

## Záverečná karta projektu

Názov projektu Evidenčné číslo projektu **APVV-16-0057****Výskum unikátnej metódy úpravy mikrogeometrie rezných hrán plazmovým leštením v elektrolyte pre zvýšenie trvanlivosti rezných nástrojov pri obrábaní ťažkoobrobiteľných materiálov**Zodpovedný riešiteľ **prof. Ing. Alexander Čaus, DrSc.**Príjemca **Slovenská technická univerzita v Bratislave -  
Materiálovotechnologická fakulta, Trnava**

### Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený

Slovenská technická univerzita v Bratislave

### Názov a štát zahraničného pracoviska, ktoré spolupracovalo pri riešení

Západočeská univerzita v Plzni, Česká republika - rektifikácia nástrojov (fréz) a meranie polomeru zaoblenia reznej hrany.

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Česká - rektifikácia nástrojov (fréz) a meranie polomeru zaoblenia reznej hrany.

Masam, s.r.o., Slovensko - rektifikácia nástrojov (fréz) a meranie polomeru zaoblenia reznej hrany.

Pramet Tools, s.r.o., Česká republika - rektifikácia nástrojov (SVRP), dodanie SVRP rektifikovaných rôznymi metódami a meranie polomeru zaoblenia reznej hrany.

### Udelené patenty/podané patentové prihlášky, vynálezy alebo úžitkové vzory, ktoré sú výsledkami projektu

1 JURINA, František - PETERKA, Jozef - BOŽEK, Pavol - REPKO, Alexander. Zariadenie pre automatický zber údajov o vybraných vlastnostiach reznej kvapaliny : prihláška úžitkového vzoru č. 35-2020, dátum podania prihlášky: 24.03.2020, dátum zverejnenia prihlášky: 24.03.2021, Vestník ÚPV SR č. 06/2021, stav: platný, zapísaný ÚV č. 9240

### Najvýznamnejšie publikácie (knihy, články, prednášky, správy a pod.) zhrňujúce výsledky projektu – uveďte aj publikácie prijaté do tlače

1 KURUC, Marcel. Rotary Ultrasonic Machining. Application for Cutting Edge Preparation. 1. vyd. Springer International Publishing, 2021 ; Cham. 104 s. Manufacturing and Surface Engineering.

2 CHAUS, Alexander - BRAČÍK, Matej - SAHUL, Martin - DOMÁNKOVÁ, Mária. Microstructure and properties of M2 high-speed steel cast by the gravity and vacuum investment casting. In Vacuum. Vol. 162, (2019), s. 183-198. ISSN 0042-207X (2019: 2.906 - IF, Q2 - JCR Best Q, 0.673 - SJR, Q1 - SJR Best Q). V databáze: DOI: 10.1016/j.vacuum.2019.01.041 ; SCOPUS: 2-s2.0-85060892168 ; CC: 000461727600027 ; WOS: 000461727600027.

3 CHAUS, Alexander - MAKSIMENKO, A.V. - FEDOSENKO, N. N. - ČAPLOVIČ, Ľubomír - MYSHKOVETS, V. N. Formation of Structure of a High-Speed Steel upon Laser Surface

- Melting. In *Physics of metals and metallography*. Vol. 120, iss. 3 (2019), s. 269-277. ISSN 0031-918X (2019: 1.064 - IF, Q3 - JCR Best Q, 0.481 - SJR, Q2 - SJR Best Q). V databáze: DOI: 10.1134/S0031918X19030049 ; SCOPUS: 2-s2.0-85066304274 ; WOS: 000469771100009 ; CC: 000469771100009.
- 4 CHAUS, Alexander - MAKSIMENKO, A.V. - FEDOSENKO, N. N. - ČAPLOVIČ, Ľubomír - MYSHKOVETS, V. N. Formation of structure of an annealed high-speed steel upon laser surface melting. In *Physics of metals and metallography*. Vol. 120, iss. 4 (2019), s. 371-377. ISSN 0031-918X (2019: 1.064 - IF, Q3 - JCR Best Q, 0.481 - SJR, Q2 - SJR Best Q). V databáze: DOI: 10.1134/S0031918X19040033 ; SCOPUS: 2-s2.0-85066824480 ; WOS: 000470227000010 ; CC: 000470227000010.
- 5 CHAUS, Alexander - BRACÍK, Matej - ČAPLOVIČ, Ľubomír. Interaction between ceramic molds and high-speed steel during gravity and vacuum investment casting. In *Journal of Materials Engineering and Performance*. Vol. 28, iss. 8 (2019), s. 1-16. ISSN 1059-9495 (2019: 1.652 - IF, Q3 - JCR Best Q, 0.503 - SJR, Q2 - SJR Best Q). V databáze: WOS: 000483700500025 ; CC: 000483700500025 ; SCOPUS: 2-s2.0-85070582968.
- 6 CHAUS, Alexander - SAHUL, Martin. On origin of delta eutectoid carbide in M2 high-speed steel and its behaviour at high temperature. In *Materials Letters*. Vol. 256, (2019), s. 1-5. ISSN 0167-577X (2019: 3.204 - IF, Q2 - JCR Best Q, 0.753 - SJR, Q1 - SJR Best Q). V databáze: DOI: 10.1016/j.matlet.2019.126605 ; SCOPUS: 2-s2.0-85071859070 ; WOS: 000489719300015 ; CC: 000489719300015.
- 7 CHAUS, Alexander - BRACÍK, Matej - SAHUL, Martin - TITTEL, Viktor. High-Temperature Transformation of Carbides in Skeleton Eutectic and Delta-Eutectoid of Cast High-Speed Steel. In *Metal Science and Heat Treatment*. Vol. 62, iss. 7-8 (2020), s. 489-497. ISSN 0026-0673 (2020: 0.757 - IF, Q4 - JCR Best Q, 0.273 - SJR, Q3 - SJR Best Q). V databáze: DOI: 10.1007/s11041-020-00590-5 ; SCOPUS: 2-s2.0-85096778427 ; WOS: 000593404100007 ; CC: 000595071100011.
- 8 CHAUS, Alexander - SITKEVIČ, M.V - POKORNÝ, Peter - SAHUL, Martin - HARŠÁNI, Marián - BABINCOVÁ, Paulína [Zacková, Paulína]. Wear resistance and cutting performance of high-speed steel ball nose end mills related to the initial state of tool surface. In *Wear*. Vol. 472-473, (2021), s. 1-9. ISSN 0043-1648 (2020: 3.892 - IF, Q1 - JCR Best Q, 1.205 - SJR, Q1 - SJR Best Q). V databáze: DOI: 10.1016/j.wear.2021.203711 ; SCOPUS: 2-s2.0-85101266791 ; WOS: 000684521200001 ; CC: 000684521200001.
- 9 CHAUS, Alexander - DOMÁNKOVÁ, Mária. Unknown high-speed steel. In *Materials Letters*. Vol. 292, (2021), s. 1-13. ISSN 0167-577X (2020: 3.423 - IF, Q2 - JCR Best Q, 0.755 - SJR, Q1 - SJR Best Q). V databáze: DOI: 10.1016/j.matlet.2021.129653 ; SCOPUS: 2-s2.0-85102971459 ; WOS: 000639094100014.
- 10 CHAUS, Alexander - SAHUL, Martin - MORAVČÍK, Roman - SOBOTA, Róbert. Role of microstructural factor in wear resistance and cutting performance of high-speed steel end mills. In *Wear*. Vol. 474, (2021), s. 1-18. ISSN 0043-1648 (2020: 3.892 - IF, Q1 - JCR Best Q, 1.205 - SJR, Q1 - SJR Best Q). V databáze: DOI: 10.1016/j.wear.2021.203865 ; WOS: 000640376100002 ; CC: 000640376100002 ; SCOPUS: 2-s2.0-85109559732.
- 11 KOLESNYK, Vitalii - PETERKA, Jozef - KURUC, Marcel - ŠIMNA, Vladimír - MORAVČÍKOVÁ, Jana - VOPÁT, Tomáš - LISOVENKO, Dmytro. Experimental study of drilling temperature, geometrical errors and thermal expansion of drill on hole accuracy when drilling CFRP/Ti alloy stacks. In *Materials [elektronický zdroj]*. Vol. 13, iss. 14 (2020), s. 1-17. ISSN 1996-1944 (2020: 3.623 - IF, Q1 - JCR Best Q, 0.682 - SJR, Q2 - SJR Best Q). V databáze: DOI: 10.3390/ma13143232 ; SCOPUS: 2-s2.0-85088501724 ; WOS: 000556719600001 ; CC: 000556719600001.
- 12 KURUC, Marcel - PETERKA, Jozef. Behavior of Rotary Ultrasonic Machining of Ceramic Materials at a Wide Range of Cutting Speeds. In *Machines*. Vol. 9, iss. 8 (2021), s. 1-13. ISSN 2075-1702. V databáze: DOI: 10.3390/machines9080164 ; SCOPUS: 2-s2.0-85113145323 ; WOS: 000689591700001 ; CC: 000689591700001.
- 13 KURUC, Marcel - VOPÁT, Tomáš - PETERKA, Jozef - NECPAL, Martin - ŠIMNA, Vladimír - MILDE, Ján - JURINA, František. The Influence of Cutting Parameters on Plastic Deformation and Chip Compression during the Turning of C45 Medium Carbon Steel and 62SiMnCr4 Tool Steel. In *Materials*. Vol. 15, iss. 2 (2022), s. 1-18. ISSN 1996-1944 (2020: 3.623 - IF, Q1 - JCR Best Q, 0.682 - SJR, Q2 - SJR Best Q). V databáze: DOI: 10.3390/ma15020585.
- 14 VOPÁT, Tomáš - PODHORSKÝ, Štefan - SAHUL, Martin - HARŠÁNI, Marián. Cutting

edge preparation of cutting tools using plasma discharges in electrolyte. In NEW SZP GEN: Journal of Manufacturing Processes. Vol. 46, (2019), s. 234-240. ISSN 1526-6125 (2019: 4.086 - IF, Q2 - JCR Best Q, 1.294 - SJR, Q1 - SJR Best Q). V databáze: DOI: 10.1016/j.jmapro.2019.08.033 ; SCOPUS: 2-s2.0-85072586430 ; WOS: 000493221100022 ; CC: 000493221100022.

15 VOPÁT, Tomáš - SAHUL, Martin - HARŠÁNI, Marián - VORTEL, Ondrej - ZLÁMAL, Tomáš. The tool life and coating-substrate adhesion of AlCrSiN-coated carbide cutting tools prepared by LARC with respect to the edge preparation and surface finishing. In NEW SZP GEN: Micromachines. Vol. 11, iss. 2 (2020), s. 1-18. ISSN 2072-666X (2020: 2.891 - IF, Q2 - JCR Best Q, 0.575 - SJR, Q2 - SJR Best Q). V databáze: DOI: 10.3390/mi11020166 ; SCOPUS: 2-s2.0-85081162788 ; WOS: 000520181500055 ; CC: 000520181500055.

### **Uplatnenie výsledkov projektu**

Výsledky projektu môžu násiť významné uplatnenie nielen v priemyselnej praxi, kde je možné poznatky priamo aplikovať pri obrábaní ťažkoobrobiteľných materiálov, ale aj pri aplikovanom výskume - najmä pri skúmaní ďalších efektívnejších a produktívnejších metód rektifikácie a riadeného zaobľovania reznej hrany, problematikou povlakovania rektifikovaných nástrojov a pod. Riešiteľský kolektív má ambíciu naďalej pokračovať v riešení čiastkových úloh a problémov spojených s rektifikáciou reznej hrany.

### **Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v slovenskom jazyku (max. 20 riadkov)**

V projekte bolo stanovených desať cieľov, ktoré na seba nadväzovali v časovej postupnosti. Z hľadiska cieľa 1 bol navrhnutý a otestovaný postup úpravy rezných hrán nástrojov metódou PVE, pre vytváranie ich zaobľenia.

Z hľadiska cieľa 2 bol objasnený princíp úberu materiálu zo spekaných karbidov ponorených v elektrolite pri pôsobení plazmových výbojov.

Z hľadiska cieľa 3 bol objasnený a potvrdený vplyv použitých vstupných parametrov na vytváranie zaobľenia rôznych veľkostí na rezných hranách nástrojov.

Z hľadiska cieľa 4 boli na základe experimentov stanovené optimálne hodnoty parametrov, pri ktorých dochádza k riadenému a rovnomernému zaobľovaniu rezných hrán pri rektifikácii rezných nástrojov metódou PVE.

Z hľadiska cieľa 5 možno konštatovať, že z hľadiska porovnania metód rektifikácie reznej hrany pri obrábaní nástrojmi s rôznym polomerom zaobľenia, dosahovali najlepšiu trvanlivosť nástroje, ktorých zaobľenie reznej hrany bolo vytvorené metódou omieľania.

Z hľadiska cieľa 6 boli stanovené závislosti trvanlivosti rezného nástroja ako funkcie polomeru zaobľenia reznej hrany.

Z hľadiska cieľa 7 boli určené závislosti parametra drsnosti povrchu ako funkcie polomeru zaobľenia reznej hrany.

Z hľadiska cieľa 8 boli určené závislosti veľkosti rezných síl ako funkcie polomeru zaobľenia reznej hrany.

Z hľadiska cieľa 9 boli porovnané nástroje s rôznym polomerom zaobľenia reznej hrany ktoré boli rektifikované rovnakou metódou a bola zistená vhodná veľkosť zaobľenia reznej hrany pre ťažkoobrobiteľné materiály.

Z hľadiska cieľa 10 nebolo možné zistiť aplikovateľnosť PVE metódy v priemysle z dôvodu problematickej adhézie nanoseného povlaku. Podrobné objasnenie a odstránenie príčin nízkej príľnavosti povrchu na nástrojoch rektifikovaných metódou PVE je aj naďalej predmetom ďalšieho výskumu.

Ciele 1-5 a cieľ 9 boli kompletne splnené. Ciele 6-8 boli splnené, avšak získané výsledky neboli ešte kompletne spracované a vyhodnotené.

Cieľ 10 bol splnený čiastočne z dôvodu neočakávaných problémov s adhéziou povlaku.

### **Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v anglickom jazyku (max. 20 riadkov)**

There were ten objectives set in the project which were chronologically connected.

Objective 1 constituted design and testing of tool edge preparation by the PDE method, creating cutting edge rounding.

Objective 2 constituted insight into the principle of material removal from the cemented

carbide submerged in the electrolyte with induced plasma discharges.

Objective 3 constituted of explanation and confirmation of the influence of input parameters on the size of the achieved cutting edge rounding of the tools.

Objective 4 constituted experimentally setting optimal values of parameters using which controlled and uniform rounding of the cutting tools could be achieved using the PDE method.

Objective 5 constituted that based on the comparison of tool wear tests when machining using tools with different cutting edge rounding size, the best results were achieved using tools which were modified by drag finishing.

Objective 6 constituted verifying dependencies of tool life as a function of the cutting edge rounding size.

Objective 7 constituted verifying dependencies between the surface roughness as a function of the cutting edge rounding size.

Objective 8 constituted verifying dependencies between the measured cutting forces as a function of the cutting edge rounding size.

Objective 9 constituted comparison of tools with various cutting edge rounding size modified by the same method and optimal value of cutting edge rounding for machining difficult-to-cut materials was specified.

Objective 10 constituted determining the applicability of PDE method in the industry. This was not possible due to issues with the coating adhesion to the modified substrate. More research is needed to better understand and possibly remove the issue of low adhesion properties of the surfaces modified by the PDE method.

Objectives 1-5 and objective 9 were successfully accomplished in full. Objectives 6-8 were accomplished, however the obtained results were not yet completely evaluated and analyzed. Objective 10 was accomplished only partially due to unforeseen issues with the coating adhesion.