

OVlivNĚNÍ KVALITY GALVANICKÉ VRSTVY AUTOMOBILOVĚHO KLÍČE VÝCHOZÍ STRUKTUROU MATERIÁLU

INFLUENCE OF INITIAL MICROSTRUCTURE OF A CAR KEY MATERIAL ON THE ELECTROPLATED LAYER QUALITY

Antonín Kříž^{a)} – Miloslav Chlan^{b)}

a) ZČU v Plzni KMM – Univerzitní 22, 306 14 Plzeň

b) VALUE Engineering Services s.r.o. – Univerzitní 1159/53, 301 00 Plzeň

Abstrakt

Příspěvek zachycuje ovlivnění střížné hrany vstupní kvalitou materiálu používaného k výrobě univerzálního zámkového klíče evropskými automobilkami. Zhoršená kvalita střížné hrany měla za následek špatnou adhezní přilnavost galvanické vrstvy. Metalografickou analýzou se projevil nejen strukturní vliv na kvalitu střížné hrany a s tím související povrchové vady, ale rovněž i další nedostatky v technologii galvanického pokovování. Na základě této expertizní činnosti byl podán návrh na změnu celkové technologie výroby a použití vstupního materiálu.

The quality of material used for production of master keys by European car manufacturers has an impact on the state of its cut edge, as documented in this paper. Low quality of the cut edge resulted in poor adhesion of the electroplated layer. Metallographic observation has revealed not only the impact of the microstructure on the cut edge quality and related surface defects but also other deficiencies in the electroplating technology. Proposal for changes in the general production technology and in the use of the input material has been prepared on the basis of the above analysis.

1. Úvod

Již v několika předešlých expertízách byla nalezena souvislost mezi kvalitou střížné hrany a aplikačními vlastnostmi výstřížku. V pracích „Koroze pivních korunek“ [1;2] byly prokázány spojitosti mezi kvalitou střížné hrany a korozní degradací. V následujícím článku bude zachycena souvislost mezi kvalitou střížné plochy a galvanickou povrchovou úpravou. Přestože jsou vzájemné vazby mezi kvalitou střížné hrany a dalšími vlastnostmi známy a v mnoha odborných zdrojích popisovány, přesto jsou v praxi tyto souvislosti zanedbávány. Následně pak další subjekt, který dostává výstřížek k požadované následné operaci zjišťuje vliv nízké kvality střížné plochy na další vlastnosti.

Následující kapitola popisuje střížný proces a jeho souvislosti s kvalitou střížné plochy.

2. Střížný proces a střížná plocha

Stříhání je proces postupného oddělování materiálu za účinku sil vytvářejících smykové napětí působící ve dvou blízkých rovinách. Materiál se odděluje podél křivky stříhu dané relativním pohybem materiálu k rovnoběžným nožům nebo obvodovému tvaru střížníku a otvoru střížnice. Obr. 1 zachycuje proces stříhání. V pohledu A je označen: 1 – střížník; 2 – střížnice; 3 – stříhaný materiál

Průběh stříhu lze rozdělit do tří základních fází:

1. fáze je charakteristická pružnou deformací stříhaného materiálu (pozice B)
2. fází je plastická deformace, vznikající po překročení meze kluzu stříhaného materiálu (pozice C)
3. fáze je charakterizována napětími převyšujícími mez pevnosti ve stříhu. Nejdříve vzniknou u hran střížníku a střížnice trhlinky (nástřih) (pozice D,E) jejichž tvorba je podporována napjatostí ve stříhaných vláknech zpracovávaného materiálu. Vzniklé trhliny se prodlužují, až dojde k oddělení výstřížku od výchozího materiálu (pozice F).

Rychlost vzniku a postupu trhlinek v oddělovaném výstřížku je závislá na mechanických vlastnostech výchozího materiálu a velikosti střížné vůle. Velikost střížné vůle značně ovlivňuje kvalitu střížné plochy výstřížku. Tvrdý a křehký materiál se oddělí téměř okamžitě. U měkkých a houževnatých materiálů dochází ke vzniku nástřihu (trhlinek) poměrně pomalu. Při optimální vůli se nástřihy od střížníku a střížnice setkají a vytvoří jednu střížnou plochu bez otřepu (obr. 1 D; E; F – vlevo). Při malé (situace vpravo) nebo velké vůli se nástřihy nesetkají a utvoří nerovný povrch v ploše stříhu.

Průběh a velikost tří základních fází stříhu jsou ovlivněny vlastnostmi stříhaného materiálu a podle nich a dle zvolené velikosti střížné vůle můžeme předvídat jakost střížné plochy i rovinnost získaného výstřížku. Na obr. 2 je ve zvětšeném měřítku zakreslen vzhled střížné plochy, kde h je hloubka tzv. plastického stříhu, χ je zkosení střížné hrany, hustěji šrafovaná plocha – zpevnění materiálu.

Výstřížek s velkým otřepem může být následkem následujících důvodů:

Příliš malá řezná vůle - razník se dotýká matrice, nebo v případě, že je správná řezná vůle může být příčinou špatná geometrie razníku ať již následkem vyštípnutí, nebo jeho přirozené opotřebení [4].

Tento článek je věnován především strukturnímu vlivu na kvalitu střížné plochy. Jak již bylo uvedeno kvalita střížné plochy je charakterizována postupem plastické deformace, jejím vyčerpáním a překročením meze pevnosti ve smyku. Tento proces je závislý nejen na technologii a kvalitě střížných nástrojů, ale i na materiálových vlastnostech. Vedle materiálových makroukazatelů (druh a tepelné zpracování, tloušťka plechu atd.) jsou rozhodující i faktory vztahující se k mikrostruktuře (velikost zrna, čistota, vnitřní vady atd.). Souvislosti mezi velikostí zrna napětím a deformací zachycuje Hallův-Petchův vztah. Vyjadřuje nepřímou závislost meze kluzu a velikosti zrna. Se snižující se velikostí zrna se zvětšuje mez kluzu. Je to způsobeno pohybem dislokací a jejich interakcí s překážkami – hranicemi zrn. S rostoucí mezí kluzu se zvyšuje deformační napětí a potlačuje se rozsah plastické deformace. Jestliže v procesu stříhání je vyčerpání plastické deformace a překročení smykových napětí rozhodující, pak i velikost zrna bude mít významný vliv na procesy a následně i kvalitu střížné plochy. Tato souvislost se prokázala i v následujícím praktickém případě.

3. Klíčky pro automobilový průmysl

Firma VALUE Engineering Services s.r.o. provádí testování a expertizní posudky pro přední evropské automobilky v oblasti mechanických a elektronických zabezpečovacích systémů. Pro jednu světoznámou evropskou automobilku měla tato firma udělat vyhodnocení kvality galvanické úpravy na klíči zapalování (obr. 3). Dle dodané dokumentace měla galvanická úprava spočívat ve 3 μm mezivrstvě mědi a 6-7 μm povrchové niklové vrstvě. Na povrchu tohoto klíče byly pozorovány rozsáhlé defekty – nepřílnuté oblasti galvanické niklové vrstvy. Po odtržení této vrstvičky se

pomocí EDX analýzy prokázalo, že i mezivrstva mědi má zhoršenou adhezi. Došlo k úplnému odhalení základního materiálu (obr. 4). Ještě před tím, než se firma Value obrátila na ZČU v Plzni, byla provedena úprava technologie stříhání i kvality střížných nástrojů, přesto se dále vyskytovala místa, kde byla galvanická vrstva adhezně poškozena. Tato místa se již lokalizovala pouze v rovných oblastech klíče. V oblasti oka nebyly žádné defekty pozorovány.

Na základě expertíz, které byly provedeny na pracovišti ZČU v Plzni, byla potvrzena spojitost mezi špatnou adhezí a defekty střížné plochy polotovaru, které se vyskytovaly především ve spodní části střížné hrany (obr. 5). V těchto defektech ulpívala kapalina, kterou bylo prováděno odmaštění před galvanizací. Příčina defektů galvanické vrstvy byla ve spojení špatné střížné plochy a nevhodné technologie čištění. Proto jako první krok k nápravě byla odzkoušena nová technologie čištění povrchu před galvanizováním. Tato změna technologie čištění opět nepřinesla významnější zlepšení.

Po vyčerpání možností změny technologie stříhání a galvanické úpravy bylo těžiště experimentů orientováno do materiálové oblasti. Již v samém úvodu byly provedeny metalografické analýzy, které prokázaly výrazný strukturní rozdíl v oblastech oka a rovné plochy klíče. Jak dokumentuje obr.6 v oblasti oka je větší podíl zrn s menší velikostí oproti rovné ploše. Již tento rozdíl vyvolal dle Hall-Petchova vztahu očekávanou odlišnou kvalitu střížné plochy – kapilár, a následně i galvanické vrstvy. Jak ze struktury i z následné EDX analýzy vyplývá, použitý materiál odpovídal nízkouhlíkové oceli, která však měla zvýšený podíl síry (0,3%!) a křemíku. Množství síry se následně projevilo ve větším množství sulfidických vměstků, zatímco obsah 0,8% Si způsobil poměrně vysokou tvrdost – HV10=209±7,6. Pro zjemnění struktury bylo navrženo rekrytalizační žihání následujícího režimu – 620°C/15min + ochlazení v peci. U takto tepelně zpracovaných vzorků klesla tvrdost na HV10=195,6±2,3. Tyto vzorky již byly vystřiženy, jediná operace, která byla výrobcem zařazena, bylo okartáčování střížné plochy před galvanizováním. Následkem této operace došlo k uzavření kapilár, z kterých pak nemohla vzlítnat kapalina, která byla příčinou špatné adheze galvanické vrstvy. Vložení této operace mechanického očištění a tím ovlivnění střížné plochy se ukázalo být jistým řešením, které však prodražovalo výrobu. Proto výrobce klíčů udělal opatření, které vyplývalo z provedených materiálových expertíz. Nevhodný materiál byl nahrazen ocelí QStE 380 u níž od dodavatele požadoval jemnozrnnou strukturu bez sulfidických vměstků (obr.7). Tato změna vedla k očekávanému podstatnému zkvalitnění střížné plochy bez kapilárních defektů a následkem toho i k požadované kvalitě galvanické vrstvy bez adhezních poškození. Toto řešení se nakonec ukázalo jako nejlepší, neboť rekrytalizační procesy oceli s vyšším obsahem křemíku jsou velmi komplikované. Provedenými metalografickými studiemi se tato skutečnost rovněž potvrdila.

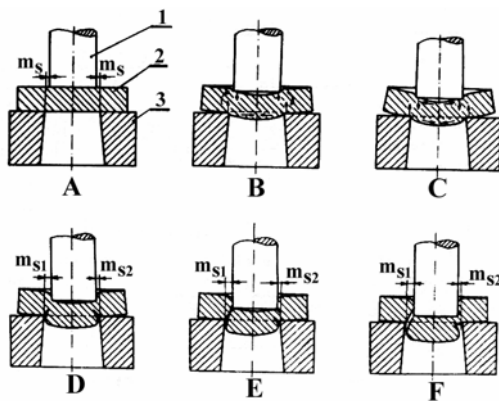
4. Závěr

Z uvedeného případu vyplývá, jak struktura materiálu významně ovlivňuje střížnou plochu, což se může projevit i v kvalitě galvanického pokovení. Další důležitou zkušeností je, že mnohdy firmy, které mají za úkol provést expertízní posudky k daným výrobkům, v tomto případě firma Value Engineering Services s.r.o. a ZČU v Plzni, mají nelehké postavení v okamžiku, kdy se má změnit zavedená technologie výroby popř. použitý materiál.

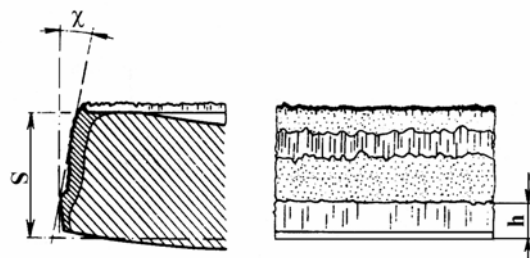
Tento příspěvek vznikl na základě spolupráce ZČU v Plzni – Katedrou materiálu a strojírenské metalurgie a firmou Value Engineering Services s.r.o. a řešením postdoktorandského grantu 106/03/P092.

Literatura

- [1] KRÍŽ, A., NĚMEČEK.: Koroze pivních korunek I – struktura, Degradácia konštrukčných materiálů. Žilina, 2003.
- [2] KRÍŽ, A., NĚMEČEK.: Koroze pivních korunek II – technologie, Degradácia konštrukčných materiálů. Žilina, 2003.
- [3] ZEMAN K.: Přípravky, obráběcí nástroje, Nástroje pro tváření. ČVUT Praha 1988.
- [4] Swisstool Export-Gruppe, Přesné stříhání.



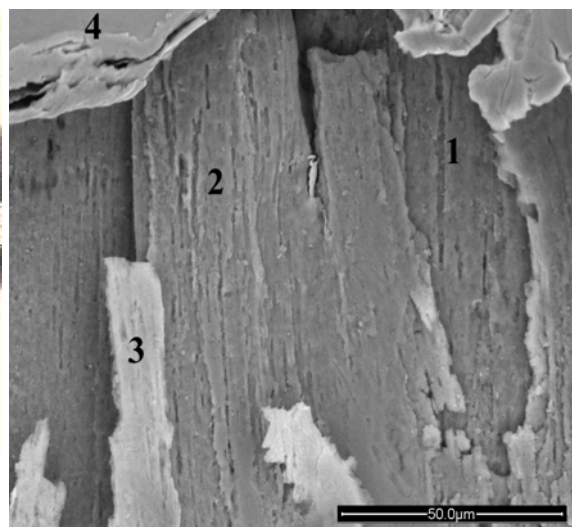
Obr. 1 Schéma procesu stříhání[3]



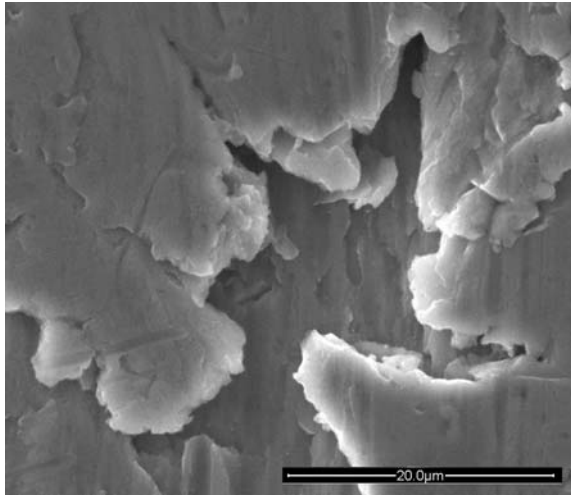
Obr. 2 Vzhled střížné plochy[3]



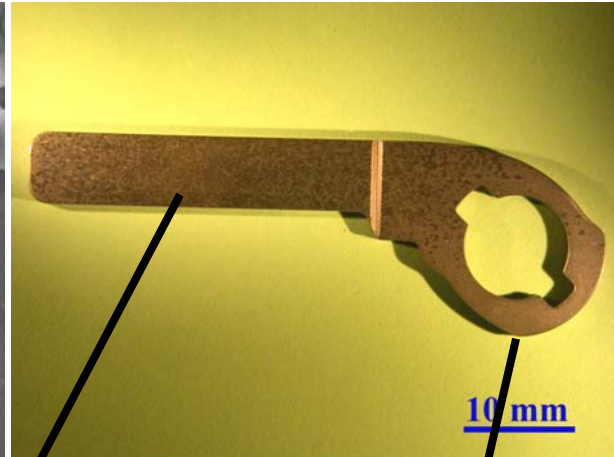
Obr.3 - Nová verze klíče (tj. po úpravě stříhání) u nějž byly opět sledovány defekty na rovných plochách při dolní střížné hraně.



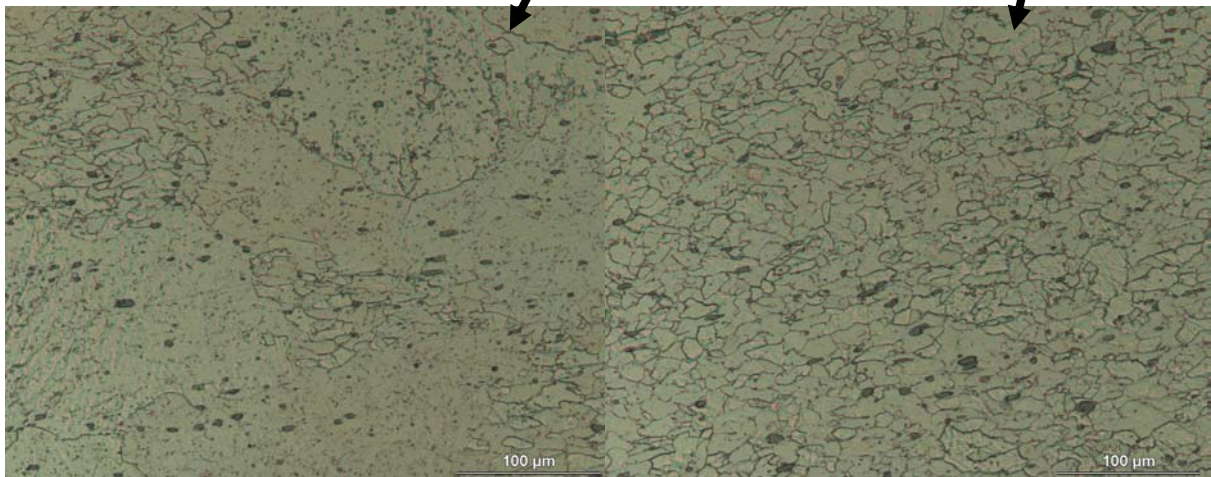
Obr.4 - Odtržená povrchová galvanická vrstva



Obr.5 – Detail střižné plochy v oblasti spodní střižné hrany



Obr.6 – Heterogenní struktura materiálu je poznamenána různým stupněm proběhlé rekrystalizace



Obr. 7 – Nově použitý materiál QStE380 je jemnozrný a bez sulfidických vměstků. Tato změna iniciovala požadované zlepšení střižné plochy a následně i galvanické vrstvy.