

UŽITNÝ VZOR

(11) Číslo dokumentu:

36 813

(13) Druh dokumentu: **U1**

(51) Int. Cl.:

B01J 21/06 (2006.01)

B01J 35/04 (2006.01)

B01J 29/89 (2006.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2022-40514**
(22) Přihlášeno: **24.11.2022**
(47) Zapsáno: **07.02.2023**

- (73) Majitel:
Technická univerzita v Liberci, Liberec, Liberec I-
Staré Město, CZ
- (72) Původce:
prof. Ing. Jiří Militký, CSc., Liberec, Liberec VI-
Rochlice, CZ
prof. Ing. Jakub Wiener, Ph.D, Liberec, Liberec
XXXIII-Machnín, CZ
- (74) Zástupce:
Dobroslav Musil a partneři s.r.o., Zábrdovická
917/11b, 615 00 Brno, Zábrdovice

- (54) Název užitého vzoru:
**Fotokatalytický systém a fotokatalytický
reaktor využívající tento fotokatalytický
systém**

Fotokatalytický systém a fotokatalytický reaktor využívající tento fotokatalytický systém

Oblast techniky

5

Technické řešení se týká fotokatalytického systému a dále také fotokatalytického reaktoru, který využívá tento fotokatalytický systém.

10 Dosavadní stav techniky

Fotokatalýza je proces chemického rozkladu látek za přítomnosti fotokatalyzátoru a světelného záření. Jedná se o pokročilou technologii užívanou např. pro čištění vzduchu, která principiálně vychází z fotolýzy, tj. přirozeného rozkladu některých látek působením světla. Je-li fotokatalyzátor vystaven světelnému záření vhodné vlnové délky, aktivuje se jeho povrch a spustí se charakteristická reakce. Primárně vzniklý exciton (volný pár elektron-díra) a hydroxylové radikály sekundárně vznikající kontaktem aktivované molekuly fotokatalyzátoru a vodní páry rozkládají přítomné polutanty – organické i anorganické. Konečným produktem fotokatalýzy pak bývají běžné a stabilní sloučeniny. Nejčastěji používaným fotokatalyzátorem je oxid titaničitý (TiO₂), který je aktivován UV zářením a který se používá v řadě různých variant – např. ve formě nano- a/nebo mikročástic, nano- a/nebo mikrovláken apod.

Nevýhodou stávajících fotokatalytických systémů je zejména prostorové rozložení fotokatalyzátoru v nich – fotokatalyzátor je obvykle uložený v rovinné vrstvě na plošném nosiči, kterou ošetřované médium obtéká, takže v kontaktu nebo v blízkosti fotokatalyzátoru je jen poměrně malé množství tohoto média. Pro důkladné ošetření je tak potřeba velké množství takových plošných nosičů uspořádaných po obvodu vedení tohoto média a/nebo v něm, a tedy i poměrně velké množství fotokatalyzátoru.

30 Další nevýhodou je, že materiály používané jako nosiče fotokatalyzátorů nebo jako pojiva fotokatalyzátoru k nosiči po čase podléhají degradaci buď působením fotokatalýzy a/nebo UV záření používaného k aktivaci fotokatalyzátoru.

Cílem technického řešení je tak fotokatalytický systém a fotokatalytický reaktor využívající tento fotokatalytický systém, které by odstranily nevýhody stavu techniky.

35

Podstata technického řešení

40 Cíle technického řešení se dosáhne fotokatalytickým systémem, jehož podstata spočívá v tom, že obsahuje mřížku z materiálu odolávajícího UV záření, přičemž je na vláknách této mřížky uložena vrstva geopolymery, ve které jsou částí svého povrchu ukotvené částice expandovaného grafitu, na jejichž povrchu je uložený oxid titaničitý. Tato struktura vhodně kombinuje vysokou prodyšnost mřížky, sorpční vlastnosti expandovaného grafitu a fotokatalytické vlastnosti oxidu titaničitého.

45

Vrstva geopolymery na vláknách mřížky má tloušťku 10 až 2000 mikrometrů a množství geopolymery je 20 až 2000 g/m².

50 Částice expandovaného grafitu ukotvené ve vrstvě geopolymery mají charakteristický rozměr 0,1 až 5 mm a množství expandovaného grafitu je 0,1 až 50 g/m².

Oxid titaničitý je na částicích expandovaného grafitu uložený ve formě nano- a/nebo mikročástic, nebo ve formě vrstvy vytvořené technologií sol gel, přičemž množství oxidu titaničitého je 0,1 až 10 g/m².

55

Kromě toho se cíle technického řešení dosáhne také fotokatalytickým reaktorem, jehož podstata spočívá v tom, že obsahuje fotokatalytický systém, kterému je přiřazený alespoň jeden zdroj záření pro aktivaci oxidu titaničitého.

5

Objasnění výkresů

Na přiložených výkresech je na obr. 1 schematicky znázorněná struktura fotokatalytického systému podle technického řešení a postup její přípravy; na obr. 2 je fotografie fotokatalytického systému podle technického řešení, na obr. 3 je SEM snímek tohoto systému při zvětšení 30krát; na obr. 4 SEM snímek tohoto systému z výřezu A na obr. 3 při zvětšení 50krát, na obr. 5 SEM snímek tohoto systému z výřezu C na obr. 4 při zvětšení 2000krát, na obr. 6 SEM snímek tohoto systému z výřezu B na obr. 3 při zvětšení 500krát a na obr. 7 SEM snímek tohoto systému z výřezu D na obr. 6 při zvětšení 2000krát. Na obr. 8 je principiální schéma jedné varianty fotokatalytického reaktoru využívajícího fotokatalytický systém podle technického řešení.

15

Příklady uskutečnění technického řešení

Základem fotokatalytického systému podle technického řešení je mřížka 1 (s výhodou flexibilní) z materiálu odolávajícího UV záření, jako např. kovu, polymeru (např. polytetrafluorethylen – PTFE, polyvinylidenfluorid PVDF, případně jiný, v případě potřeby stabilizovaný, polymer) apod. Tato mřížka 1 je s výhodou rovnoměrná, avšak pro některé aplikace může být i nerovnoměrná, kdy se např. v některých jejích částech liší hustota jejích vláken 2, resp. velikost a/nebo tvar jejích ok 3, apod. Na obr. 1 je pro názornost schematicky znázorněná rovnoměrná mřížka 1 tvořená čtvercovými oky 3, avšak v dalších neznázorněných variantách provedení může mít tato mřížka 1 oka 3 libovolného tvaru, např. kruhová, oválná, troj-, pěti- a víceúhelníková, obdélníková atd., případně může alespoň ve své části kombinovat oka 3 různých tvarů a/nebo velikostí.

25

Na vláknech 2 mřížky 1 je uložena vrstva 4 geopolymery; s výhodou souvislá po celém jejích obvodu. Tloušťka této vrstvy 4 je 10 až 2000 mikrometrů a množství geopolymery je, v závislosti na hustotě vláken 2 mřížky 1, 20 až 2000 g/m². Geopolymer má z principu k vláknům 2 mřížky 1 výbornou adhezi; přitom je stálý a odolný vůči vysokým teplotám, UV záření i vůči chemikáliím.

30

Vrstva 4 geopolymery se vytvoří nánosem kapalného prekurzoru geopolymery na povrch vláken 2 mřížky 1, např. nástřikem nebo ponořením mřížky 1 do lázně prekurzoru geopolymery, následnou geopolymeryzací (tj. chemickou reakcí lupku v prekurzoru s aktivační složkou na bázi hlinito-křemičitanových minerálů a alkalického aktivátoru) a tuhnutím geopolymery. Viz krok A na obr. 1.

35

Ve vrstvě 4 geopolymery jsou částí svého povrchu ukotvené částice 5 expandovaného grafitu s charakteristickým rozměrem (průměrem) 0,1 až 5 mm. Tyto částice 5 vystupují mimo vrstvu 4 geopolymery a vytváří na ní členitou vrstvu s velkým měrným povrchem – viz např. obr. 2, na kterém je fotografie fotokatalytického systému podle technického řešení, a obr. 3 až 7, na kterých jsou SEM snímky tohoto systému při zvětšení 30krát až 2000krát. Na obr. 3 je SEM snímek této struktury při zvětšení 30krát, na obr. 4 SEM snímek této struktury z výřezu A na obr. 3 při zvětšení 50krát, na obr. 5 SEM snímek této struktury z výřezu C na obr. 4 při zvětšení 2000krát, na obr. 6 SEM snímek této struktury z výřezu B na obr. 3 při zvětšení 500krát a na obr. 7 SEM snímek této struktury z výřezu D na obr. 6 při zvětšení 2000krát. Ze všech snímků je zřejmá členitá struktura částic 5 expandovaného grafitu uloženého ve vrstvě 4 geopolymery. Množství expandovaného grafitu je, v závislosti na hustotě vláken 2 mřížky 1, 0,1 až 50 g/m². Expandovaný grafit má díky svému velkému měrnému povrchu a porézní struktuře výborné sorpční vlastnosti; přitom je stálý a odolný vůči vysokým teplotám, prudkému střídání teplot i proti chemikáliím.

40

45

50

Ukotvení částic 5 expandovaného grafitu ve vrstvě 4 geopolymery je s výhodou dosaženo depozicí těchto částic 5 ze vzdušné fáze na kapalnou vrstvu prekursoru geopolymery po jeho nanesení na vlákna 2 mřížky 1, jejich průnikem částí povrchu do vrstvy prekursoru geopolymery a ukotvením v geopolymery po jeho zatuhnutí. Viz krok B na obr. 1.

5

Na povrchu částic 5 expandovaného grafitu je dále uložený oxid titaničitý 6 (TiO_2) ve formě nanočástic a/nebo mikročástic. Množství TiO_2 je 0,1 až 10 g/m^2 . Adheze TiO_2 k expandovanému grafitu je dána zejména jeho mechanickým zaklesnutím na členitým povrchu částic 5 expandovaného grafitu a v jejich pórech. Částice TiO_2 uložené na povrchu částic 5 expandovaného grafitu jsou patrné na obr. 5 a 7.

10

Nános částic TiO_2 probíhá nástřikem suspenze TiO_2 nebo přímým ponořením mřížky 1 s vrstvou 4 geopolymery a částicemi 5 expandovaného grafitu do této suspenze, přičemž se částice TiO_2 mechanicky zachytávají na vysoce členitým povrchu částic 5 expandovaného grafitu. Viz krok C na obr. 1.

15

V jiné variantě provedení je TiO_2 na povrchu částic 5 expandovaného grafitu uložený ve formě nesouvislé vrstvy vytvořené např. metodou sol gel. I v takovém případě je množství TiO_2 0,1 až 10 g/m^2 .

20

Při nanášení jednotlivých složek fotokatalytického systému podle technického řešení nedochází k uzavření ok 3 mřížky 1 a výsledný systém tak dosahuje velmi vysoké prodyšnosti, resp. průchodnosti pro filtrované médium – viz např. obr. 2 a 3, a to i při uspořádání více vrstev za sebou (ve směru pohybu čištěného média), případně při využití vícevrstvého návínu této struktury.

25

Struktura fotokatalytického systému podle technického řešení přitom výhodně kombinuje sorpční vlastnosti expandovaného grafitu s fotokatalytickou aktivitou TiO_2 . Tato struktura umožňuje nejprve odstraňované nečistoty biologického i chemického původu sorpcí zachytávat a koncentrovat na částicích 5 expandovaného grafitu, a přitom je průběžně a beze zbytku odstraňovat fotokatalýzou, ke které dochází při aktivaci TiO_2 vhodným světelným zářením, zejména UV. Aktivovaný TiO_2 je přitom schopen oxidovat drtivou většinu organických látek, a odstraňovat tak z filtrovaného média nejen nečistoty biologického původu, jako např. bakterie, viry, houby, ale také nečistoty chemického původu, jako např. oxidy dusíku, oxidy síry, oxid uhelnatý, ozón, čpavek, sirovodík, jednoduché, chlorované i aromatické uhlovodíky, dioxiny, chlorbenzen, chlorfenol, pesticidy a také částice mikroprachu.

35

Kooperace mezi expandovaným grafitem a TiO_2 přitom zvyšuje efektivitu fotokatalýzy a zkracuje čas potřebný pro odstranění nečistot. K tomu má struktura fotokatalytického systému podle technického řešení vysokou prodyšnost a nízký tlakový spád.

40

Fotokatalytický reaktor podle technického řešení pak obsahuje výše popsaný fotokatalytický systém, kterému je přiřazen alespoň jeden zdroj vhodného záření pro aktivaci TiO_2 a spuštění fotokatalýzy, např. zdroj UV záření, s výhodou UVA záření. Na obr. 8 je schematicky znázorněné ideové schéma jedné varianty tohoto fotokatalytického reaktoru – zdroj vhodného světla je tvořen válcovou UV výbojkou 7, které je po celém jejím obvodu, mimo kontakt ní, a alespoň po části její délky přiřazen návín 8 výše popsaného fotokatalytického systému, ve znázorněné variantě čtyřvrstvý, kterým prochází čištěné médium, přičemž se v něm obsažené nečistoty sorbují na částice 5 expandovaného grafitu, kde jsou průběžně likvidovány fotokatalýzou TiO_2 . Tato struktura může být uložena ve vhodném neznázorněném plášti opatřeném vstupem čištěného média a výstupem vyčištěného média. V případě potřeby může být tento fotokatalytický reaktor opatřen také vlastním neznázorněným ventilátorem pro pohyb vzduchu návínem 8 fotokatalytického systému.

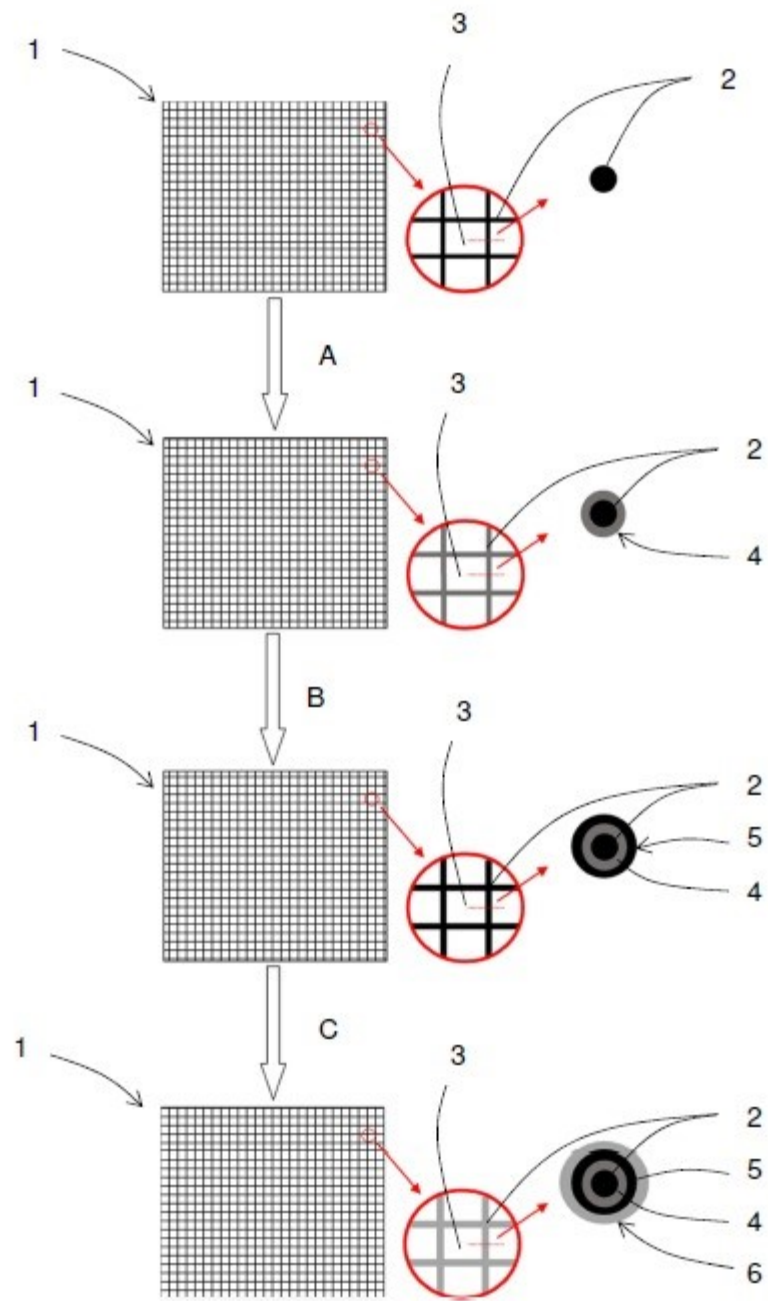
50

Obecně však může být prostorové rozložení fotokatalytického systému a zdroje/zdrojů záření v podstatě libovolné.

55

NÁROKY NA OCHRANU

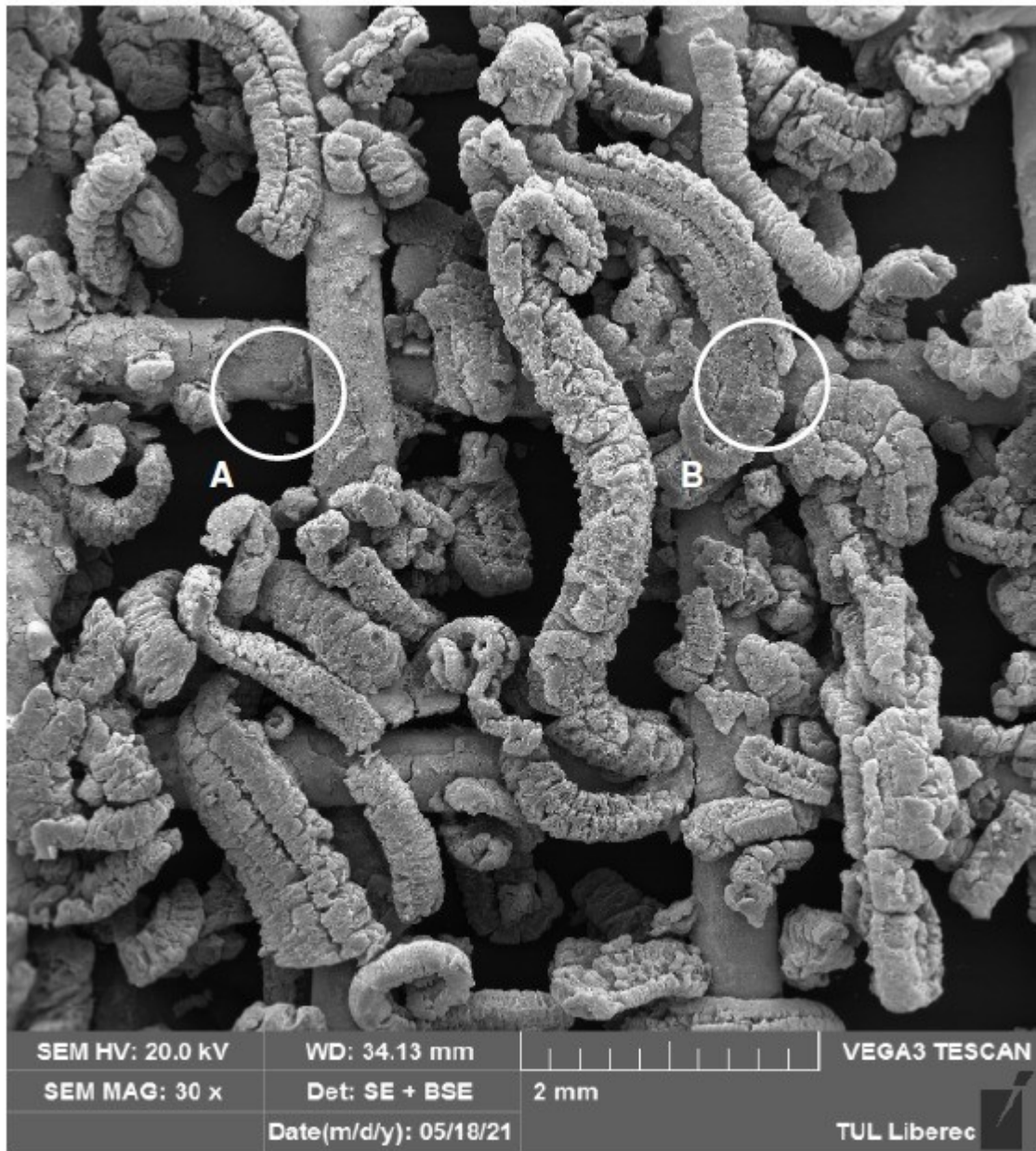
- 5 1. Fotokatalytický systém, **vyznačující se tím**, že obsahuje mřížku (1) z materiálu odolávajícího UV záření, na jejichž vláknech (2) je uložena vrstva (4) geopolymery tloušťky 10 až 2000 mikrometrů, přičemž v této vrstvě (4) jsou částí svého povrchu ukotvené částice (5) expandovaného grafitu s průměrem 0,1 až 5 mm, přičemž množství expandovaného grafitu je 0,1 až 50 g/m², a na povrchu částic (5) expandovaného grafitu je uložený oxid titaničitý v množství 0,1 až 10 g/m².
- 10 2. Fotokatalytický systém podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že množství geopolymery uloženého na vláknech (2) mřížky (1) je 20 až 2000 g/m².
3. Fotokatalytický systém podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že oxid titaničitý je na povrchu částic (5) expandovaného grafitu uložený ve formě mechanicky zaklesnutých nanočástic a/nebo mikročástic.
- 15 4. Fotokatalytický systém podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že oxid titaničitý je na povrchu částic (5) expandovaného grafitu uložený ve formě vrstvy.
5. Fotokatalytický reaktor, **vyznačující se tím**, že obsahuje alespoň jednu vrstvu fotokatalytického systému podle libovolného z nároků 1 až 4, které je přiřazený alespoň jeden zdroj záření pro aktivaci oxidu titaničitého ve struktuře fotokatalytického systému.



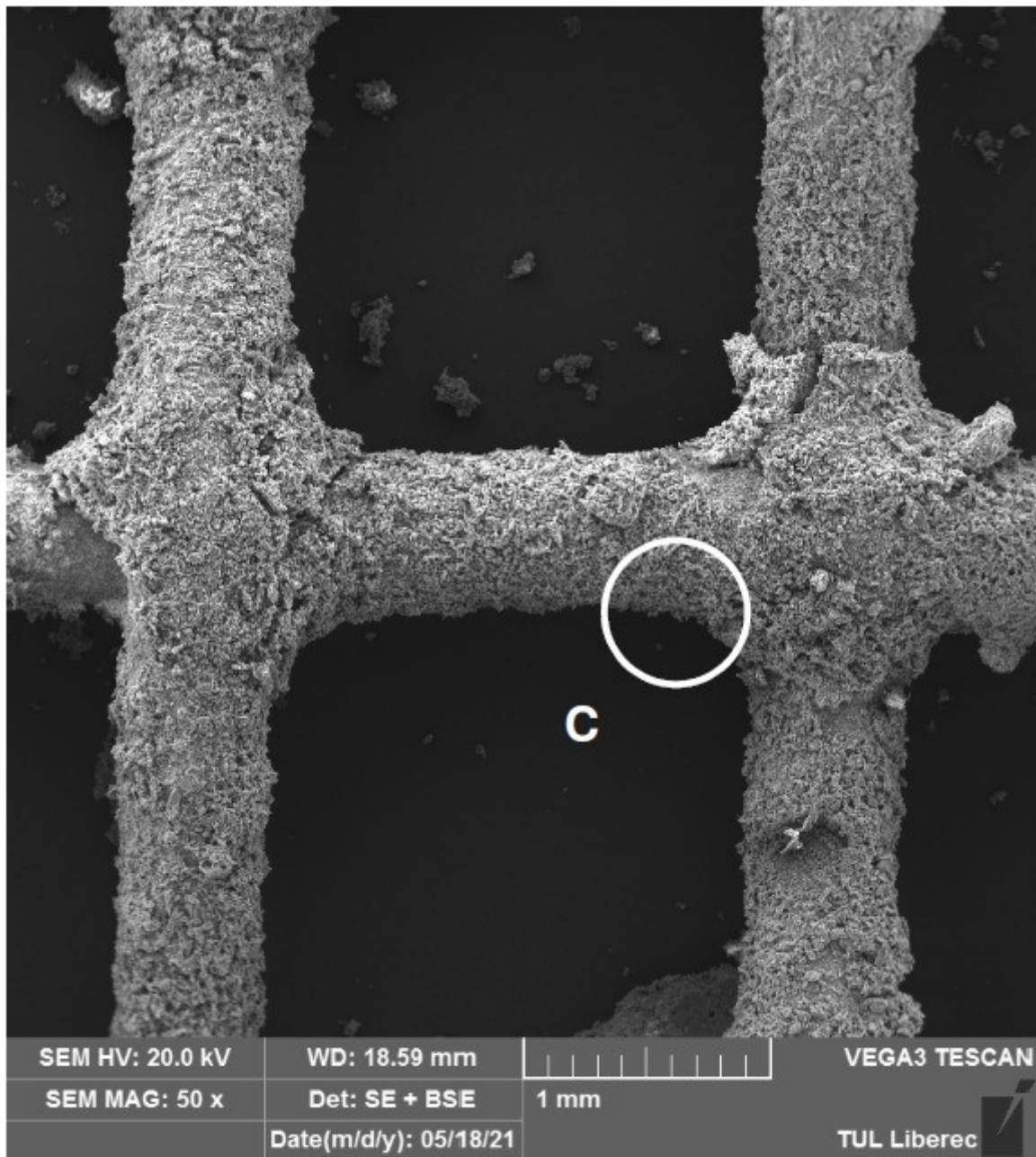
Obr. 1



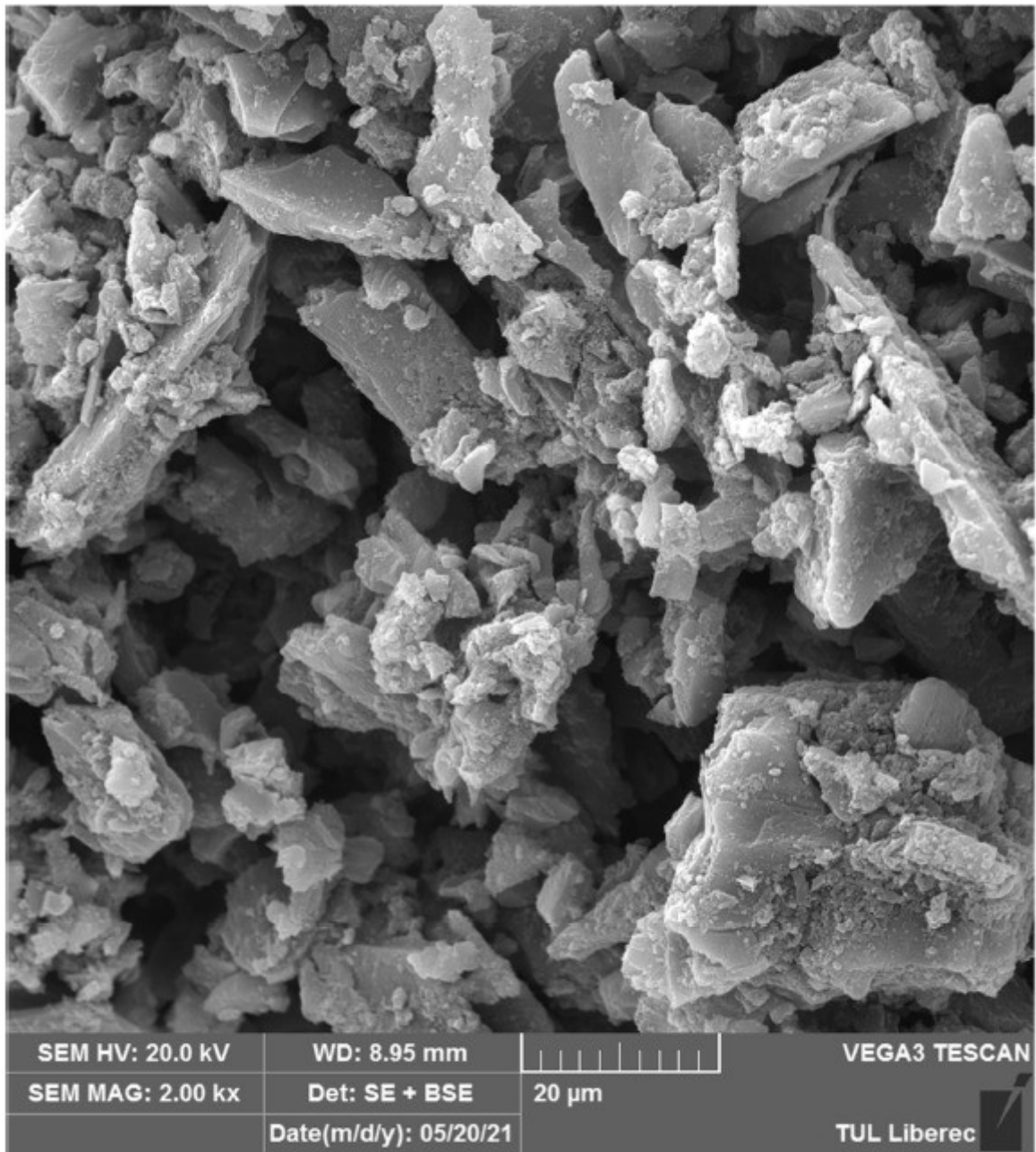
Obr. 2



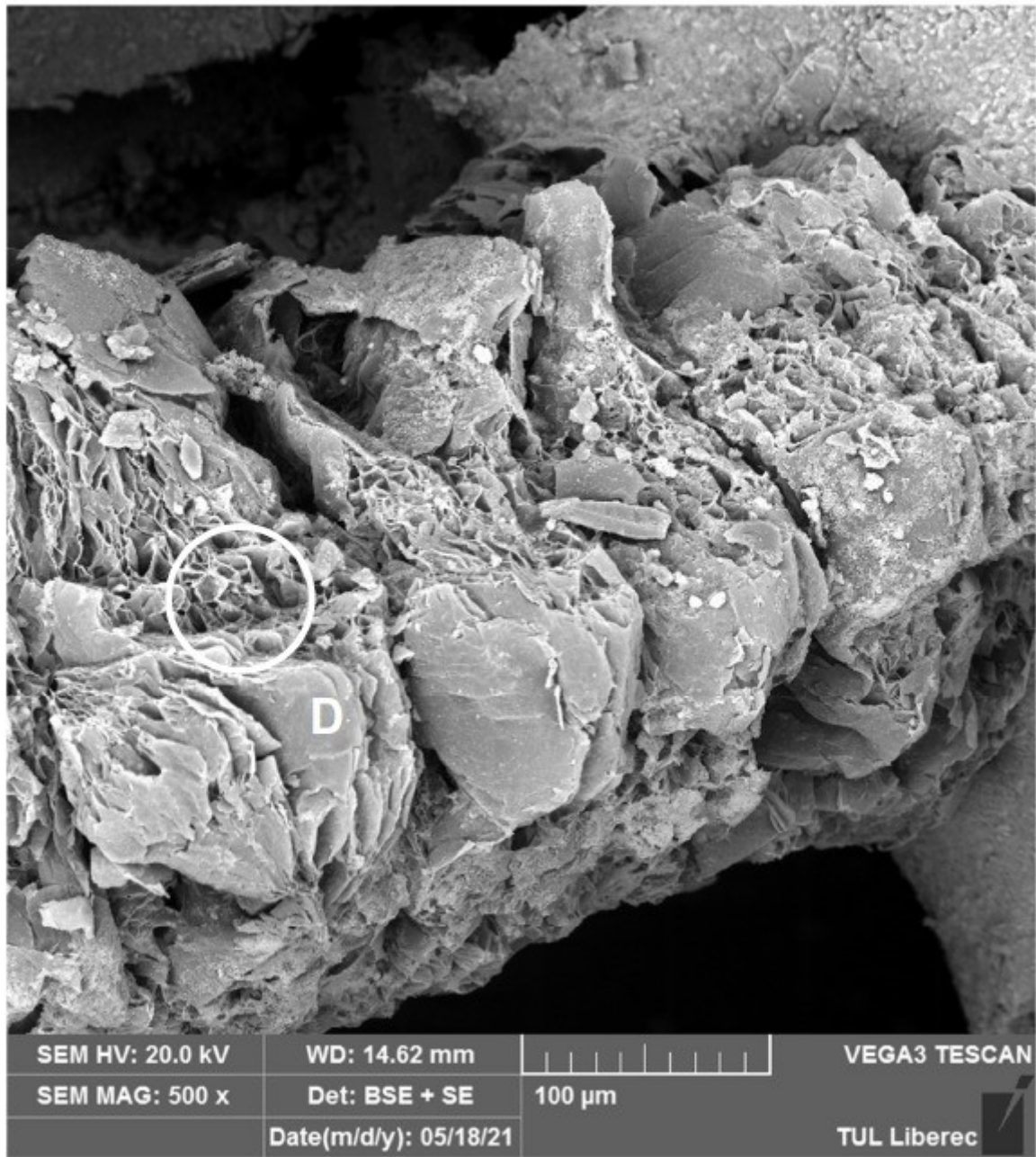
Obr. 3



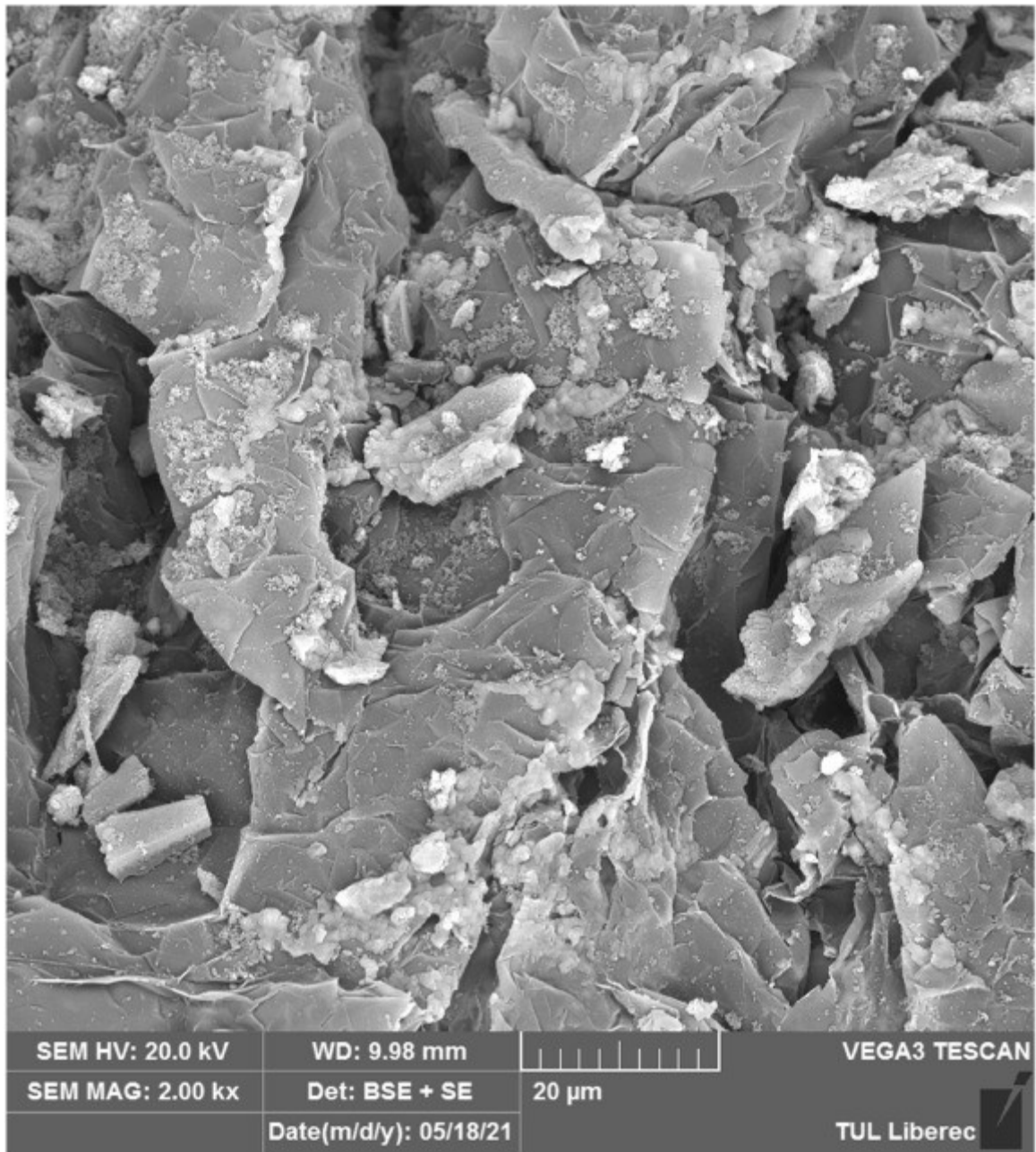
Obr. 4



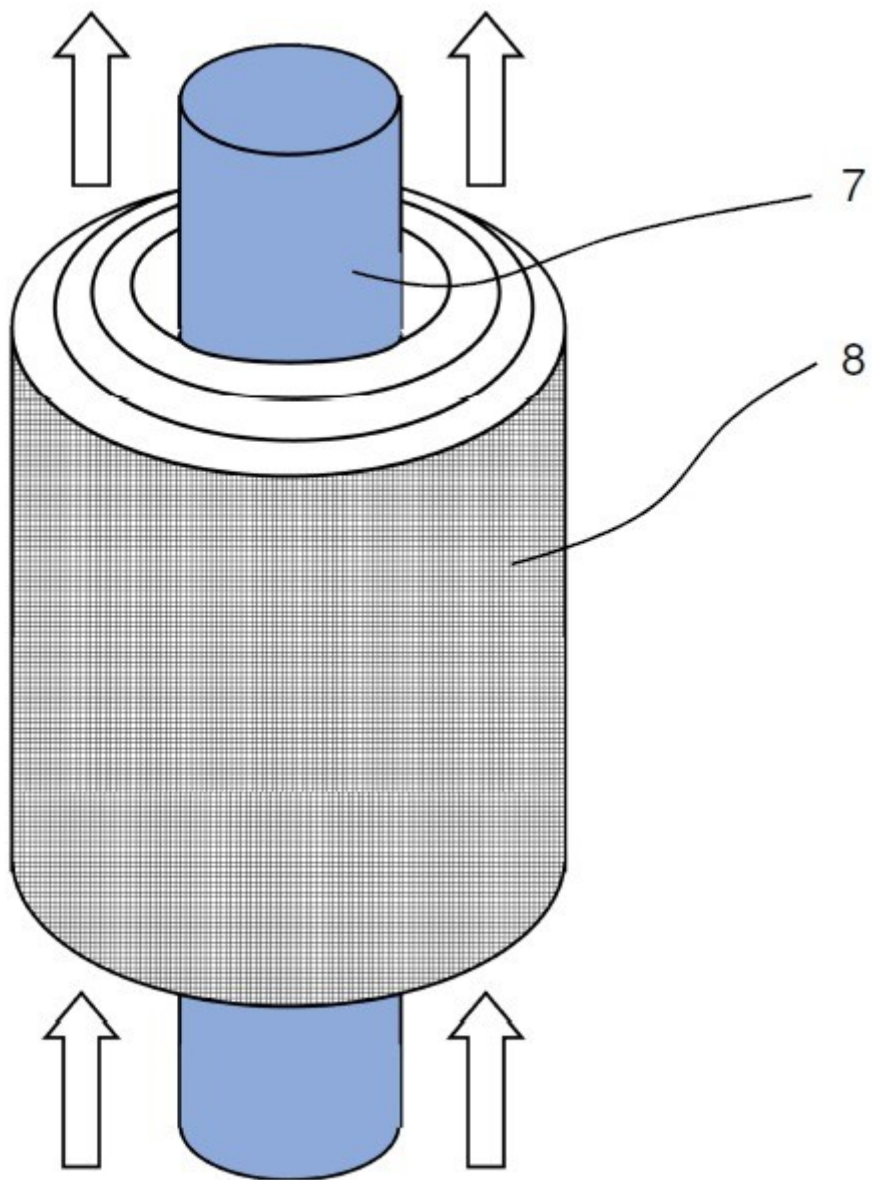
Obr. 5



Obr. 6



Obr. 7



Obr. 8