

ELEKTROVYJISKŘOVACÍ ZAŘÍZENÍ PRO VÝROBU MIKROSYSTÉMŮ

Electrodischarge Machine for Microsystems Production

Jan Hošek, Martin Daněk

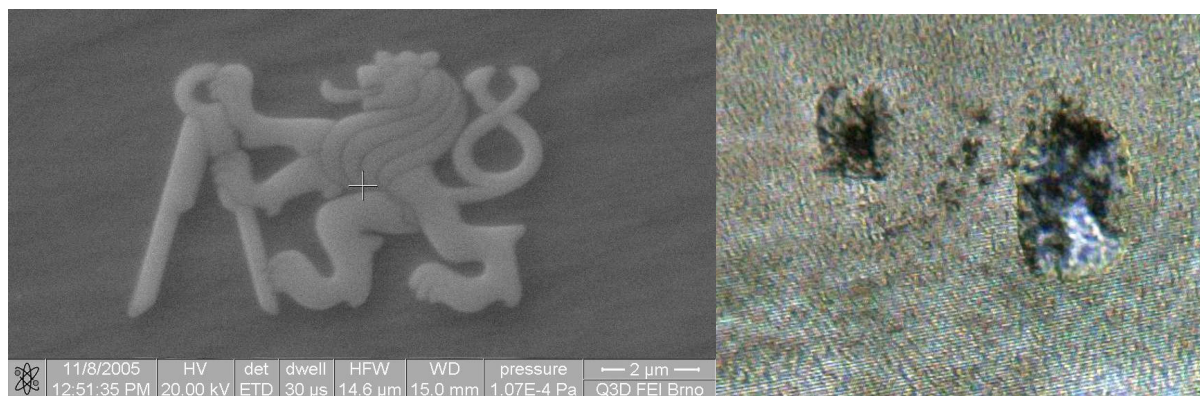
Abstrakt: Článek má za cíl prezentovat nově zakoupené elektrovyjiskřovací zařízení Sodick AP1 L a první zkušenosti s výrobou mikromechanických struktur. Jsou popsány potenciální směry využití stroje, prezentovány první výsledky obrábění a také zmíněny technické komplikace, které bude nutné při výrobě mikrosystémů technologicky řešit.

Key words: Electrodischarge machine, micromechanical systems, manufacturing, experience.

1. Úvod

Za mikromechanické struktury jsou považovány pasivní nebo aktivní funkční mechanické, případně elektromechanické systémy v rozměrech od 1 μm až několika mm. V současné době zažívá využití těchto systémů nebývalý boom a různé typy mikromechanických struktur a systémů se používají v řadě vyspělých, ale i běžných aplikací. Jako příklad lze uvést využití těchto systémů jako tiskové hlavy v inkoustových tiskárnách, senzory zrychlení v airbagech automobilů, mikrozrcátkové rozmítače v dataprojektorech, mikrofluidní systémy, mikropumpy, různé optické prvky a přepínače a řadu dalších. Pro výrobu struktur těchto rozměrů se používají různé typy technologií, jako například fotolitografie, iontové obrábění (FIB), laserové vypalování/syntrování, LIGA technologie, Ink-jet technologie a také mikroelektrovyjiskřování (μEDM) a mikrovýbrušování. Každá z těchto uvedených technologií má svá specifika, avšak jednu věc mají společnou a to značnou pořizovací cenu. Na druhou stranu bez možnosti tvorby reálných mikrostruktur, nelze experimentálně ověřovat teoretické předpoklady chování mikrostruktur, nebo je využívat pro rozvoj dalších oborů.

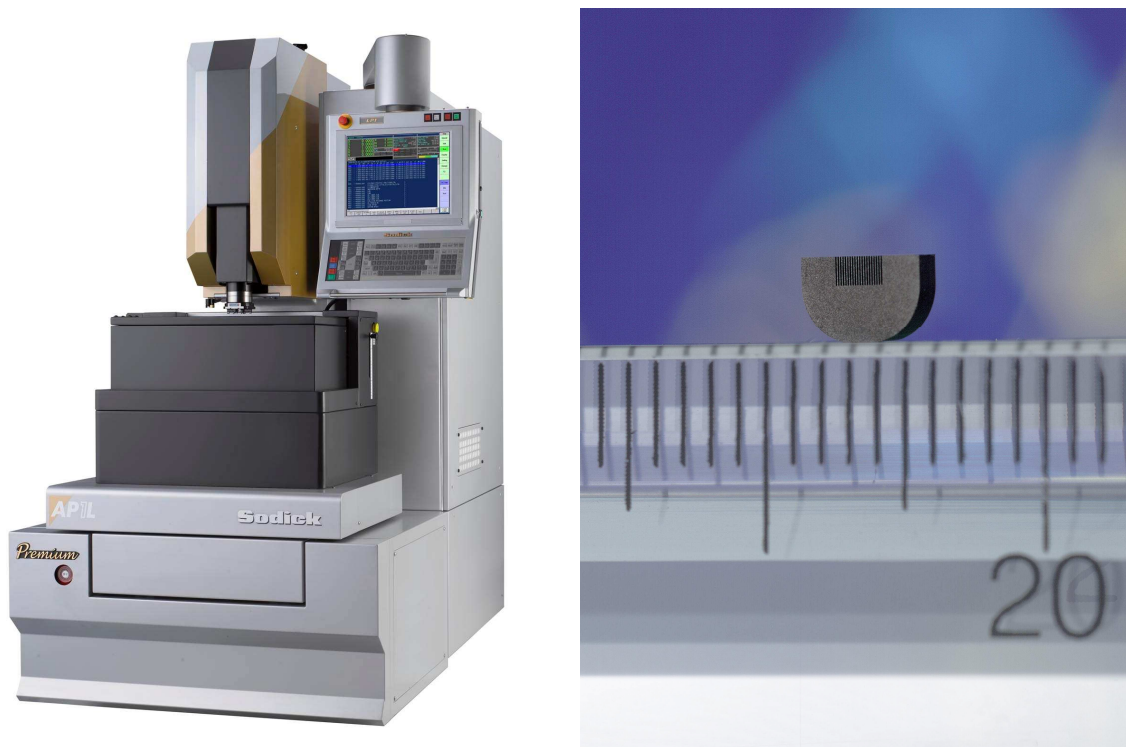
Odbor přesné mechaniky a optiky na Ústavu přístrojové a řídicí techniky fakulty strojní ČVUT se dlouhodobě zabývá návrhem a technologiemi přípravy a výroby dílů jemné mechaniky, tvorbou optických mikrostruktur (holografickými technikami), přípravou tenkých vrstev s tloušťkami desítek nm. Testuje ale také další možnosti přípravy a využití mikromechanických struktur i dalšími technologiemi, jako jsou například FIB asistovaná CVD depozice struktur a další technologie, jak je zobrazeno na obrázku 1.



Obr. 1 Znak ČVUT Pt na Fe vytvořený FIB-CVD technologií – vlevo a laserová eroze vrstvy želatiny s holograficky vytvořenými interferenčními proužky – vpravo.

2. Elektrovyjiskřovací stroj

Aby bylo možné tvorbu a využití mikrostruktur na ČVUT dále rozvíjet, byl proveden průzkum výhod a potenciálu dalšího rozvoje různých typů dostupných technologií přípravy mikrostruktur. Jako nejperspektivnější technologie pro náš další vývoj byla zvolena technologie mikroelektrovyjiskřování, která sice nedosahuje takového rozlišení jako ostatní zmiňované technologie, nicméně na rozdíl od nich umožňuje vytvářet i objemové mikrostruktury a nabízí celou řadu technologicky neprozkoumaných metod přípravy mikrostruktur, které budeme moci dále rozvíjet. V rámci rozvojového projektu ČVUT 4/10-1 pak bylo roku 2009 na základě výběrového řízení pořízeno zařízení Sodick API L, zobrazené na obrázku 2, které za pro projekt příznivou cenu nabídla firma Zenit spol. s r. o.



Obr. 2 Stroj Sodick API L s ukázkou vytvořené objemové mikrostruktury (zdroj Sodick).

3. Použití zařízení

V současné době je stroj instalován, zprovozněn a proběhla tři školení umožňující využívat všech funkcí stroje od elektroerozivního opracování velkých objemových materiálů, přes přípravu hladkých povrchů, až po realizaci mikrostruktur pomocí čelního hloubení a rotačního frézování.

Stroj umožňuje opracovávat libovolné elektricky vodivé materiály v objemu 200 x 120 x 200 mm s deklarovanou opakovatelnou přesností 2 μm v celém pracovním objemu. V závislosti na typu materiálu elektrody a obrobku dokáže také vytvářet povrchy s drsností až 0,05 Ra. Pro přípravu mikrostruktur lze použít několik strategií formování pracovní elektrody. První možností je použití nerotační broušené elektrody, kterou lze čelním nebo stranovým úběrem vytvářet výstupky o tloušťce až několik mikrometrů. Druhou možností je použití rotační ofrézované elektrody s průměrem jednotek až desítek mikrometrů, kterou lze do obrobku frézovat díry, drážky a další kontury s rozměry v hodnotách desítek mikrometrů. Několik příkladů realizovaných struktur je zobrazeno na obrázku 3.



Obr. 3 Test elektroerozivního hloubení soustavy mikroděr – vlevo, snímek připravené elektrody AgW s průměrem 26,5 μm – uprostřed, jeden z prvních testů frézování drážky 200 μm se znatelným opotřebením elektrody - vpravo.

Primárním cílem využití zakoupeného zařízení je příprava různých typů statických i dynamických objemových mikrosystémů realizujících různé funkce od mikrofluidických systémů přes difrakivní optiku až po pohyblivé mikrosystémy typu mikromanipulátorů, případně i senzorů a dalších funkcí. Na realizaci prvního takového systému intenzivně pracuje Martin Daněk v rámci řešení své bakalářské práce. Přestože jsme zařízení pořídili především pro vědeckovýzkumnou a pedagogickou činnost, parametry stroje lze samozřejmě využít i pro jeho původní komerční zaměření, tedy pro hloubení mikrootvorů například vstřikovacích trysek nebo chlazení lopatek, přípravu velmi jemných detailů plastikařských a lisovacích forem a dalšího použití. Naším hlavním záměrem ovšem bude odhalit doposud nevyužívané vlastnosti jak stroje, jako jsou mezní rozměry připravovaných mikrostruktur, tak i použité elektroerozivní technologie, zejména možnost erozivně obrábět i elektricky nevodivé materiály, případně úprava generátorů stroje pro realizaci mikrosvařování případně mikronavařování, jako jednou z cest rapid prototypingu. S tím souvisí i výzkum a vývoj souvisejících technologií jako jsou dokončovací úpravy obrobeného povrchu mikroleštěním, replikace připravených struktur a jejich hromadného kopírování a množení.

Všechny uvedené potenciální směry dalšího vývoje mikroelektroerozivní technologie tak nabízejí široké pole experimentální i teoretické práce nejen na odboru Přesné mechaniky a optiky, ale nabízejí i řadu témat ostatním odborům ústavu. Jedna z prvních zjištěných komplikací realizace mikrostruktur elektroerozivním procesem spočívá v optimalizaci řídicích

parametrů elektroerozivního procesu, kterými jsou hodnoty pracovního napětí, proudu, kapacity a délky trvání výboje a chladnutí po erozi v kombinaci s rychlostí posuvů a řízením lineárních pohonů stroje, které jsou silně závislé na kombinaci zvolených materiálů nástroje a obrobku. Přestože ovládací systém nabízí volbu uvedených řídicích parametrů v závislosti na kombinaci několika typů obráběných materiálů, již při prvních experimentech byla pozorována značná odlišnost rychlosti obrábění a opotřebení elektrod pro různé typy slitin hliníku, železa i mědi. Aplikací vhodného algoritmu expertního systému závislého na parametrech testovacího řezu by pak bylo možné optimalizovat nastavení parametrů obráběcího procesu s daleko lepšími pracovními výsledky, než při pouze obecném továrním nastavení. Stejně tak bude nutné využít i elektrotechnickou odbornost našeho ústavu pro optimalizaci snížení hodnot erozivního výkonu pracovního výboje, aby bylo možné realizovat mikrostruktury s co nejmenšími detaily.

4. Závěr

Článek prezentoval první zkušenosti s realizací mechanických mikrostruktur typu otvorů, děr, drážek a dalších, kdy bylo dosaženo obrobení elektrody na průměr 26,5 μm a délkou 1,5 mm, která byla použita pro obrobení drážky o rozměru 50 μm . Při těchto testech bylo zjištěno značné opotřebení elektrody i při továrních nastaveních doporučovaných speciálně vyškoleným technikem, což vedlo ke zhoršení tvaru obráběného profilu. Naší úpravou továrního programu, vhodně kompenzující úběr elektrody, pak bylo dosaženo obrobení drážky požadovaného tvaru za řádově menší pracovní čas a při nižším obrobení elektrody, než jaké bylo nabízeno továrními technikami. Tento sice malý, ale povzbudivý výsledek, pouze dokumentuje otevřené pole vývoje nových možností, postupů a technologií, které je umocněno skutečností, že strojů typu Sodick AP1 L je ve světě instalováno pouze 20 kusů a z toho v Evropě pouze 3 a to včetně stroje umístěného na našem ústavu.

Poděkování

Projekt byl podpořen rozvojovým projektem MŠMT ČVUT 2009/4/10-1.

Reference

- [1] www.sodick.org.