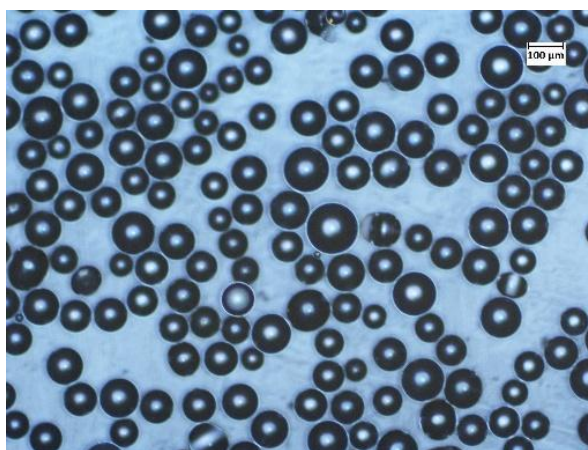


Číslo výstupu	názov výstupu projektu Glass4Ever	Kód Pracovného balíku	Dodanie výstupu
V3.3.	Report o aplikácii sférických častíc a prípravy 3D objektov s technikou SLM vyvinutou u koordinátora EverGlass.	NV3	M20

Cieľ: Overiť použitie sklenených sférických častíc pripravených z odpadového borosilikátového skla ako vstupného materiálu pre laserovú aditívnu výrobu a pripraviť viacvrstvový 3D objekt na prototypovom zariadení Glass Laser Morphing (GLM) vyvinutom koordinátorom projektu EverGlass.

1. Príprava vstupného materiálu

Pomocou optimalizovaného procesu plameňovej syntézy boli nepravidelné častice odpadového skla v borosilikátovom systéme transformované na sférické sklenené častice. Proces prípravy je podrobnejšie popísaný v reporte V2.1. Sférická morfológia je pre laserové spracovanie výhodná najmä z hľadiska lepšej synnosti, stabilnejšieho dávkovania v závitkovom podávači a rovnomernejšieho transportu častíc koaxiálnou dýzou do oblasti pôsobenia laserového lúča.



Obrázok 1: Sklenené mikrosféry z odpadového borosilikátového skla pripravené metódou plameňovej syntézy.

Optická mikroskopia potvrdila vznik prevažne pravidelných sférických častíc vo vybranej veľkostnej frakcii. Takto pripravený materiál bol bezprostredne použitý ako práškový vstup do procesu GLM.

2. Princíp procesu Glass Laser Morphing (GLM)

V projektovej dokumentácii EVERGLASS je experiment zaradený medzi techniky SLM. Samotné spracovanie bolo realizované na prototypovom zariadení Glass Laser Morphing (GLM), ktoré využíva priamy prívod práškového materiálu do laserom vytváraného tavného priestoru. Zariadenie pozostáva z CO₂ lasera, závitkového podávača, trojosového mechanického polohovacieho systému, koaxiálnej práškovej dýzy a vyhrievanej procesnej komory.

Sklenené mikrosféry boli privádzané koaxiálne s laserovým lúčom. Energia CO₂ lasera zabezpečila lokálne roztavenie častíc a vytvorenie skleneného tavného kúpeľa. Laserová a dávkovacia hlava zostávali počas procesu v pevnej polohe, zatiaľ čo pracovný stôl sa pohyboval podľa dráhy definovanej v riadiacom softvéri. Po dokončení každej vrstvy sa poloha stola zmenila o zvolenú výšku vrstvy a proces sa opakoval až do vytvorenia viacvrstvého navrhovaného 3D objektu.

1. Dávkovanie	2. Laserové tavenie	3. Riadený pohyb	4. Vrstvenie
stabilný prívod mikrosfér závitovkovým podávačom	vznik lokálneho tavného kúpeľa pomocou CO ₂ lasera	pohyb pracovného stola podľa definovanej dráhy	opakované nanášanie vrstiev s krokom 0,35 mm

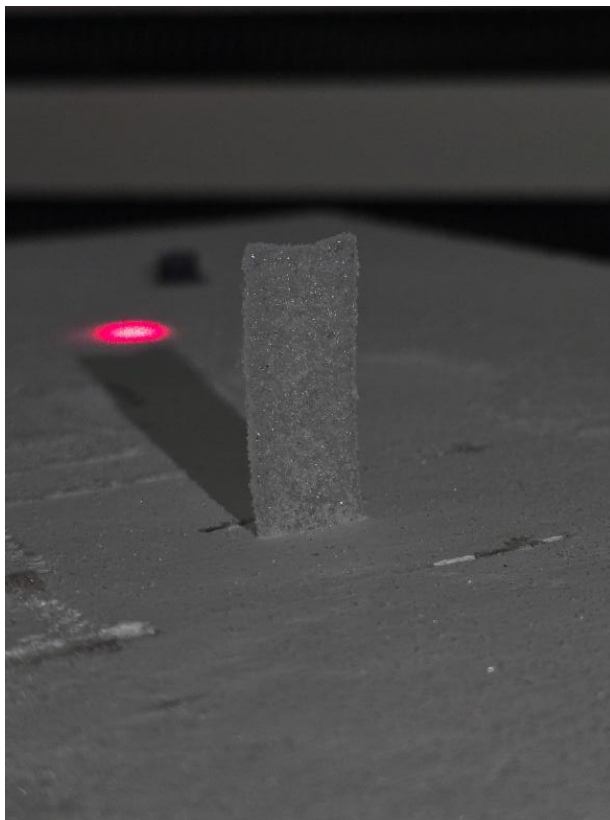
3. Optimalizované parametre prípravy

Procesné parametre zahŕňali prietok nosného plynu, rýchlosť dávkovania, plošnú hustotu dodanej laserovej energie, rýchlosť skenovania, teplotu procesnej komory a pracovnú vzdialenosť. Ich vzájomná optimalizácia bola zameraná na stabilnú tvorbu tavného kúpeľa, kontinuálne ukladanie sklenenej stopy a vytvorenie viacvrstvého stenového objektu.

Parameter	Optimalizovaná hodnota
Typ vstupného skla	odpadové borosilikátové sklo
Morfológia vstupných častíc	sférická
Rozdelenie veľkosti častíc	80–125 µm
Prietok nosného plynu	14 L/min
Rýchlosť dávkovania	2,36 g/min
Laserová irradiancia	39,01 J/mm ²
Rýchlosť skenovania	6 mm/s
Teplota procesnej komory	700 °C
Pracovná vzdialenosť	10 mm
Počet stôp v jednej vrstve (clads)	1
Počet vrstiev	75
Výškový krok vrstvy	0,35 mm
Dĺžka vytvoreného objektu	10 mm
Nominálna výška vrstvenia	približne 26,3 mm

4. Príprava a vyhodnotenie 3D objektu

Pri optimalizovaných podmienkach bol zo sklenených mikrosfér pripravený samostatný viacvrstvový 3D objekt v tvare tenkého objektu, znázorneného na obrázku 2. Objekt vznikol postupným ukladaním jednej sklenenej stopy v každej vrstve, pričom celkovo bolo vytvorených 75 vrstiev s výškovým krokom 0,35 mm. Výsledok predstavuje proof-of-concept priameho spracovania odpadového borosilikátového skla na geometricky definovaný 3D objekt pomocou laserového procesu.



Obrázok 2: Viacvrstvový stenový 3D objekt pripravený z mikrosfér odpadového borosilikátového skla technológiou GLM.

Vytvorená vzorka si po ukončení procesu zachovala samostatnú stenovú geometriu a preukázala spojitú vrstvenie materiálu. Úspešná príprava objektu zároveň potvrdzuje, že sférické častice vo frakcii 80–125 μm je možné stabilne dávkovať, transportovať koaxiálnou dýzou a kontinuálne pretavovať laserovým lúčom. Vyhrievanie komory na 700°C prispelo k obmedzeniu tepelných gradientov medzi jednotlivými vrstvami skla a podložkou.

Povrch objektu vykazuje charakteristickú drsnosť spôsobenú viacvrstvovým laserovým spracovaním. Dostupné výsledky potvrdzujú technologickú realizovateľnosť procesu, neposkytujú však zatiaľ kvantitatívne údaje o objemovej pórovitosti, hustote, optických vlastnostiach alebo pevnosti vrstiev. Tieto parametre budú predmetom ďalšej optimalizácie a následnej mikroštruktúrnej charakterizácie.

5. Význam sférických častíc pre proces GLM

- lepšia sypnosť a pravidelnejšie dávkovanie v porovnaní s nepravidelným skleneným práškom;
- stabilnejší hmotnostný tok cez závitkový podávač a koaxiálnu dýzu;
- rovnomernejší prísun materiálu do laserom vytváraného tavného priestoru;
- zníženie rizika prerušovaného nanášania vrstiev spôsobeného blokovaním alebo zhlukovaním prášku;
- možnosť priameho zhodnotenia odpadového skla vo forme nového 3D objektu.

Záver

V rámci výstupu V3.3 bola overená aplikácia plných sklenených mikrosfér pripravených z odpadového borosilikátového skla v prototypovom procese Glass Laser Morphing vyvinutom koordinátorom EverGlass. Optimalizovaná frakcia 80–125 μm bola úspešne dávkovaná koaxiálnou dýzou do oblasti pôsobenia CO_2 lasera a spracovaná pri rýchlosti skenovania 6 mm/s, rýchlosti dávkovania 2,36 g/min a teplote komory 700°C.

Výsledkom bol samostatný 3D objekt vytvorený zo 75 postupne ukladáných vrstiev. Príprava objektu potvrdila vhodnosť sférickej morfológie pre stabilný transport prášku/prekurzoru a kontinuálne laserové spracovanie. Dosiahnutý výsledok predstavuje proof-of-concept využitia sklenených mikrosfér v laserovej aditívnej výrobe a vytvára základ pre ďalšiu optimalizáciu hustoty, povrchovej kvality, spojenia medzi vrstvami a rozmerovej presnosti pripravených objektov.