

# NÁTĚROVÉ SYSTÉMY S VYSOKÝMI UŽITNÝMI VLASTNOSTMI

Disertant: Ing. Michal Zoubek

Studijní obor: Strojírenská technologie

Školitel: doc. Viktor Kreibich, CSc.

Školitel specialista: Ing. Jan Kudláček, Ph.D.

## ÚVOD

Disertační práce *Nátěrové systémy s vysokými užitnými vlastnostmi* se věnuje možnostem využití moderních typů nanomateriálů jako pigmentu (plniva) tekutých nátěrůvých hmot a vlivu použitých metod a způsobů dispergace těchto materiálů na finální funkční a ochranné vlastnosti povlaků. V rámci disertační práce byly formulovány nátěrové hmoty antistatické, oteruvzdorné a antikorozi. Dosažení specifických funkčních vlastností bylo docíleno pomocí přidavku funkčních mikro a nano pigmentů (plniv). Při výzkumu přípravy jednotlivých typů nových nátěrových hmot byl kladen důraz na volbu vhodné metody a parametrů dispergace a jejich následnou optimalizaci za účelem redukce potřebného množství použitého pigmentu (plniva) pro dosažení požadovaných vlastností finálního povlaku a snížení surovinových a výrobních nákladů. Práce se dále věnuje popisu parametrů dispergace jednotlivými míchadly z pohledu teorie míchání v systémech kapalina – pevná fáze a vyhodnocení jejich vlivu na dispergaci a distribuci použitého pigmentu (plniva). Současně bylo provedeno komplexní hodnocení funkčních a ochranných vlastností povlaků vytvořených nátěrových hmot a nátěrových systémů dle technických norem a zkušebních postupů z oboru povrchových úprav pro účely objektivního zhodnocení vlivu použitého plniva, jeho množství a způsobu dispergace.

## CÍLE PRÁCE

### HLAVNÍ CÍL:

Vývoj nové antistatické nátěrové hmoty splňující parametry povrchového odporu pro disipativní materiály dané normou ČSN EN 61340-2-3 ed.2 (346440):2017 a ČSN CLC/TR 60079-32-1.

### DÍLČÍ CÍLE:

- Návrh vhodných matic, pigmentů a dispergačních zařízení.
- Návrh podílů jednotlivých pigmentů pro dosažení požadovaných vysokých užitných vlastností funkčních povlaků a nátěrových systémů (antistatické nátěrové hmoty, oteruvzdorné nátěrové hmoty, antikorozi nátěrové hmoty).
- Výběr vhodného dispergačního zařízení a optimalizace procesu dispergace pro účely snížení potřebného podílu použitých částic či zkrácení dispergačního času při tvorbě nátěrových hmot vyšších užitných vlastností.
- Ověření funkčních a ochranných vlastností vytvořených povlaků nátěrových hmot metodami běžně používanými v oboru povrchových úprav.

## ANTISTATICKÉ NÁTĚROVÉ HMOTY

V případě tvorby antistatických nátěrových hmot na bázi LV EPS 620, bylo za účelem dosažení vodivých vlastností použito vodivých částic grafitu [4A, 10A, 13A, 14A, 17A], sazi [9A, 12A, 17A, 18A] a zinku [17A, 18A, 25A, 26A]. V případě grafitu byly formulovány hmoty obsahující grafit jemný (Fichema), od střední velikost částic 25 µm a grafit pudrový (Fichema) o střední velikosti částic 7 µm. Práškový zinek byl použit Zn2N (PK chemie) o velikosti částic 3,4 – 3,9 µm [17A]. V případě vodivých sazí se jednalo o saze CHEZACARB B (AC70) ve tvaru nepravidelných granulí o velikosti 0,5 až 2,5 mm [9A]. Grafit a zinek byly dispergovány do epoxidové nátěrové hmoty LV EPS 620 v hmotnostním podílu 6 hm. % a 8 hm. % a 10 hm. %. Vodivé saze byly dispergovány do nátěrové hmoty LV EPS 620 v hmotnostních podílech 0,2 hm. %, 0,75 hm. % a 2 hm. %. Cílem bylo nalezení optimální koncentrace vodivých pigmentů v nátěrové hmotě pro dosažení antistatických vlastností při současném zachování ochranných vlastností základního materiálu [17A, 18A].

V případě formulace vodou ředitelných nátěrových hmot byly jako matrice pro tvorbu antistatických nátěrových hmot použity CP55 (VITON), samozákladující, vodou ředitelná nátěrová hmota [1A, 2A, 3A, 10A, 11A, 13A, 14A, 27A] a CHS EPOXY 220 V 55 – vodná disperze nízkomolekulární epoxidové pryskyřice na bázi bisfenolu A a epichlorhydrinu mléčné bílé barvy, ředitelná vodou [4A, 5A, 8A].

V případě CHS EPOXY 220 V 55 byly pro dosažení vodivých vlastností povlaku použity vícevrstevné uhlíkové nanotrubičky MWCNT, vnitřně elektricky vodivý polymer PEDOT – Poly(3,4-ethylenedioxythiophene), grafen ve vodní suspenzi (Nano Carbon Sp.) a měď o velikosti částic 8 až 12 µm (Thermo Fisher GmbH). MWCNT byly použity ve formě suspenze AQUACYL 0301 (Nanocyl S.A.) obsahující 5 hm. % těchto nanočástic. Vodivý polymer PEDOT byl použit ve formě vodné suspenze KV 2 (Synpo a.s.) obsahující 2 hm. % vodivého polymeru PEDOT.[4A, 8A]. Bylo vytvořeno celkem 8 nátěrových hmot CHS EPOXY 220 V 55 obsahující vodivý polymer o koncentracích 0,3 hm. %, 0,6 hm. %, 0,8 hm. % a 1,0 hm. % PEDOT.

## METODY

Pro účely popsání procesu dispergace byly sledovány hodnoty disipované energie a měrného disipovaného příkonu jenž dle Daviese umožňuje se zvyšující se hodnotou dosažení menších průměrů kapek disperze. Na základě tohoto předpokladu bylo v experimentech použito šest typů dispergačních zařízení či jejich kombinací. Dispergační zařízení byla volena s ohledem na hodnoty dosahovaného měrného disipovaného příkonu pro posouzení vlivu tohoto parametru na konečné vlastnosti nátěrových hmot. Jmenovitě se jednalo o:

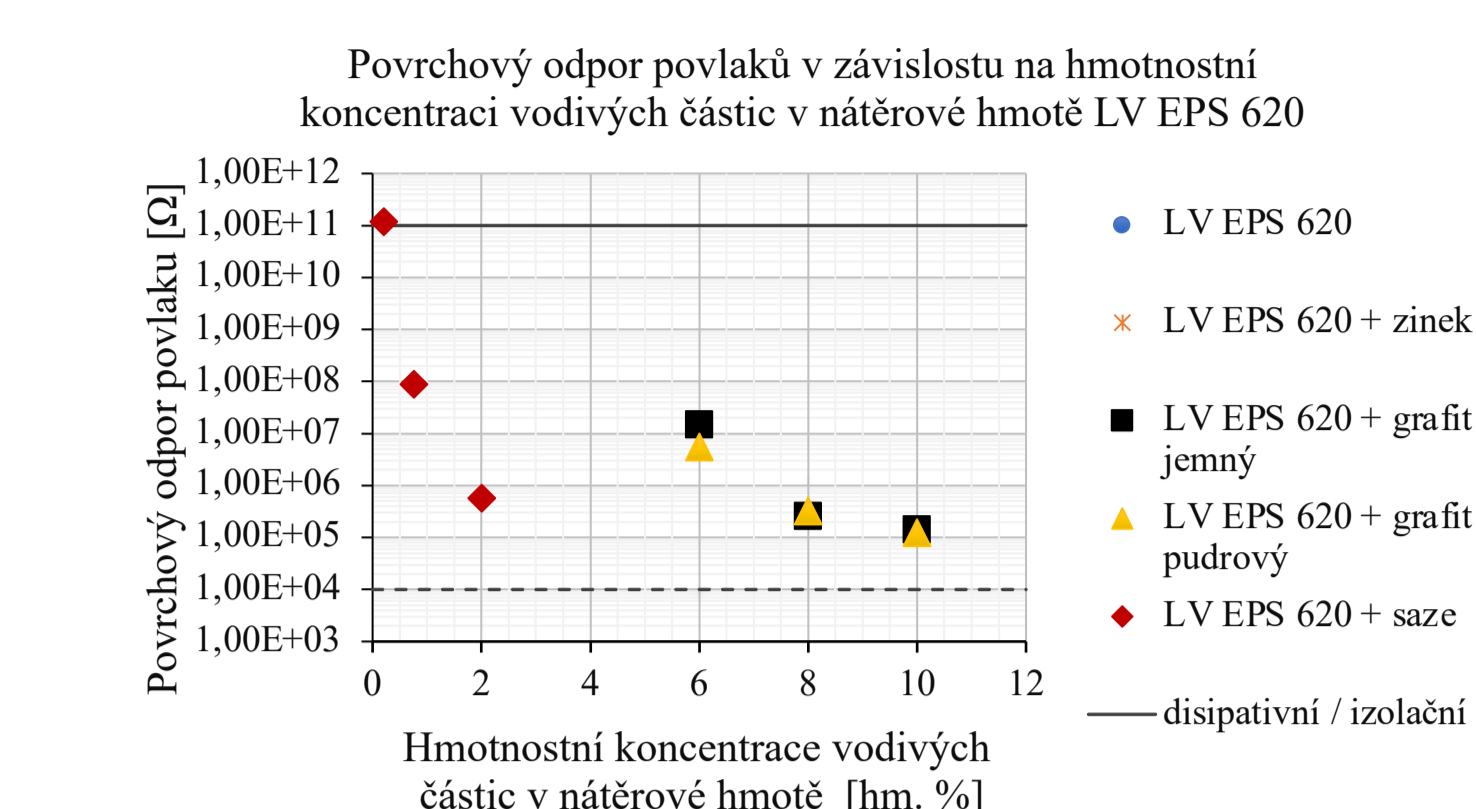
- vrtulové míchadlo Dürr PM 504m (3 listy, průměr 70 mm),
- čtyřlopatkové míchadlo o průměru 50 mm se šikmým sklonem lopatek WisseStirr HS-D,
- zubové míchadlo (CVS 69 1038.1) o průměru 50 mm,
- míchadlo rotor-stator IKA S 25 N – 25 G o průměru rotoru 17 mm s dvěma zuby a statoru o průměru 25 mm s 12 zuby,
- míchadlo Visco Jet o průměru 60 mm se dvěma kuželovými elementy,
- ultrazvukový homogenizátor Bandelin Sonopuls HD 3400 osazený sondou VST 200T.

Pro posouzení funkčních a ochranných vlastností vytvořených nátěrových hmot a jejich povlaků bylo použito normovaných metod a postupů dle: dle ČSN EN ISO 12944-7, ČSN EN ISO 2808, ČSN EN ISO 2813, ČSN EN ISO 4624, ČSN EN ISO 2409, ČSN EN ISO 16276-2, ČSN EN ISO 6860, ČSN EN ISO 1520, ČSN EN 61340-2-3 ed.2, ČSN EN ISO 9227, ČSN EN ISO 22479, ČSN EN ISO 6270-2, ČSN EN ISO 4628-2, ČSN EN ISO 4628-3, ČSN EN ISO 4628-8 a ČSN EN ISO 7784-2. Dále byly povlaky hodnoceny vizuálně pro účely posouzení stupně distribuce a dispergace použitého pigmentu.

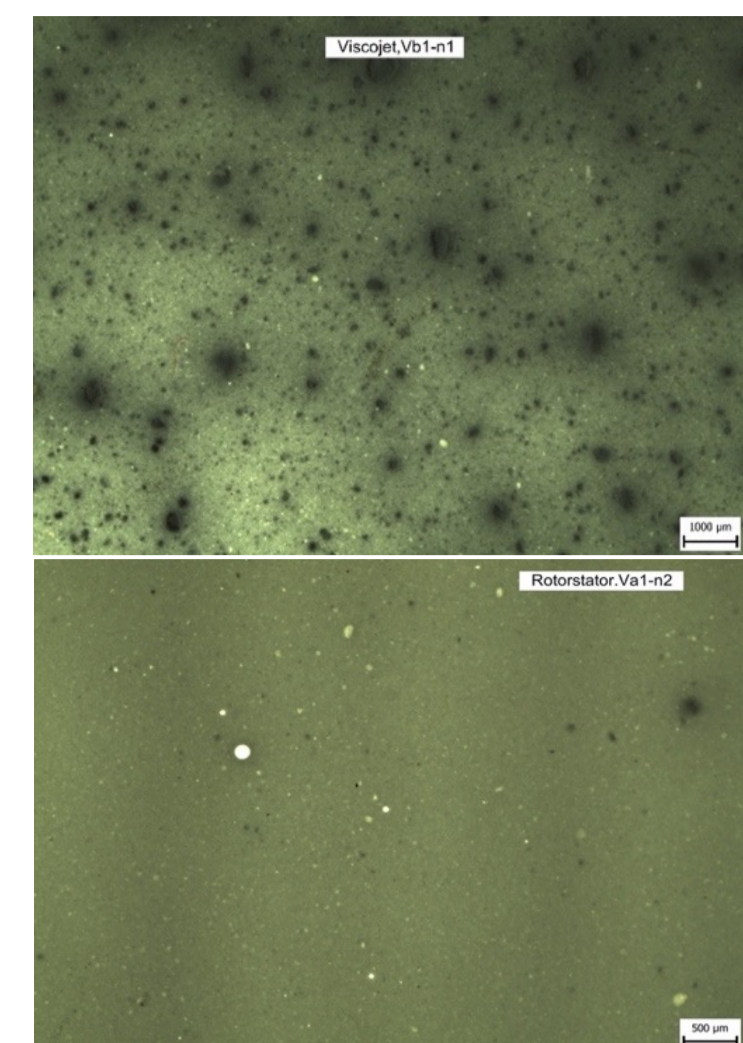
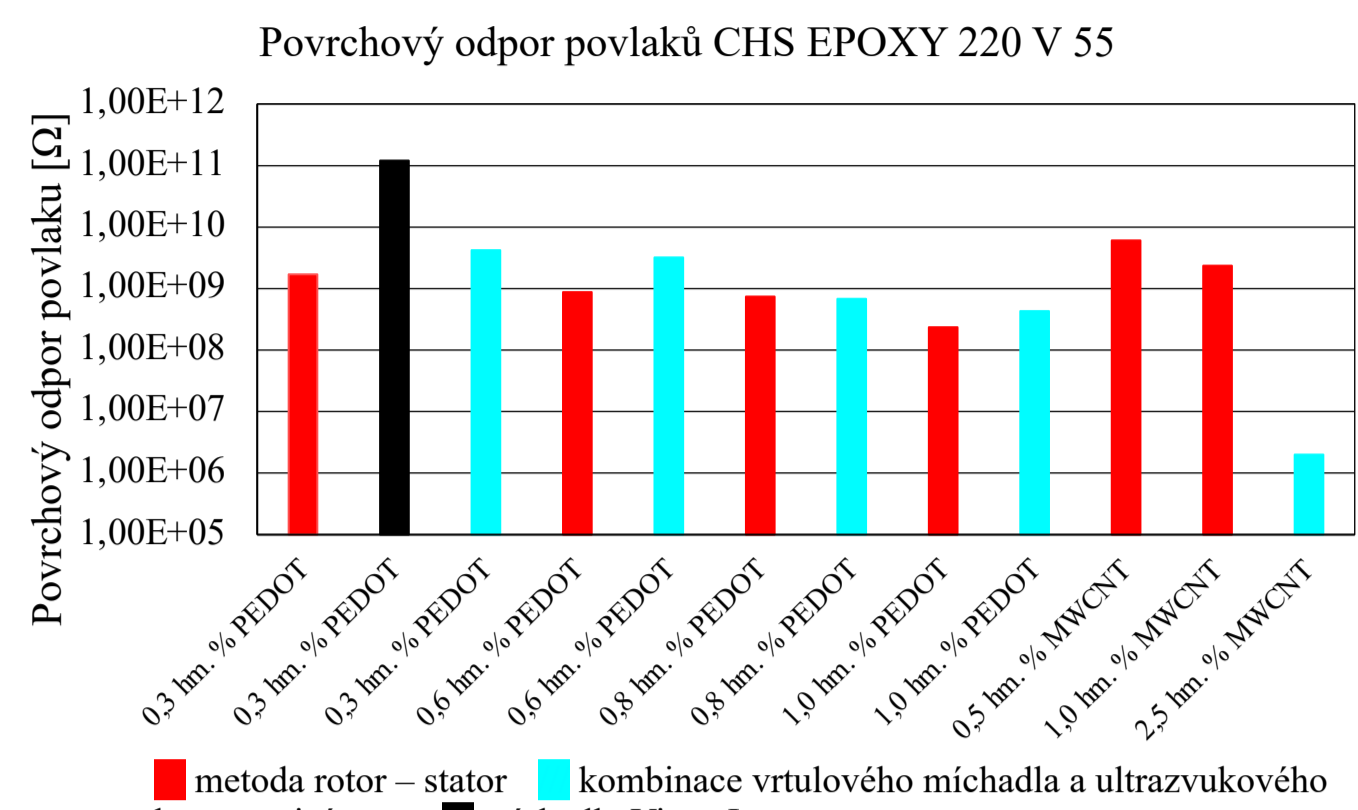
## PUBLIKACE AUTORA SOUVISEJÍCÍ S DISERTAČNÍ PRACÍ

[1A]	ZOUBEK, M., KUDLÁČEK, J., KREIBICH, V., JIROUT, T. a ABRAMOV, A. The Influence of Mixing Method and Mixing Parameters in Process of Preparation of Anti-static Coating Materials Containing Nanoparticles. In: Lecture Notes in Mechanical Engineering. Basel: Springer Nature Switzerland AG, 2019, s. 582-590. ISSN 2195-4356. ISBN 978-3-030-16943-5.
[2A]	ZOUBEK, M., KUDLÁČEK, J., KREIBICH, V., JIROUT, T. a CAR, Z. Testing of Antistatic Coatings Based on Waterborne Paints. In: International Conference on Innovative Technologies IN-TECH 2019 Belgrade – Proceedings. Rijeka: Faculty of Engineering University of Rijeka, 2019, s. 17-20. ISSN 0184-9069.
[3A]	ZOUBEK, M., KUDLÁČEK, J., KREIBICH, V. a JIROUT, T. The influence of mixing on the functional properties of antistatic coatings containing nanoparticles. In: Sborník XI. Konference pigmenty a pojiva. Pardubice: CHEMAGAZIN s.r.o., 2018, s. 96-100. ISBN 978-80-906269-3-5.
[4A]	ZOUBEK, M., KUDLÁČEK, J., KREIBICH, V., VLASÁKOVÁ, J., ZASIMENKO, A. a CAR, Z. The influence of mixing on functional properties of conductive anti-static coatings. In: IN-TECH 2018 International Conference on Innovative Technologies, Zagreb, Proceedings. Rijeka: Faculty of Engineering University of Rijeka, 2018, s. 237-241. ISSN 0184-9069.
[5A]	ZOUBEK, M., KUDLÁČEK, J. a ZASIMENKO, A. Use of Nanomaterials and Conductive Polymers in Antistatic Coatings. In: Technological forum 2018 Book of Proceeding. Jaroměř: Ing. Jan Kudláček, 2018, s. 229-232. ISSN 978-80-87583-26-5.
[6A]	TATIČKOVÁ, Zuzana; KUDLÁČEK, Jan; ZOUBEK, Michal; KUCHAR, Jiří. Behaviour of Thermochromic Coatings under Thermal Exposure. Coatings [online]. 2023, roč. 13, č. 3 [cit. 2023-03-21]. ISSN 2079-6412. Dostupné z: doi:10.3390/coatings13030642.
[7A]	TATIČKOVÁ, Z., ZOUBEK, M., KUDLÁČEK, J., KUCHAR, J. a KREIBICH, V. Smart Antistatic Paints – The Effect of Dispersion on Color Characteristics. In: Lecture Notes in Mechanical Engineering – Advances in Manufacturing III. Berlin: Springer Science+Business Media, 2022, s. 175-188. ISSN 2195-4356. ISBN 978-3-031-00804-7.
[8A]	VLASÁKOVÁ, J. a ZOUBEK, M. Usage of Conductive Polymers in Paint. In: Sborník X. Konference Pigmenty a Pojiva. Pardubice: CHEMAGAZIN s.r.o., 2017, s.100-104. ISBN 978-80-906269-2-8.
[9A]	KUDLÁČEK, J., ZOUBEK, M., KREIBICH, V., VALEŠ, M. a HERRMANN, F. Aplikace nátěrových systémů se zvýšenou elektrickou vodivostí. Občasník Povrchář. 2014, roč. 7/2014, č. 7, ISSN 1802-9833.
[10A]	ZOUBEK, M., KUDLÁČEK, J., KREIBICH, V., DRAŠNAR, P., MATAS, F. a HERRMANN, F. Využití mikro a nanočástic pro funkční nátěrové hmoty. Transfer – Výzkum a vývoj pro letectví průmysl. 2016, roč. 28, č. 28, s. 6-37. ISSN 1801-9315.

Graf 1: Hodnoty povrchového odporu vytvořených povlaků na bázi epoxidové nátěrové hmoty LV EPS 620



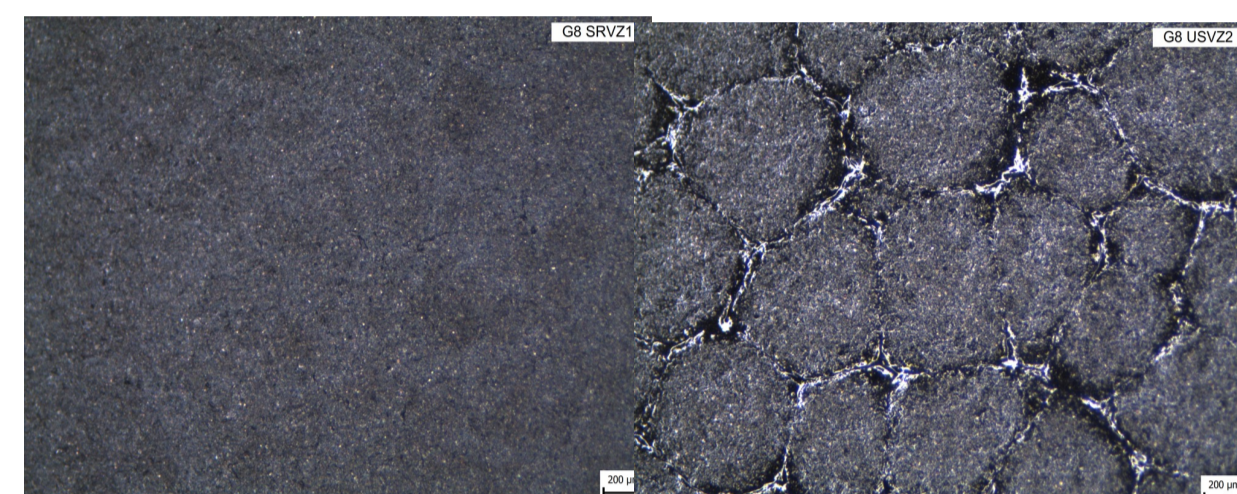
Graf 2: Povrchový odpor povlaků CHS EPOXY 220 V 55 v závislosti na typu použitého vodivého plniva, jeho koncentraci a metodě dispergace



Obrázek 1: Rozdílné stupně dispergace a distribuce částic v povlaku CHS EPOXY 220 V 55 + 0,3 hm. % PEDOT v závislosti na použité metodě a parametrech dispergace: míchadlo Visco Jet (nahore), míchadlo rotor – stator (dole)

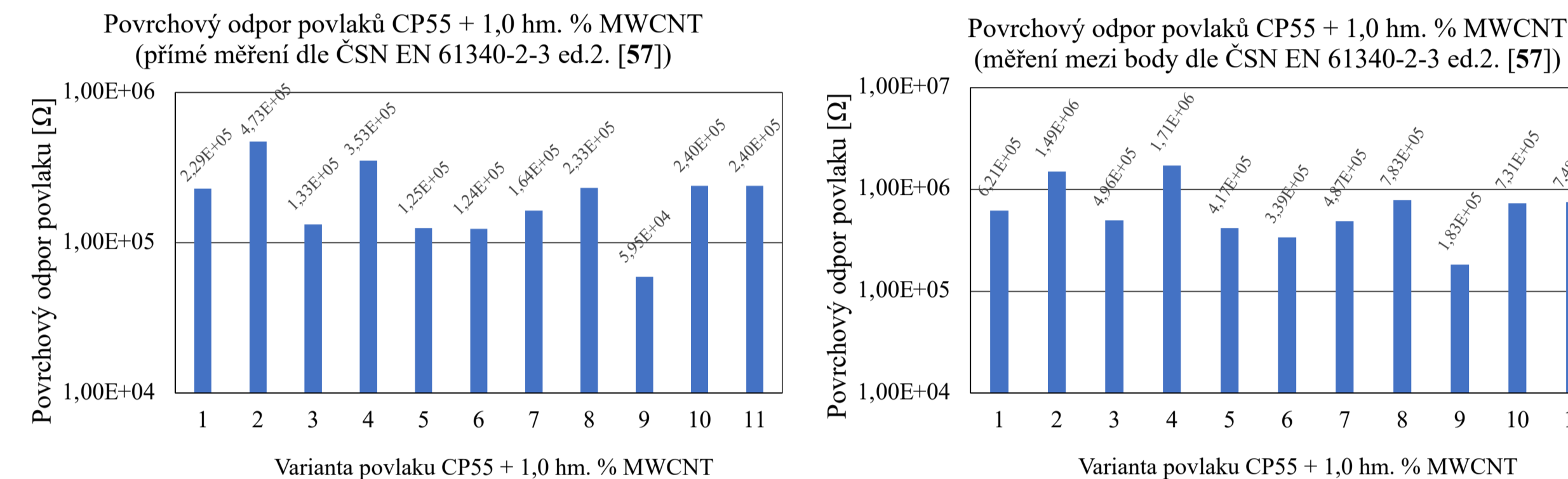
Tabulka 1: Přehled formulací nátěrové hmoty na bázi CP55 obsahující vodivé částice dispergované pomocí míchadla rotor – stator, parametry procesu a výsledný povrchový odpor povlaků

Nátěrová hmota	Typ částic	Koncentrace částic [hm. %]	Parametry dispergace				Povrchový odpor povlaku [Ω]	Nátěrová hmota	Metoda dispergace	Podíl funkčních částic [hm. %]	Parametry dispergace						Povrchový odpor povlaku [Ω]	
			n <sub>1</sub> [min <sup>-1</sup> ]	t <sub>1</sub> [min]	n <sub>2</sub> [min <sup>-1</sup> ]	t <sub>2</sub> [min]					n <sub>1</sub> [min <sup>-1</sup> ]	t <sub>1</sub> [min]	n <sub>2</sub> [min <sup>-1</sup> ]	t <sub>2</sub> [min]	n <sub>3</sub> [min <sup>-1</sup> ]	t <sub>3</sub> [min]		
CP55	---	---	---	---	---	---	> 10 <sup>13</sup>	CP55	---	0,0	---	---	---	---	---	---	> 10 <sup>13</sup>	
CP55	saze AC 20	0,25	15 000	5,0	---	---	1,42.10 <sup>12</sup>	CP55	VJ	0,5	1 400	6,0	---	---	---	---	3,38.10 <sup>10</sup>	
		1	15 000	5,0	---	---	---			2,5	1 500	6,0	---	---	---	---	2,38.10 <sup>10</sup>	
CP55	grafit	4	15 000	5,0	---	---	4,73.10 <sup>11</sup>	CP55	RS	0,5	15 000	0,5	10 000	5,0	---	---	1,56.10 <sup>10</sup>	
		8	10 000	3,0	15 000	2,0	---			2,5	15 000	0,5	10 000	5,0	---	---	1,58.10 <sup>10</sup>	
CP55	MWCNT	0,5	15 000	0,5	10 000	4,5	2,84.10 <sup>12</sup>	CP55	ZM	2,5	3 600	6,0	---	---	---	---	7,58.10 <sup>10</sup>	
		1,0	15 000	0,5	10 000	4,5	9,90.10 <sup>10</sup>			0,5	3 600	6,0	---	---	---	---	---	
		1,5	15 000	0,5	10 000	4,5	6,31.10 <sup>10</sup>	CP55	VJ	8	1 500	6,0	---	---	---	---	3,28.10 <sup>10</sup>	
		2,0	15 000	0,5	10 000	4,5	4,86.10 <sup>10</sup>			8	15 000	0,5	10 000	3,0	15 000	2,0	---	---
		2,5	15 000	0,5	10 000	4,5	3,76.10 <sup>10</sup>	CP55	ZM	8	3 600	6,0	---	---	---	---	---	1,30.10 <sup>10</sup>
		---	---	---	---	---	---			---	---	---	---	---	---	---	---	---

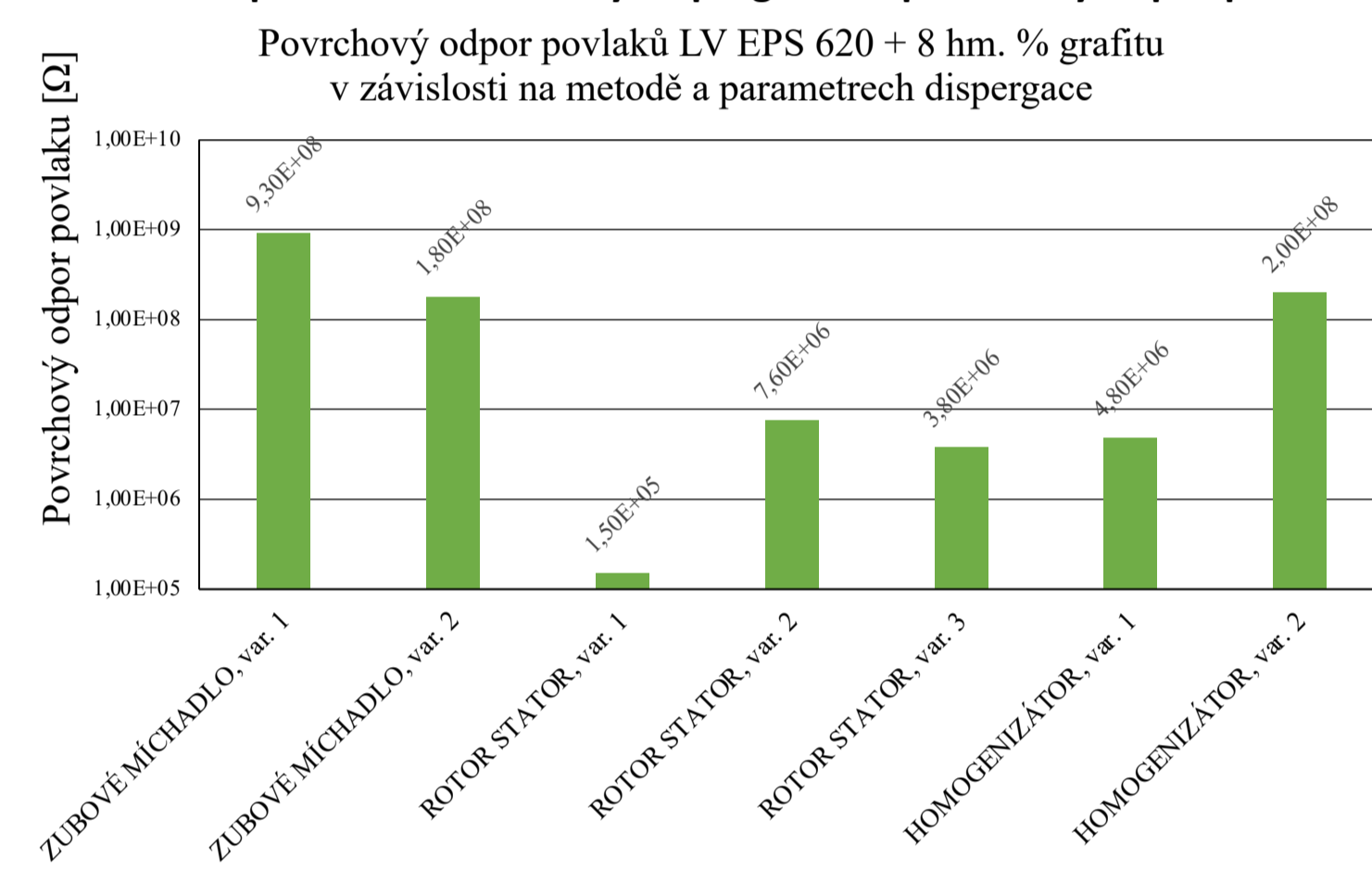


Obrázek 2: Vzhled povrchu povlaků různě dispergované nátěrové hmoty LV EPS 620 obsahující grafit: dispergace rotor-stator vzorek GBSRVZ1 (vlevo), dispergace pomocí ultrazvukového homogenizátoru (vlevo)

Graf 3 a 4: Hodnoty povrchového odporu povlaků na bázi vodou ředitelné hmoty CP55 s podílem 1,0 hm. %



Graf 5: Vliv parametrů a metod dispergace na povrchový odpor povlaků



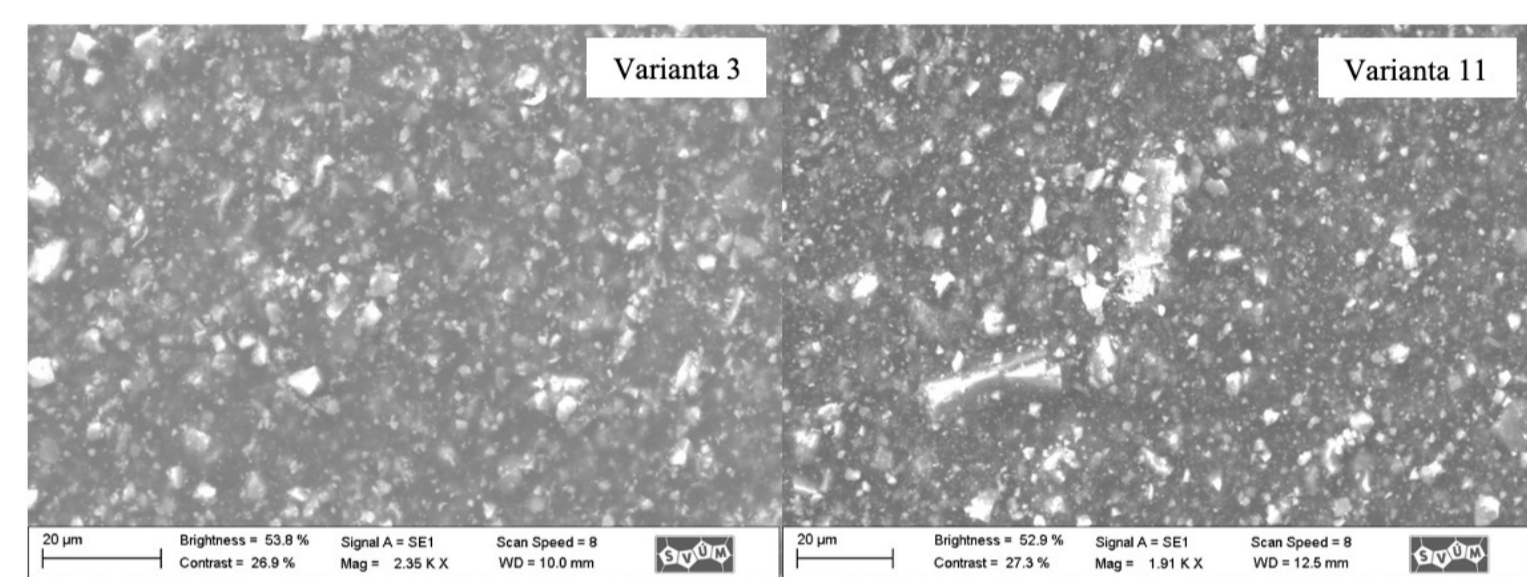
Tabulka 3: Metody a parametry dispergace vodou ředitelné nátěrové hmoty CP55 + 1,0 hm. % MWCNT

Zařízení	Varianta č.	čas [min]	Hmotnost vsázky [kg]	Příkon [W]	Posouzení sondy ultrazvukem [mm]	Frekvence otáček míchadla [min <sup>-1</sup> ]	Obvodová rychlost míchadla [m.s <sup>-1</sup> ]	Teplota po dispergaci [°C]	Teplota vsázky před dispergací [°C]	Teplota vsázky po dispergaci [°C]	Disipovaná energie [J.kg <sup>-1</sup> ]	Měrný disipovaný příkon [W.kg <sup>-1</sup> ]
ultrazvuk	1	5	0,6152	150	2,5	1 500	3,9	27,7	16,8	27,7	30 057,0	69 597,0
ultrazvuk	2	5	0,4595	250	2,5	1 500	3,9	38,8	18,4	38,8	49 839,0	115 995,0
ultrazvuk	3	5	0,4531	250	2,5	2 700	7,1	38,8	17,7	38,8	49 890,0	115 995,0
ultrazvuk	4	5	0,4600	150	2,5	2 700	7,1	31,9	18,6	31,9	29 987,0	69 597,0
ultrazvuk	5	5	0,4716	250	0,8	2 700	7,1	36,9	16,2	36,9	49 829,0	75 583,8
rotor - stator	6	2	0,4454	24	---	10 200	9,6	---	---	---	---	9 221,2
rotor - stator	7	4	0,4583	24	---	10 200	9,6	26,3	18,0	26,3	5 767,2	9 221,2
rotor - stator	8	6	0,4546	24	---	10 200	9,6	28,7	18,0	28,7	8 650,8	9 221,2
rotor - stator	9	2	0,4559	70	---	15 000	14,1	29,9	18,0	29,9	8 358,5	26 728,9
rotor - stator	10	4	0,4615	70	---	15 000	14,1	34,7	18,0	34,7	16 717,0	26 728,9
rotor - stator	11	6	0,4498	70	---	15 000	14,1	40,6	18,0	40,6	25 075,5	26 728,9

## ZÁVĚR

Byla vyvinuta vodou ředitelná nátěrová hmota CP55 s podílem MWCNT 1,0 hm. % ve formě suspenze AQUACYL 0301 vykazující hodnoty povrchového odporu pro disipativní materiály dané normou ČSN EN 61340-2-3 ed.2 (346440):2017 a ČSN CLC/TR 60079-32-1 případně vykazující hodnoty povrchového odporu pro elektricky vodivé materiály dle definice ČSN IEC/TR 61340-1. Povrchový odpor povlaků nátěrové hmoty dosahoval hodnoty 5,95 × 10<sup>4</sup> Ω při použití metody dispergace pomocí zařízení rotor – stator IKA S 25 N – 25 G, frekvenci otáčení rotoru 15 000 min<sup>-1</sup> v délce trvání 2 min. Dispergační zařízení bylo vyhodnoceno na základě rozsáhlého porovnání finálních funkčních a ochranných parametrů povlaků jako nejvhodnější v porovnání s metodami přípravy vrtulovým míchadlem, zubovým míchadlem, míchadlem Visco Jet, ultrazvukovým homogenizátorem a ultrazvukovým homogenizátorem při nucené cirkulaci vsázky pomocí lopatkového míchadla. Při formulaci antistatické vodou ředitelné nátěrové hmoty na bázi CP55, byl kladen vysoký důraz na snížení potřebného podílu MWCNT pro dosažení nízkého povrchového odporu povlaku. V případě použití MWCNT ve formě suspenze AQUACYL 0301 bylo díky provedeným experimentům při různých nastavení dispergačního procesu dosaženo úspory 1,5 hm. % MWCNT. Výsledky provedených zkoušek ochranných vlastností povlaků dle ČSN EN ISO 6270-2, ČSN EN ISO 2409, ČSN EN ISO 16276-2, ČSN EN ISO 4624, ČSN EN ISO 1520 a ČSN EN ISO 6860 prokázaly vhodnost této nátěrové hmoty pro ochranu před účinky statické elektřiny v atmosférických prostředích nízké korozní agresivity dle ČSN EN ISO 9223.

Procesem výběru vhodného dispergačního zařízení a optimalizace parametrů procesu dispergace při formulaci antistatických a oteruvzdorných nátěrových hmot na bázi epoxidových pryskyřic a při formulaci antistatické vodou ředitelné nátěrové hmoty bylo dosaženo nejen zlepšení funkčních vlastností, ale zkrácení i potřebný čas dispergace a snížit potřebný podíl funkčních částic v matrici. Například v případě epoxidové nátěrové hmoty LV EPS 620 s příměsí grafitu bylo metodou rotor – stator a vhodných parametrů procesu (frekvence otáček 12 000 min<sup>-1</sup>, 10 min) dosaženo povrchového odporu povlaku s 8 hm. % grafitu 1,5 × 10<sup>5</sup> Ω, přičemž při dispergaci zubovým míchadlem či ultrazvukovým homogenizátorem při různých parametrech bylo dosaženo hodnot v řádech 10<sup>6</sup> a 10<sup>8</sup> Ω. Bylo prokázáno, že hodnota měrné disipované energie měla významný vliv na výsledné vlastnosti povlaků, avšak nelze konstatovat, že by sama o sobě byla dostačující k zabezpečení dostatečné dispergace a distribuce částic v míchané vsádce. Z provedených experimentů je patrné, že zásadní vliv má cirkulace vsázky přes dispergační zónu míchadla, tj. oblast, kde se disipuje většina energie. Tento jev lze velice dobře pozorovat na výsledcích přípravy nátěrových hmot, kdy byl použit pro účely dispergace pouze ultrazvukový homogenizátor a nebylo zabezpečeno nucené míchání míchadla, resp. frekvence otáček míchadla a obvodová rychlost. U nátěrových hmot s podílem MWCNT (epoxidových i vodou ředitelných) se jako nejvhodnější prokázala kombinace vysokých frekvencí otáček míchadla a velmi krátké doby procesu. V případě prodloužení doby procesu dispergace docházelo ke zhoršení funkčních vlastností povlaku. Tento jev může být způsoben právě dobrou schopností čerpání vsázky, a tedy i vícenásobným příchodem vícevrstevných uhlíkových nanotrubiček dispergační zónou, kde může opakovaně docházet k nežádoucí změně jejich délkových rozměrů, a tím v konečném důsledku ke změně parametrů povrchového odporu povlaků vlivem uspořádání částic v povlaku s ohledem na elektrickou vodivost [1A, 2A, 3A, 9A, 13A, 14A, 15A, 16A, 17A, 19A, 18A, 27A]. Nežádoucí degradace funkčních pigmentů při dispergaci míchadlem rotor – stator vedoucích ke změně jejich barevných charakteristik byla popsána v případě formulace termochromických nátěrových hmot v [6A, 7A]. Správná volba dispergačního zařízení je stěžejní pro efektivní a hospodárný způsob dispergace nátěrové hmoty, ale i finální ceny produktu. Při tvorbě antistatické vodou ředitelné nátěrové hmoty na bázi CP55 byl optimalizací procesu dispergace zkrácen čas dispergace o 3 minuty a snížena potřebná koncentrace MWCNT o 1,5 hm. % pro vytvoření nátěrové hmoty pro tvorbu povlaků s hodnotou povrchového odporu v řádu 10<sup>4</sup> Ω. Snížení koncentrace MWCNT z původní hodnoty 2,5 hm. % na 1,0 hm. % pak představuje úsporu 315 000 Kč při přípravě 1 000 kg této nátěrové hmoty [1A, 12A]. V rámci disertační práce byly dále vytvořeny funkční nátěrové hmoty a systémy pro užití v různých aplikacích dle požadované specifické funkce povlaku: antistatické nátěrové hmoty: LV EPS 620 + 2,0 hm. % CHAZACERB AC70 a LV EPS 620 + 8,0 hm. % grafit pudrový, CP55 + 1,0 hm. % MWCNT (AQUACYL 0301), CP55 + 8,0 hm. % grafit pudrový, antikorozi nátěrová hmota LV EPS 620 + 49 hm. % Mg a oteruvzdorné nátěrové hmoty: LV EPS 620 + 1,0 MWCNT (EPOCYL XCR 128-06) a LV EPS 620 + 10 hm. % Mg. Oteruvzdorná nátěrová hmota CP05 s podílem hořčičkových částic byla zapsána jako funkční vzorek – Nová oteruvzdorná nátěrová hmota s hořčičkovými částicemi [1FVZ].



Obrázek 3: SEM snímky povlaků CP55 s podílem 1,0 hm. % MWCNT: varianta č. 3 (vlevo), varianta č. 11 (vpravo)

[21A]	SLOVINEC, M., ZOUBEK, M. a KUDLÁČEK, J. The Influence of Mg Particles in The Matrix of Organic Paints on The Abrasion Resistance of Coatings. In: TECHNOLOGICAL FORUM 2019. Jaroměř: Ing. Jan Kudláček, 2019. ISBN 978-80-87583-30-2.
[22A]	SLOVINEC, M., ZOUBEK, M., KUDLÁČEK, J. a NEJŠL, V. Abrasion Resistance of Organic Coatings Containing Mg Particles. In: International Conference on Innovative Technologies IN-TECH 2019 Belgrade – Proceedings. Rijeka: Faculty of Engineering University of Rijeka, 2019, s. 96-101. ISSN 0184-9069.
[23A]	MOULIS, T., ZOUBEK, M., KUDLÁČEK, J. a KREIBICH, V. Anticorrosive properties of coating systems containing Mg and Zn particles on steel substrates. In: Technological forum 2016. Jaroměř: Ing. Jan Kudláček, 2016, s. 9-239. ISBN 978-80-87583-17-3.
[24A]	FIALOVÁ, L., MOULIS, T., ZOUBEK, M. a KUDLÁČEK, J. Anticorrosive properties of coating systems containing magnesium and zinc particles on an aluminum alloy 2024. In: Technological forum 2016. Jaroměř: Ing. Jan Kudláček, 2016, s. 9-239. ISBN 978-80-87583-17-3.
[25A]	DRAŠNAR, P., FIALOVÁ, L., ZOUBEK, M. a KUDLÁČEK, J. Anticorrosive properties of coating systems containing magnesium particles on an aluminum alloy 2024. In: IN-TECH 2016 – International Conference on Innovative Technologies, Rijeka: Faculty of Engineering University of Rijeka, 2016, s. 1-360. ISSN 1849-0662.
[26A]	ZOUBEK, M., MOULIS, T., KUDLÁČEK, J., HERRMANN, F. a CAR, Z. Potential of anticorrosive protection of coating systems containing magnesium pigments. In: IN-TECH 2016 – International Conference on Innovative Technologies. Rijeka: Faculty of Engineering University of Rijeka, 2016, s. 1-360. ISSN 1849-0662.
[27A]	ZOUBEK, M., KUDLÁČEK, J., KREIBICH, V., JIROUT, T. a MATAS, F. Vliv míchání na elektrickou vodivost povlaků. In: MM Průmyslové spektrum, 2015. ISSN 1212-2572.
[28A]	ZOUBEK, M., KUDLÁČEK, J., CHÁBERA, P. a ABRAMOV, A. Complex Control Method of Degreasing Process. In: Advances in Manufacturing – Lecture Notes in Mechanical Engineering. Berlin: Springer Science+Business Media, 2018, s. 575-585. ISSN 2195-4356. ISBN 978-3-031-00804-9.
[29A]	KUDLÁČEK, J., ZOUBEK, M. a KOUDELKOVÁ, L. The influence of surface pre-treatment and cleanliness on adhesion of coating materials. In: IN-TECH 2018 Proceedings. Rijeka: Faculty of Engineering University of Rijeka, 2018, s. 231-235. ISSN 0184-9069.