

Oponentský posudek diplomové práce

Autor práce: **Bc. Jiří Chábera**
Název práce: **Úprava povrchu řezných materiálů laserem**
Vedoucí práce: **Ing. Pavel Zeman, Ph.D.**
Konzultant: **Ing. Tomáš Primus**

Popis předkládané práce: Práce se zabývá laserovou úpravou povrchu řezných materiálů, zejména tepelnou povrchovou úpravou břitových destiček z nepovlakovaného slinutého karbidu a následné analýzy na optickém a elektronovém mikroskopu. U vybraných vzorů proběhla i analýza tvrdosti opracovaného materiálu metodou vtlačování diamantového jehlanu (Vickers). Text je rozdělen do šesti hlavních kapitol odpovídajících bodům v zadání práce. Úvodní část obsahuje rešerše nástrojových materiálů, laserové techniky a vybrané možnosti ovlivnění nástrojových materiálů laserem. Následující kapitola je věnována experimentální části práce, a to konkrétně tepelnému ovlivnění povrchu materiálu nanosekundovým laserem a následnou analýzou povrchu. Na základě této analýzy jsou pak upraveny parametry obrábění a experiment je opakován s následnou analýzou tvrdosti povrchu. Poté již následuje stručná kapitola Závěr diplomové práce. Práce má celkem 77 stran a obsahuje 40 citací z toho pouze 18 odkazů na odbornou literaturu. Obsahově je dostačující. Práce obsahuje střední množství překlepů. Bohužel také obsahuje množství chyb a nepřesností plynoucích z neznalosti základních fyzikálních principů procesu laserového obrábění. Více v komentářích viz níže.

Splnění stanovených cílů: Hlavním stanoveným cílem práce bylo seznámit se s technologií laserové modifikace řezných materiálů a realizovat experiment. Tyto cíle byly splněny.

Připomínky k obsahu práce:

K práci mám řadu výhrad:

- Anglický abstrakt obsahuje řadu chyb, např.: sinthered místo sintered, setings místo settings, measurment místo measurement a řadu chybějících členů.
- Str. 5, popis tepelné vodivosti „*Tepelná vodivost – Schopnost odvádět teplo z ostří nože do zbytku nástroje.*“ je příliš specifický. Lepší by byla obecnější definice, například: Schopnost odvádět teplo z kontaktních ploch nástroje.
- Strana 13 kap 3.1: „*Při aplikacích laserového obrábění dochází pouze ke změně intenzity laserového paprsku a řezných parametrů*“ Tento výrok je přinejmenším neúplný. Obrábění není pouze řezání. Laserové systémy mají kromě intenzity laserového SVAZKU celou řadu dalších parametrů, které zásadně ovlivňují laserové obrábění.
- Věta ve stejném odstavci „*Obrábění či úprava povrchu materiálu laserem funguje na principu ostřelování povrchu urychlenými fotony, jejichž kinetická energie se při kontaktu s materiálem mění na energii tepelnou.*“ Svědčí o zásadním nepochopení základních fyzikálních principů laserového obrábění. Urychlují se protony, neutrony, případně jiné částice. Foton jako kvantum elektromagnetické energie se neurychluje. Stejně tak nemá kinetickou energii, tu mohou mít až

částice (např. elektron), které mohou být emitovány z materiálu (fotoelektrický jev) po absorpci energie fotonu.

- Str. 16. Věta “*Q-switch je součást, jež sbírá kontinuální paprsek a transformuje ho na pulzní s vysokým nárůstem energie*” je špatně. Jedná se o parafrázi věty z citované stránky z webu Leonardo technology. Zde bych doporučil autoru, aby si informace na internetu ověřoval z více zdrojů, nejlépe z odborné literatury. Informace uvedené na stránkách Leonardo technology jsou často naprosto zcestné a odporují základním fyzikálním principům i selskému rozumu. Q-spínač funguje na principu skokového zvýšení ztrát v rezonátoru a tím zamezení generace laserového záření. Při tom je aktivní prostředí stále buzeno a je tak možné v něm nahromadit výrazně více energie. Po dosažení maximální inverze aktivního prostředí dojde opětovným sepnutím Q-spínače ke skokovému snížení ztrát a rychlému rozvoji generace laserové záření ve formě o několik řádů kratšího pulzu (ns) o vysokém výkonu (~GW).
- Str. 21. “*Proces mikroobrábění je charakteristický krátkými laserovými pulzy s vysokým výkonem. Tyto dva parametry mají za výsledek paprsek s vysokou hustotou energie*” Hustota energie (J/cm^2) nemá souvislost s délkou pulzu. Autor zřejmě mínil hustotu výkonu neboli intenzitu (W/cm^2)
- Str. 24. Věta “*modifikací je možné více či méně dosáhnout pomocí laseru*” nepatří do diplomové práce.
- Str. 27: “*špičkovou hodnotou výkonu Peak Power a průměrnou hodnotou výkonu Average Power. V případě použití kontinuálních laserů jsou tyto hodnoty velmi podobné, ne-li stejné.*” Z definice jsou tyto hodnoty pro kontinuální laser stejné!
- Str. 28. “*Frekvence – pulzní frekvence paprsku určuje počet kmitů za sekundu vyjádřenou v hertzech (Hz). Všeobecně platí, že čím je nižší frekvence pulzů, tím je vyšší energie pulzu.* [31]“ To všeobecně určitě neplatí. Chybí zde předpoklad stejného průměrného výkonu při změnách frekvence a energie v pulzu.
- „Overlap“ má český ekvivalent. V česky psané práci, by měl být odpovídající výraz, např. překryv svazku, nebo rozteč.
- Str. 28. Věta “*Tento parametr se dělá na překrytí ve směru vodorovném na osu skenování, který je označován Sp a překrytí kolmé na tuto osu, které je označováno H.*“ nedává smysl.
- Str. 32. Autor uvádí “*Parametry nastavení laseru pro první část experimentu vychází z hodnot obrábění nalezených při rešerši.*” **V rešeršní části tyto hodnoty nejsou zmíněny!**
- Str. 32 + tabulka na str. 33. Autor zde uvádí parametr „průměr paprsku“, který v rešeršní části správně nazval jako „stopu paprsku“.
- Str. 34. “*Následně proběhlo nastavení laserového zdroje. Na zdroji bylo nastaveno vždy vypálení matice viz Obr. 22.*“ Nejedná se o nastavení laserového zdroje (tj. tvar svazku, frekvence, výkon apod.) ale o programování laserového stroje.
- Na obrázku 27, 29, chybí měřítko

V rámci celé experimentální části autor často střílí od boku různé intervaly laserových a procesních parametrů či experimentální postupy bez toho, aniž by odůvodnil, na základě čeho se pro tyto hodnoty či postupy rozhodl.

V práci chybí detailnější diskuse nad výsledky experimentů, jejich vysvětlení a diskuse nad nedostatky. Zejména diskuse nad možnými budoucími vylepšeními by byla vhodná, vzhledem k faktu, že všechny experimenty vedly ke zhoršení drsnosti povrchu, což je dle autora „v praxi, konkrétně při procesu obrábění, nepřipustné“.

Doplňující otázky:

1. Pouze u polovodičových laserů zmiňujete koherentní záření a vysvětlujete pojem koherence. Znamená to, že ostatní druhy laserů nejsou koherentní? Jaké jsou výhody koherentního záření oproti běžným zdrojům světla?
2. V rámci chemické analýzy zpracovaného povrchu zmiňujete blíže nespecifikovanou tzv. obalovou vrstvu. Čím je tato vrstva specifická? Jaký je váš typ na její původ?
3. Jakým jiným způsobem by se dala měřit drsnost povrchu u vzorků s 80% překryvem svazku z experimentu II ?
4. V rešeršní části zmiňujete že „*Tloušťka přetavené vrstvy obalu destičky by v ideálním případě měla být 0,5–0,15 μm .*“ a „*Délka těchto zrn je označována parametrem l_g (grain length) a parametrem t_g (grain thickness). Poměr parametrů l_g/t_g by se měl v ideálním případě pohybovat v intervalu od 4 do 8.*“ V experimentální části tyto hodnoty chybí. Prosím autora o doplnění experimentálních tabulek o tyto hodnoty.

Celkové hodnocení práce: Práci považuji za dobře zpracovanou. Cíle práce byly splněny. Diplomovou práci doporučuji k obhajobě a navrhuji klasifikovat známkou

Dobře (C)

V Praze 08.06. 2021

Ing. Petr Hauschwitz, Ph.D.