

Metody přípravy elektrod a obrobků pro elektroerozivní obrábění

Disertační práce

Petr Šindelář

ČVUT v Praze, Fakulta strojní

petr.sindelar1@seznam.cz



**FAKULTA
STROJNÍ
ČVUT V PRAZE**

Abstrakt

Elektroerozivní (EDM) obrábění je bezdotyková metoda pro obrábění vodivých materiálů. Práce shrnuje současné metody obrábění pomocí EDM a přináší metody nové. Autor pro experimenty zkonstruoval a vyrobil tři drátořezná zařízení. Pomocí těchto zařízení pak ověřil použitelnost nových metod obrábění.

Vytvořil originální zařízení používající pro obrábění průběžný měděný pásek a ověřil použitelnost tohoto zařízení. Úběr materiálu dosažený pomocí tohoto zařízení byl 15,88 krát větší, než při použití drátu stejného průřezu. Čas pro vyerození drážky dlouhé 10 mm se snížil 3,03 krát.

V práci se autor dále zabýval výrobou elektrod pro mikroobrábění. Pro tento účel vytvořil dvě samostatná zařízení, která používají průběžný drát. Aby se vypořádal s problémem vysoké ceny diamantových vodítek běžně používaných pro tento účel, navrhl autor tři typy ocelových vodítek. Funkčnost těchto vodítek pak ověřil z hlediska přesnosti a životnosti. Došel k závěru, že odchylka šířky drážek při použití těchto vodítek je +/- 3 mikrometry. A míra abraze vodítek je 4 mikrometry / hodinu provozu. Tyto odchylky jsou pro výrobu mikroelektrod přijatelné.

Úvod

Elektroerozivní obrábění (EDM) využívá k obrábění elektrického proudu. Pomocí zapínání a vypínání zdroje v mikrosekundových intervalech vytváří jiskry, které odebírají materiál. Výhodou EDM je možnost obrábět těžkoobrobitelné kovy a fakt, že do obrobku nezanáší mechanické pnutí. Nevýhodou je nízká produktivita výroby. Elektroeroze je sice přesná, ale velmi zdoluhavá.

Mezi základní způsoby EDM patří hloubení, kdy je obráběcí elektroda postupně zasunována do materiálu obrobku, až se vytvoří její negativní kopie.

Dále je to drátové řezání, využívající jako nástroj tenký drát. Drátové řezání je rychlejší než hloubení, protože se při něm obrábí pouze materiál kontury.

Mezi další důležité způsoby patří rychlé vrtání děr, které je schopno hloubit tenké otvory v rádech desítek mikrometrů za pomoci rapidního vyplachování nečistot proudem dielektrika.

U hloubení je nevýhodou, že elektroda se při obráběcím procesu opotřebovává a výsledná kontura tak není nikdy úplně přesná. U drátového řezání je nevýhodou, že drát je velmi tenký a naráz odebrá jen malé množství materiálu.

Metoda předkládaná v této disertační práci je kombinací těchto dvou metod. K obrábění používá průběžný pásek, který eliminuje nevýhody obou metod.

Při řezání drátem se běžně používají ekonomicky náročná diamantová nebo rubínová vodítka. Autor práce se rozhodl nahradit tato vodítka třemi novými typy a v této práci zkoumal jejich vliv na geometrii řezu a jejich životnost.

Cíle práce

1. Zkonstruovat a vyrobit zařízení pro obrábění pomocí průběžného pásku
2. Ověřit funkčnost zařízení při řezání tenkou a širokou stranou pásku
3. Zhodnotit zvýšení úběru materiálu a zvýšení rychlosti při řezání páskem oproti řezání drátem
4. Zkonstruovat a vyrobit zařízení pro řezání pomocí drátu
5. Vyhodnotit životnost a přesnost řezu při použití tří nových ekonomicky výhodných typů vodítek drátu

Zařízení pro obrábění průběžným páskem

Zařízení je umístěno převážně mimo obráběcí prostor EDM hloubičky Sodick APL1 (Obr. 1 vpravo), uvnitř hloubičky jsou umístěna vodítka, která drží pásek ve stále stejné pozici.

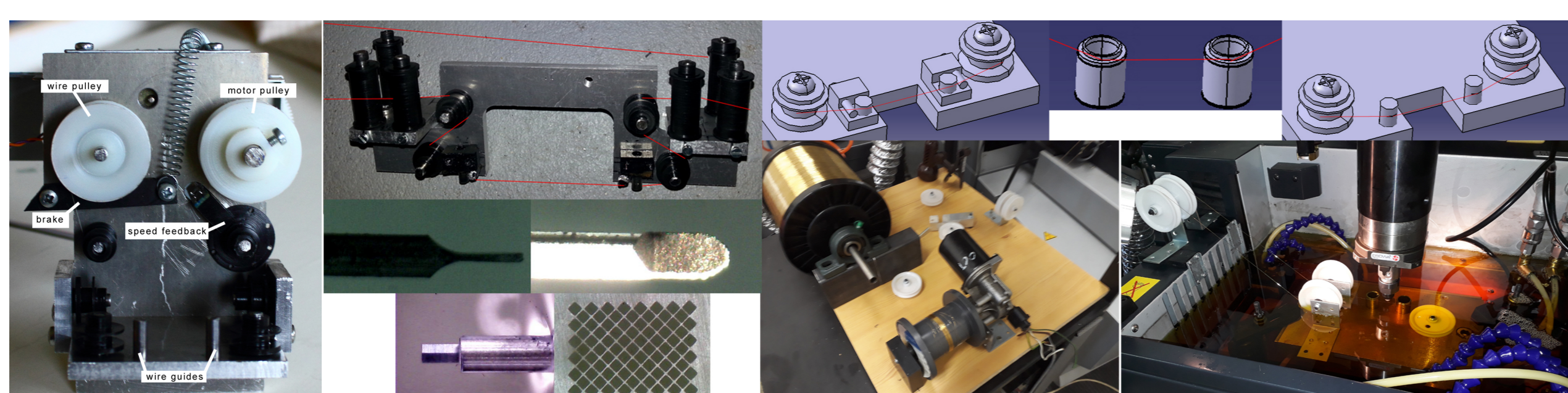


Obrázek 1: Zařízení používající průběžný pásek

Konstrukce zařízení je vyobrazena na modelu obr. 1 vlevo a vlastní realizace je vidět na obr. 1 uprostřed. Zařízení se skládá z navijáku pásku, poháněného stejnosměrným motorem. Brzda je tvořena gumovým kolem a pružinami. Vodítka jsou vyrobena z ocelového profilu jako jeden kus.

Zařízení pro obrábění drátem

Pro experimenty s EDM sestojil autor dvě drátořezná zařízení. První se umísťuje celé do prostoru stroje Sodick APIL, druhé je umístěno vně a drát je veden přes dveře stroje do místa řezu, kde je dále polohován samostatnými vodítky.



Obrázek 2: Drátořezná zařízení a zkoumané typy vodítek

V levé části obr. 2 je vyobrazeno kompaktní zařízení, které je osazeno na hliníkovém plechu a skládá se z navijecího motoru, polohovacích kladek, pevných vodítek a brzděných kladek s navinutým drátem. Vlevo nahoře je vyobrazen speciální otočný nástavec vyvinutý autorem práce, který umožňuje výrobu rotačních prvků mikroelektrod. Vlevo dole jsou vyobrazeny elektrody, vyrobené pomocí drátořezného zařízení. V pravé části obr. 2 je vidět robustní zařízení umožňující snadnou výměnu různých typů drátů. Vpravo nahoře jsou pak modely jednotlivých typů vodítek drátu zkoumaných v experimentální části práce.

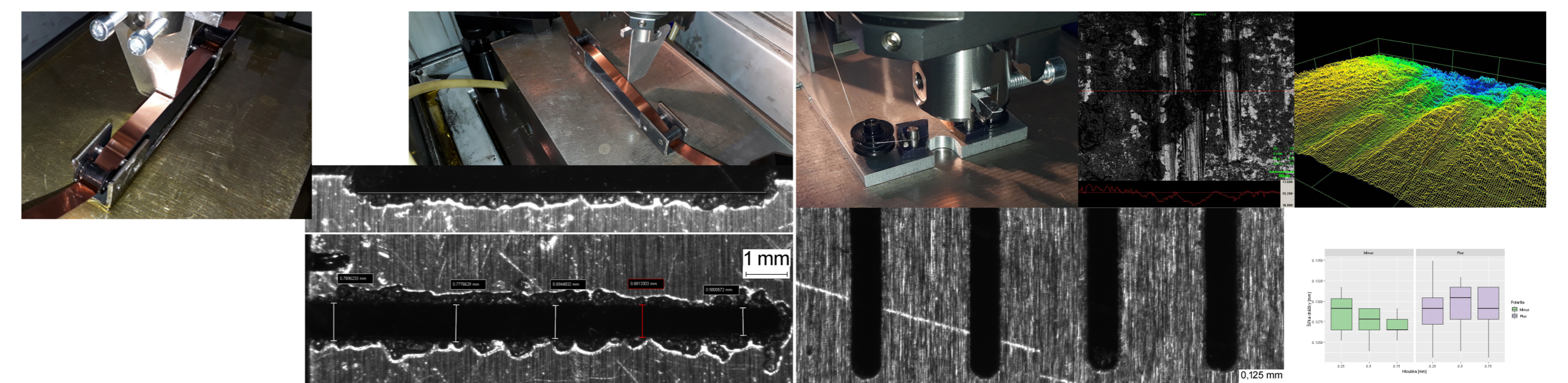
Experimenty

K ověření funkčnosti zařízení s průběžným páskem autor postupně provedl experimenty při řezání s tenkou i širokou stranou pásku (viz obr. 3).

Na obrázku 3 vlevo vidíme konfiguraci experimentu při obrábění širokou a tenkou stranou pásku. V druhé polovině levé části obrázku jsou pak zobrazeny výsledné kontury obrobku získané po obrábění.

Experiment při obrábění tenkou stranou pásku měl za účel ověřit, zda dojde k navýšení úběru materiálu a ke zkrácení obráběcího času oproti použití drátu stejného průřezu, tedy 0,1 mm. Při dosažení mezních obráběcích podmínek se drát trhá, což značně ovlivňuje produktivitu výroby. U pásku je možné nastavit výrazně vyšší podmínky obrábění a dosáhnout tak rychlejšího obrábění. Po nastavení vyšších obráběcích podmínek, které by při řezání drátu již nebylo možné použít, došlo k navýšení úběru materiálu 15,88 krát a zkrácení obráběcího času 3,03 krát.

U konfigurace při obrábění širokou stranou pásku bylo smyslem experimentu prozkoumat výslednou konturu povrchové vrstvy. Tato metoda by totiž nahrazovala EDM hloubení. Zlepšení spočívá v tom, že tvar spodní kontury vyerozovaného povrchu není ovlivněn opotřebením elektrody, protože pásek se neustále obnovuje. I přes deformace v pásku (nejedná se o kalibrováný pásek vyrobený pro EDM) vykazuje vyerozovaná drážka přijatelnou rovinnost.



Obrázek 3: V levé části experimenty s páskem, v pravé části s drátem

Pro ověření funkčnosti a životnosti nových typů ocelových vodítek autor provedl měření přesnosti drážek vyrobených drátovým řezáním. A dále pak pomocí konfokálního mikroskopu vyhodnotil opotřebením abraze.

Na obrázku 3 vpravo vidíme nejprve konfiguraci experimentu na EDM stroji, dále pak snímek profilu opotřebovaných vodítek. V dolní části obrázku vidíme snímek vyerozovaných drážek a vpravo dole je v grafu znázorněn rozptyl hodnot šířky drážek.

U všech tří typů vodítek byla naměřena směrodatná odchylka tloušťky drážky do +/- 3 mikrometrů. Jedná se o odchylku, která spadá do nejistoty měření s přístrojem Navitar Zoom 6000. Vedení drátu je tedy velmi přesné a drážky se s hloubkou nezužují, ani nerozšiřují. Byla tedy prokázána vhodnost všech tří typů vodítek pro použití při drátovém EDM řezání.

U složených vodítek bylo provedeno měření abraze pomocí 3D profilu získaného z konfokálního mikroskopu. Měření byly podrobeny všechny čtyři ocelové hřídele, z kterých se vodítka skládala. Největší míra abraze byla naměřena 4 mikrometry za hodinu. Jedná se již o znatelnou odchylku, ovšem pro výrobu elektrod, jejichž velikost je většinou v řádu stovek mikrometrů je tato odchylka přijatelná. Při znalosti opotřebení je tuto odchylku možné lineárně kompenzovat.

Zhodnocení

1. Bylo vyrobeno zařízení pro obrábění pomocí průběžného pásku.
2. Byla ověřena jeho funkčnost při řezání tenkou a širokou stranou pásku.
3. Konfigurace při řezání páskem napříč (tenkou stranou) byla použita s výrazně silnějšími podmínkami, než jaké byly možné při použití drátu 0,1 mm. Tím pádem se výrazně zvýšil úběr materiálu, a to 15,88 krát. Čas potřebný pro vyerození drážky dlouhé 10 mm se snížil 3,03 krát. Toto zlepšení je ještě možné dále navyšovat další optimalizací řezných podmínek.
4. Postupně byla vyrobena dvě zařízení pro řezání drátem. Kompaktní, které se umísťuje do pracovního prostoru EDM hloubičky, a druhé robustní, jehož navijecí a zásobníková část je umístěna mimo hloubičku. Dále byl vyroben originální otočný nástavec do vřeten hloubičky, který výrazně rozšiřuje spektrum vyrobitelných elektrod pro mikroobrábění.
5. Sérií experimentů byla vyhodnocena přesnost a životnost tří typů ocelových vodítek. Odchylka přesnosti řezu byla +/- 3 mikrometry. Míra abraze ocelových vodítek byla 4 mikrometry za hodinu, což je pro výrobu mikroelektrod přijatelná a kompenzovatelná hodnota.
6. Byly vyrobeny některé typy mikroelektrod, které by pouze pomocí hloubení nebylo možné vyrobit.

Reference

- [1] P. Šindelář. Design of a small lowcost tool for making microedm electrodes. *The Romanian Review Precision Mechanics, Optics & Mechatronics*, 41:87–89, 2012.
- [2] P. Šindelář. Manufacturing electrodes for micro edm. *The Romanian Review Precision Mechanics, Optics & Mechatronics*, 42:88–90, 2013.
- [3] P. Šindelář. Construction and use of a stripe edm tool. *The Romanian Review Precision Mechanics, Optics & Mechatronics*, 45:78–80, 2014.