

NIEKTORÉ ASPEKTY SKÚŠANIA V OBLASTI OBRÁBANIA, TVÁRNENIA A NANÁŠANIA POVLAKOV

THE TESTING ISSUES ASPECTS IN MACHINING, FORMING AND SURFACE TREATMENT PROCESSES

Štefan SVETSKÝ, Mária LUBINOVÁ, Peter KLEINEDLER, Maroš SOLDÁN

Autori: **Ing. Štefan Svetský¹, Ing. Mária Lubinová¹, Ing. Peter Kleinedler¹,
Doc. Ing. Maroš Soldán, PhD.²**

Pracovisko: **¹Detašované pracovisko MTF STU Dubnica nad Váhom,
²Ústav environmentálneho a bezpečnostného inžinierstva
Materiálovotechnologická fakulta STU,**

Adresa: **Paulínska 16, 917 24 Trnava, Slovenská republika**

Tel.: **+421335511032**

E-mail: **stefan.svetsky@stuba.sk, maria.lubinova@stuba.sk,
peter.kleinedler@stuba.sk, maros.soldan@stuba.sk**

Abstract

Skúšanie ako generická činnosť výskumu a vývoja je v súčasnosti dôležitým nástrojom na hodnotenie úrovne kvality materiálov, technológií a výrobkov v priemyselnej praxi. V príspevku sa popisujú niektoré aplikácie skúšania z riešenia ekologizácie obrábania (rezné kvapaliny), tvárnenia (fosfátovanie) a povrchovej techniky (tenké povlaky a vrstvy).

Testing as a generic R&D activity is very important tool for evaluation of materials, technologies and products quality level. In the paper some industrial testing applications from machining process environmental optimization (cutting fluids), forming (phosphating) and surface treatment (thin layers and coatings) are described.

Key words

skúšanie, rezné kvapaliny, povlaky, povrchové vrstvy

testing, cutting fluids, coatings, surface, layers

Úvod

V strojárskom a automobilovom priemysle, resp. v high-tech výrobách zohráva v súčasnom konkurenčnom prostredí významnú úlohu zabezpečovanie a trvalé udržiavanie kvality. Meranie a skúšanie tu plní funkciu základného nástroja na zisťovanie a hodnotenie

úrovne kvality materiálov, technológií a výrobkov. Umožňuje získať objektívny obraz o *kompatibilite úžitkových vlastností* výrobkov, ich technických povrchov (napr. vrstiev a povlakov) a *stabilite* technologických procesov, na základe čoho je potom možné *kvalifikovane rozhodovať* a robiť *operatívne zásahy* v priebehu ich celého *životného cyklu*. Skúšanie *integrované do všetkých fáz životného cyklu*, tzv. *LCIT* (Life Cycle Integrated Testing [1,2]) teda znamená systematické skúšanie počnúc etapou výskumu, navrhovania, vývoja, výroby, prepravy, užívania až po konečnú fázu, kedy sa výrobky stávajú odpadom. V reálnej praxi si to vyžaduje *štruktúrovanie skúšobníctva*, t.j. rozdelenie do logických blokov podľa toho, či cieľom je *zisťovanie zhody* s predpísanou úrovňou kvality, *porovnávanie* úžitkových vlastností a súvisiacich *parametrov* procesov a technických systémov, alebo *rozvoj metodík* v rámci skúšobníctva ako podpornej generickej vedecko-technickej činnosti (služby). Z pozície skúšobných laboratórií, ktoré sa skúšaním zaoberajú profesionálne, možno kategórie skúšania štruktúrovať napr. podľa *aplikácie skúšania*, *predmetu riešenia*, *odbornej oblasti*, *účelu skúšania* a *fáze životného cyklu*, v ktorom sa skúša [1]. Z hľadiska trvalo udržateľného rozvoja technológií a zabezpečenia konkurencieschopnosti sa ako prioritné kategórie skúšobníctva javia predovšetkým:

- a) "*high-tech*" *skúšobníctvo*" (pre high tech výrobu, výskum a vývoj, riešenie expertíz, ...),
- b) *porovnávacie skúšobníctvo* (náhrady materiálov, environmentálna inovácia technológie, ..),
- c) *monitorovanie výrobných procesov* (vstupná, výrobná, výstupná kontrola, ...),
- d) *medzinárodné siete a medzilaboratórne skúšky* (trvalá udržateľnosť skúšobníctva, ...).

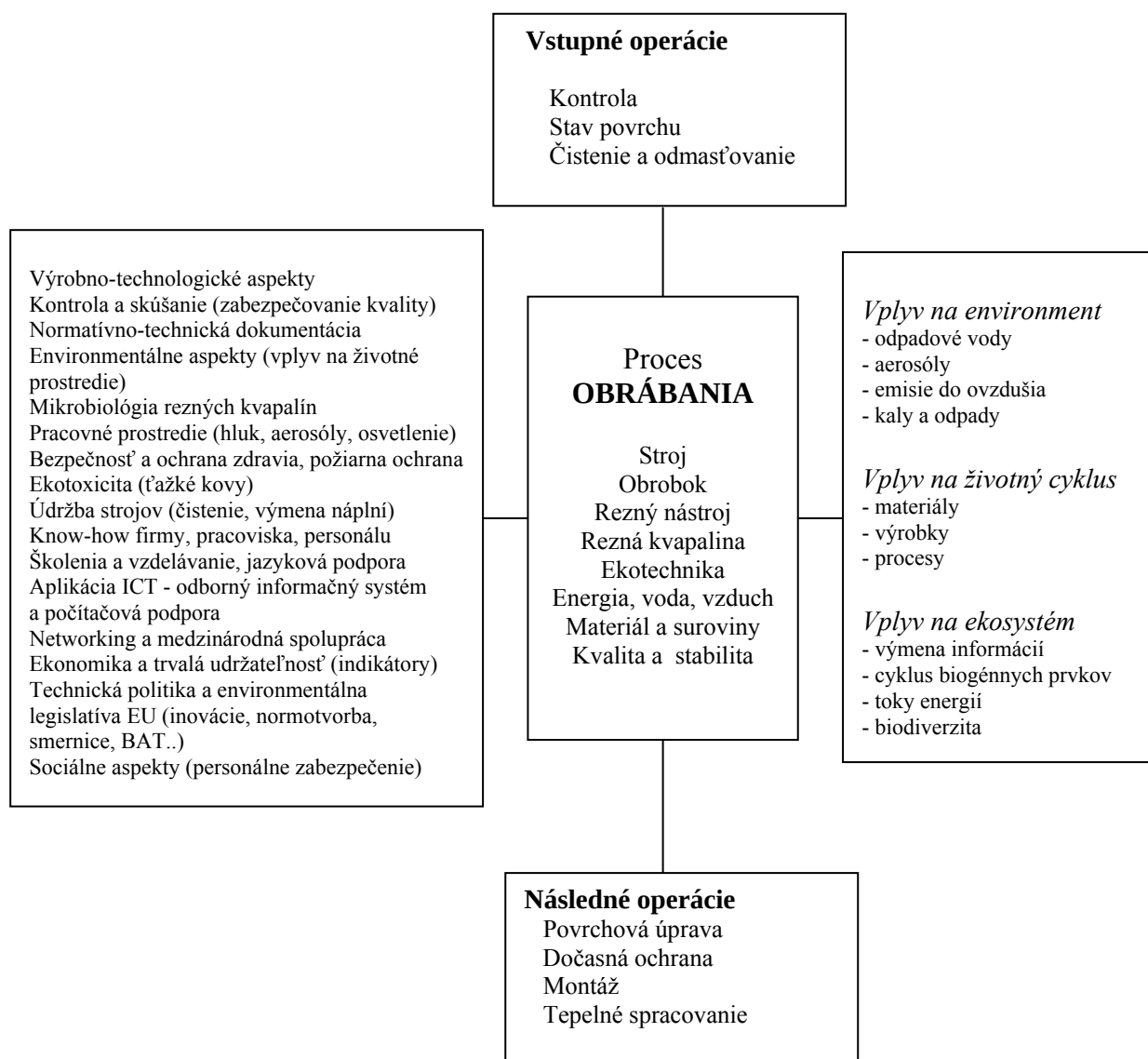
Už z tohto krátkeho popisu problematiky možno usúdiť, že komplexné systémové skúšanie je odborne, rozsahom, časovo a aj finančne veľmi náročné, čo sa špecificky zdôrazňuje aj vo výstupoch z riešenia úloh európskych rámcových programov [2]. Logickým výsledkom je, že vo výrobných podnikoch, obzvlášť v podmienkach malých a stredných podnikov je snaha obmedziť skúšanie na nevyhnutné minimum a ťažisko skúšania sa prenáša na výskumné ústavy, výrobcov kvalifikovanej chémie, resp. špecializované univerzitné a priemyselné laboratóriá. Takisto tu treba zdôrazniť aj fakt, že skúšobné metódy sú pracovným prvkom technickej normotvorby a súčasťou technických noriem, ktoré sa zapracovávajú do zmlúv a dodávateľsko-odberateľských vzťahov.

Niektoré aplikácie skúšania v priemysle

Skúšanie rezných kvapalín

Typickým strojárskym výrobným procesom je obrábanie, ktoré z hľadiska systémového prístupu možno charakterizovať pomocou mapy procesu uvedenej na obr. 1.

Technológia je tu zobrazená ako jadro, „srdce“ procesu a k nej sú schematicky priradené podporné činnosti zabezpečujúce trvalú udržateľnosť technológie a súčasne je naznačený aj jej vplyv na environment. Uvedená schéma sa spracovala z hľadiska potrieb riešenia úlohy APVV-P01905 zameranej na riešenie ekologizácie obrábania [3]. Z mapy procesu priamo vyplýva, že skúšanie, resp. skúšobné metodiky je možné nasadiť na rôznych "miestach" procesu, t.j. je možné skúšať obrobok, rezné kvapaliny, ale aj produkované emisie do vody, pôdy, ovzdušia, resp. požiaro-bezpečnostné parametre, prípadne až toxické vlastnosti používaných chemických technologických prípravkov. Taktiež je možné skúšanie aplikovať v rôznych fázach životného cyklu materiálov, procesov a výrobkov. Obdobne možno schematicky znázorniť aj procesy tvárnenia alebo vylučovania tenkých povlakov, na ktoré sa tiež vzťahuje tento príspevok.



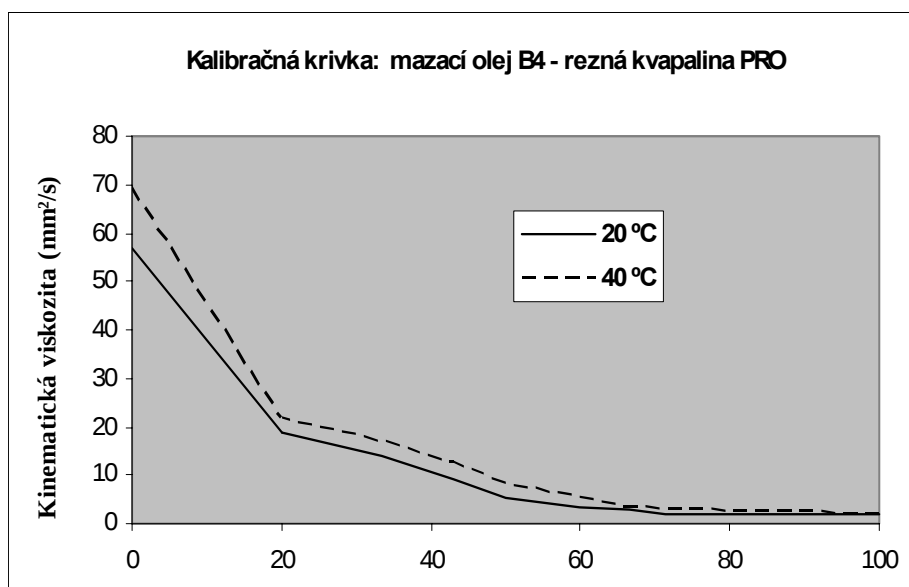
Obr. 1. Mapa procesu obrábania (3)

Pri používaní konvenčných aj biorezistentných chladiacich emulzií dochádza postupne k ich znehodnocovaniu až k úplnému anaeróbnemu alebo aeróbnemu mikrobiologickému rozkladu. Na posúdenie, do akej miery je v prevádzke emulzná kvapalina znehodnotená a či sa už má vymeniť, je potrebné stanoviť obsah baktérií, plesní a húb. Objektívne stanovenie všetkých druhov mikroorganizmov nie je možné, takže sa v praxi sleduje sumárne ich celkový počet prostredníctvom tzv. „Dip Slide“ testu. V úlohe APVV-P01905 sa v ňom použili tyčinky CULT DIP COMBI 778 a napr. počet stanovených baktérií v chladiacich emulziách odoberaných zo strojných náplní v troch rôznych spoločnostiach sa pohyboval v rozmedzí 10^4 - 10^6 .

V rámci uvedenej úlohy APVV-P01905 sa riešila náhrada reznej kvapaliny pre kopírovacie frézky. Na jej prípravu sa používal petrolej na svietenie, ktorý ako organické rozpúšťadlo je horľavinou 2. triedy a obsahuje aj aromatické uhlíkovodíky. Konštrukcia strojov v danom prípade nedovolila nasadiť chladiacu emulziu na vodnej báze. Ako alternatívne

riešenie sa preto použilo organické rozpúšťadlo bez obsahu arómatov a s vyšším bodom vzplanutia (horľavina 3. triedy). Nová alternatívna kvapalina sa namiešala z prostriedku PRO a mazacieho oleja B4 na rovnakú hodnotu, aká sa stanovila vo vzorkách odobraných z nádrže kopírovacej frézky. Na tento účel sa využila kalibračná krivka kinematickej viskozity pri 20 °C a 40 °C uvedená na obr. 2. Z nej sa dá v prevádzke operatívne zisťovať a upravovať stav strojnej náplne a tiež posudzovať množstvo vtečeného oleja, ktoré do nádrže vnikne z mazacej alebo hydraulickéj sústavy kopírovacej frézky.

Pri používaní konvenčných aj biorezistentných chladiacich emulzií dochádza postupne k ich znehodnocovaniu až k úplnému anaeróbnemu alebo aeróbnemu mikrobiologickému rozkladu. Na posúdenie, do akej miery je v prevádzke emulzná kvapalina znehodnotená a či sa už má vymeniť, je potrebné stanoviť obsah baktérií, plesní a húb. Objektívne stanovenie všetkých druhov mikroorganizmov nie je možné, takže sa v praxi sleduje sumárne ich celkový počet prostredníctvom tzv. „Dip Slide“ testu. V úlohe APVV-P01905 sa v ňom použili tyčinky CULT DIP COMBI 778 a napr. počet stanovených baktérií v chladiacich emulziách odobraných zo strojných náplní v troch rôznych spoločnostiach sa pohyboval v rozmedzí 10^4 - 10^6 .



Obr. 2. Obsah reznej kvapaliny PORO (%)

Táto skúšobná metóda pomohla aj pri overovaní účinnosti a doby ozonizácie potrebnej na zničenie znehodnotených chladiacich emulzií, resp. emulzií s nadmerným množstvom baktérií.

Skúšanie chemických aplikácií v procesoch tvárnenia

Pri tvárnení sa používajú ako technologické prostriedky výroby kvalifikovanej chémie s cieľom uľahčiť a intenzifikovať technologický proces. Ide napr. o fosfátové povlaky a použitie rôznych olejov a mazív. Fosfátujú sa predovšetkým ocele pred tvárnením za studena určené na hlboké ťahanie alebo spätné pretlačovanie. Využíva sa tu vlastnosť fosfátového povlaku viazať na svojom povrchu niekoľkonásobne väčšie množstvo maziva ako na nefosfátovanom ocelovom povrchu.

Z hľadiska skúšania sa v tomto prípade dajú aplikovať všetky skúšobné metódy používané na rozbery fosfátovacích kúpeľov (bodovitosť kúpeľa, voľná a viazaná kyselina,...) alebo povlakov (vizuálna kontrola, plošná hmotnosť, pórovitosť, korózna skúška v soľnej hmle,...). Pre proces tvárnenia je významné najmä stanovenie *plošnej hmotnosti* (gramáže) vylúčeného povlaku, ktorému sa v praxi dáva prednosť pred stanovením hrúbky. Zriedkavo sa možno stretnúť so stanovením hrúbky s využitím röntgenovej fluorescenčnej analýzy [4].

Problematika skúšania olejov a mazív používaných pri tvárnení je v porovnaní s fosfátovaním rozsiahlejšia a presahuje rámec tohto príspevku.

Skúšanie pri nanášaní tenkých tvrdých vrstiev a povlakov

Skúšanie v oblasti nanášania tenkých tvrdých vrstiev a povlakov nanášaných jednoduchými alebo plazmou modifikovanými fyzikálno-chemickými a chemickými metódami (PVD, CVD, PACVD, PACVD,...) je relatívne komplikovanou záležitosťou. Dobré je zvládnuté pre oblasť povlakov TiN, ktoré stáli na počiatku rozvoja technológií a ktoré sa uplatnili aj v priemyselnej praxi napr. pri povlakovaní nástrojov pre obrábanie a tvárnenie.. Kým tieto majú obvykle hrúbku rádovo v mikrónoch, ďalší vývoj šiel v smere vylučovania vrstiev pestrého chemického zloženia a to až na úrovni nanorozmerov. Je logické, že štandardné skúšobné metódy na stanovenie príľnavosti, mikrotvrdosti, hrúbky, drsnosti, štruktúry, resp. ďalších mechanických, tribologických, prípadne aj korózných vlastností takýchto tenkých vrstiev sa musia modifikovať a líšia sa od prípadu na prípad.

Normovanie skúšobných metód tu nie je preto jednoduchou záležitosťou, čo vyplynulo aj z normalizačnej štúdie VDI (Zväz nemeckého priemyslu) a prieskumu odbornej komunity v tejto oblasti nemeckého priemyslu [5]. Podľa tejto štúdie sa *skúšobné postupy* normujú buď u *výrobcov prístrojov* alebo vo *výskumno-technických inštitúciách*. Samotná priama účasť priemyslu - subjektov nanášajúcich externe vrstvy a povlaky na aktivitách normotvorby je nízka a v oblasti skúšania nevedia definovať požiadavky na skúšobné metódy.

Skúšanie vlastností tenkých povlakov a vrstiev sa v princípe riadi tými istými pravidlami, ako sú zaužívané v povrchovej technike. Na príklade zo systému zabezpečovania kvality high-tech firmy *INNA Wälzlager Schäffler oHG* prezentovanej na *Stuttgarter Automobiltage 2001* možno demonštrovať *skúšobnú maticu* nasledovne, pričom na skúšanie povlakov TiN sa aplikujú skúšobné metódy podľa a), b) a c) [4]:

- a) charakteristika povrchu (vzhľad, štruktúra, zloženie, drsnosť),
- b) hrúbka vrstvy,
- c) mechanicko - technologické vlastnosti (hrúbka vrstvy, príľnavosť) ,
- d) korózne vlastnosti (póry a trhlinky, korózna odolnosť).

Z praktického hľadiska je možné skúšanie rozdeliť do dvoch skupín a síce skúšanie *nanesených povlakov* a skúšanie za účelom *zistenia vplyvu parametrov procesu na výsledné vlastnosti vylúčeného povlaku*. Kým pre prvú skupinu je k dispozícii relatívne dostatočné množstvo skúšobných dát (pozri napr. [6]), v druhom prípade sú takéto dáta skromnejšie, čo je limitované unikátnosťou použitého high-tech zariadenia a prístrojovej techniky.

Túto skupinu možno ilustrovať pomocou [7], kde sa sledoval vplyv zmeny parametrov procesu PVD povlakovania (tlaku a predpätia) na výslednú kvalitu povlaku TiAlN (priemyselná aplikácia PLATIT PL 1000). Na analýzu a sledovanie zmien týchto povlakov sa

Poznámka: Ako vhodné metódy na meranie hrúbky TiN povlakov sa uvádzajú DIN 50987 (Röntgenfluoreszenz), DIN 50950 (Querschliff - výbrus) a DIN 50981 (magneticky). Firma používa aj vlastný tester na meranie príľnavosti týchto povlakov.

využila metóda röntgenovej difrakčnej analýzy. Získal sa tak údaj o difrakčnom rozložení vrstiev, napr. identifikovala sa prítomnosť kubických nitrídov TiN (s parametrom mriežky 0,42417 nm) a AlN (0,4365 nm). Kým vplyv tlaku sa výrazne neprejavil, vplyv predpätia sa prejavoval v rozdielnej hrúbke vylúčených vrstiev, ich kvantitatívnom zložení, stupni textúry a v rozdielnom vnútornom napätí v TiN [7].

Bolo by možné spomenúť aj ďalšie špecifické skúšobné metódy na báze optickej emisnej spektroskopie (GDOES), transmisnej alebo riadkovej elektrónovej mikroskopie (TEM, REM), sekundárnej iónovej hmotnostnej spektrometrie (SIMS), meranie hrúbky metódou Calotest, nanotvrdomery a pod., čo však nebolo cieľom tohto príspevku.

Záver

V príspevku sa rozoberajú niektoré aspekty skúšania ako dôležitého nástroja na zisťovanie úrovne kvality materiálov, technológií a výrobkov. Na podporu priemyselného skúšania v procesoch obrábania, tvárnenia a povrchovej techniky sa zdôrazňuje funkcia skúšania aj pri zisťovaní súvislostí medzi technológiou a výslednou stabilitou procesu, resp. vlastnosťami vylučovaných vrstiev a povlakov.

Zoznam bibliografických odkazov:

- [1] Úloha štátneho programu VaV 2002 SP 26/02D 0A04/0280104-2002-2005 (MH SR) Harmonizácia a systém tvorby komplexného skúšania povrchových úprav, materiálov a prostriedkov kvalifikovanej chémie v životnom cykle strojárskych výrobkov.
- [2] GELDERMANN, J. et al. Final report: ISACOAT Network on Integrated Scenario Analysis of metal Coating. 5th Framework programme EU. Karlsruhe: DFIU, 2004.
- [3] SVETSKÝ, Š., BALOG, K., TUREKOVÁ, I., SOLDÁN, M., GERULOVÁ, K. Projekt APVV-99-P01905: Ekologizácia a výskum životného cyklu obrábania. 08/2005-11/2007 (MŠ SR).
- [4] Stránka ZVO (nemecký Centrálny zväz pre povrchovú techniku [online]. Oberflächentage [cit. 2008-10-20]. Dostupné na internete: <http://www.zvo.org/dgo/veranst/Vortragsunterlagen/Stuttgart_2001/DGO_Venz_Stuttgart_131201_S.pdf>
- [5] VDI: Normungsinitiative Oberflächentechnik. Stand der Normung und Normungsbedarf. Band 10. Düsseldorf: VDI-Technologiezentrum Physikalische Technologien, 2001. Schriftenreihe Wissenstransfer Oberflächentechnik, 160 s. ISSN 1438-1389
- [6] Povlakovacie centrum PLATIT [online]. LISS [cit. 2008-10-20]. Dostupné na internete: <<http://www.liss.cz/?page=products&i=kopz2i380m8jhuf5uz906xd5lhqkmfwf>>
- [7] ČAPLOVIČ, Ľ., SONDOR, J., ŠIMKO, J. Príspevok k určeniu parametrov depozície (Ti, Al) N povlakov. In *Zborník z konferencie Vrstvy a Povlaky*. Rožnov pod Radhoštěm: LISS, 2007, s. 25-25. ISBN 978-80-969310-4-0. Táto práca bola podporená Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe Zmluvy č. APVV-99-P01905.