzlabojums salīdzinājumā ar neleģētiem pārklājumiem. Ti un Nb ievadīšana nesniedza ieguldījumu cietības palielināšanā, taču bija novērojams ievērojams indentēšanas plastiskuma pieaugums – salīdzināms ar tīra vara kārtiņām. Mo ievadīšana rezultējās ar divkārtēju cietības pieaugumu un pārklājuma kohēzijas būtisku uzlabošanos (1. att.). Paralēli mehānisko īpašību uzlabojumam, Mo ievadīšana nodrošināja biežāku vienmērīga pārklājuma slāņa augšanu ($>5 \mu\text{m}$), kas netika novērots neleģētām un ar Ti un Nb leģētām kārtiņām (sk. 2. un 3. attēlus). Pārklājumu struktūras nevienmērība pie mērenām uzputināšanas temperatūrām ir aktuāla problēma, kas prasa turpmāku izpēti, taču neskatoties uz to – porainais pārklājumu pievirsmas slānis var potenciāli kalpot kā šķidro smērvielu akceptējoša virsma.



1. att. Skrāpēšanas skaidiņa uz a-C/Cu/Mo pārklājuma virsmas. Demonstrē pārklājuma lielisko kohēziju.



2. att. a-C/Cu/Nb pārklājuma šķērsriezuma struktūra. Demonstrē struktūras nevienmērību pie lieliem



3. att. a-C/Cu/Mo pārklājuma šķērsriezuma struktūra. Demonstrē blīvu vienmērīgu struktūru līdz vismaz 5 μm