

APLIKÁCIA CHLADENIA STUDENÝM VZDUCHOM PRI VÝROBE Cu ELEKTRÓD PRE ELEKTROEROZÍVNE HĽBENIE KOVÁČSKEJ FORMY

Jozef PETERKA

Autor: Doc. Dr. Ing. Jozef Peterka

Pracovisko: Katedra obrábania a montáže, Materiálovotechnologická fakulta STU

Adresa: J. Bottu 24, 917 24 Trnava, Slovensko

Tel.: 00421 33 521 061, 00421 33 521 007 kl.80, Fax: 00421 33 521 061,

E-mail: peterka@sun.mtf.stuba.sk



Abstract

This paper presents one from the ecologically methods of machining namely with machining with cooling by cold air. Till by the use of cutting fluids was favoured the improvement of quality and now are favoured the aspects of the safety environment. The development of the cutting technology with cooling by input of cold air supports these ecological aspects to. The cold air is new cutting medium. This method is developed and is in the stage of additional research. For achievement of cold air are a few possibilities. At our workplace were made machining experiments in which cooling by the help of whirling tube were examined. The whirling tube makes possible to reach the extreme low (arctic) temperatures (-6 to -36°C). In the following sections I would like to present the results of literary author (cooling by cold air in milling by end mill) and actual experiences and our results by using of this equipment by copy milling of copper shaped electrode. Better course of cutting process and roughness of surface were confirmed. Application of cooling by cold air is also appropriate for machining of shaped copper surfaces.

Key words

whirling, electrodes, electroerosive excavating, blacksmithing, machining, cutting, milling

chladenie, elektródy, hĺbenie elektroerozívne, kováčstvo, obrábanie, rezanie, frézovanie

Úvod

Aktuálne trendy dnes sprísňujú kontrolu pre ekologickú produkciu, ktorá je zakotvená v norme ISO 14000 a iných predpisoch. Týmto sa môže zaručiť bezpečnosť a ochrana životného prostredia aj v podmienkach strojárkej výroby obrábaním. Dnes hovoríme o týchto smeroch ekologicky prijateľnom obrábaní:

- recyklácia a znova použitie konvenčných rezných kvapalín,
- obrábanie ekologickými reznými kvapalinami,
- obrábanie s minimálnym množstvom rezného média,
- obrábanie s chladením prívodom studeného vzduchu,
- obrábanie bez použitia rezného média tzv. suché obrábanie.

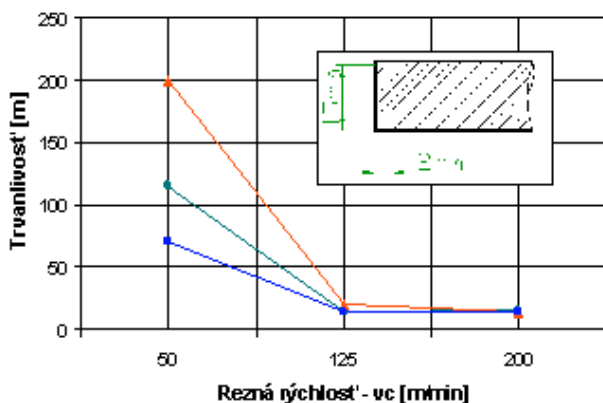
Doteraz sa pri obrábaní kládol dôraz na zlepšenie kvality produkcie a zníženie nákladov, ale dnes sa už vyzdvihujú aj aspekty životného prostredia. K týmto aspektom prispieva aj vývoj technológií použitím chladenia studeným vzduchom.

Obrábanie s chladením prívodom studeného vzduchu

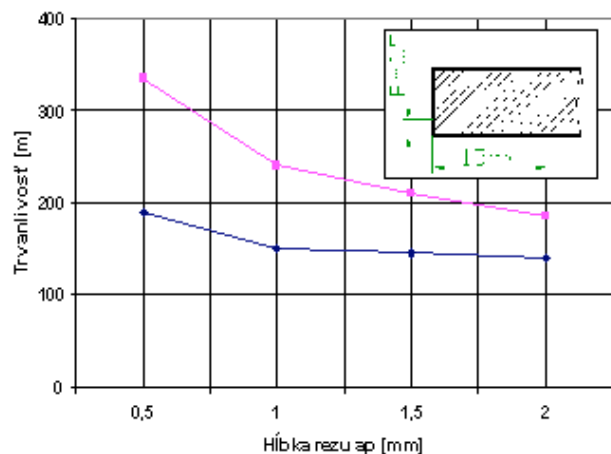
Obrábanie studeným vzduchom (v porovnaní s MQL obrábaním t. j. Minimum Quantity Liquid Machining - obrábanie s minimálnym množstvom reznej kvapaliny) je zamerané na znížovanie tepla chladením. Použitie by malo mať v takých prípadoch kde metódy MQL sú nepostačujúce najmä pre obrábanie materiálov s vysokým vývinom tepla. Preto sa objavila metóda obrábania s chladením studeným vzduchom. Teploty vznikajúce v procese rezania sú pri chladení vzduchom znížené prostredníctvom prúdu studeného vzduchu s teplotou pod bod mrazu v extrémnych prípadoch až na teplotu -30°C resp. -45°C . Tejto technike sa venuje v poslednom období veľká pozornosť. Studený prúd vzduchu pomáha zlepšiť rezný proces. Chladenie studeným vzduchom je však v štádiu vývoja.

Chladenie studeným vzduchom pri frézovaní stopkovou frézou

V tejto podkapitole budú stručne uvedené výsledky, ktoré boli publikované v článku [1]. Grafické výsledky sú na obr.1 a obr.2. Podľa obr.1 sa ukázalo 1,5 násobné zvýšenie trvanlivosti reznej hrany pri chladení studeným vzduchom oproti chladeniu reznou kvapalinou pri rezných rýchlostiach v_c okolo $50 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$. Naproti tomu pri rýchlostiach nad $125 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ vplyv rezného prostredia na trvanlivosť reznej hrany sa neprejavil. V prípade obr. 2 je zrejmé zvýšenie trvanlivosti reznej hrany v oblasti malých hĺbok rezu. Pri $a_p = 0,5 \text{ mm}$ sa trvanlivosť zvýšila približne na polovicu. Pri väčších hĺbkach rezu $a_p = 2 \text{ mm}$ vidieť nepatrné rozdiely trvanlivostí.



Obr. 1 T - v_c závislosť



Obr. 2 T - a_p závislosť

Modrá – chladenie reznou kvapalinou
 Zelená – chladenie stlačeným vzduchom
 Červená – chladenie studeným vzduchom -30°C
 Modrá – studený vzduch -30°C
 Fialová – studený vzduch -45°C

Chladenie použitím vírvej trubice

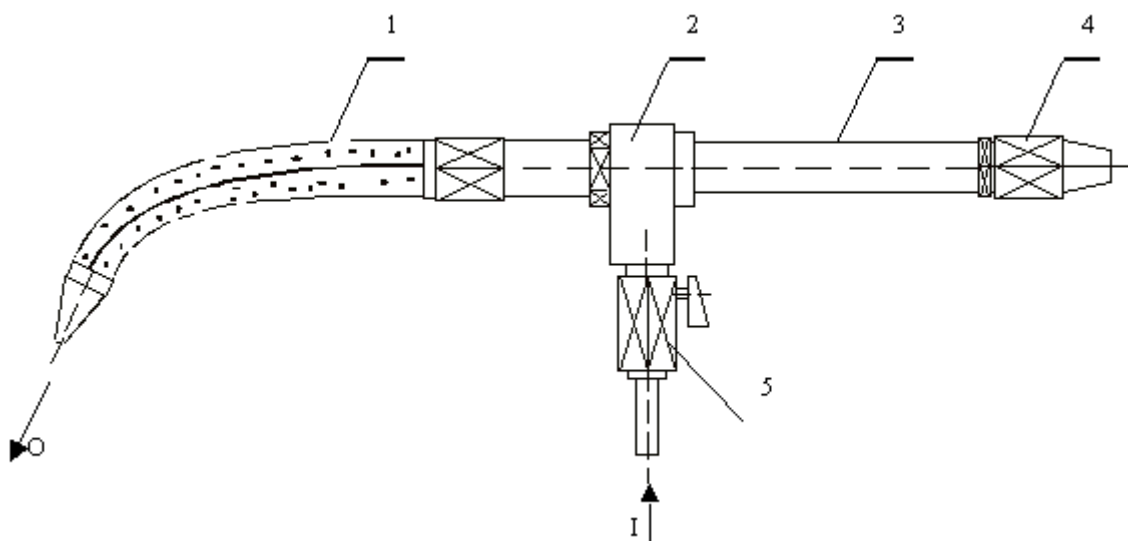
Na našom pracovisku sme začali skúšať obrábanie pomocou chladného vzduchu. V rámci riešenia projektu Inco-copernicus bolo zakúpené zariadenie - tzv. vírivá trubica, ktorá umožňuje dosiahnuť extrémne nízke teploty. V nasledujúcom uvedieme doterajšie skúsenosti a výsledky

dosiahnuté použitím tohoto zariadenia. V tab.1 sú uvedené údaje o možnej dosahovanej teplote na výstupe O – output pri rôznych hodnotách tlaku privádzaného vzduchu z rozvodu obr.3 poz.4.

PRIBLIŽNÁ VÝSTUPNÁ TEPLOTA STUDENÉHO VZDUCHU
PRI VSTUPNEJ TEPLOTE +21°C [5]

Tabuľka 1

Vstupný tlak Vzduchu [bar]	Podiel chladenia - nastaviteľný regulačným ventilom poz. 4		
	25%	50%	75%
3	- 31	- 22	- 6
4	- 35	- 25	- 8
5	- 39	- 28	- 10
6	- 42	- 31	- 11
7	- 46	- 34	- 13



Obr. 3 Schéma vírivej chladiacej trubice

*I – input – vstup stlačeného vzduchu z rozvodu, O – output - výstup chladného vzduchu,
1 – hadica s tryskou, 2 - nepohyblivý generátor, 3 – vírivá trubica, 4 – regulačný ventil podielu
chladenia,
5 – vstupný ventil*

Vírivá trubica

Princíp chladenia vírivou trubicou je založený na rozdelení štandardného vzduchu v rozvode na studený a teplý prúd. Tlakový vzduch vstupuje (cez prívod I-input obr. 3) do tangenciálne navítaného otvoru poz. 2 – tzv. nepohyblivý generátor, ktorý tlačí teplý vzduch pozdĺž vnútornej steny trubice poz. 3 v smere regulačného ventilu poz.4 (vzduch dosahuje až rýchlosť zvuku). Časť vzduchu unikne cez regulačný ventil poz. 4 a ostatný vzduch je nútené vedený stredom trubice poz. 3 späť pričom dochádza k jednoduchej tepelnej výmene. Vnútrošná pomalšia vzduchová špirála odovzdá teplo vonkajšej rýchlejšej vzduchovej špirále. Takto

upravená vnútorná špirála vzduchu prechádza cez nepohyblivý generátor poz. 2 a dostáva sa cez hadicu s triskou poz. 1 na výstup O.

Výroba tvarových elektród z Cu s chladením použitím vírivej trubice

Problém

Obrábanie technicky čistej medi z hľadiska procesu rezania zahrňujeme do kategórie obrábania nízkotavitelných materiálov kde najmä pri vyšších rezných rýchlostiach sa rýchlo vytvorí Cu-nárastok na reznom kline. Tak isto ho pozorujeme na obrobenom povrchu, ktorý takto zhoršuje kvalitu obrobených plôch. Problém sa znásobuje keď máme v úmysle obrábať tvarovú plochu kde je veľký rozptyl rezných rýchlostí.

Úloha

Vyskúšať a porovnať možnosti chladenia studeným vzduchom pre obrábanie technicky čistej medi. V tomto experimente bola sledovaná drsnosť obrobeného povrchu pri dvoch hodnotách maximálnej reznej rýchlosti v závislosti od nasledovného rezného prostredia: bez chladenia t.j. za sucha, fúkanie stlačeného vzduchu s teplotou okolia dielne 18 až 20°C, chladením studeným vzduchom s teplotou -2 až -5°C.

Podmienky experimentu

Obrábací stroj:	Univerzálna frézovačka CNC Deckel FP2A,
Nástroj:	Kopírovacia fréza D=10mm, SK Walter,
Obrobok:	Tvarová Cu elektróda,
Stratégia frézovania:	Raster v smere osi X a -X, krok prekrytia $a_c=0,07\text{mm}$,
Model:	obr. 4, bol vytvorený v CAD systéme PowerShape,
NC program:	bol generovaný v CAM systéme PowerMill,
Hĺbka frézovania:	konštantná $a_p = 0,3\text{mm}$,
Rýchlosť posuvu:	$v_f = 846 - 1280 \text{ mm/min}$,

Pre vzorky: N.2, N.3, N.4a

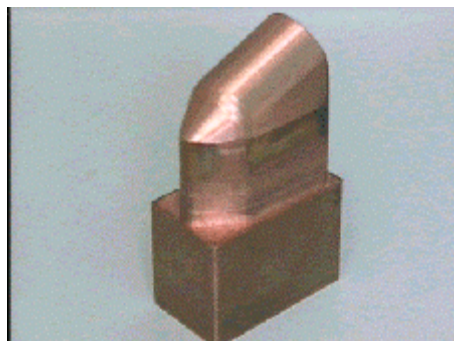
Otáčky vretena: $n = 2600 / \text{min}$, $n = 30\,000 / \text{min}$,

Rezná rýchlosť: $v_c = 0 - 81,679 \text{ m/min}$,

Pre vzorky: N.1a, N.1b

Otáčky vretena: rýchlootáčková hlava

Rezná rýchlosť: $v_c = 0 - 942,45 \text{ m/min}$,



Obr. 4 Model tvarovej medenej elektródy

Grafické vyhodnotenie experimentu

Zariadenia použité pri vyhodnotení experimentu: Mikroskop s CCD kamerou CC-8703 HIRES 1/3“ Panasonoc chip HIGH RESOLUTION, Drsnomer Surftronic 3+ Taylor Hobson, Odporový teplomer - Technoterm 9500.

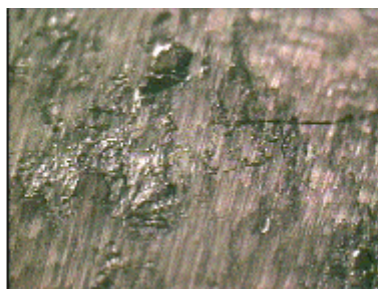
Výsledky experimentu boli zdokumentované meraním drsnosti obrobeného povrchu na všetkých vzorkách v mieste lesklého pásiku na obr. 4 a zapísané do tabuľky tab. 2.

Na obr. 5 až obr. 7 sú uvedené grafické snímky obrobeného povrchu zosnímané CCD kamerou. Rezná rýchlosť pre tieto vzorky bola $v_C = 0 - 81,679$ m/min t.j. aplikovali sme konvenčné rezanie z pohľadu dosahovaných rezných rýchlostí.

Konvenčné rezanie: $v_C = 0 - 81,679$ m/min.



Obr.5 Vzorka N.2
Suché obrábanie



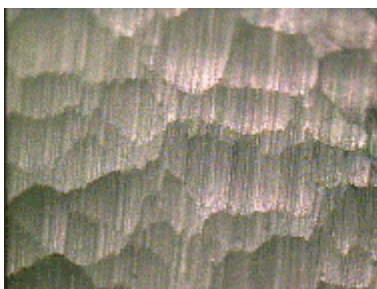
Obr.6 Vzorka N.3
*Fúkaný vzduch
s teplotou okolia*



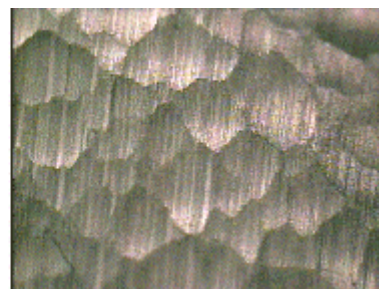
Obr.7 Vzorka N.4a
*Studený vzduch
s teplotou -2 až -5°C*

Na obr. 8 a obr. 9 sú uvedené grafické snímky obrobeného povrchu zosnímané CCD kamerou. Rezná rýchlosť pre tieto vzorky bola $v_C = 0 - 942,45$ m/min tzn. podľa [2] pre obrábanie medi sme boli v oblasti vysokorýchlostného rezania.

Vysokorýchlostné rezanie: $v_C = 0 - 942,45$ m/min.



Obr.9 Vzorka N.1a
Suché obrábanie



Obr.10 Vzorka N.1b
*Studený vzduch
s teplotou -2 až -5°C*

Rezné médium	$v_C = 0 - 81,679 \text{ m/min,}$		$v_C = 0 - 942,45 \text{ m/min,}$	
	Číslo vzorky	Ra [μm]	Číslo vzorky	Ra [μm]
Za sucha	N.2	4,78	N.1b	2,07
Fúkaný vzduch	N.3	1,86	--	--
Studený vzduch -2 až -5°C.	N.4a	0,79	N.1a	1,92
Teoretická drsnosť	--	0,03	--	0,03

Slovný komentár k nameraným výsledkom

Z nameraných hodnôt drsnosti povrchu tab. 2 (ale i vizuálne obr. 5 až obr. 7) vidíme, že pre prípad použitej konvenčnej reznej rýchlosti bola drsnosť obrobeného povrchu výrazne rozdielna pre rôzne použité médiá. Najlepšia drsnosť sa dosiahla pri chladení studeným vzduchom, ktorý zabránil vzniku nárostku na obrobenom povrchu a odvádzal zohriatu triesku z povrchu obrobku. Pri použití len fúkaného stlačeného vzduchu s teplotou okolia bola trieska rýchlo odvádzaná z miesta rezu, vznikajúca teplá trieska nemala čas sa nalepiť na obrobený povrch a nárostok sa objavil len v malej miere. Naopak pri obrábaní bez chladenia a bez fúkania vznikalo veľké množstvo nárostku a obrobený povrch vykazoval veľmi zlú drsnosť.

Iná situácia bola pri obrábaní pre prípad dosahovaných vysokých rezných rýchlostí (obr. 9 a obr.10). Drsnosť povrchu pri obrábaní bez chladenia a pri obrábaní chladným studeným vzduchom je prakticky rovnaká. Potvrďuje sa tak poznatok, že pri veľkých rezných rýchlostiach vplyv rezného prostredia na drsnosť obrobeného povrchu teoreticky neexistuje. Prakticky pre náš prípad je evidentné zlepšenie drsnosti obrobeného povrchu.

Pre dosiahnutie ešte lepších hodnôt drsnosti by bolo pravdepodobne potrebné privádzať chladnejší vzduch s ešte nižšími teplotami pod -10 a viac $^{\circ}\text{C}$ (ako uvádza literatúra [1]). Dosiahnutie takýchto extrémne nízkych teplôt si vyžaduje upravovať stlačný vzduch v rozvode a to čistením (filtráciou), odlučovaním vody vo vzduchu a následným sušením. Zariadenia na odlučovanie a sušenie sa zaradia do rozvodu ešte pred prívodom vzduchu do vírivej trubice.

Záver

Nevýhoda vírivej trubice je, že pre dosiahnutie extrémne nízkych teplôt vyžaduje upravovaný vstupný vzduch (odlúčenie vlhkosti a sušenie). Ďalšou nevýhodou je zvýšená hladina hluku najmä pri maximálnom prietoku vzduchu, kde studeným prúdom vzduchu v trubici dosahuje až rýchlosť zvuku. Situácia sa dá zlepšiť použitím tlmenia – prídavné zariadenie, ktoré sa namontuje na vírivú trubicu obr.3 poz. 3.

U chladného vzduchu je možné oceniť to, že nevznikajú škodliviny ako pri obrábaní s reznou kvapalinou alebo s minimálnym množstvom reznej kvapaliny napr. rozprášená hmla a pod. Chladenie studeným vzduchom je výhodné aplikovať pri obrábaní nízkotavitelných materiálov pri nízkych rezných rýchlostiach. Takisto je vhodné aplikovať pri kopírovanom frézovaní tvarových plôch, kde je síce veľký rozptyl reznej rýchlosti, ale v značnej miere zabraňuje vzniku nárostku a jeho nalepovaniu na tvarové plochy a tým pomáha dosiahnuť lepšej drsnosti obrobených povrchov.

Literatúra:

- [1] NAKAGAWA , H. Umweltfreundliche Trockenbearbeitung bei Minimalmengen-Schmierung. In *Werkstatt und Betrieb*, Jahr. 132 , No.5, 1999, ISSN 0043-2792, München: Carls Hanser.
- [2] SCHULTZ, H. , CEBALO, R. High Speed Machining. *Proc. 3rd Int. Conf. On Production Engineering CIM95*. Zagreb: Croatia, Academy of Sciences and Arts, 23-24.11.1995, p. XI-XXVI.