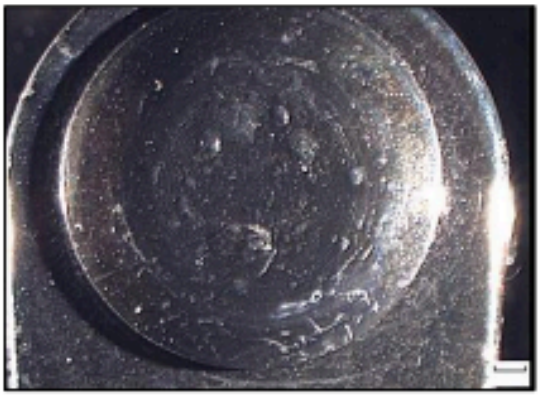
Vliv výrobního procesu strojírenských součástí na kvalitu povrchových úprav.

Ing. Xenie Ševčíková, Ph.D., prof. Ing. Jiří Hrubý, CSc, VŠB – TUO, Ostrava,
Katedra mechanické technologie

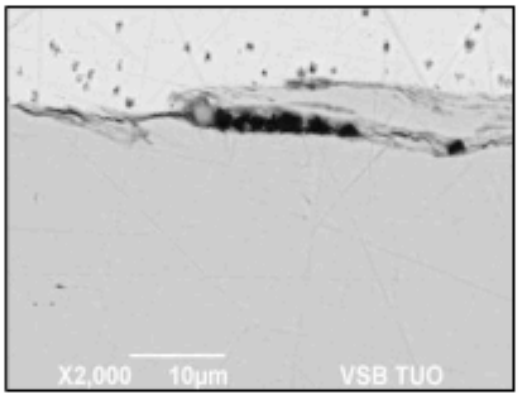
Výrobní proces strojírenských součástí, kvalita vstupního materiálů a provedení jednotlivých výrobních operací ovlivňují kvalitu povrchu součástí, které budou následně povrchově upraveny. Příspěvek dokumentuje převážně vady katodicky vyloučených povlaků vyskytující se ve strojírenské výrobě na případech jednotlivých součástí. Předkládá stručnou metalografickou dokumentací, povrchů spektra některých výrobních oblastí, jako obrábění, tváření, nýtování, lisování, a tažení drátů mající vliv na výsledný povrch součástí a jejich vzájemnou provázanost vedoucí ke snížení funkční a dekorativní kvality povrchových úprav. Dokládá, že vady povrchové úpravy mohou být pouze signifikátorem řady nedostatků předchozích úkonů, nikoli nekvalitním výstupem procesu povrchových úprav.

Nýtování: Předmětem identifikace příčin vzniku defektů galvanického Zn povlaku na orbitálně tvářené ploše čepu nájezdu bočních dveří označovaného jako nájezd. Na ploše čepu tvářené nýtováním během výroby nájezdu se v nepravidelných intervalech vyskytly degradační vady galvanicky vyloučeného Zn povlaku ve formě puchýřů, jež narušují dekorativní vzhled, celistvost a rovnoměrnost Zn povlaku nájezdu a jsou místem iniciace ztráty přilnavosti a koroze.

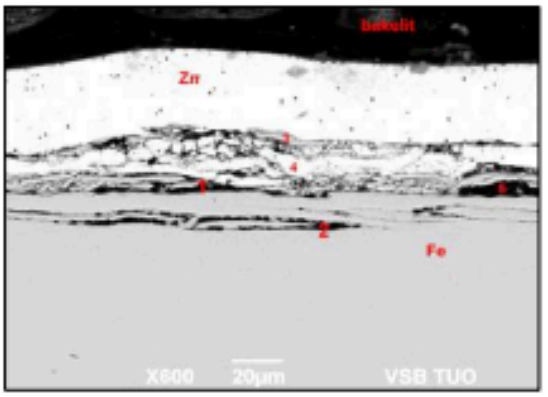
Obr. 1 Vzorek v dodaném stavu



Obr. 2 Puchýře a ztráta přilnavosti povlaku



Obr. 3 Rozhraní základní materiál - povlak v oblasti středícího důlku (SEM)



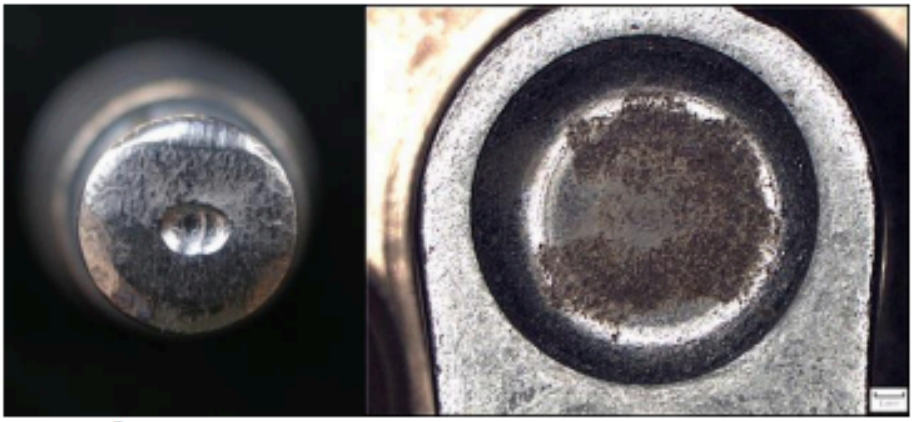
Obr. 4 Oblasti rozhraní základní materiál - povlak v místě středícího důlku (SEM)

Charakter nečistot na rozhraní povlak a základní materiál, identifikovala chemická analýza (EDS), jako zbytkový produkt kalícího oleje a okují.

Mechanicky zapracované nečistoty během orbitálního charakteru nýtování do základního materiálu znemožňují kvalitní provedení předúprav povrchu. Samotný proces nýtování pak způsobuje nerovnoměrné přetváření povrchu čepu v místě středícího důlku, dochází ke vzniku

přeložek a v konečném důsledku překročení kritické hodnoty plasticity, která vede k únavovému porušení celistvosti základu obr. 4.

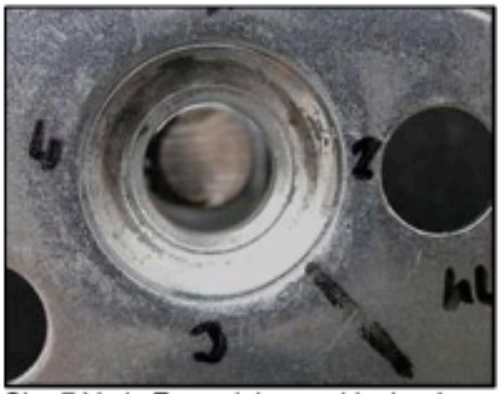
Tendence prodloužení doby moření aktivuje difuzi vodíku do základního materiálu, během předúprav procesu povrchových úprav, vede k vodíkové křehkosti, výskytu vodíkových trhlin a ztrátě přilnavosti obr. 3. Možnou operací mající vliv na aktivaci vad Zn povlaku na tvářené ploše čepu je také operace odmašťování dodaných čepů. Zbytky nečistot, které mohou zůstat po odmašťování čepů na jejich povrchu, jsou při kalení na čepu zapečeny. Následujícím omíláním nemusí rovněž dojít k jejich odstranění ze středícího důlku. Při roznýtování důlku během montáže nájezdu jsou tyto nečistoty zapracovány do tvářené plochy čepu.



Obr. 5 Vlevo: Čelo čepu – středící důlek, vpravo: nýtovaný povrch, přeložky, Fe koroze

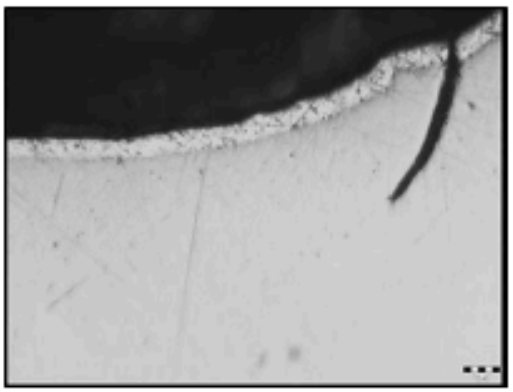
Zahlubování: Vizuální vady povrchové úpravy, Zn povlaku, obdobně konstruovaného dílce, prohlubeň pro uložení hlavy čepu. V místě zahloubení, elektrolyticky zinkované, pasivované a utěsněné oblasti dochází ke snížení kvality Zn vrstvy, jak vizuálního charakteru, tak také provozní a korozně ochranné funkce. Vyznačené oblasti, obr. 6 – obr. 7 stanovují místo odběru vzorku, pro potřeby metalografického šetření metodou kolmého řezu.

Obr. 6 Deska nájezdu – vada Zn povlaku

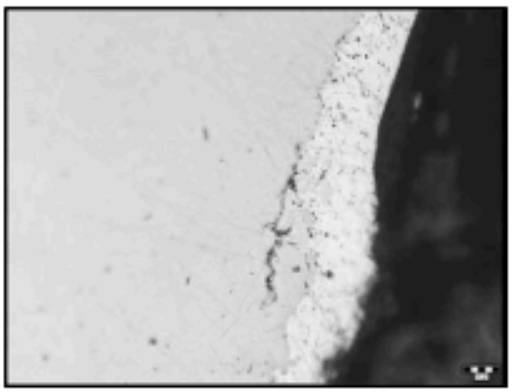


Obr. 7 Vada Zn povlaku v zahloubení

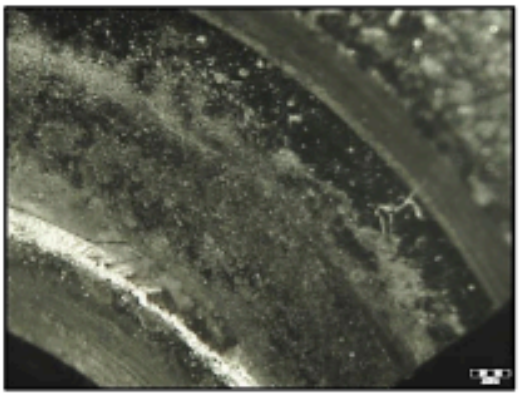
Součásti byly dokumentovány ve stavu dodaném a po povrchové úpravě. Makroskopická dokumentace byla provedena digitálním fotoaparátem OLYMPUS Camedia C 7070. Mechanické poškození povrchu, ztráta lesku a zobrazivosti, defekty v oblasti prohlubně pro uložení hlavy čepu, absence viditelných korozních produktů ve formě zinkové koroze potvrzují krátkodobou provozní exponovanost dílce. Oblasti zahloubení: Projevy degradace povlaku vedly ke snížení korozní odolnosti a funkčnosti dílce, která se projevila zvýšenou provozní hlučností. Makroskopické hodnocení prokázalo mechanické poškození, výskyt přeložek a přetvářených vrstev v oblasti zahlubování, které následně znesnadňují adekvátní odstranění procesních nečistot v rámci předúprav obr. 10 – obr.11. Tento nežádoucí jev může být důsledkem opotřebení, případně poškození nástroje, nepatrnou excentricitou nástroje, ale také mikrostrukturní heterogenitou (řádkovitostí) základního materiálu.



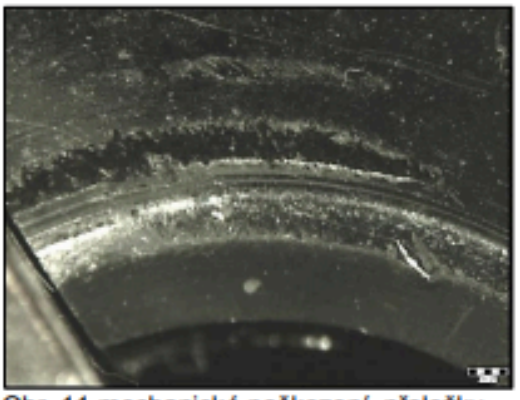
Obr. 8 Trhlina v oblasti anomálie povlaku 4



Obr. 9 Vodíkové trhliny v oblasti 4



Obr. 10 Oblast zahloubení bez povrchové úpravy



Obr. 11 mechanické poškození, přeložky

Předpoklad nedostatečného odmaštění byl následně potvrzen chemickou analýzou, SEM – JEOL – 6490LV, EDS INCA x - act, kde vysoké procento uhlíku a zbytkových nečistot pod povrchem Zn povlaku podporuje předpoklad nedostatečného odmaštění dílce před samotnou povrchovou úpravou. Světelná mikroskopie, OLYMPUS GX51, umožnila dokumentaci vad základního materiálu obr. 8 – obr. 9, (navodíkování, trhliny), ale také nerovnoměrné vyloučení (podkročení) tloušťky Zn povlaku. Součinnost všech výše uvedených faktorů se stává nositelem selhání funkce povrchové úpravy.

Výkovek: Nežádoucí změna vzhledu, porezita, vrásy, koroze. Výkovek dodaný bez povrchových úprav obr. 12, vykazoval rozsáhlé napadení červenou Fe korozí, jinak byl povrch tmavý, zokujený. Výkovek po moření a fosfátování obr. 13 měl povrch světlejší, sametově šedý, se stopami pasivace mýdlem. Povrchová úprava výkovku byla místně poškozená otěrem. Struktury základu obou šetřených vzorků odpovídají udanému chemickému složení oceli s vyšším obsahem uhlíku a 85 % obsahem perlitu.

Tab. 1 Směrné chemické složení materiálu výkovku [%]

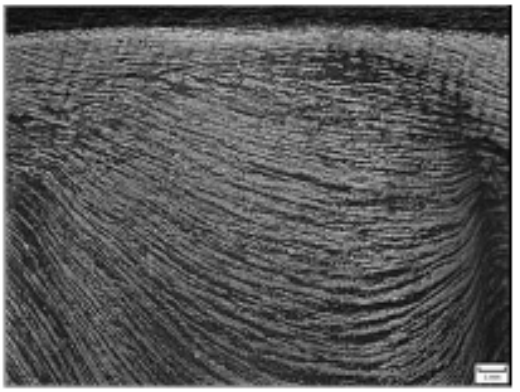
C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr
0,50 až 0,56	0,15 až 0,35	0,60 až 0,90	0,030	0,035	0,30	0,20	0,20

Dokumentovaný vzhled povrchu výkovků vypovídá o prováděném termomechanickém zpracování obr. 16. Totálně zpracovaná povrchová vrstva zasahuje do hloubky (Ø 261,0µm - Ø 278,3µm). Vyskytující se struktury tvořily globule cementitu a bodové karbidy Fe.

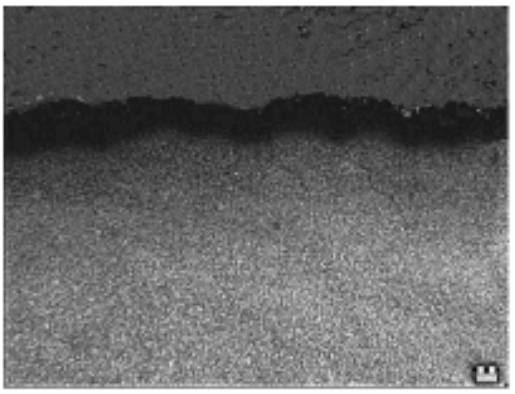
Obr. 12 Výkovek v dodaném stavu

Obr. 13 Výkovek po moření a fosfátování

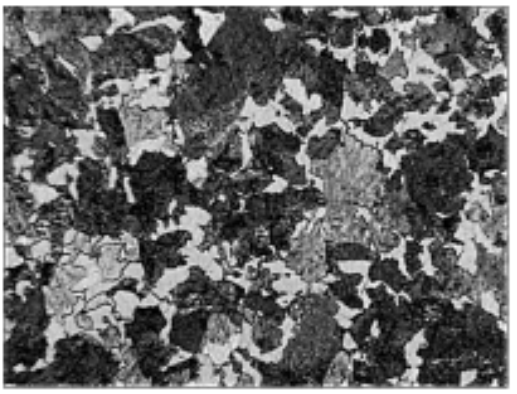
Obr. 14 Vnitřní část výkovku po moření



Obr. 15 Detail vnitřní části povrchu



Obr. 16 Zpevnění povrchu (M 20:1)



Obr. 17 Základ bez zpevnění (M 500:1)

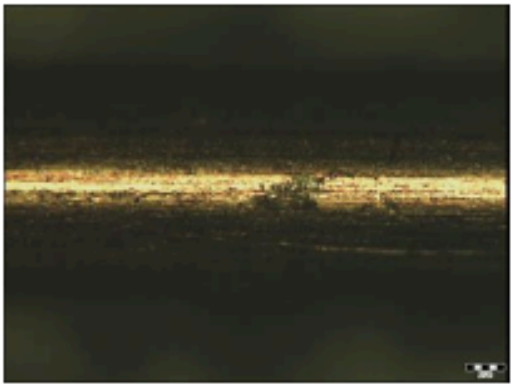
Rozdílné strukturní stavy oblasti zpevnění a základu obr. 16 – obr. 17 dokládají výsledky měření mikrotvrdosti HV 0,1. Naměřené hodnoty tvrdosti u povrchu byly v rozsahu (274 – 293 HV0,1). Tvrdost základního materiálu v rozsahu (226 - 242 HV0,1).

Materiál použitý pro hluboké tváření dodaných vzorků se z hlediska strukturních charakteristik jeví jako nevhodný. Vysoké množství perlitu ve struktuře obr. 17 způsobí snížení plasticity materiálu a zhoršenou tvařitelnost materiálu. Vysoký obsah perlitu má rovněž vliv na snížení schopnosti tečení šetřeného materiálu a přímo ovlivňuje průběh tvrdosti. Použitá ocel svým chemickým složením a tvrdostí odpovídá ocelím houževnatým. Viditelné zvrásnění součástí je důsledkem nedodržení předepsaných tvářecích teplot a tepelných režimů při termomechanickém zpracování. Tímto může dojít k maximálnímu vyčerpání plasticity a k viditelnému zvrásnění povrchu součásti. Jedná se o vadu způsobenou tvářením, uvedenou v ČSN 42 0015 – Vady tvářených ocelových výrobků – č. vady 2.04.

Norma uvádí jako způsob zjišťování vady zrakem, po odstranění okují. Vrásy ve vnitřní části vystoupí na povrch během mořicího procesu. Toto je, ale materiálová záležitost systému dostatečný ohřev – čistota tvářecích nástrojů – předepsané tvářecí teploty. Změny vzhledu na nejmenším průměru dříku (porezita) jsou způsobeny nedotečením materiálu při tváření a nedostatečným

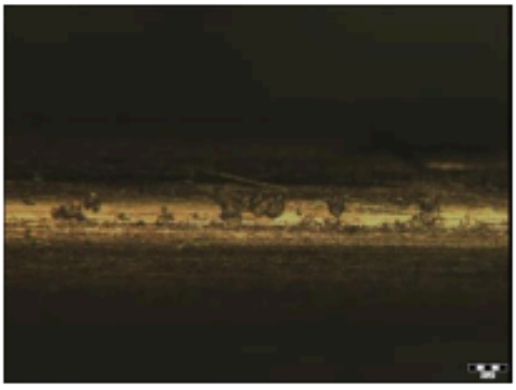
pěchováním, což je podloženo sníženou tvrdostí dílce. Nedostatečně přetvářený materiál inklinuje více ke vzniku koroze povrchu. Tato koroze se aktivuje odstraněním povrchové oxidické vrstvy (okuje) mořicím procesem.

Tažení Cu drátu: Základní materiál drátu Cu, Cr (0,2 – 0,4)%, Nb (0,05 – 0,1)% je ovlivněn rozdíly deformací na povrchu a uvnitř materiálu ve smyslu utváření tahových a tlakových napětí rozdílného charakteru u povrchu a jádra polotovaru. Kontinuální charakter procesu tažení, vliv čistoty vstupního materiálu, jeho heterogenita, úroveň znečištění povrchu a vnesení nečistot do mazacího média mají vliv na kvalitu čistoty povrchu drátu.

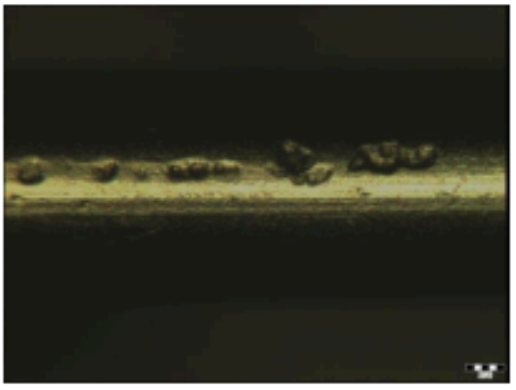


Obr. 18 Degradace povrchu Cu drátu

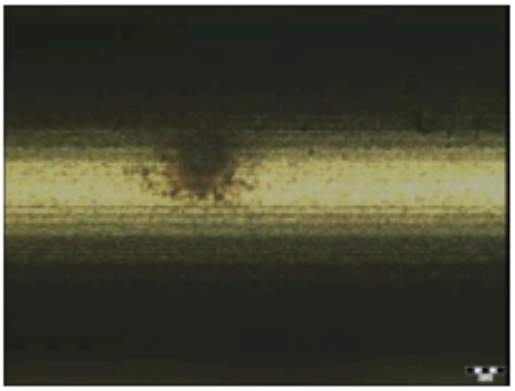
Obr. 19 Přetvářené nečistoty povrchu Cu



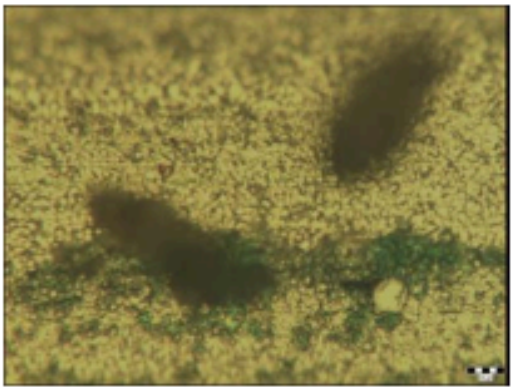
Obr. 20 Důlky na povrchu, tažení mikropórů



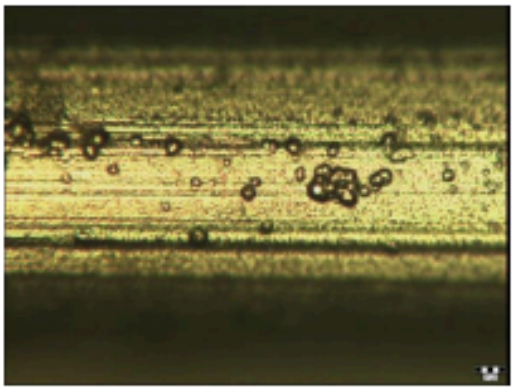
Obr. 21 Povlak Fe, Ni, kopíruje reliéf vad



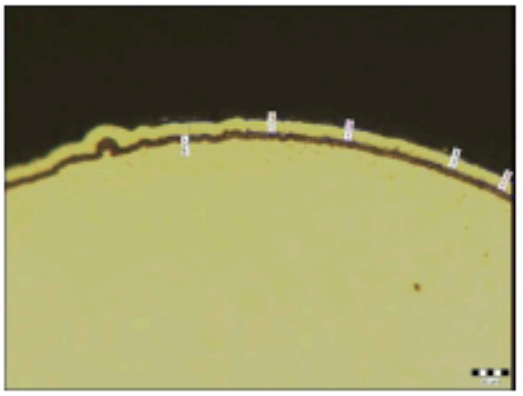
Obr. 22 Vady povlaku, trhliny, sorbce procesních chemikálií na povrch povlaku



Obr. 23 Elektrolyty na povrchu povlaku šířící se z mikropórů a trhlin povlaku



Obr. 24 Nárůstky Cu jako důsledek tváření



Obr. 25 Povlakované nárůstky Cu, kolmý řez

Nerovnoměrnost charakteru tření mezi průvlakem a polotovarem, chemické složení maziva, čistota mazacího filmu ulpívajícího na povrchu drátu, technická úroveň vybavení (průvlaku), jsou jevy přispívající k cyklicitě zatěžování povrchu a proměnlivému charakteru napětí. Požadavek na kvalitu povlaku, převážně na rovnoměrné vylučování, přilnavost Fe a Ni vrstvy po celém obvodu a délce drátu je podmíněn vyloučením mazacích médií na bázi silikonové a nonomolekulární. Tato média nelze v předúpravách řádně odstranit.

Vyloučený tenkovrstvý povlak kopíruje povrchové vady rýhy, plošné mechanické poškození drátu, vměstky, póry, mikropóry, trhliny a jiné povrchové vady. Tyto povrchové vady včetně trhlin, pórů a mikropórů mají tendenci k uzavírání provozních chemikálií a povrchových nečistot a tím snižují fyzikálně mechanické vlastnosti povlaků. Galvanické povlakování se také potýká s problémem nevodivých částic způsobujících nerovnoměrné vylučování povlaků, výskytem nepokovených míst, sníženou korozní odolnosti a přilnavostí povlaků. V neposlední řadě také s difuzí procesních chemikálií vlivem značných sorpčních sil působících v pórech, oblastech neuzavřených přeložek a hlubokých rýhách.

Závěr: Výskyt vad a anomálií povrchových úprav nemusí nutně znamenat chybu v technologii povrchové úpravy samotné.

Literura

[1] MAX A.M. Iron Plating, Metal Finishing Guidebook and Directory, Vol. 77, No. 13, 1979, 255 p.
[2] DETTNER W., ELZE J. Handbuch der Galvnotechnik,, Band II, Carl Hanser Verlag, Munchen 1972, 444 s.
[3]SAFRANEK, W. *The properties of electrodeposited metals and alloys. 2nd ed.* Orlando : ., 1986. ISBN 0-936569-00-X.
[4]LOWENHEIM, F. *Modern electro-plating. 3rd ed.* New York : ., 1974. str. 789. ISBN 0-471-54968-1.
[5]Obr, L. Vstup do technologie povrchových úprav. In: *Protikorozní ochrana a její provázanost v průmyslu*, listopad 2012, Jihlava. ISBN 978-80-903709-7-5.
[6]ČSN EN 1403. *Ochrana kovů proti korozi – Elektrolyticky vyloučené povlaky – Metoda specifikace všeobecných požadavků.* Praha: Český normalizační institut, 1999.