

# PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

zveřejněná podle § 31 zákona č. 527/1990 Sb.

(21) Číslo dokumentu:

**1999 - 3033**

(13) Druh dokumentu: **A3**

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>:

**B 23 D 61/18**

(19)  
ČESKÁ  
REPUBLIKA



ÚŘAD  
PRŮMYSLOVÉHO  
VLASTNICTVÍ

(22) Přihlášeno: **25.08.1999**

(32) Datum podání prioritní přihlášky: **27.08.1998**

(31) Číslo prioritní přihlášky: **1998/19839091**

(33) Země priority: **DE**

(40) Datum zveřejnění přihlášky vynálezu: **15.03.2000**  
(Věstník č. 3/2000)

(71) Přihlašovatel:

ELEKTROSCHMELZWERK KEMPTEN GMBH,  
München, DE;

(72) Původce:

Lukschandel Jörg, Kempten, DE;  
Meyer Jürgen, Kempten, DE;

(74) Zástupce:

Všetečka Miloš JUDr., Hálkova 2, Praha 2,  
120 00;

(54) Název přihlášky vynálezu:

**Pilový drát**

(57) Anotace:

Pilový drát s kulatým průřezem a s šířkou řezu menší než 0,3 mm, sestává jednak z ocelového drátu, jednak z mezivrstvy, která zamezuje vodíkové křehkosti drátu a zajišťuje dostatečnou přilnavost kovové pojivové fáze, a jednak z kovové pojivové fáze, do které jsou uložena diamantová zrna.

CZ 1999 - 3033 A3

č.j. 59104

PV 3033 - 99

25.08.99 \*

JUDr. Miloš Všečka  
advokát

- 1 -

120 00 Praha 2, Hájkova 2

## PILOVÝ DRÁT

### Oblast techniky

Vynález se týká pilového drátu.

### Dosavadní stav techniky

Výroba tenkých destiček z bloků nebo monokrystalů křehkých tvrdých materiálů se ve velkém rozsahu uskutečňuje oddělovacími procesy za použití vázaných brusných prostředků nebo pilového drátu s volným brusným zrnem. Jedná-li se o drahý výchozí materiál, jako jsou např. bloky z monokrystalického nebo polykrystalického křemíku, má velký hospodářský význam co nejmenší úbytek při řezání. Proto jsou dnes při výrobě křemíkových destiček z křemíkových bloků stavem techniky např. šířky řezu menší než 0,3 mm. Oddělování křemíkových destiček se přitom uskutečňuje buď děrovkami osázenými diamanty nebo vícenásobnými drátovými pilami za použití brusných prostředků ve formě suspenzí, výhodně suspenzí obsahujících křemíkový karbid.

Šířka řezu při řezání je přirozeně větší než tloušťka pilového listu, popř. průměru pilového drátu. Čím hrubší je použité řezné zrnó, tím širší je také řez, příslušně stoupá i nežádoucí úbytek materiálu. Proto je snaha o to, vybrat co nejjemnější brusné zrnó, které ještě přináší akceptovatelný

řezný výkon. U děrovek s vázaným diamantovým zrnem se jako praktická dolní mez prosadilo zrno D 46 (FEPA Standard, popř. 325/400 mesh podle US ASTM E 11) s cca 50  $\mu\text{m}$  středním průměrem.

Drátová pila má tu výhodu, že se také u bloků s průměrem přes 200 mm ještě mohou realizovat vyžadované nepatrné šířky řezu. U této oddělovací techniky se jako pilový drát vede vysoce pevný ocelový drát při vícenásobném odbočení přes drážkované válečky za přidání suspenze se zrna velmi tvrdého materiálu, většinou karbidu křemíku s velikostí zrna od 20 do 25  $\mu\text{m}$ , za mírného tlaku blokem, který má být rozřezán. Drát pracuje kontinuálně po celém průřezu bloku. Nevýhodně se drát sám silně opotřebovává a může se proto použít pouze jednou.

Protože se kovem vázané třecí diamantové obložení, které se používá například u děrovek, opotřebovává podstatně méně než drát při řezání se suspenzí s velmi tvrdým materiálem ("slurry"), zkoušelo se již obkládat drát diamantovým zrnem.

Pro dostatečně pevné držení diamantových zrn na pilovém drátu by měla pojivová fáze sestávat z kovu. V praxi se u povrstvovací výroby kovem vázaných diamantových třecích obložení prokázal jako vhodný pojivový kov především nikl. Nikl se může vylučovat např. v čisté formě elektrolyticky nebo bezproudově jako niklová slitina s podíly fosforu nebo bóru. Pro bezproudově vylučované niklové slitiny se prosadil pojem "chemický nikl".

Nevýhodně vzniká při pokovování samotném a také při běžné přípravě nosného materiálu vodík, který může u nelegovaných, vysoce pevných ocelových drátů vést ke spontánním lomům kvůli tzv. vodíkové křehkosti. Nelegované, vysoce pevné ocelové dráty se obvykle používají k suspenzním drátovým pilám. Výše legované oceli, které jsou necitlivé proti vodíkové křehkosti, mají nevýhodu, že na nich galvanotechnicky nanesené niklové vrstvy často nedostatečně pevně drží. U vícenásobných odbočení, potřebných v drátové pile, tyto vrstvy i s uloženými diamantovými zrny odprýskávají.

Zvláštní tisk "Diamantové drátové pily pro precizní řezy" od W. Ebnera, fa. Well z "Eurotecu" č. 218 z února/března 1985, představuje na obr. 3 elektronový mikroskopický snímek galvanicky povrstveného diamantového pilového drátu, na obr. 4 elektronový mikroskopický snímek chemicky povrstveného pilového drátu a na obr. 5 elektronové mikroskopické snímky diamantového pilového drátu s mechanicky naválcovanou povrchovou vrstvou. Zatímco u obr. 4 je uvedeno měřítko, u obr. 3 a obr. 4 nejsou uvedeny žádné měřítkové údaje. Také další údaje k velikosti zrn nebo složení znázorněných povrchů chybí. Výroba vyobrazených drátů není zveřejněna. Pod bodem 2. zvláštního tisku se uvádí, že se diamant může na drát nanášet třemi způsoby, totiž galvanickým nanášením, chemickým povrstvováním a mechanickým naválcováním. Detaily k výrobním způsobům se ve spisu nenacházejí. Zmíněno je pouze, že dráty pod 0,1 mm průměru nelze kvůli vodíkové křehkosti drátu, vystupující v galvanické lázni, galvanicky povrstvovat, a že se chemické povrstvení provádí pouze v jednotlivých případech. Problém

vodíkové křehkosti se však vyskytuje rovněž při vyšších průměrech drátu.

Na trhu je k dostání výhradně drát s mechanicky zaválcovaným diamantovým zrnem a tento také pouze v laboratorně použitelných délkách. Takový drát ztrácí velice rychle svoji řeznost, protože se diamantová zrna lehce vylamují. Kromě toho se pevnost nosného drátu v tahu kvůli průnikům ostrohranných diamantových částic silně snižuje, takže se mohou docilovat pouze nepatrné řezné síly.

Pilový drát s šířkami řezu  $< 0,3$  mm tedy není v provedení s kovem vázaným diamantovým zrnem k dispozici.

#### Podstata vynálezu

Úkolem tohoto vynálezu je proto úkol, poskytnout v průřezu kulatý pilový drát s šířkou řezu menší než 0,3 mm, který má řeznost, srovnatelnou se suspenzním řezáním, a je možné jej mnohonásobně opětovně použít.

Vynález se týká pilového drátu sestávajícího z ocelového drátu, z mezivrstvy, která jednak zamezuje vodíkové křehkosti drátu, a jednak zajišťuje dostatečnou přilnavost kovové pojivové fáze, a z kovové pojivové fáze, do které jsou uložena diamantová zrna.

Pilový drát podle vynálezu má včetně vrstvy brusného zrna výhodně průměr až max. 0,25 mm.

Jako ocelový drát se výhodně používá nekorodující pružinový ocelový drát z chromniklové oceli. Vhodné jsou např. materiálové typy 1.4310, 1.4401, 1.4539, 1.4568 a 1.4571 (označení podle německé průmyslové normy 17224).

Ocelový drát má výhodně průměr od 0,15 do 0,25 mm.

Mezivrstva sestává výhodně z kovu, slitiny kovů nebo z kombinace dvou kovů, popř. kovu a slitiny kovů.

Výhodně se jedná o kov, slitinu kovů nebo kombinaci dvou kovů, popř. kovu a slitiny kovů, kterou lze galvanotechnicky povrstvovat a která zároveň působí jako bariéra proti vodíku.

Vhodné kovy jsou např. měď a nikl a jako slitina kovů např. mosaz.

Mimořádně výhodně se k tomu hodí nikl.

Mezivrstva má výhodně tloušťku od 1 do 10  $\mu\text{m}$ .

Kovová pojivová fáze sestává výhodně z niklu, popř. z niklové slitiny.

Mimořádně výhodně sestává z bezproudově vyloučeného niklu (chemický nikl).

Kovová pojivová fáze má výhodně tloušťku od 5 do 20  $\mu\text{m}$ .

Diamantová zrna mají výhodně velikost od 5 do 30  $\mu\text{m}$ .

Nacházejí se na drátu výhodně v takovém množství, že jejich střední vzdálenost nečiní více než 5-ti násobek, a výhodně 1-násobek až 3-násobek jejich středního průměru.

Výhodně se tloušťka mezivrstvy okolo drátu nemění o více než 5 %.

Výhodně se tloušťka kovové pojivové fáze okolo drátu nemění o více než 5 %.

Pilový drát podle vynálezu se může vyrábět například následovně:

Ocelový drát s mezivrstvou, která zamezuje jak vodíkové křehkosti drátu, tak zajišťuje i dostatečnou přilnavost kovové pojivové fáze, je ve stavu techniky o sobě znám. Takové dráty, sestávající z niklem povrstveného drátu z materiálu 1.4310 (podle německé průmyslové normy 17224) jsou k dostání například pod označením 12 R 10 Nicoat u firmy Sandvik, Düsseldorf.

V principu je však také možné podle způsobu, známého ve stavu techniky, povrstvovat ocelový drát vhodnou mezivrstvou.

K výrobě výchozího materiálu pro pilový drát podle vynálezu se k tomu používají výhodně dráty, jejichž průměr je ještě o trojnásobek větší než průměr drátu podle vynálezu. Tyto dráty se mohou hospodárně podle známého způsobu poniklovávat. Tažením tohoto povrstveného výchozího materiálu se mohou například pružinové dráty s cca 2  $\mu\text{m}$

silnou, dobře přilnavou niklovou vrstvou a vysokou pevností v tahu vyrábět také z vysoce legovaných pružinových ocelí.

Jako způsob k nanášení kovové pojivové fáze s diamantovými zrny na drát, opatřený mezivrstvou, je principiálně známo jak elektrolytické pokovování, tak také bezproudové pokovování.

Ačkoli je elektrolytické pokovování rychlejší a levnější, používá se výhodně bezproudové pokovování, protože umožňuje rovnoměrnou tloušťku vrstvy pojivové fáze.

Přitom se postupuje například následovně:

Drát, opatřený mezivrstvou, se podrobuje chemické předběžné úpravě, přizpůsobené základnímu materiálu. Předběžná úprava je předpokladem pro získání přilnavého povrstvení. Je známa ve stavu techniky a sestává obvykle ze známých odmašťovacích, leptacích a aktivačních úprav. Následně se uskutečňuje povrstvení v takzvané chemické niklovací diamantové lázni (lázeň k bezproudému niklovacímu diamantovému pokovení). Takové lázně jsou ve stavu techniky známy. Vhodným pohybem drátu a elektrolytu se docílí rovnoměrné uložení diamantů po celém obvodu drátu. Tloušťka vyloučené pojivové fáze je závislá na velikosti diamantových částic. Tyto vhodné parametry způsobu jsou ve stavu techniky známy.

Výhodně se v návaznosti na povrstvení pojivová fáze z chemického niklu termicky vytvrzuje. To se provádí výhodně alespoň jednohodinovým tepelným zpracováním.

Optimální vytvrzení vyžaduje výhodně teplotu od 250 do 450 °C, mimořádně výhodně přibližně 350 °C.

Termickým vytvrzením se vlastnosti pojivové fáze značně vylepšují, tahové vnitřní pnutí se odbourává, přilnavost se zvyšuje a tvrdost vzrůstá o více než 50 %.

Tím se docílí nejen pevnějšího usazení uložených diamantových částic, ale stoupá také odolnost pojivové fáze proti opotřebení, takže se vypadávání diamantů kvůli opotřebení matrice opožďuje.

Tyto teploty vedou u vysoce pevného nelegovaného drátu k drastickému úbytku pevnosti v tahu a elasticity, což je pro použití v drátové pile nepřijatelné. Nelegovaný ocelový drát je kromě toho náchylný ke korozi.

Zpravidla se proto při zvážení všech vlivů na provozní chování pilového drátu dává přednost vysoce legovanému nosnému materiálu jako výchozímu materiálu pro zhotovení pilového drátu podle vynálezu. Výhodně se na tento drát, opatřený popsanou mezivrstvou, nanášejí diamanty v bezproudově vyloučené kovové pojivové fázi.

Pro některá použití se však naprosto hodí také nelegovaný, popisovanou mezivrstvou opatřený drát s elektrolyticky vyloučenou, netvrditelnou pojivovou fází, obsahující diamanty.

U pilového drátu podle vynálezu se překvapujícím

způsobem ukazuje, že také s podstatně jemnějšími zrny než se zrnem D 46, převážně používaným ve stavu techniky (u děrovek), se ještě docilují uspokojivé řezné výkony.

Pilový drát podle vynálezu se hodí především pro řezání drahých tvrdých křehkých materiálů, u kterých má velký hospodářský význam co nejmenší úbytek při řezání.

Následující příklad slouží k dalšímu vysvětlení vynálezu.

Příklad:

Na stojan, běžný pro bezproudé niklování, bylo upnuto 60 m vysoce legovaného ocelového drátu s průměrem 0,20 mm, k dostání pod označením 12 R 10 Nicoat u firmy Sandvik.

Drát byl podroben odmašťovacímu, leptacímu a aktivačnímu zpracování, běžnému u bezproudého niklování. Následně se uskutečňuje povrstvování v chemické niklovací diamantové lázni, která je na trhu k dostání (pod označením Niposit 65 u firmy Shipley v Esslingenu). Do lázně se přidávají diamantové částice s velikostí zrna 15 až 25  $\mu\text{m}$  (normovaný standardní výrobek je k dostání u různých dodavatelů). Pohybem drátu a elektrolytu se docílilo rovnoměrného uložení diamantů po celém obvodu drátu do pojivové fáze, sestávající z chemického niklu. Po povrstvení byl drát za účelem vytvrzení jednu hodinu tepelně zpracováván při 350 °C.

Následně byl takto získaný pilový drát podle vynálezu

navinut na drátové bubny drátové pily fy. Well (konstrukční řada 3), která byla vybavena měřicím systémem ke zjišťování řezného výkonu. Drátovou pilou byla vyřezána hranolová tělesa z velmi čistého křemíku s průřezem 10 x 10 mm desetkrát po sobě. Čas, potřebný pro nařezání, byl změřen a byl vypočítán příslušný řezný výkon.

Jako srovnávací zkoušky byly provedeny stejné řezné zkoušky s běžným drátem s mechanicky zaválcovaným diamantovým zrnem (firma Well, typ A 3-2, velikost zrna 60  $\mu\text{m}$ ).

Výsledky jsou uvedeny v tabulce 1.

Tab. 1: Řezný výkon v závislosti na době použití

	Řezný výkon v mm/min	
	Pilový drát srovnávací zkouška	Pilový drát podle vynálezu
zkouška 1	0,65	1,60
zkouška 2	0,60	1,40
zkouška 3	0,50	1,38
zkouška 4	0,47	1,38
zkouška 5	0,45	1,20
zkouška 6	0,45	1,10
zkouška 7	0,42	0,90
zkouška 8	0,40	0,80
zkouška 9	0,38	0,80
zkouška 10	0,35	0,70

Výsledky v tabulce 1 ukazují, že řezný výkon drátu

podle vynálezu je o 2 až 3 násobek vyšší než řezný výkon běžného drátu. Dále je zřejmé, že drát podle vynálezu vykazuje po 10-násobném použití lepší řezný výkon, než nový nepoužitý porovnávací drát. Z toho plyne, že také odolnost drátu podle vynálezu je vícenásobně vyšší než odolnost známého pilového drátu.

Vysoké řezné výkony a značně vylepšená odolnost drátu podle vynálezu vyplývají z dobrého mechanického ukotvení pevných částic v pojivové fázi, odolné proti opotřebení. V protikladu k porovnávacímu drátu bylo také po více řezech k dispozici těsné obložení drátu diamanty.

Zastupuje:

Dr. Miloš Všetečka v.r.

Za správnost





7. Pilový drát podle některého z nároků 1 až 6, **vyznačující se tím**, že kovová pojivová fáze sestává z niklu, popř. niklových slitin.

8. Pilový drát podle nároku 7, **vyznačující se tím**, že kovová pojivová fáze má tloušťku od 5 do 20  $\mu\text{m}$ .

9. Pilový drát podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že diamantová zrna mají velikost od 5 do 30  $\mu\text{m}$ .

10. Pilový drát podle některého z nároků 1 až 9, **vyznačující se tím**, že tloušťka kovové pojivové fáze okolo drátu se nemění o více než 5 %.

Zastupuje:

Dr. Miloš Všetečka v.r.

za správnost 