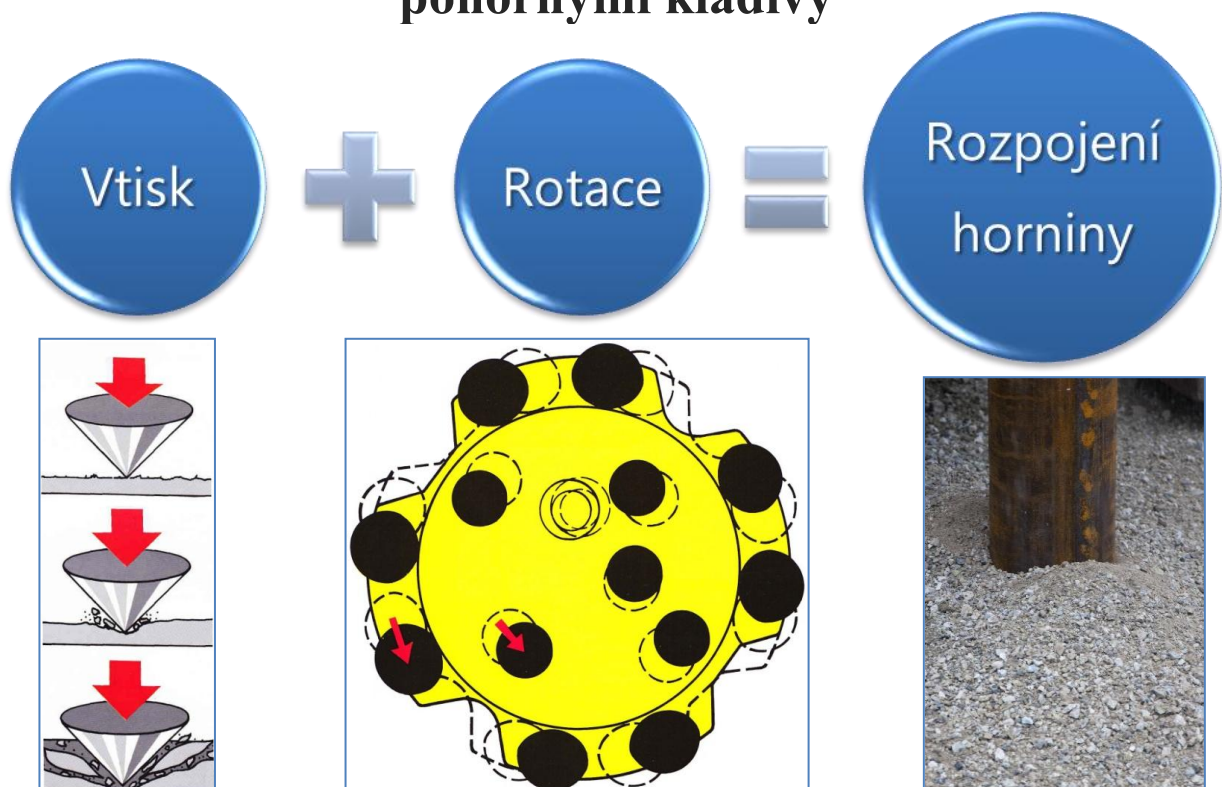


Technologie rotačně-příklepového vrtání vodárenských vrtů a její limity

Vrtání ponorným kladivem v soudržných horninách

Cílem této krátké přednášky je uvést přednosti výše uvedené technologie, ale i zároveň i ozřejmit důvody, proč a čím je tato moderní vrtná technologie v praxi limitována. Z tohoto důvodu je třeba vědět, na jakém principu je hornina při vrtání ponorným kladivem rozpojována:

Princip rozpojování horniny při vrtání ponornými kladivy



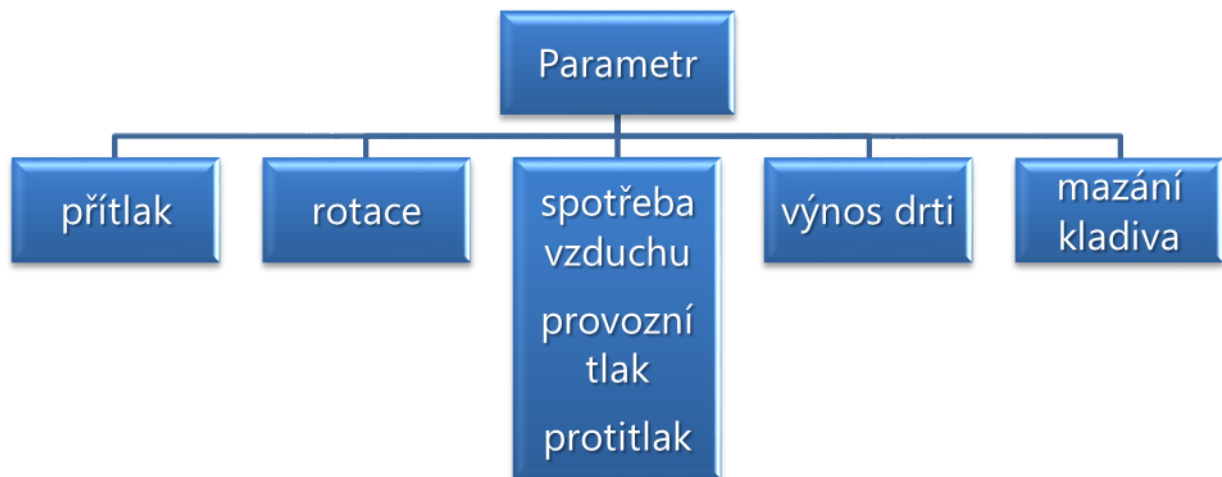
Vrtné dláto je opatřeno tzv. roubíky ze slinutého karbidu (Wolfram-Kobalt), které následkem úderu pístu ponorného kladiva do dřívku vrtného dláta vnikají do horniny a způsobí místní překročení pevnosti materiálu v místě vtisku, čímž se vytvoří síť trhlin v okolí tohoto vtisku. V důsledku rotace vrtného dláta se tyto vtisky opakují v celé ploše dna vrtu. Do vzniklých trhlin v hornině vniká tlakový vzduch, proudící z výplachových otvorů vrtného dláta a odstraňuje průběžně vrtné úlomky z čelby vrtu. Ty pak proudí podél vrtného dláta, pláště ponorného kladiva a vrtných trubek směrem k ústí vrtu a jsou proudem vzduchu vynášeny dále mimo vrtný stvol.

Výše uvedený princip rozpojování platí pouze u kompaktních hornin, kde je možné hovořit o uplatnění odštěpu úlomků materiálu. V takovéto hornině pak ponorné kladivo nemá konkurenci z hlediska rychlosti vrtání. Neznamena to ovšem, že s vrtačím kladivem nelze vrtat i v měkkých a

neštípatelných horninách, jako jsou různé typy, slínovců, pískovců i jílovců. V takovýchto formacích však dominance rotačně příklepové vrtací technologie již není tak výrazná.

Aby rotačně-příklepový princip vrtání fungoval správně, musí být zajištěno několik základních parametrů:

Důležité parametry při vrtání ponornými kladivy



Přítlak vrtací korunky

K předání energie stačeného vzduchu do horniny bez zbytečných ztrát je zapotřebí, aby byla vrtací korunka přitlačována na dno vrtu určitým přítlakem. Velikost tohoto přítlaku závisí zejména průměru vrtného dláta a na provozním tlaku vzduchu, neboť čím je tento tlak vyšší, tím více energie musí být předáno prostřednictvím vrtací korunky do horniny. Pokud není vrtací korunka dostatečnou silou tlačena proti hornině, nemůže být veškerá energie hornině předána a protože se energie nemůže nikam ztrácet, může pak dojít k poškození vrtací korunky nebo vnitřních součástí kladiva. Samozřejmě, že čím větší ponorné kladivo a vrtací korunka jsou používány, tím větší přítlak musí být vrtací souprava schopna vyvinout. Vrtmistr ovládá přítlak pomocí ovládacích prvků hydraulického systému. Pokud se vrtají hlubší vrtvy v řádu několika desítek a stovek metrů, musí být souprava vybavena systémem tzv. „protiváhy“, aby se eliminovala narůstající hmotnost přidávaných vrtacích trubek a nedošlo tak k poškození vrtného dláta v důsledku nadměrného přítlaku.

Rotace

Otáčení vrtací kolony je nutné proto, aby příklep vrtací korunky působil na dosud nerozpojenou horninu. Otáčky vrtné kolony (vrtného dláta) musí být takové, aby se jednotlivé „vtisky“ roubíků vrtného dláta nepřekrývaly a nezasahovaly již rozpojenou horninu (příliš nízké otáčky) a zároveň aby jednotlivé „vtisky“ nebyly od sebe vzdáleny tak, že mezi nimi zbývají nerozpojené horninové části (příliš vysoké otáčky)

Spotřeba vzduchu, provozní tlak, protitlak

Ponorné kladivo představuje pro zdroj vzduchu-kompresor spotřebič tlakového vzduchu. K tomu, aby kladivo pracovalo optimálně podle svých možností, musí kapacita kompresoru odpovídat spotřebě vzduchu ponorného kladiva. Pokud je kapacita kompresoru (množství dodávaného vzduchu při

definovaném přetlaku) nedostatečná, kladivo pak představuje pro kompresor nadměrný spotřebič a proto nelze dosáhnout potřebného provozního tlaku. Kladivo v takovém případě nedosahuje optimálního výkonu a tím se ztrácí hlavní výhoda této technologie – vysoká produktivita vrtání. Je-li naopak kapacita kompresoru vůči spotřebě kladiva předdimenzována, na chod kladiva a produktivitu vrtání to nemá žádný vliv, kladivo v takovém případě pracuje s maximální produktivitou, ale ekonomika vrtání se poněkud zhoršuje k vyšší spotřebě paliva kompresoru. Tento případ je však u vrtání velko-průměrových vodárenských vrtů velmi zřídka vzhledem k pořizovacím cenám velkokapacitních kompresorů.

Spotřeba vzduchu u ponorných kladiv se udává většinou v m³/min při různém tlaku. Jedná se vždy o množství nasátého vzduchu kompresorem, tj. při atmosférickém tlaku cca 1 baru. Pro konkrétní představu, co tento údaj znamená, uvádíme spotřebu vzduchu kladiva většího průměru, které se používá k vrtání vodárenských vrtů:

Příklad: Spotřeba vzduchu 12“ kladiva při tlaku 16 barů je cca 50 m³/min. To znamená, že kompresor musí nasát za 1 minutu 50 m³ vzduchu z atmosféry a stačit je na 1/16 původního objemu. Takto stlačený vzduch proudí do kladiva, kde se jeho tlaková energie mění na kinetickou energii pístu. Čím vyšší je provozní tlak (tlak měřený při chodu kladiva), tím je vyšší výkon a vrtací rychlost ponorného kladiva. Kapacita větších kompresorů (tj. množství dodaného stlačeného vzduchu při definovaném tlaku), běžně provozovaných v rámci České republiky se pohybuje okolo 25-30 m³/min. Z výše uvedeného vyplývá, že zde narážíme na první limitu vrtání velko-průměrových vrtů běžně dostupnou technikou v ČR. Tomuto tématu se budu podrobněji věnovat níže.

S přibývajícím hloubkou vrtu klesá rychlost vrtání, až by se při dosažení určité hloubky kladivo zcela zastavilo. Jedná se o přirozený fyzikální jev, který souvisí s tzv. protitlakem. Kladivo pracuje pouze tehdy, je-li tlak vzduchu působícího na píst kladiva vyšší než tlak za kladivem (za vrtacím dlátem). Pokud rozdíl tlaku dosáhne určitého minima, kladivo se již nerozeběhne. Tento rozdíl tlaků je u každého kladiva jiný, většinou se však pohybuje okolo 4-5 barů. Protitlak, tj. tlak za dlátem, vzniká tak, že sloupec vzduchu, který proudí mezikružím mezi vrtnou trubicí a stěnou vrtu vytváří určitý odpor, který působí proti tlaku vzduchu přiváděnému do kladiva. Tento odpor je tím větší, čím je ve sloupci obsaženo více vody anebo vrtné drti. Z toho vyplývá, že při velkém přítoku vody do vrtu nebo při nedostatečném množství vzduchu na výplach je dosažitelná hloubka vrtu menší. Tento stav se dá do určité míry řešit přidáváním roztoku pěnidla do proudu vzduchu. Pěna, která vzniká za vrtacím dlátem, snižuje hustotu vynášeného materiálu a zároveň zvyšuje jeho povrch, což obojí napomáhá k čištění vrtu. K dávkování roztoku pěnidla do vzduchového rozvodu slouží speciální dávkovací čerpadla, která musí mít tlak vyšší než je tlak vzduchu kompresoru.

Vynášení vrtné drti z vrtu

Vzduch, který opouští ponorné kladivo, vychází z výplachových otvorů vrtací korunky, očišťuje čelbu od vrtných úlomků, chladí vrtací korunku a vynáší vrtnou drť mezi stěnou vrtu a vrtným nářadím směrem k ústí vrtu. Není-li k dispozici dostatek vzduchu, vrtná drť se hromadí za vrtací korunkou, dochází k ucívání vrtu, zvyšuje se tlak za korunkou (tzv. protitlak), chod kladiva se začne zpomalovat, až se kladivo zastaví, případně uvízne ve vrtu. Aby se zabránilo tomuto nežádoucímu stavu, musí být zajištěna dostatečná rychlost vzestupného proudu vzduchu mezikružím mezi vrtnou trubicí a stěnou vrtu. Vynášecí rychlost se dá snadno spočítat, ale není důvod v rámci této přednášky se tímto výpočtem zabývat. Vzhledem k tomu, že se ale jedná o limitující faktor použitelnosti vrtacího kladiva, je třeba alespoň dodržet tyto zásady:

- průměr vrtací korunky by neměl být větší, než doporučuje výrobce k dané velikosti kladiv
- kapacita kompresoru by neměla být menší než je spotřeba kladiva
- průměr vrtacích trubek by měl odpovídat průměru vrtného dláta a kapacitě kompresoru, aby byla naplněna podmínka dosažení optimální vynášecí rychlosti materiálu z vrtu.

Pokud není některá z těchto zásad dodržena, je třeba počítat s omezením dosažitelné hloubky vrtu i dosažitelné produktivity vrtání.

Vrtání ponorným kladivem v nesoudržných horninách

Na rozdíl od rotačního způsobu vrtání na sucho (šnekem), nebo i s kapalinovým výplachem (valivým, či listovým dlátem), je potřeba pažení nesoudržného vrtu při vrtání s ponorným kladivem naprosto nezbytná, neboť vzduchový výplach narušuje nesoudržné stěny a ústí vrtu v daleko větší míře než výplach kapalinový, který spíše stěny vrtu stabilizuje. To jedna z významných nevýhod technologie vrtání s ponorným kladivem a to zejména u pažení velko-průměrových vrtů. U vrtů menšího průměru, (do průměru pažení cca 220 mm), je tento problém poměrně snadno řešitelný s využitím technologie současného vrtání a pažení, kdy rotující pažnice rozšiřuje (přibírá) vrt menšího průměru, vrtaný ponorným kladivem. S narůstajícím průměrem pažení však narůstá i plášťové tření pažnice ve vrtu a potřeba krouticího momentu značně stoupá. Rotační hlavy, které se používají u vrtacích souprav, pak většinou nedisponují takovým krouticím momentem, aby zvládaly současně vrtat a pažit a tak se tyto dvě operace musí provádět odděleně, což je možné, ale produktivita vrtání se nutně snižuje. K pažení se pak používají tzv. rotační stoly, které se ale vzhledem k jejich hmotnosti a potřebě výkonu motoru používají až na vrtných soupravách s hmotností okolo 20 tun a více. A takových souprav se v ČR moc nevyskytuje.

I přes výše uvedený handicap problematického pažení s přímým využitím ponorného kladiva je snaha vrtných firem využít výhod vrtání kladivem i za cenu kombinování vrtných technologií, například použití šnekového vrtáku nebo valivého dláta s kapalinovým výplachem, velko-průměrové jádrovky apod. Kladivo je pak nasazeno až do těch horninových formací, které zajišťují celistvost vrtného stvolu.

Praktické limity použití rotačně-příklepového vrtání pro vrtání vodárenských vrtů– shrnutí

Geologický profil, průměr vrtu, jeho předpokládaná hloubka a přítok vody, technické vybavení a firemní know-how, to jsou základní faktory, kterými se musí řídit vrtné firmy při rozhodování o použití vhodné vrtné technologie. Pokud se firma rozhodne použít výhradně technologii rotačně-příklepového vrtání, tj. využití ponorného vrtacího kladiva, musí brát v potaz výše uvedený řetězec návazností.

1. Geologický profil: homogenní, středně tvrdá až tvrdá hornina bez nesoudržných proplástek
2. Průměr vrtu: 254 mm - 400 mm (tj. 8" – 12" kladivo)
3. Hloubka vrtu: jedním průměrem vrtného dláta – cca 150 m, teleskopicky cca 300 m
4. Vrtací souprava: hmotnost od 10 tun, výtahová síla od 80 kN, vybavená čerpadlem na přidávání roztoku pěnídla a vody do tlakového vzduchu a zejména možností zajištění pažení v úvodní, popřípadě v nesoudržné části vrtného stvolu.

5. Vrtné trubky: od průměru 114 mm

6. Kompresor: od 28 m³/min, tlak 22 bar a více, pro kladiva od 10" spojené paralelně do sebe

Pokud nelze využít některého ze systémů kontinuálního vrtání a pažení, musí firma umět osadit úvodní ochrannou pažnici jinou technologií, aby nedocházelo narušení ústí vrtu vzduchovým výplachem.

Vždy je třeba brát v úvahu, že „papírové“ technické údaje použitých technických zařízení nemusí odpovídat skutečnosti a raději při posuzování technologie počítat s určitou rezervou. Celková cena náradí, tj. vrtného dláta, vrtacího kladiva, vrtné kolony v případě vrtání vodárenských vrtů se pohybuje v řádu statisíců korun, proto je třeba riziko havárie omezit na minimum již ve stádiu posuzování možnosti rotačně příklepovou technologii využít.

Nezbytným předpokladem použití technologie vrtání s ponorným kladivem je požadavek, aby s touto technologií bylo počítáno již ve stádiu projektu, tj. aby projektová dokumentace vrtu byla koncipována v souladu s možnostmi této technologie. Jinými slovy: Je třeba, aby projektanti znali možnosti této technologie a pracovali s technickými parametry, jako jsou například průměry použitelných dlát, průměry použitelného pažení, dosažitelné hloubky v jednotlivých úsecích vrtu, dosažitelné průměry a tloušťka stěn zárubnic, tloušťkou obsypu, apod.).

V tomto ohledu nabízí naše firma Vrtací technika Svoboda s.r.o. součinnost všem, kteří se v oboru vrtání studní rotačně příklepným způsobem angažují a měli by zájem svoje znalosti prohloubit.

Děkuji Vám za pozornost.

Ing. Miloš Svoboda

Liberec, duben 2020

Přílohy:

Základní údaje o vrtech na Orlicku, Pardubicku a Olomoucku

Schéma vrtu - Orlicko