

Nové typy vrtných nástrojů, osazených prvky z PCD

Josef Mazáč¹, Kamil Kupka² a Jiří Koniček³

New types of drilling tools fit with PCD elements

One of the most significant developments in drilling technology over the last years has been the introduction of polycrystalline diamond (PCD) as macro-cutting elements in the rotary drill application. This paper gives a summary of core bits and cutter bits, produced by Pramet Šumperk Co., which are fit with these PCD elements. Some results, obtained with these types of cutter bits by drilling in mines of Ostrava-Karviná Basin, are also presented.

Key words: Polycrystalline diamond (PCD), GEOSET, STRATAPAX, core bits, cutter bits, rotary drilling, core drilling.

Úvod

Jednou z cest ke zkvalitnění vrtných prací je zdokonalení technické a technologické úrovně jejich provádění, která se promítá např. v inovaci vrtných souprav, zavádění nových typů vrtného nářadí a v neposlední řadě také nových druhů vrtných nástrojů pro hloubení vrtů jak geologicko-průzkumného, tak provozně-technického charakteru. V této oblasti je již několik let směřován celosvětový trend k využívání diamantových vrtných nástrojů, v jejichž konstrukci je drahý přírodní diamant nahrazen supertvrdými syntetickými materiály různorodých tvarů a velikostí.

Vývoj supertvrdých materiálů na bázi syntetických diamantů

Výrobou a vývojem supertvrdých materiálů pro vrtné nástroje se již koncem 70. a na počátku 80. let začala zabývat řada výrobních a výzkumných organizací. Mezi nejznámější se řadí např. firmy General Electric, De Beers, Diamant Boart, ASEA a další. Významného pokroku v této oblasti bylo dosaženo také ve výzkumných ústavech na území bývalého SSSR. Výsledkem je postupné zavádění různých variant syntetického diamantu do výroby a jejich aplikace ve vrtných nástrojích pro různé oblasti použití. V podstatě lze charakterizovat tyto varianty syntetických diamantů, určené pro vrtnou činnost (Mazáč, 1989):

- a) monokrystaly syntetického diamantu - použitelné v impregnovaných diamantových korunkách (např. monokrystaly typu MSB, MBS-750, MBS-70, MBS aj. firmy General Electric, monokrystaly typu SDA, SDA-85, SDA-100, SDA-100S aj. firmy De Beers),
- b) polykrystaly syntetického diamantu - použitelné v různých aplikacích jak ve vrtných korunkách, tak vrtných dlátech pro rotační vrtání jádrových i plnoprofilových vrtů včetně hloubení velmi hlubokých vrtů na ropu a zemní plyn.

Řezné prvky, tvořené polykrystaly syntetického diamantu lze z konstrukčního hlediska rozdělit následovně na:

- Polykrystalickou drť tříděné velikosti, vzniklou drcením větších geometrických tvarů na velikost přírodních diamantů, používanou v diamantových nástrojích vsazovaného typu (např. polykrystalická drť typu ARV-1, ARK-4 a zejména ARS-3 a ARS-4 z bývalého SSSR).
- Polykrystalické kompakty pravidelného geometrického tvaru, s širokým uplatněním v konstrukci diamantových vrtných korunek, obvykle ve tvaru trojbokých a čtyřbokých hranolů. Mezi nejznámější výrobky tohoto typu patří kompakty s obchodním označením SYNDAX 3 (výrobek firmy De Beers) a GEOSET (výrobek firmy General Electric).

¹ Doc. Ing. Jozef Mazáč, CSc., Institut geologického inženýrství HGF VŠB TU Ostrava, tř. 17. listopadu, 708 33 Ostrava-Poruba, Česká republika.

² Ing. Kamil Kupka, CSc., Pramet Šumperk, a.s. - divize 6, Uničovská 2, 787 53 Šumperk, Česká republika.

³ Ing. Jiří Koniček, Důlní průzkum a bezpečnost, a.s., 739 21 Paskov, Česká republika.

(Recenzovali: Ing. Vítězslav Krúpa, CSc. a RND. Ján Bejda, CSc. Revidovaná verzia doručená 29.10.1997)

- Sdružené kompakty tvořené PCD povlaky („sendvičový typ“) na podložkách ze slinutých karbidů tabletového tvaru. Toto provedení řezného prvku je velmi dobře využitelné ve vrtných nástrojích - korunkách a dlátech roubíkového typu pro vrtání v měkkých až středně tvrdých horninách sedimentárního původu (např. v konstrukci vrtných nástrojů pro vrtání na ropu a zemní plyn). Vyráběný sortiment sdružených kompakťů sendvičového typu je široký, mezi nejznámější patří výrobky s obchodním označením STRATAPAX (výrobek firmy General Electric) a Syndrill (výrobek firmy De Beers).

Vývoje nových typů supertvrdých syntetických materiálů pro vrtání hornin a poměrně příznivého vývoje cen těchto druhů materiálů využili přední světoví výrobci diamantových vrtných nástrojů (např. firmy Christensen, Longyear, Hagby Bruk AB aj.) a nabídli trhu zcela nové typy vysoce produktivních diamantových vrtných nástrojů se syntetickým diamantem.

Také v PRAMETU, a.s., se podařilo tento trend zachytit. Byly zahájeny práce na vývoji a konstrukci nových typů diamantových vrtných nástrojů ve spolupráci s dalšími partnery. Začátkem 80. let byl současně realizován výzkum a vývoj polykrystalických supertvrdých materiálů v tehdejší VÚPM Šumperk, v rámci řešení státního úkolu „Vývoj progresivních technologií výroby nových nástrojových materiálů“. Státní úkol zahrnující řešení výroby supertvrdých materiálů ve vrtných nástrojích do průměru 93 mm a jejich aplikaci ve vrtné praxi sdružoval řadu výzkumných a výrobních organizací. Nově vyvinuté řezné prvky a diamantové vrtné nástroje z technického rozvoje divize-6 Pramet, a.s., a VÚPM byly ověřovány jak pomocí stendových zkoušek (VÚGI Brno, VŠB Ostrava, BaÚ SAV Košice), tak přímo v provozních podmínkách, především u DPB, a.s., Paskov, s cílem nalézt optimální konstrukční provedení a materiálové složení řezných prvků, samotných vrtných nástrojů, včetně nalezení optimálních režimů vrtání.

Současný sortiment vrtných nástrojů Pramet, a.s., Šumperk, osazených prvky z PCD

Po rozsáhlém vývoji byly technickým rozvojem divize 6 ve spolupráci s VÚPM předány do výroby nové typy vrtných nástrojů, které byly osazeny prvky typu STRATAPAX (destičky s vrstvou diamantu tloušťky 0,6 - 1,0 mm na podložce ze SK o průměrech 8, 11, 13 a 25 mm) a GEOSSET (trojboký hranol a rozměrech 6 x 6 x 6 x 4,2 nebo 4 x 4 x 4 x 2,6 mm), (Kupka, 1996).

Současně vyráběný sortiment vrtných nástrojů v Pramet, a.s., lze rozdělit následovně:

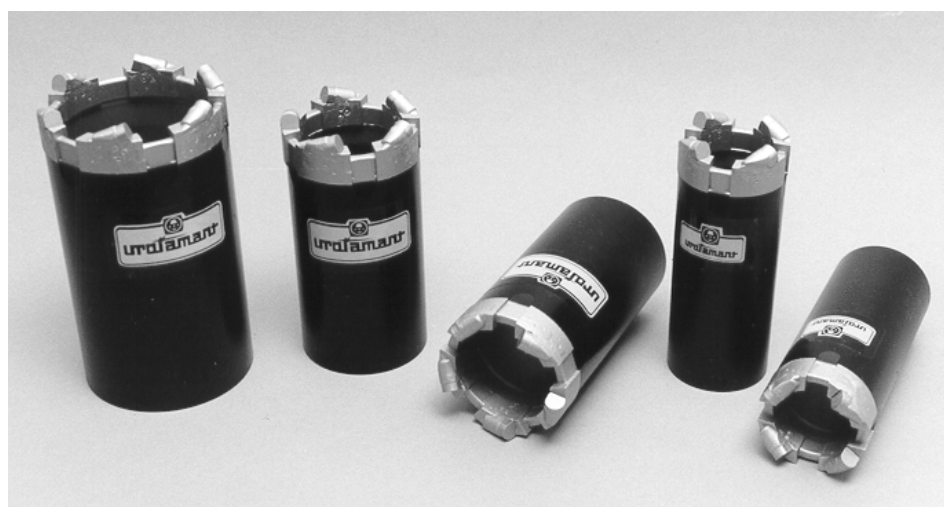
- a) Korunky s PCD prvky pro vrtání průzkumných vrtů (typ: OT Ø 46, 59 a 76 mm).
Korunky jsou osazeny PCD prvky Ø 8 mm typu STRATAPAX firmy General Electric. Prvky jsou napájeny přímo na věnec korunky. Věnec je vyroben metodou práškové metalurgie. Kalibrace je tvořena zrnny polykrystalické drtě a prvky ze slinutého karbidu. Osazení prvky z PCD je následující:
Ø 46 OT - 4 ks PCD, Ø 59 OT - 5 ks PCD, Ø 76 OT - 6 ks PCD.
- b) Dláta s PCD prvky - běžně vyráběný katalogový sortiment:
 - Dláto Ø 29 mm (pro svorníkové vrty): osazení - 2 ks PCD Ø 11 mm.
 - Dláto Ø 42 mm (pro vrtání vrtů pro trhací práce): osazení - 3 ks PCD Ø 13 mm na obvodě, 1/2 ks Ø 8 mm ve středové části pro drcení jádra. Prvky jsou napájeny na nosné těleso bez kalibrace pájkou.
 - Dláto Ø 65 mm (vrty pro degazaci, odvodnění a pod.): osazení - 5 ks PCD Ø 13 mm, 3 ks na obvodě, 2 ks vykrývají čelo nástroje. Kalibrace je tvořena zrnny z polykrystalické drtě a prvky PCD na SK. Hlavice je vyrobena metodou práškové metalurgie.
 - Dláto Ø 76 mm (vrty pro degazaci, odvodnění a pod.): osazení - 6 ks PCD Ø 13 mm, 3 ks na obvodě, 3 ks vykrývají čelo nástroje. Nosné těleso je vyrobeno stejně jako u Ø 65 mm.
- c) Dláta s PCD prvky - doplňkový sortiment:
 - Dláto Ø 42 mm (pro injektážní vrty): osazení - 5 ks PCD Ø 8 mm, 3 ks na obvodě, 2 ks vykrývající čelo nástroje. Kalibrace je tvořena polykrystalickou drtí a prvky ze SK. Prvky jsou přímo napájeny na hlavici nástroje vyrobenou metodou práškové metalurgie.
 - Dláto Ø 76 mm (vrty pro degazaci, odvodnění a pod.): osazení - 13 ks PCD Ø 8 mm, 5 ks na obvodě, ostatní vykrývají čelo nástroje. Kalibrace je tvořena polykrystalickou drtí a prvky ze SK. Prvky jsou přímo napájeny na hlavici nástroje.
- d) Dláto Ø 93 mm (vrty pro degazaci, odvodnění a pod.): osazení 9 ks PCD Ø 13 mm, 4 ks umístěny na obvodě nástroje, ostatní vykrývají čelo nástroje. Kalibrace je tvořena zrnny přírodního diamantu a prvky ze SK. PCD prvky jsou napájeny na roubíky ze SK a ty potom osazeny do hlavice nástroje.

U všech vyráběných nástrojů byly použity PCD prvky \varnothing 8, 11 a 13 mm STRATAPAX firmy General Electric.

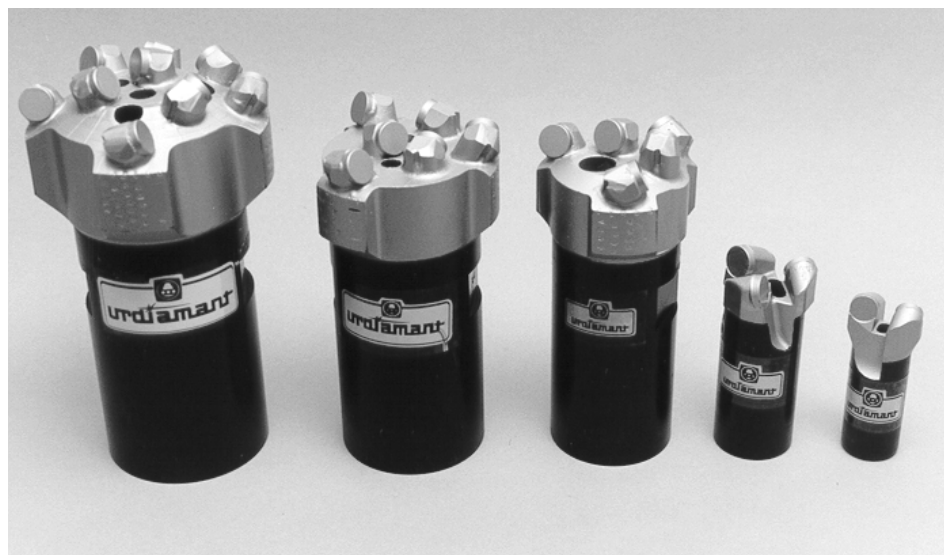
(Pozn.: V technickém rozvoji divize 6 byly vyrobeny jako největší 2 ks dia korunek a to pro MND Hodonín a UNIGEO Ostrava. V prvním případě se jednalo o korunku \varnothing 216/102 mm osazenou 206 ks prvků GEOSSET 6 x 6 x 6 x 4,2, v druhém případě o korunku \varnothing 216/149 mm osazenou 28 ks prvků STRATAPAX \varnothing 13 mm. V rámci technického rozvoje lze provádět výrobu vždy dle požadavků zákazníka).

V souvislosti s útlumem geologického průzkumu počátkem 90. let se hledala možnost vývozu tohoto typu nástrojů i do zahraničí. V současné době probíhá úspěšná spolupráce s firmou BECON - Rakousko. Pro široké nasazení v zahraničí hraje důležitou roli zejména to, že polovina až dvě třetiny dodávaných nástrojů jsou právě osazeny prvky typu GEOSSET nebo STRATAPAX. Relativně vysoká cena nástrojů tohoto typu není v tomto případě často rozhodujícím faktorem a je zcela vyvážena jejich dlouhou životností, což je u zahraničního zákazníka rozhodující.

Na obr.1 jsou uvedeny některé typy diamantových vrtacích korunek a na obr.2 některé typy diamantových vrtných dlát, osazených řeznými prvky z PCD a vyráběných v Pramet, a.s., Šumperk.



Obr.1. Konstrukční provedení vrtacích korunek osazených řeznými prvky z PCD (Pramet, a.s.).



Obr.2. Konstrukční provedení vrtných dlát osazených řeznými prvky z PCD (Pramet, a.s.).

Některé poznatky z provozního nasazení vrtných nástrojů s PCD prvky

Vrtné korunky a dláta osazené prvky z PCD jsou postupně nasazovány v provozních podmínkách, přičemž je sledována zejména jejich životnost ve vztahu k typu provrtávaných hornin. Např. omezený počet korunek s PCD prvky byl provozně nasazen na pracovištích firmy Artezia, Praha (\varnothing 76 mm) a Stavební geologie, Tachovice (\varnothing 46, 59 a 76 mm). Diamantová dláta s PCD prvky,

Ø 42 mm byla provozně nasazena slovenskou firmou Geostatik Žilina na lokalitě Oravský Podzámok při vrtání v hlíznatých vápencích.

Dláta s PCD prvky jsou nasazena také na důlních pracovištích DPB Paskov, a.s., v ostravsko-karvinské oblasti. Poznatky získané z provozního nasazení dlát s PCD prvky, uvedené v tomto referátu, byly získány právě na základě hodnocení práce těchto dlát, nasazených na důlních pracovištích DPB Paskov, a.s., v období leden 1996 - srpen 1997.

V následující tabulce jsou uvedeny základní údaje o provozním nasazení dlát s PCD prvky na jednotlivých důlních podnicích v období leden 1996 až květen 1997.

Tab.1. Přehled o nasazení dlát s PCD prvky (leden 96 - květen 97).

Typ dláta	Důl	Činnost (typ vrtu)	Spotřeba dlát (ks)	Provrtávané horniny	Průměrná životnost dlát odvrt. (m)
Dláta s PCD Ø 65 mm	Dukla		4	prachovce	4 025
	Darkov	degazační	3	prach., písk.	1 670
	ČSM		2	prach., písk.	4 554
Dláta s PCD Ø 76 mm (6 prvků)	František		2	prach., písk.	1 700 ¹⁾
	Staříč	degazační	4	písk., prach.	810
	ČSM	doplňková deg.	2	prach., písk.	2 090 ²⁾
Dláta s PCD Ø 76 mm (13 prvků)	ČSA	ověřovací	2	slep., písk.	130
	ČSA	ověřovací	4	slepence	423
	Darkov	geomechanické	2	slep., písk.	171

Poznámka: 1,2 - v tabulce jsou uvedeny pouze odvrté prvních nasazených dlát, která již ukončila vrtání, dláta nasazená jako druhá v pořadí v obou případech ještě vrtají, a to následovně: Důl František - doposud odvrtáno 1 000 m, Důl ČSM - doposud odvrtáno 300 m.

Na základě výsledků, uvedených v tab. č. 1, lze shrnout následující poznatky:

- Dláta s PCD Ø 65 mm byla nasazována převážně do měkkých až středně pevných hornin, délka odvrtů je poměrně variabilní od 1 670 m (Důl Darkov) po 4 554 m (Důl ČSM). Maximální délky odvrtu dosáhlo dláto č. 1, nasazené na Dole Dukla - 5 100 m (Pozn. - odvrtý jednotlivých dlát nejsou v tabulce zahrnuty).
- Dláta s PCD Ø 76 mm (6-ti prvková), nasazená ve vrtatelnostně obdobných podmínkách, dosahovala přibližně polovičních délek odvrtů, oproti dlátům Ø 65 mm; odvrt se pohyboval v rozmezí od 130 m (ČSA) do 2 090 m (ČSM). Velmi nízký odvrt u dlát, nasazených na Dole ČSA (107 m a 153 m u jednotlivých dlát) lze vysvětlit nevhodným nasazením ve velmi tvrdých horninách (slepence), což vyžadovalo režim vrtání s vysokým přtlakem, který negativně působil na jednotlivé řezné prvky a docházelo tak k rychlejšímu opotřebením nástrojů (ztráta boční kalibrace, vyštípání PCD vrstvy, zvýšený otěr destiček s povlakem diamantu). Tento jev lze považovat za obecnou příčinu nižších odvrtů dlát o Ø 76 mm (6-ti prvkových), oproti dlátům Ø 65 mm.
- Dláta s PCD Ø 76 mm (13-ti prvková) byla nasazena v podmínkách sedlových vrstev. Na Dole ČSA byla v obdobných podmínkách nasazena i 6-ti prvková dláta stejného průměru, která dosáhla 3,25 x menší odvrt než dláta 13-ti prvková. Jako ekonomicky výhodné se jeví použití dlát Ø 76 mm (13-ti prvkových) v sedlových vrstvách.

V současné době jsou pro vrtání dlouhých odplyňovacích vrtů zkoušena sendvičová dláta Ø 93 mm.

Závěr

Jak je zřejmé z předcházejícího, divize-6 Pramet, a.s., vyrábí široký sortiment vrtných nástrojů s PCD prvky dle jednotlivých standardů, nebo v atypickém provedení, dle požadavků zákazníků, které nacházejí, díky své kvalitě stále větší uplatnění ve vrtném provozu u nás, ale i v zahraničí, o čemž bezesporu svědčí nárůst jejich výroby. To potvrzují také velmi příznivé výsledky, získané při provozním nasazení těchto nových, progresivních typů nástrojů. Pro detailnější posouzení přesnosti těchto nástrojů v provozních podmínkách by bylo vhodné sledovat širší komplex výkonových parametrů, což je možné pouze za předpokladu vybavení vrtných souprav vhodnou měřicí aparaturou.

Literatura

- Kupka, K.: Diamantové korunky se supertvrdými syntetickými materiály. *In: Vrtné nástroje a vrtné nářadí pro geologický průzkum. Sborník přednášek Pramet, a.s., 1996, s. 21-24.*
- Mazáč, J.: Inovace vrtných nástrojů pro důlní ložiskový průzkum v OKR. *Kandidátská disertační práce, VŠB-HGF Ostrava, 1989, s. 13-30.*