

# **OŽJA PRIORITETNA RAZVOJNA TEMA**

## **LASERSKE IN POVRŠINSKE OBDELAVE**

št.

Izpolni agencija.

pripravljena v okviru javnega razpisa

**ZA SPODBUJANJE KONTINUITETE DELA SLOVENSКИH  
TEHNOLOŠKIH PLATFORM V LETU 2007**

Datum oddaje:

29.10.2007

## Naziv teme

Laserske in površinske obdelave

## Predstavitev teme

Laser je orodje, ki omogoča izvajanje velikega števila tehnoloških postopkov kot so: merjenje, rezanje, spajanje, navarjanje obrabljenih delov ali sposobnejših materialov na osnovne konstrukcije, strukturiranje površine, spreminjanje oblike (z namenom nastavljanja ali preoblikovanja), utrjevanje površine in globinsko obdelavo. Prav tako na uporabi laserja temelji večina postopkov hitrega oblikovanje prototipov, prototipnih orodij in celo hitro izdelavo maloserijskih izdelkov. Najuspešnejši način zaščite orodij in strojnih delov pred obrabo in za zmanjševanje trenja pa so površinske obdelave.

Glede na trenutne razvojno raziskovalne dosežke je pričakovati, da bo v prihodnosti nujno uvajanje laserjev v proizvodne postopke za preoblikovanje mikro komponent, nestandardnih materialov (lahki materiali, materiali za letalsko tehniko, materiali za implantante v medicini ipd. kot npr. Cr, Ni, Zlitine, Ti, Al, Cu...), prototipov in maloserijskih izdelkov ter izdelkov z zelo ozkimi tolerancami mer, ki jih brez uporabe laserskih tehnologij ni mogoče izdelati. Vsi ti izdelki so ekstremno optimalno funkcijsko prilagojenost glede na računalniški model, simulacije in vnaprej definirane funkcijske sposobnosti (prevodnost, upornost, trdnost, sposobnost optimalne teže...). Torej izdelovanje izdelkov v segmentih z najvišjo dodatno vrednostjo, kot oprijemljivih končnih rezultatov, ki jih bo mogoče tržiti (sodobna obdelovalna orodja, senzorji, sestavni deli za avtomobilsko industrijo, letalsko industrijo, industrijo športnih rekvizitov, medicino ipd.), bo v mnogih primerih mogoče le z uvajanjem laserskih aplikacij v izdelovalne tehnologije.

Posebno pozornost velja nameniti uporabi laserja za izdelavo modelov, prototipov, orodnih vložkov in serij izdelkov, ki uporabljajo za vhodni podatek različno pridobljene 3D podatke (CAD model, podatke 3D digitalizatorjev, CT scannerjev,..). Za razliko od CNC strojev, ki delujejo na principu odvzemanja materiala slojevite tehnologije med seboj združujejo-lepijo tekoče ali prašnate materiale in iz njih izdelujejo oblike, ki jih ni mogoče narediti s kakršno koli drugo tehnologijo. Lasersko sintranje spada med tako imenovane slojevite tehnologije. Prednost hitre izdelave prototipov (Rapid prototyping RP) ali orodij in končnih izdelkov (Rapid Tooling and Rapid Manufacturing) je v neposredni uporabi tridimenzionalnega CAD modela.

Bistveni sestavni del vsakega tribološkega sistema (npr. strojnih delov, ki so v medsebojnem gibanju) je površina. Površina strojnega dela je tista, ki določa trenje, obrabo, korozijsko in oksidacijsko obstojnost in druge fizikalne lastnosti. Da bi izboljšali tribološke lastnosti neke komponente, ni treba spreminjati lastnosti masivnega materiala, iz katerega je celotni strojni del. Zadostuje, da spremenimo sestavo ali strukturo površinske plasti ali pa tako, da na površino nanese tanko plast nekega drugega materiala, ki ima zahtevane lastnosti. Tako dosežemo sinergijski učinek, saj lahko hkrati kombiniramo npr. veliko žilavost podlage in veliko trdoto vrhnje plasti. Večina sodobnih postopkov inženirstva površin poteka v plazmi, vakuumu in pri relativno nizki temperaturi. Kadar postopki obdelave površin potekajo v plazmi, govorimo o plazemskem inženirstvu površin. Najuspešnejši način zaščite orodij in strojnih delov pred obrabo je nanos trdih PVD-prevlek na njihovo površino. V osnovi ločimo postopke nanašanja ki temeljijo na naparevanju ali naprševanju. Najnovejša smer je razvoj postopkov pulznega naprševanja prevlek. Pri tem na tarčo pripeljemo zelo kratek (nekaj  $\mu$ s)

pulz električne energije. Tako lahko pripravimo zelo kvalitetne trde prevleke pri temperaturi pod 200°C (torej tudi na strojne dele), trde prevleke na osnovi oksidov, trde prevleke na keramične podlage itd. Vse pogosteje se uporabljajo tudi hibridni postopki, ki so npr. kombinacija plazemskega nitriranja in nanosa trde PVD-prevleke, laserske modifikacije in nanosa trde prevleke, laserske ablacije in naprševanja. Trde PVD-prevleke se že več kot deset let. Razlogov za njihovo uporabo je več:

- zmanjšanje obrabe najbolj obremenjenih strojnih delov
- zaščita okolja
- povečanje izkoristka naprav
- zmanjšanje hrupa.

Zelo zanimivo področje uporabe PVD-prevlek so medicinske naprave. PVD-prevleke izboljšajo biokompatibilnost in tribološke lastnosti materialov, ki se uporabljajo v medicini. Ti dve zahtevi sta ključnega pomena pri zaščiti implantov. Dodatna funkcionalna lastnost trdih prevlek, ki je pomembna v medicini, je, da med procesom sterilizacije v avtoklavah ščitijo instrumente pred korozijo. PVD-prevleke se uporabljajo tudi za zaščito srčnih spodbujevalnikov, kirurških instrumentov, ortodontskih priprav in dentalnih instrumentov. Pomembno področje uporabe PVD-prevlek je tudi letalska in vesoljska industrija, kjer so komponente in strojni deli izpostavljeni ekstremnim obremenitvam in specifičnim pogojem (vakuum, nizke temperature, sevanje). Omeniti moramo še dve področji uporabe trdih PVD-prevlek. To sta farmacevtska in prehrabna industrija. Specifične zahteve, s katerimi se srečujemo v tej industriji, so poleg obrabe zaradi abrazije in adhezije predvsem visoka stopnja čistosti (uporaba klasičnih maziv ni dovoljena).

### **Utemeljitev prispevka teme k realizaciji prioritete cilja tehnološke platforme, ki prijavlja ožjo prioriteto in k realizaciji ciljev drugih sodelujočih tehnoloških platform, zapisanih v strateških raziskovalnih načrtih in/ali drugih pomembnih dokumentih tehnoloških platform**

Pri pripravi teme sta sodelovali predvsem TP Manufature in ERTRAC. S skupnim razvojem bosta uresničili naslednje zastavljene cilje, ki so zapisani v strateškem raziskovalnem načrtu in ostalih dokumentih platform:

- razvoj inovativnih izdelkov in izdelovalnih tehnologij
- razvoj podpornih orodjarskih tehnologij
- razvoj podpornih tehnologij
- zmanjševanje porabe energije v transportu

### **Utemeljitev prispevka teme k realizaciji ciljev strateških nacionalnih programskih dokumentov**

Tema prispeva k povečevanju deleža specifičnih uporabnih in razvojnih raziskav k razvoju inovacijskega okolja ter spodbujanju večjega raziskovalnega in razvojnega ter inovacijskega sodelovanja med podjetji in slovensko raziskovalno sfero. V vseh državnih strateških in razvojnih dokumentih (npr. v resoluciji o nacionalnem raziskovalnem in razvojnem programu za obdobje 2006–2010, Strategiji razvoja Slovenije itd.) je navedeno, da moramo uvajati nove tehnologije z visoko dodano vrednostjo, ki bodo omogočale nove zaposlitve visoko strokovnega kadra in omogočale nove konkurenčne produkte za globalni trg. To so nacionalni, EU in svetovni trendi. Slovensko gospodarstvo mora torej namenjati največ investicij v postroje, znanje in opremo, ki omogoča doseganje visoke dodane vrednosti v

proizvodnji. To so laserske tehnologije in tehnologije, ki temeljijo na plazemskem inženirstvu površin. Obstoječa oprema in znanje omogočajo nadaljnji kompatibilni razvoj in potrebo po laserskih tehnologijah, ki bodo omogočale konkurenčno sposobnost ter prednost na evropskih in svetovnih trgih. Laserske tehnologije je mogoče uporabiti na vseh področjih gospodarskih dejavnosti in so tudi osnova nadaljnjega razvojno znanstvenega aplikativnega razvoja. Tudi na področju plazemskega inženirstva površin imamo v Sloveniji dolgo tradicijo. Prvi sodoben center za trde prevleke je bil ustanovljen na Institutu »Jožef Stefan« že leta 1985. Danes obstajajo v Sloveniji trije centri. Tudi na področju plazemskega nitriranja imamo več kot dvajsetletno tradicijo.

### **Utemeljitev skladnosti teme z usmeritvami nacionalnih in EU tehnoloških platform**

Predlagana tema je skladna z usmeritvami nacionalnih in EU platform na področju transformacije obstoječih RTD in izobraževalnih infrastruktur za podporo proizvodnji, za pospešitev raziskovalne mobilnosti, multi-disciplinarnost in vseživljenjsko učenje. Predlagana tema je skladna s strateškim razvojnim načrtom TP Manufuture.si (ki navaja razvoj tehnologij kot prvo od prioriternih področij in v podrobnem opisu še posebej izpostavi laserske in površinske obdelave), z razvojnim načrtom TP Manufuture EU (ki tehnologije hitre izdelave, ki temeljijo na uporabi laserja, izpostavlja kot eno od prioriternih področij v kar dveh od 8 področij in sicer v WG1-Tehnology beyond existing borders in v WG2-Inovating production). Prav tako je predlagana tema skladna s strateškim razvojnim načrtom platforme za hitro izdelavo RM PLATFORM.

### **Utemeljitev skladnosti teme z usmeritvami, zapisanimi v nacionalnih in EU strateških programskih dokumentih**

Tema bo prispevala k povečanju vpliva RR v domačem okolju, zlasti s spodbujanjem večjega raziskovalnega in razvojnega ter inovacijskega sodelovanja med podjetji in raziskovalno sfero ter posredniki za prenos tehnologij in inovacij v podjetja. Za doseganje teh ciljev strategija določa več področij akcijskega načrta.

### **Utemeljitev skladnosti teme z evropskimi in svetovnimi trendi**

Tema je aktualna raziskovalno razvojna tema v skladu s evropskimi in svetovnimi trendi. Prav tako se pričakuje, da bo proizvodni sektor bistveno prispeval k uresničevanju ciljev Lizbonske resolucije (EU naj bi postala najbolj konkurenčna in na znanju temelječa ekonomija na svetu, povečala naj bi se vlaganja v raziskovanje in razvoj, večji delež denarja za raziskave in razvoj bi naj prispeval zasebni sektor).

### **Predstavitev skupine podjetji in raziskovalnih organizacij, ki lahko prispevajo k realizaciji teme (navedba članov skupine in predstavitev referenc ter kadrovskih in infrastrukturnih kapacitet),**

Na področju aplikacij laserskih in površinskih tehnologij v proizvodne tehnologije deluje preko 15 slovenskih podjetij. Najvidnejši med njimi so:

Insitut »Jožef Stefan«

Gorenje orodjarna d.o.o.

Gorenje d.d.

EMO orodja in naprave d.o.o.

Kolektor d.d.

TCS  
RTCZ  
Fakulteta za strojništvo, UL  
Fakulteta za strojništvo, UM  
Fakulteta za elektrotehniko, UL  
Gazela d.o.o.

Omenjena podjetja imajo raziskovalne skupine, izkušnje na področju laserskih in površinskih tehnologij, opremo za laserske in površinske obdelave, robote za površinsko lasersko obdelavo itd. Izpostaviti velja opremo za hitro izdelavo prototipov in orodij v katerem s strojem EOSINT M250 Xtended nudimo industriji podporo s tehnologijo neposrednega laserskega sintranja kovinskih prahov (DMLS) opremo za izvajanje in selektivnega laserskega sintranja plastičnih prahov (SLS) EOSINT P 385.

**Analiza izhodiščnega stanja, vključno z navezavo na rezultate izvedenih projektov oz. pričakovane rezultate projektov, ki so v teku in se financirajo iz EU, državnega, lokalnega ali privatnega vira,**

Tako velika uporaba laserskih in površinskih tehnologij je posledica dejstva, da vse več sodobnih materialov in zahtevnih konstrukcij ni mogoče izdelati brez uporabe navedenih tehnologij. Čeprav je glavni pomen zaščitnih prevlek povečanje obstojnosti strojnega dela, imajo še nekatere druge pozitivne učinke. Na primer varna cona delovanja prekritega rezalnega orodja (območje dovoljenih podajanj in rezalnih hitrosti) je v primerjavi z neprekritim precej širša. To pomeni, da so dovoljene rezalne hitrosti in podajanja večji. Tako lahko povečamo produktivnost obdelovalnih postopkov. Pri rezalnih orodjih na primer velja, da če povečamo njihovo obstojnost za 50 %, potem se stroški obdelave izdelka zmanjšajo samo za 1 %. Če pa za 20 % povečamo hitrost obdelave, se stroški obdelave izdelka zmanjšajo za 15 %. Tudi kakovost obdelave površine izdelka je boljša. Zato je draga končna obdelava izdelkov pogosto nepotrebna, če uporabimo orodja, zaščitena s PVD-prevlekami. Vse pomembnejši razlog za zaščito pred obrabo je tudi ekološki. Z večjo obstojnostjo orodij se zmanjša njihova poraba, zato je manjša tudi poraba strateško pomembnih kovin (npr. kobalt, volfram, krom), ki so v orodnih jeklih, karbidni trdini in kermetih. Nekatere vrste trdih prevlek se odlikujejo z majhnim koeficientom trenja, zato je tudi poraba energije manjša. Trde zaščitne prevleke omogočajo manjšo porabo hladilno-mazalnih tekočin. Globalne usmeritve v industrijski obdelovalni tehniki gredo zato v smeri minimalne uporabe maziv ter eliminacije toksičnih stranskih produktov. Vse bolj pogosto se uporabljajo postopki suhe obdelave. To je zlasti ugodno pri zaščiti orodij za prehrambno in farmacevtsko industirjo, kjer uporaba tekočih maziv ni dovoljena. Trde zaščitne prevleke so torej omogočile revolucionaren napredek na področju obdelovalnih tehnik. Razvoj na področju triboloških prevlek je omogočil nadomeščanje klasičnih konstrukcijskih materialov (konstrukcijsko jeklo, lito železo) z materiali na osnovi aluminijevih, magnezijevih in titanovih zlitin, ki so precej lažji, imajo veliko natezno in upogibno trdnost, vendar so relativno mehki in zato manj odporni proti abrazijski obrabi. Pričakujemo lahko, da bodo morale biti v prihodnosti vse mehanske komponente zaščitene s PVD-prevlekami, bodisi pred obrabo bodisi zato, da se zmanjša trenje gibljivih delov.

## **Časovni okvir za doseg končnega rezultata teme**

Velik del tehnologij na predstavljenem področju je že poznan, pričakuje pa se velik porast različnih novih izvedenk in aplikacij, ki bodo pomenile tehnološki preboj. Glede na to dejstvo in prej opisane infrastrukturne kapacitete lahko prve rezultate pričakujemo že v letu 2008. Natančneje: časovni okvir za aplikativno raziskavo najnovejših navarjanja in kaljenja različnih praškastih materialov in zlitin (osredotočili bi se na največ pet do deset najbolj pogosto uporabljenih materialov za izdelavo zahtevnih delov orodij in implantatov) je 36 mesecev z vmesnimi rezultati že po 4 mesecih od začetka projekta.

## **Predstavitev prednosti pred tujo konkurenco, posebnih prednosti, zmožnosti in priložnosti**

Številni raziskovalci iz prej naštetih raziskovalnih inštitucij in podjetij imajo izredne mednarodne uspehe na področju laserskih in površinskih obdelav. Na nekaterih področjih je v Sloveniji inštalirana najboljša oprema v celi Evropi. Poleg tega je vredno izpostaviti še tradicij, ki na opisovanih področjih sega že več kot petindvajset let nazaj (prve trde PVD-prevleke so na IJS naredili leta 1982 v doma skonstruirani napravi). Ker so metode, tehnologije in materiali novi, je ustvarjena konkurenčna prednost, še posebno na specialnih področjih gospodarskih dejavnosti (vojska, orodjarstvo, medicina, letalska industrija). Priložnosti na trgu se bodo nudile že ob prvih doseženih vmesnih ciljih. Z uvajanjem in realizacijo projekta se bodo ugotavljale nove zmožnosti in potrebe.

## **Predstavitev možnosti za trženje in potencialnega tržišča**

Trženje laserske tehnologije in postopkov plazemskega inženirstva površin bo možno takoj po startu projekta v industriji. Novo razvite oz. izboljšane tehnologije bodo omogočale trženje vrste izdelkov, ki jih slovenska podjetja brez uporabe omenjenih tehnologij ne bi bila sposobna izdelati. Korenite izboljšave na področju izdelovalnih tehnologij imajo namreč izrazit multiplikativen učinek. Kasneje, po pridobitvi ustreznih certifikatov in dovoljenje pa tudi v medicini, letalstvu, vesoljski industriji in obrambni dejavnosti. Vse napisano kaže na izredne tržne potenciale v Sloveniji in tudi širše.

Uporaba laserskih tehnologij in postopkov plazemskega inženirstva površin daje priložnosti za ustvarjanje novih potreb na trgu in tako izdelavo novih tržnih strategij. Primeri takšne uporabe:

- izdelava implantatov iz biološko spremenljivih materialov na osnovi rentgenske slike za točno fokusiran del strukture;
- izdelava kovinskih delov in različnih materialov, glede na funkcijo izdelka;
- izdelava lahkih računalniško načrtovanih kovinskih struktur kot nosilnih elementov v enem kosu (zmanjšanje teže do 50 %);
- izdelava izdelkov ekstremnih vzdržljivosti z uporabo cenениh materialov kot osnov;
- površinska računalniška načrtovana obdelava konfiguriranih površin in malih globlin.

## **Ocena tveganj**

Največje tveganje pri uvajanju novih tehnologij je prevelik poudarek na pomanjkanju denarnih sredstev in nepravilnem razmerju med temeljnimi raziskavami (ki jih je navadno preveč) in aplikativnimi raziskavami, usmerjenimi v reševanje težav iz industrijske prakse. Dejstvo, da se bo velik del raziskav izvajalo na opremi, ki deluje v podjetjih in centrih, katerih

delovanje ni financirano iz državnih sredstev, je jamstvo, da se bo velik del energije usmeril v razvijanje industrijskih aplikacij.

### **Opredelitev vpliva na okolje**

Negativen vpliv na okolje je v normativih in je neznaten. Ker pa gre za tehnologije z dodajanjem materiala in poboljšanjem struktur materialov je vpliv na okolje pozitiven (manj odpadkov, manj potrebne energije za izdelavo, boljše lastnosti izdelkov, ki povzročijo manjšo porabo energije med obratovanjem – npr. manjše trenje zaradi uporabe prevlek na drsnih površinah, ni vpliva na okolje - hrup, vodo zrak). Trde zaščitne prevleke omogočajo manjšo porabo hladilno-mazalnih tekočin. Hladilno-mazalne tekočine lahko v celoti nadomestimo z tankimi plastmi trdih maziv (npr. na osnovi ogljika). Globalne usmeritve v industrijski obdelovalni tehniki gredo zato v smeri minimalne uporabe maziv ter eliminacije toksičnih stranskih produktov. Vse bolj pogosto se uporabljajo postopki suhe obdelave. Doslej so namreč stroji vseh vrst porabili velike količine hladilno-mazalnih tekočin, ki so okolju in zdravju ljudi škodljive. Če orodje zaščitimo s trdo prevleko, lahko v večini primerov zmanjšamo porabo tekočine za mazanje, če pa uporabimo kombinacijo trde prevleke in plasti trdega maziva (npr. prevleke na osnovi ogljika), se lahko tekočinskemu mazanju v celoti izognemo.

### **Ocena števila novo ustvarjenih mest in specifikacija potreb po novih kadrih**

Z uvajanjem laserske tehnologije za navarjanje in obdelavo površin, potopke hitre izdelave prototipov, orodij in izdelkov se pojavlja niz novih znanj in veščin, ki bodo morala biti dana v osnovnem izobraževanju tehničnih poklicev ali pa novi poklici (vzdrževanje laserskih naprav, programiranje laserskih naprav, operater na laserju, itd.). Za upravljanje, vodenje in vzdrževanje laserskih tovrstnih naprav, bo potrebno po oceni najmanj 300 novih delovnih mest v petih letih. Tudi plazemski postopki inženirstva površin zahtevajo visokoizobražene kadre tako z vidika priprave trdih zaščitnih prevlek kot tudi z vidika uporabe orodij zaščitnih s takšnimi prevlekami.

### **Opredelitev pomena teme za trajnostni razvoj in poslovni uspeh članov skupine in slovenskega gospodarstva**

Uvajanje laserskih naprav za aplikacijo v industriji in aplikativne raziskave je strateškega pomena za trajnostni razvoj. Vlaganje v inovativne izdelovalne tehnologije ima velik multiplikativen učinek na uspešnost okolja (države, podjetja), ki ima dostop do njih. Dostop do raznovrstnih aplikacij tehnologij laserske in površinske obdelave omogoča članom slovenskega gospodarstva razvoj novih izdelkov, ki jih z obstoječimi tehnologijami ne bi bilo mogoče razviti, preizkusiti in vpeljati v redno proizvodnjo. Dodajalne-slojevite tehnologije za hitro izdelavo na osnovi laserja so tehnologije prihodnosti. Obvladovanje teh tehnologij in še dodatna nadgradnja le teh pa predstavlja temelj za uspešno tekmovanje podjetij na globalnem trgu.