

NAVÁRANIE LASEROM A RIZIKÁ VZNIKAJÚCE PRI TOMTO PROCESE

Miroslav GREŠ

LASER CLADDING AND RISKS ARISING FROM THIS PROCESS

ABSTRAKT

Príspevok prezentuje fyzikálnu podstatu technológií laserového navárania, ktoré má svoje miesto v strojárskom priemysle, či už pri opravách alebo vytváraní nových funkčných vrstiev. Charakterizované sú jednotlivé technológie navárania laserom, kde prídavným materiálom pre vznik funkčných vrstiev je drôt, prášok resp. pasta. V záverečnej časti sú definované riziká, ktoré sa môžu vyskytovať v procese navárania laserom a prezentované možnosti ochrany zdravia.

Kľúčové slová: naváranie, naváranie laserom, riziká, bezpečnosť

ABSTRACT

The paper presents the physical nature of laser surfacing technology that has its place in the engineering industry, either by repairing or creating new functional layers. Characterized are the individual laser cladding technologies where the additive material to form the functional layers is a wire, powder or pasta. In the final section are defined risks that may occur in the process of laser cladding and the possibility of health protection.

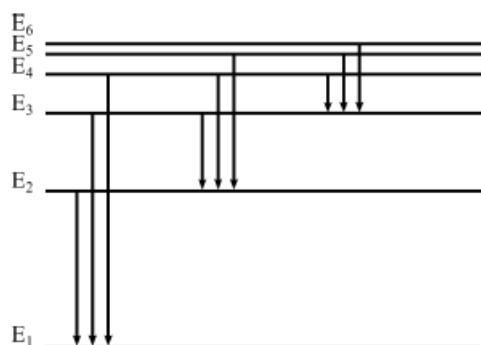
Key words: cladding, laser cladding, hazards, safety

Úvod

V súčasnej priemyselnej praxi využívame naváranie laserom pri renovácii opotrebovaných súčiastok (napr. pri tvorbe funkčných povrchov v automobilovom a leteckom priemysle), pre zvyšovanie tvrdosti funkčných plôch súčiastok, ktoré vyžadujú zvýšenú odolnosť voči korózií a nakoniec v technológiách rapid prototyping a tooling. Výhoda použitia laserovej technológie je v malej zóne ovplyvnenia naváraného materiálu, minimálnej tepelnej deformácii, minimálnym premiešaním základného a prídavného materiálu a rýchleho tuhnutia zvarového kovu. Avšak procesy navárania laserom sú aj napriek značným výhodám citlivé na pracovné podmienky ako sú: výkon lasera, pracovná frekvencia lasera a absorpcia žiarenia. Tieto vymenované podmienky značne vplývajú na kvalitu návaru. [1,5]

Fyzikálny princíp navárania laserom

Laserový lúč je v podstate optické vlnenie patriace do skupiny elektromagnetického s určitou vlnovou dĺžkou. V laseri sa za stanovených podmienok vo vhodnom aktívnom prostredí vplyvom určitého elektromagnetického žiarenia sa spontánna emisia potlačí na úkor vynútenej emisie stimulujúcim žiarením. Získané laserové žiarenie je koherentné, vysoko monochromatické s veľmi malou divergenciou. Zásluhou koherentnosti je možné laserový lúč optickým systémom sústrediť do veľmi malého bodu, prakticky 0,1 až 0,001 mm, čím je možné získať energetický tok o hustote väčšie ako $108 \text{ W} \cdot \text{cm}^{-2}$. [1,5]

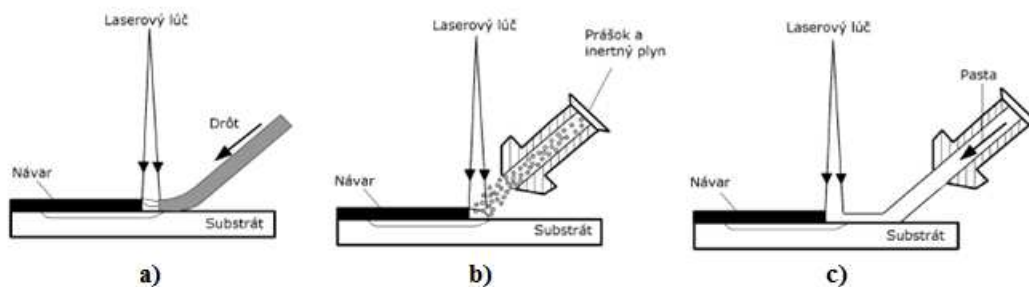


Obr. 1: Schéma procesu spontánnej emisie medzi energetickými hladinami [5]

Prirodzeným správaním častíc alebo atómov v excitovanom stave je zaplniť miesto na nižších energetických hladinách a vrátiť sa do pôvodnej polohy náhodne popritom emituje svetelné kvantá (fotóny). Tento proces je nazývame spontánna emisia žiarenia (obr.1). Vplyvom vonkajšieho podnetu sa excitovaný atóm navracia do základného stavu, emitujúc tak nový kvant s takou istou energiou a s rovnakou frekvenciou, ako mal predchádzajúci kvant. Takto vyvedenú emisiu nazývame vynútenou (stimulovanou) emisiou žiarenia. Tento jav je základom pre funkciu kvantových generátorov (laserov). [5]

Princíp technológie

Laser sa využíva ako tepelný zdroj pre navarovanie tenkej vrstvy požadovaného prídavného materiálu na pohybujúci sa substrát. Návar môže byť realizovaný niekoľkými spôsobmi: striekaním prášku, nanášaním prášku alebo formou drôtu (obr.2). [4]



Obr. 2: Metódy navárania laserom

a) podávaním drôtu b) striekaním prášku c) nanášaním pasty [4]

Naváranie laserom podávaním drôtu

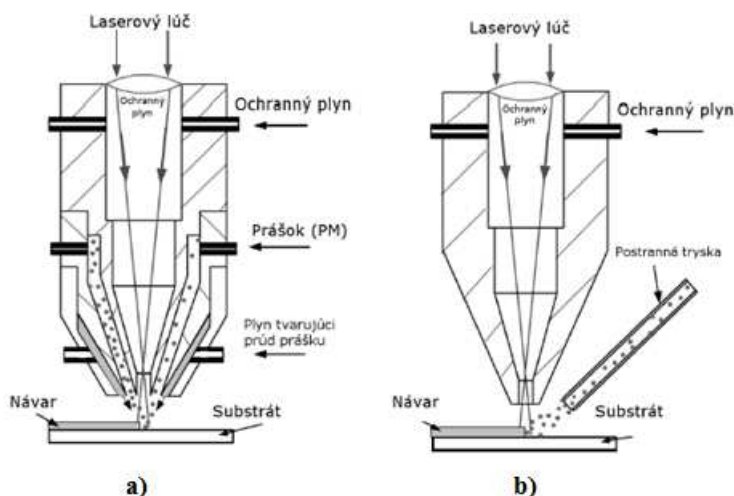
Ako je zrejmé z pomenovania prídavný materiál je podávaný formou drôtu - zvyčajne z keramického bubna. Vzhľadom na podávací mechanizmus je dôležité používať drôt ktorý je narovnaný a nie je plasticky deformovaný. Túto podmienku je potrebné dodržať, aby sa zabránilo vzniku nežiadúcich vibrácií. [4]

Tento spôsob má niekoľko výhod oproti technológiám striekaním prášku a to: dobrú adaptáciu v rôznych navraciacich polohách. Drôty sú oproti prášku lacnejšie a pri ich použití dochádza aj k nižším stratám prídavného materiálu. Avšak oproti zjavným výhodám majú tieto návary nižšiu kvalitu povrchu, sú poréznejšie, majú slabšiu väzbu so substrátom, a sú náchylnejšie k praskaniu. Ďalšou nevýhodou je kvapôčkový prenos prídavného materiálu, teda tavenina na konci drôtu neprúdi do zvarového kúpeľa plynulo a dopad kvapiek tekutého kovu spôsobuje jeho rozstrekovanie. [4]

Naváranie laserom striekaním prášku

Táto metóda využíva častice prášku vo forme prídavného materiálu, ktoré sú striekané do zvarového kúpeľa pripraveného laserom. Oproti predošlej metóde navárania je táto oveľa flexibilnejšia a používannejšia – výhodou je možnosť zmeny rozmerov návaru počas procesu. V praxi je takisto dostupnejší širší sortiment práškov ako drôtov. [2]

Vstrekovanie prášku je oproti podávaniu drôtu a nanášaniu pasty robustnejšou metódou, pretože nedochádza k priamemu kontaktu s kovovým kúpeľom a taktiež kontaktu laserového lúča so substrátom nič necloní, pretože laser prúdom prášku prechádza. Podávanie prášku do zvarového kúpeľa môže byť implementované mnohými spôsobmi - napr. použitím plynu (Ar, He, N) alebo gravitačne. Dva príklady riešení trysiek môžeme vidieť na obr.3. [4]



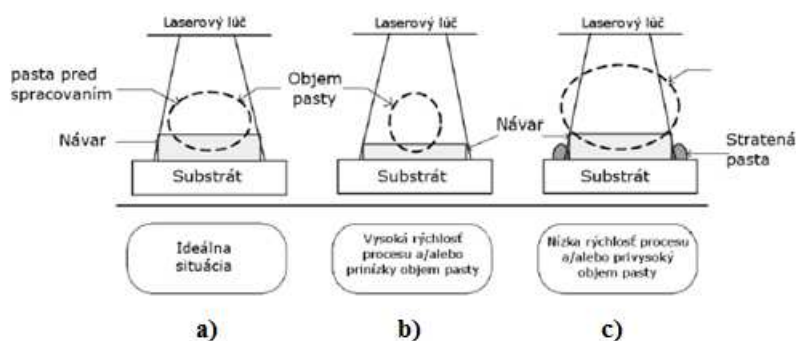
Obr. 3: Prívod prídavného materiálu pri technológii striekaním prášku

a) koaxiálna tryska b) postranná tryska [4]

V oboch prípadoch je však vhodné prášok predohriať, čím sa dosiahne vyššia efektívnosť navárania. Systém podávania prášku hrá pri dosahovaní kvality návaru významnú úlohu. Bez ohľadu na typ trysky - spôsob pretnutia prierezov prúdu prášku a laserového lúča, priemer prúdu prášku v bode kontaktu so substrátom, stabilita kvantity podávaného prášku, homogénny tvar profilu prášku a rýchlosť častíc prášku sú dôležitými parametrami pre úspešnosť procesu. [2,3]

Naváranie laserom nanášaním pasty

Prídavný materiál viazaný v podobe pasty je kladený na substrát pred laserový lúč. Pasty je zložená z vhodného spojiva a prášku. Spojivo však musí rýchlo usychať a zároveň držať prídavný materiál v celistvej forme, aby neboli čiastočky prášku odfúknuté ochranným plynom.

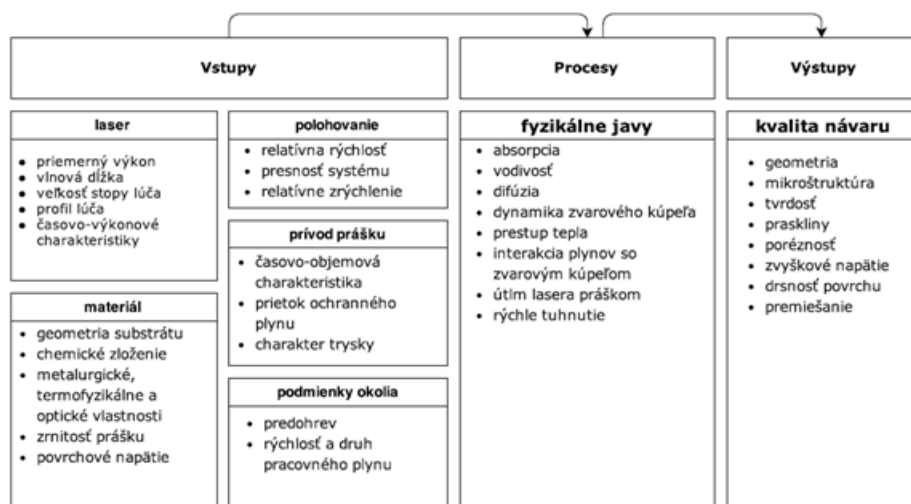


Obr. 4: Vplyv parametrov procesu navárania nanášaním pasty na kvalitu návaru [2]

Pre tento proces je potrebný špeciálny systém nanášania pasty. Existujúce implementácie takýchto systémov pastu aj chladením chránia pred tepelným žiarením zvarového kúpeľa. Tvar nánosu pasty sa riadi nanášacím objemom a posuvom substrátu za jednotku času. Pre dosiahnutie dobrej kvality návaru je potrebné tieto parametre (obr. 4) optimalizovať. Nedostatočný prívod pasty alebo príliš vysoká rýchlosť procesu spôsobuje vysokú mieru premiešania a zníženie hrúbky návaru v prípade, že je energia laserového lúča konštantná. Na druhej strane, nadbytok pasty podporuje vznik pórov pretože vyparovanie spojiva je spomalené a zvyšuje aj stratu prídavného materiálu. Nevýhodami sú: vysoká porézanosť, extrémna citlivosť procesu na rušenie a komplikovanosť podávania pasty. [2,4]

Parametre procesu a návary

Konečnú kvalitu návaru určuje široké spektrum fyzikálnych javov a operačných parametrov. Na obr.5 môžeme vidieť procesný diagram, kt. zhrňuje tieto parametre a následne ich delí do jednotlivých kategórií, a to: vstupy, procesy a výstupy. [4]



Obr. 5: Procesný diagram technológie navárania laserom [4]

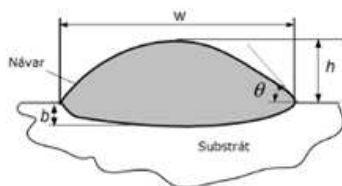
Technológie umožňujú navárať vrstvy s hrúbkou v rozsahu od 0,05 do 2 mm a minimálnou šírkou vrstvy 0,4 mm. Geometriu návaru je možné charakterizovať viacerými parametrami. Na obr.6 môžeme vidieť prierez návaru [4].

W – šírka návaru,

h – výška návaru,

b – prechodová oblasť návaru

θ – uhol naklopenia návaru



Obr. 6: Typický tvar prierezu návaru [4]

Riziká vznikajúce pri procesoch navárania laserom

Všeobecne na pracoviskách, kde sú používané laserové naváracie zariadenia je potrebné chrániť pokožku a zrak pred elektromagnetickým žiarením ako aj možným rozstrekom tekutého kovu pri samotnom procese navárania. Proti všetkým negatívnym účinkom sa dá účinne brániť, a to použitím vhodných osobných ochranných pomôcok, t.j. odevom, rukavicami, okuliarmi, zväracími kuklami a pod.

Záver

V procesoch laserového navárania je dôraz kladený najmä na efektívny systém odsávania zväracích splodín, ktoré môžu byť jedovaté až karcinogénne, kde je vhodné používať osobné ochranné prostriedky na ochranu dýchacích ciest. V neposlednom rade pri poruchách na elektrických častiach zväracích strojov je potrebné vyhnúť sa úrazom elektrickým prúdom, a to pri dotyku ľudského tela s časťami zariadenia alebo kabelážou, ktorá je pod prúdom.

Pre dodržanie noriem bezpečnosti na laserovom pracovisku je potrebná taktiež vysoká miera informovanosti pracovníkov. Po zapnutí zariadenia bezprostredne informovať osoby v blízkosti zariadenia o jeho uvedení do chodu. Pracovisko preto musí byť vyznačené výstražnými značkami, zabezpečujúcimi bezpečnosť a ochranu zdravia pri práci. [6]

Pod'akovanie

Príspevok bol spracovaný v rámci projektu VEGA 1/0600/13.

ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

- [1] GEDDA, H. 2004. Laser Cladding: An Experimental and Theoretical Investigation. 2004, 99 s. ISSN 1402-1544
- [2] LUGSCHEIDER, E. – BOLENDER, H. – KRAPPITZ, H. 1988. Laser cladding of paste bound hardfacing alloys. In: Surface Engineering, vol. 7, no. 4, s. 341-344, 1991.
- [3] NOWOTNY, S. – SCHAREK, S. – KEMPE, F. – BEYER, E. 2003. COAXn: Modular system of powder nozzles for laser beam build-up welding. In: Proceeding in ICALEO '2003, s. 190-193, 1988.
- [4] TOYSERKANI, E. – KHAJEPOUR, A. – CORBIN, S. 2004. Laser Cladding. 2004, 280 s. ISBN 0-84932-172-7
- [5] TURNA, M. 1989. Špeciálne metódy zvárania. Bratislava : ALFA, 1989, 384 s. ISBN 80-05-00097-9
- [6] STN 05 0600 Zváranie: Bezpečnostné ustanovenia pre zváranie kovov, 1993

ADRESA AUTORA:

Ing. Miroslav GREŠ, Technická univerzita v Košiciach, Strojnícka fakulta, Katedra strojárskych technológií a materiálov, Mäsiarska 74, 040 01 Košice, Slovenská republika, e-mail: miroslav.gres@tuke.sk

RECENZIA TEXTOV V ZBORNÍKU

Recenzované dvomi recenzentmi, členmi vedeckej rady konferencie. Za textovú a jazykovú úpravu príspevku zodpovedajú autori.

REVIEW TEXT IN THE CONFERENCE PROCEEDINGS

Contributions published in proceedings were reviewed by two members of scientific committee of the conference. For text editing and linguistic contribution corresponding authors.