VLIV PŘEDÚPRAV POVRCHU ZINKOVÝCH POVRCHŮ NA PŘILNAVOST ORGANICKÝCH POVLAKŮ

Disertant: Ing. Jakub Svoboda
Školitel: doc. Viktor Kreibich, CSc.
Studijní obor: Strojírenská technologie
Školitel specialista: Ing. Jan Kudláček, Ph.D.

ÚVOD

Disertační práce *Vliv předúprav povrchu zinkových povrchů na přilnavost organických povlaků* shrnuje základní stav problematiky na téma: Vliv předúprav povrchu zinku na přilnavost organických povlaků. Především popis nových trendů a aplikací v oblasti předúpravy povrchu zinkem.
V práci jsou následně stanoveny cíle disertační práce z předchozí rešerše současného stavu zkoumané problematiky a výhody aplikace nových alternativních možností předúprav povrchu žárově pozinkovaných součástí, metody řešení, ověření těchto předúprav a závěr s dalším postupem vývoje a výzkumu předúprav s aplikací do průmyslu.
Experimentální část disertační práce se zaměřuje na kompletní porovnání stávajících a alternativních metod předúprav povrchu materiálu s cílem vytvoření nového ověřeného technologického postupu pro nízkoteplotní aplikace předúpravy povrchu žárově pozinkovaných materiálů s ohledem na energetické úspory, technologickou jednoduchost a náročnost na ochranu životního prostředí. Pro experimentální část ve spolupráci s projektovými partnery Centra kompetence – Centrum výzkumu povrchových úprav (č.p. TE0200011). Publikované výsledky autora související s disertační prací **[1A – 20A].**

CÍLE PRÁCE

HLAVNÍ CÍL:

Vytvoření optimálního technologického postupu chemické předúpravy žárově pozinkovaného materiálu s důrazem na zvýšení přilnavosti následně aplikovaných organických povlaků nátěrových systémů.

DÍLČÍ CÍLE:

- Ověření dosavadních a nových chemických předúprav žárově pozinkovaných povrchů z pohledu přilnavosti organických povlaků.
- Ověření dosavadních a nových chemických předúprav žárově pozinkovaných povrchů z pohledu korozní odolnosti celého duplexního systému.
- Ověření funkčních a ochranných vlastností vytvořených povlaků nátěrových hmot metodami běžně používanými v oboru povrchových úprav.

SOUČASNÝ STAV

Chemické předúpravy jsou základním krokem vytvoření tzv. konverzních vrstev, zejména na ocelovém, hliníkovém a zinkovém podkladu. Díky předúpravám povrchu je možné dosáhnout zvýšení přilnavosti nátěrového systému a celkovou odolností proti korozi. Tradiční předúpravy povrchu před nanášením organických nátěrových hmot jsou nyní nahrazovány těmi šetrnějšími k životnímu prostředí. Významným zástupcem nových předúprav povrchu materiálu jsou zejména ty na bázi zirkonia a titanu, vylučované z roztoků s obsahem fluorozirkoničitanů, ale také povlaky z předhydrolyzovaných organosilikátů. Právě těmto předúpravám povrchu žárového zinku byla v práci věnována výzkumná činnost s ohledem na vytvoření optimálního technologického postupu pro vytvoření moderních předúprav a jejich ověření z pohledu fyzikálně – chemických vlastností.

Dle rešerše a rozborem současného stavu problematiky bylo cílem práce vytvořit optimální chemickou předúpravu žárově pozinkovaného materiálu s ohledem na maximální korozní odolnost a zvýšenou přilnavost organického povlaku. Pro zajištění dostatečné protikorozní odolnosti a přilnavosti následně aplikovaného organického povlaku je nutné zajistit dostatečnou předúpravu povrchu materiálu.

Současným trendem předúprav povrchu materiálu před aplikací dalších povlaků je především snaha o optimalizaci technologických parametrů lázní jednotlivých předúprav, které vedou k udržitelnosti celého provozu, snížení ekologické a ekonomické náročnosti procesu. Do současné problematiky bezesporu vstupuje tvorba jemnozrnných vrstev na bázi fluorozirkoničitanů a organosilikátů.

Cílem práce bylo též ověření těchto vrstev z pohledu protikorozní odolnosti a přilnavosti organického povlaku nátěrové hmoty. Zároveň bylo důležité vytvořit optimální technologický postup předúpravy povrchu, který bude splňovat náročné požadavky extrémních korozních prostředí.

METODY

Pro experimentální část ve spolupráci s projektovými partnery Centra kompetence – Centrum výzkumu povrchových úprav (č.p. TE0200011) byly vybrány vhodné předúpravy povrchu pro žárově pozinkovaný materiál a základní nátěrové systémy pro ověření přilnavosti a korozní odolnosti celého duplexního systému. Pro experimentální ověření stávajících a nových moderních předúprav byly vybrány produkty od výrobců SurTec ČR s.r.o., Atotech CZ a.s. a Pragochema spol. s r.o. Základní nátěrové systémy byly poskytnuty od společnosti Colorlak a.s. a Hempel CZ s.r.o. Experimentální část byla sestavena na základě publikovaných a prezentovaných výsledků dle citovaných zdrojů autora této práce [1A – 20A].

Výsledky experimentální části a stanovení optimálního technologického postupu žárově pozinkovaných materiálů byly rozděleny do následujících experimentů:

- Vyhodnocení experimentů a ověření přilnavosti vytvořených duplexních systémů. V kapitole práce je detailně popsán vliv chemických předúprav povrchu a jedné mechanické na přilnavost aplikovaných organických povlaků na epoxidové nebo polyuretanové bázi [3A, 4A, 5A, 7A, 8A, 10A, 12A, 13A, 14A, 15A, 16A, 17A, 18A, 19A],
- vliv chemických předúprav povrchu na přilnavost organických povlaků [13A, 14A, 15A, 16A, 17A, 18A, 19A],
- experimenty korozní odolnosti vytvořených duplexních systémů. Cílem bylo stanovení korozní odolnosti vytvořených duplexních systémů a zhodnocení tak protikorozní ochrany v agresivním korozním prostředí pomocí urychlených korozních zkoušek v solné mlze dle normy ČSN EN ISO 9227 a kondenzační komoře dle normy ČSN EN ISO 6270-1 [1A, 2A, 3A, 4A, 6A, 9A, 11A],
- popis navrženého technologického postupu chemické předúpravy povrchu zinku s ohledem na maximální přilnavost vybraných organických nátěrových systémů na epoxidové nebo polyuretanové bázi [20A].

Tabulka 1: Výsledky zkoušek přilnavosti – modifikace technologického postupu_ Coatosil MP200 – NS: S 2318

Modifikace postupu aplikace: Coatosil MP 200 - NS.: S 2318					
Vzorek č.	**Odtrh č.**	**Odtrhové napětí [MPa]**	**Charakteristika lomu**	**Křížový řez [ČSN EN ISO 16276-2]**	**Mřížka [ČSN EN ISO 2409]**
1	1	16,7	100% B	0	0
	2	17,5	100% B		
	3	18,3	100% B		
2	1	17,8	70% B, 30% B/Y	0	0
	2	18,2	75% B, 25% B/Y		
	3	16,4	100% B		
3	1	18,1	100% B	0	0
	2	18,4	100% B		
	3	17,9	95% B, 5% B/Y		
Ø Hodnota [MPa]		**17,7**			

Tabulka 2: Výsledné zhodnocení a porovnání zkoušek přilnavosti dle ČSN EN ISO 4624 – vybrané a zásadní výsledky pro chemickou předúpravu chromátováním, fosfátováním, báze Ti – Zr a organosilanů a kombinace NS

Použitá chemická/mechanický předúprava povrchu/chemický prostředek/nátěrový systém	Odtrhové napětí [MPa]
Lehké tryskání - NS.: Axapur (U2218)	**18,53**
Fosfátování: Pragofos 1920 - NS.: S2318	4,34
Fosfátování: Pragofos 1920 - NS.: H15570	5,10
Chromátování: Surtec 678 - NS: Axapur (U2218)	12,46
Chromátování: Novapass 201 - NS.: S2318 EPAX	13,90
Chromátování: Novapass 201 - NS.: H 15570	3,25
Chromátování: Interlox 5705 - NS.: Axapur (U2218)	15,63
Ti - Zr pasivace_Pragokor BP - NS.: Axapur (U2218)	7,37
Ti - Zr pasivace_SurTec 6096 - NS.: H 15570	8,36
Ti - Zr pasivace_SurTec 6096 - NS.: H 15553	7,36
Organosilany_Coatosil MP 200 - NS.: S 2318	15,92
Organosilany_Coatosil MP 200 - NS.: H 155570	5,18
Nově vytvořený technologický postup_ M.Coatosil MP 200 - NS.: S 2318	**17,70**
Nově vytvořený technologický postup_ M.Coatosil MP 200 - NS.: H 155570	7,45

NOVÝ TECHNOLOGICKÝ POSTUP PŘEDÚPRAVY POVRCHU Zn P.

V rámci disertační práce bylo ověřeno několik postupů chemických předúprav povrchu pozinkovaného materiálu. Po srovnání jednotlivých předúprav povrchu a ověření té nejúčinnější z pohledu přilnavosti organických povlaků byl modifikován technologický postup chemického prostředku Coatosil MP 200 na bázi organosilanů. Jedná se o nízkoteplotní aplikaci vrstvy na bázi organosilikátů, která splňuje současné ekologické a technologické požadavky v procesech povrchových úprav. Hlavním cílem bylo zvýšit přilnavost následně aplikované organické nátěrové hmoty a dílčím cílem bylo ověření korozní odolnosti celého duplexního systému [20A].

Tabulka 3: Technologický postup pasivace – modifikace organosilany

Název operace	Chemický prostředek	Koncentrace v lázni [%]	Teplota [°C]	Čas [min]
Alkalické odmaštění	Star 75 PN	5	60	3
2° oplach	Demi voda	-	místnosti	2
Oplach pasivační	Coatosil MP 200	15	22,5	5
2° oplach	Demi voda	-	místnosti	2

ZÁVĚR, DISKUZE A SPLNĚNÍ CÍLŮ

Disertační práce byla zaměřená na vytvoření optimálního technologického postupu pro chemickou předúpravu organosilany s ohledem na maximální korozní odolnost a přilnavost organických povlaků. Na základě podrobné literární rešerše byla provedena analýza současných metod a technologií používaných v oblasti předúprav povrchu pozinkovaných materiálů. Ostatní autoři v této oblasti dospěli k různým závěrům, zejména pokud jde o efektivitu různých předúprav povrchu na zlepšení přilnavosti a korozní odolnosti. Disertační práce přináší inovativní přístup k předúpravě povrchů zinkových materiálů. Experimentální část se zaměřila na srovnání stávajících metod a nových alternativ, přičemž byl vyvinut nový technologický postup s optimalizací pro nízkoteplotní aplikace. Výsledky experimentů ukazují, že modifikovaný technologický postup využívající organosilany dosahuje vynikajících výsledků, které v některých případech překonávají tradiční metody.

V experimentální části byly ověřeny všechny dosavadní a nové chemické předúpravy pozinkované oceli. Dále bylo provedeno kompletní porovnání stávajících a alternativních metod předúprav povrchu pozinkované oceli s cílem vytvoření nového technologického postupu, tedy optimalizovanými parametry pro nízkoteplotní aplikace předúpravy povrchu pozinkovaných materiálů s ohledem na energetické úspory, technologickou jednoduchost a náročnost na ochranu životního prostředí. Nově navržený technologický postup chemické předúpravy pozinkovaných povrchů souvisel s optimalizací technologických parametrů (koncentrace a čas) lázně chemické pasivace povrchu, která vede k udržitelnosti celého provozu, snížení ekologické a ekonomické náročnosti celého procesu předúpravy povrchu. Navržený technologický postup chemické předúpravy povrchu vedl ke zvýšení přilnavosti základních epoxidových nátěrových systémů a zvýšení korozní odolnosti celého duplexního systému.

Současné výsledky výzkumu, vývoje a praktického ověření v disertační práci jsou aplikovatelné nejen v provozech povrchových úprav a chemických předúprav povrchu s následnou aplikací organických povlaků, ale také pro pokračování výzkumu a vývoje v této oblasti.

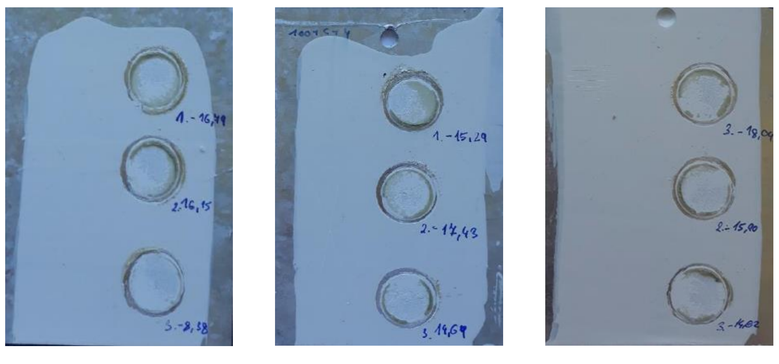
Nově vytvořený a ověřený technologický postup předúpravy pozinkovaných součástí byl aplikován jako ověřená technologie ve společnosti ACO Industries k.s. Pomocí této chemické předúpravy na bázi organosilanů s modifikovaným technologickým postupem se dosáhlo zvýšení přilnavosti organických povlaků.

Byl vytvořen nový technologický postup pro chemickou předúpravu povrchu pozinkovaných materiálů s ohledem na maximalizaci přilnavosti následně aplikovaných nátěrových systému a protikorozní odolnosti celého duplexního systému. Přilnavost vytvořených systémů byla hodnocena dle norem ČSN EN ISO 4624, ČSN EN ISO 2409 a ČSN EN ISO 16276-52. Zvýšení přilnavosti nastalo při optimalizaci technologického postupu chemické předúpravy na bázi silanového oligomeru s epoxidovou funkční skupinou, tedy při změně parametrů procesní lázně pasivace. Bylo dosaženo zvýšené přilnavosti základních epoxidových nátěrových systémů, a to až 18 MPa při optimálním charakteru lomu, kdy docházelo pouze ke koheznímu lomu v povlaku (B) a nedošlo k adheznímu lomu (A) mezi podkladovým materiálem a povlakem. Výsledek přilnavosti předčil běžně používané metody chemické předúpravy povrchu. Při modifikaci technologického postupu chemické předúpravy na bázi organosilanů bylo také dosaženo zvýšení korozní odolnosti celého duplexního systému s ohledem na přilnavost nátěrové hmoty. Optimální technologický postup chemické předúpravy zinku byl stanoven na základě rozsáhlého porovnání stávajících a nových alternativních metod předúprav [1A – 20A]. Optimalizace technologického postupu vedla ke zvýšení koncentrace chemického prostředku v lázni z 10 na 15 %, došlo však ke zkrácení technologického času tvorby pasivační vrstvy z 10 min. na 5 min. V případě teploty nedošlo ke změně v průběhu procesu, protože se jedná o nízkoteplotní aplikaci při dílenských teplotách. Modifikace lázně vedla ke zvýšení přilnavosti organického povlaku. Výsledky přilnavosti aplikace organosilanů překonaly přilnavosti v porovnání s běžnými chemickými předúpravami fosfátování, chromátování, Ti – Zr. Dosažené výsledky disertační práce nacházejí uplatnění pro další výzkum a vývoj v oblasti nových povrchových úprav. Pro praxi a provozy chemických předúprav povrchů jsou výsledky okamžitě uplatnitelné.

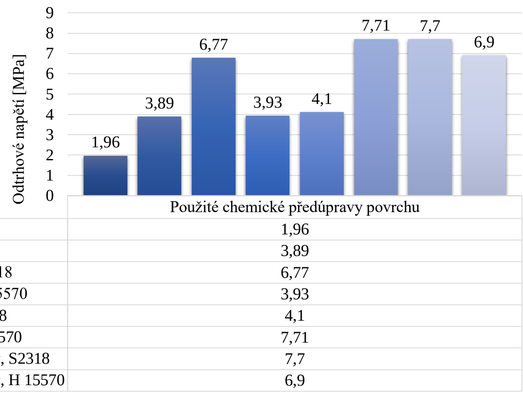
V rámci ověření dosavadních a alternativních chemických předúprav zinkových povrchů bylo vytvořeno a testováno 8 předúprav povrchu zinkového materiálu. 7 chemických a 1 mechanická předúprava povrchu. Pro ověření vlivu chemické a mechanické předúpravy na přilnavost organických povlaků byly vytvořeny tyto předúpravy: fosfátování, chromátování, báze Ti-Zr, báze organosilany a modifikace technologického postupu chemické předúpravy organosilany a mechanická předúprava lehkým tryskáním.

V kapitolách výsledků byl popsán kompletní postup pro tvorbu pasivačních vrstev na zinkových površích, včetně aplikace vybraných nátěrových systémů a výsledků přilnavosti. Výsledky ukazují na zvýšenou přilnavost organických povlaků při použití chemické předúpravy pomocí organosilanů, zejména při modifikaci technologického postupu pro jejich vytvoření na zinkovém povrchu. Výsledky přilnavosti jednotlivých vytvořených systémů. Výsledky ověření dosavadních a nových chemických předúprav žárově pozinkovaných povrchů z pohledu přilnavosti organických povlaků byly publikovány a jsou uvedeny ve zdrojích autora této práce. [5A, 7A, 8A, 10A, 12A, 13A, 14A, 15A, 16A, 17A, 18A, 19A, 20A]. V rámci experimentů byla ověřena i korozní odolnost vytvořených duplexních systémů, včetně nově vytvořeného technologického postupu na bázi silanového oligomeru s epoxidovou funkční skupinou, tedy vytvořeného systému po změně parametrů procesní lázně pasivace. Pro stanovení a vyhodnocení korozní odolnosti vytvořených duplexních systémů byly použity urychlené korozní zkoušky solnou mlhou dle normy ČSN EN ISO 9227 a kondenzační komorou dle normy ČSN EN ISO 6270-1. Stanovení jednotlivých defektů a degradace nátěrových systémů bylo hodnoceno dle norem: ČSN EN ISO 4628-2 (673071):2016, ČSN EN ISO 4628-8 (673071):2013, ČSN EN ISO 17872 (673101):2020, ČSN EN ISO 4628-3 (673071):2016. Závěrem k dílčímu cíli lze říci, že chemická předúprava pomocí organosilanů (modifikovaný technologický postup) pomohla ke zvýšení korozní odolnosti celého duplexního systému

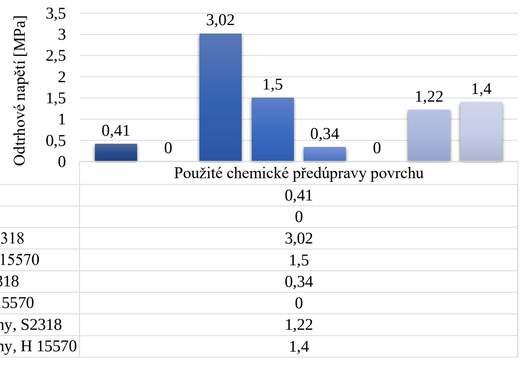
Obrázek 1: Vlevo a uprostřed: výsledky odtrhových zkoušek,chemický prostředek Coatosil MP200, dosaženo odtrhových napětí až 17 MPa, kohezní lom v nátěru (100%B), NS S 2318, vpravo: Modifikované parametry lázně – výsledky odtrhových zkoušek s odtrhovým napětím nad 18 MPa, kohezní lom v NS



Graf 1: Výsledné odtrhového napětí [MPa] po expozici v kondenzační komoře- expozice 360 hodin



Graf 2: Výsledné odtrhového napětí [MPa] po expozici v solné mlze - expozice 1000 hodin



PUBLIKACE AUTORA SOUVISEJÍCÍ S DISERTAČNÍ PRACÍ

[1A]	SVOBODA, J. et al. Low-temperature chemical pre-treatment of the surface and their corrosion resistance with regard to energy and environmental requirements. In:Technological Forum 2022.13th Internationaltechnical conference Technological Forum 2022, Hotel Hluboký Dvůr, Hlubočky, 2022-06-30/2022-07-02.Jaroměř: Ing. Jan Kudláček, 2022. s. 227-233. ISBN 978-80-87583-36-4.
[2A]	SVOBODA, J., J. KUDLÁČEK a V. KREIBICH. Bezchromátové pasivace povrchu žárově pozinkovaných součástí. In: Transfer 2019. Skanzen Modrá, Velehrad, 2019-05-27/2019-05-28. Praha: VZLÚ - TURBOMOTOR s.r.o., 2019. s. 20-24. ISSN 1801-9315.
[3A]	SVOBODA, J., J. KUDLÁČEK a V. KREIBICH. Zvýšení přilnavosti a korozní odolnosti organických povlaků pomocí bezchromátových pasivací povrchu žárově pozinkovaných součástí. In: Sborník přednášek 25. konference žárového zinkování. 25. konference žárového zinkování, Clarion Congress Hotel České Budějovice, 2019-10-02/2019-10-04. Havlíčkův Brod: Asociace českých a slovenských zinkoven, 2019.s. 48-58. ISBN 978-80-905298-8-5.
[4A]	SVOBODA, J., J. KUDLÁČEK a V. KREIBICH. Chemické předúpravy povrchu žárově pozinkovaných součástí a jejich vliv na přilnavost a korozní odolnost organických povlaků. In: Technologie čištění a předúpravy povrchu. Zámek Čejkovice, 2019-04-03/2019-04-04. Jaroměř: Ing. Jan Kudláček, 2019. s. 70-77.ISBN 978-80-87583-29-6.
[5A]	SVOBODA, J. a V. KREIBICH. Konverzní vrstvy a jejich detekce na povrchu základního materiálu. Občasník Povrcháři. 2019, 2019 6-7. ISSN 1802-9833.
[6A]	SVOBODA, J. et al. Corrosion Resistance of Alternative Chemical Pre-treatments of Hot-Dip Galvanized Zinc Surface. In: Lecture Notes in Mechanical Engineering. Manufacturing 2019 - International Scientific-Technical Conference, Poznaň, 2019-05-19/2019-05-22. Basel: Springer Nature Switzerland AG, 2019.s. 572-581. ISSN 2195-4356. ISBN 978-3-030-16943-5. DOI 10.1007/978-3-030-16943-5_49.
[7A]	SVOBODA, J. et al. New chrome – free passivations of hot – dip galvanized surface. In: TECHNOLOGICAL FORUM 2019. Veselý Kopec, 2019-06-18/2019-06-20. Jaroměř: Ing. Jan Kudláček, 2019. s. 160-164.ISBN 978-80-87583-30-2.
[8A]	SVOBODA, J. a J. KUDLÁČEK. Suitable pre-treatment of hot-dip zinc to increase the adhesion of organic coatings. Manufacturing Technology: Journal for Science, Research and Production. 2018, 2018(1), 135-139. ISSN 1213-2489. DOI 10.21062/ujep/66.2018/a/1213-2489/MT/18/1/135.
[9A]	SVOBODA, J., J. KUDLÁČEK a V. KREIBICH. Korozní odolnost nátěrových systémů v kombinaci smoderními chemickými předúpravami. Občasník Povrcháři. 2018, 2018(7), 15-18. ISSN 1802-9833.
[10A]	SVOBODA, J. et al. Pre-treatment of hot-dip galvanized material using Ti-Zr technology and organosilanes.In: IN-TECH 2018 International Conference on Innovative Technologies, Zagreb, Proceedings. IN-TECH2018, Zagreb, 2018-09-05/2018-09-07. Rijeka: Faculty of Engineering University of Rijeka, 2018.s. 209-212. ISSN 0184-9069.
[11A]	SVOBODA, J. et al. Korozní odolnost moderních chemických předúprav povrchu. In: Sborník XI.Konference pigmenty a pojiva. XI. Konference pigmenty a pojiva, Kongres hotel JEZERKA, Seč, 2018-11-05/2018-11-06. Pardubice: CHEMAGAZÍN s. r. o, 2018. s. 105-112. ISBN 978-80-906269-3-5.
[12A]	SVOBODA, J. et al. Testing conversion coatings and detecting of their presence on the base material. In:KUDLÁČEK, J. et al., eds. Technological forum 2018 Book of Proceeding. Technologické fórum 2018,Váňův statek - Dubovice, 2018-06-26/2018-06-28. Jaroměř: Ing. Jan Kudláček, 2018. s. 185-188. ISBN 978-80-87583-26-5.
[13A]	SVOBODA, J. et al. The use of organosilanes for the pre-treatment of the surface of hot galvanized materials.In: KUDLÁČEK, J. et al., eds. Technological forum 2018 Book of Proceeding. Technologické fórum 2018,Váňův statek - Dubovice, 2018-06-26/2018-06-28. Jaroměř: Ing. Jan Kudláček, 2018. s. 181-184. ISBN 978-80-87583-26-5.
[14A]	SVOBODA, J. et al. Comparison of chemical and mechanical pre-treatments and their influence on theadhesion of organic coatings. In: International Conference on Innovative Technologies 2017. International Conference on Innovative Technologies, IN-TECH 2017, Ljubljana, 2017-09-11/2017-09-13. Rijeka: Facultyof Engineering University of Rijeka, 2017. s. 251-254. ISSN 0184-9069.
[15A]	SVOBODA, J. et al. Alternative Methods of Chemical Pre-Treatment on Hot-Dip Galvanization Surface for Adhesion Organic Coatings. In: Advances in Manufacturing. MANUFACTURING 2017, Poznaň, 2017-10-24/2017-10-26. Cham: Springer International Publishing, 2018. s. 687-695. ISSN 2195-4356. ISBN 978-3-319-68618-9. DOI 10.1007/978-3-319-68619-6_66.
[16A]	SVOBODA, J. et al. Comparison of chemical and mechanical pretreatments and their influence on the adhesion of organic coatings. In: KUDLÁČEK, J. et al., eds. Technological forum 2017 Book of proceedings.Technological forum 2017, Špindlerův mlýn, 2017-06-27/2017-06-29. Jaroměř: Kudláček Jan, Ing., 2017.s. 198-203. ISBN 978-80-87583-22-7.
[17A]	SVOBODA, J. et al. Mechanické předúpravy zinkových povrchů a porovnání nátěrových hmot pro duplexní systém. In: Sborník X. KONFERENCE PIGMENTY A POJIVA. X. KONFERENCE PIGMENTY A POJIVA,Seč-Pardubice, 2017-11-06/2017-11-07. Pardubice: CHEMAGAZÍN s. r. o, 2017. s. 144-148. ISBN 978-80-906269-2-8.
[18A]	SVOBODA, J., J. KUDLÁČEK a V. KREIBICH. Způsoby chemické předúpravy povrchů a povlaků žárového zinku pro přilnavost nátěrových systémů. Občasník Povrcháři. 2016,(6), 5-8. ISSN 1802-9833.
[19A]	SVOBODA, J., J. KUDLÁČEK a V. KUKLÍK. Proposal method of chemical pre-treatment on hot-dipgalvanization surface for adhesion organic coatings. In: ZLATAN, C. a J. KUDLÁČEK, eds. IN-TECH 2016- International Conference on Innovative Technologies. International Conference on Innovative Technologies,Praha, 2016-09-06/2016-09-08. Rijeka: Faculty of Engineering University of Rijeka, 2016. s. 327-330.ISSN 1849-0662.
[20A]	SVOBODA, J., KREIBICH V. a KUDLÁČEK J. Optimalizace parametrů procesu chemické předúpravy povrchu pozinkovaných součástí pro zvýšení přilnavosti organických povlaků. 19. Mezinárodní odborný seminář "Progresivní a netradiční technologie povrchových úprav", Brno, 2023-11-29/2021-11-30. Jaroměř: Ing. Jan Kudláček, 2023. s. 122-128. ISBN 978-80-87583-42-5.