

## Metoda exfoliace pro výrobu 2D-vrstevných materiálů (2DLMs)

### Fáze vývoje technologie

#### Fáze 2

##### Výzkum proveditelnosti.

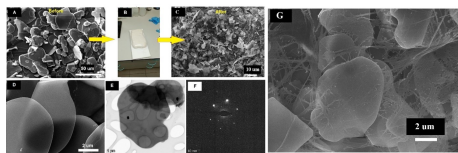
Dochází k reálnému návrhu technologie a k prvotním testům v laboratoři vedoucím k upřesnění požadavků na technologii a jejich schopností.

### Status IP ochrany

Mezinárodní patentová přihláška: PCT/SK2023/050004 - Metoda exfoliace v tekuté fázi a exfoliační médium.

### Strategie pro hledání partnera

Licencování, Spolupráce



### Instituce



Ústav fyziky materiálů AV ČR,  
v. v. i.

### Motivace

Vývojové týmy po celém světě se poslední dekádu snaží vytvořit technologii výroby dvourozměrných vrstvených materiálů (2DMLs), která bude průmyslově využitelná (velkoobjemová výroba, škálovatelnost, přijatelná cena a ekologičnost). Tato snaha je podporována rostoucí poptávkou po 2DMLs v různých oborech (tranzistory, senzory, baterie, solární články, optika, vodíkové hospodářství, biomateriály atd.). Dosavadní výrobní metody mají vysoké energetické nároky, využívají toxické látky a jsou omezeny na konkrétní typy 2DMLs s nízkou kapacitou produkce. Náš laboratorně ověřený postup tyto nedostatky řeší a přináší průmyslově využitelné řešení.

### Popis

Náš vynález navrhuje vysoce univerzální, levnou a ekologickou strategii účinné exfoliace 2DLMs (obr.1A) až na jedno - nebo několikavrstvé nanovrstvy (obr.1C-E). Pro separaci na jednotlivé vrstvy se využívá vysoce viskózní polotuhé pasty na vodní bázi obsahující křemičitan sodný (vodní sklo) a celulózová vlákna (obr.1B). Naše exfoliační médium je univerzální, vhodné k výrobě různých typů nanovrstev, zejména: grafenu (Gs), nanovrstev hexagonálního nitridu bóru (h-BN - BNNS), nanovrstev MXenu, nanovrstev hliníkokřemičitanů, dichalkogenidů přechodných kovů (např. MoS<sub>2</sub>), nanokřemičitanů atd. Exfoliační médium lze použít také pro skladování 2DLMs. Díky vysoké viskozitě nedochází v exfoliačním médiu k sedimentaci nanovrstev. Vysoká viskozita umožňuje generovat vysoká smyková napětí při nízkých rychlostech deformace, což znamená nižší spotřebu energie a vyšší kontrolu nad režimem deformace. Tento postup separace omezuje poškození a vznik defektů v materiálu (viz obr.1D, E). Metoda umožňuje i výrobu nových generací nanokompozitů založených na směsích nanovrstev a celulózových vláken (obr.1G). Hlavní výhody: - Univerzální řešení - exfoliace apolárních (Gs, BNNS), i polárních (montmorillonity, kloisity, saponity atd.) prekurzorů díky amfifilnímu charakteru celulózových vláken. - Nákladově efektivní a šetrné k

životnímu prostředí – použití vodného média, levných surovin, netoxických rozpouštědel. - Vysoká nákladová a energetická efektivita - exfoliace až na jedno či několikavrstvé nanovrstvy (NS) během několika minut bez použití drahých strojů. - Metoda exfoliace s nízkou smykovou rychlostí – zajišťuje neporušené, rozložené a bezdefektní NS s velkým poměrem stran. - Řízená pomalá deformace vede k vytvoření zarovnané struktury celulózových vláken/2DLMS směrem rovnoběžným se smykovým namáháním, kterou lze dále výhodně využít jako šablonu pro výrobu nanokompozitů. - Pasta je plně recyklovatelná, což výrazně redukuje spotřebu surovin. - Směs celulózy a vodního skla zabraňuje sedimentaci a opětovnému střežení exfoliovaných nanovrstev bez ohledu na typ 2DLMS.

## Komerční využití

- Aplikace 1: Dovývoj technologie pro škálovatelnou průmyslovou výrobu různých druhů 2DLMS materiálů (Gs, BNNS, montmorillonity, cloisity, MXenové nanovrstvy, aluminosilikátové nanovrstvy, MoS<sub>2</sub>)
- Aplikace 2: Dovývoj konkrétních průmyslových aplikací různých 2DLMS materiálů (možné oblasti použití: dielektrické vrstvy, izolační vrstvy; tepelně vodivé materiály, elektrické izolátory; nové kompozitní materiály; antikoroziční ochrana; ochrana proti UV záření; superkondenzátory; baterie; optika, biokompatibilní materiály; antibakteriální vrstvy; tranzistory, flexibilní a transparentní displeje, fotovoltaické články, různé senzory včetně plynových, bio, chemických; superkondenzátory; palivové články a tak dále).