

**Ing. Adam Janíček**

CarboTech – Bohemia s.r.o., Lihovarská 10, 716 03 Ostrava – Radvanice, e-mail:  
carbotech@carbotech.cz

## HISTORIE A SOUČASNÝ VÝVOJ HORNINOVÝCH SVORNÍKŮ

### Abstract

Contribution is focused on use of rock bolts in underground construction, briefly presents the rock bolts history – especially used materials and types. The article describes basic criteria for selection of sufficient bolting technology and gives overview of technologies advantages and un-advantages. Part of contribution is dedicated to new trends of rock bolt application.

### Kotvení ve skalních horninách

Účelem kotvení při ražbě podzemních děl je spojení rozvolněné horniny v oblasti kolem výrubu s horninou neporušenou mimo tuto oblast. Kotevní prvky (svorníky) zabraňují dalšímu rozvoji odlehčení a pokračujícím změnám napjatosti v horninovém masivu.

V pozemním stavitelství a v geotechnice je kotvením do skalních hornin řešena převážně stabilita stavebních konstrukcí, kdy kotevní prvky působí proti směru možného pohybu konstrukce. Ten může být vyvolaný například vztlakem podzemní vody, svahovými pohyby a podobně.

Příspěvek je zaměřen na technologii kotvení používanou během výstavby podzemních děl.

### Kritéria ovlivňující výběr kotevního prvku

#### 1. Funkce kotevního prvku v hornině při vystrojování díla

- a) Kotevní prvky slouží jako samostatná výztuž. Tento způsob vystrojení podzemního díla je používán při ražbě ve zdravých a velmi pevných horninách, pro díla s krátkou životností a s nižšími nároky na stabilitu díla.
- b) Častěji jsou kotevní prvky součástí výztuže kombinované, kdy je spojena funkce podpěrné výztuže (rámové nebo plošné) s kotvením.

#### 2. Požadovaný čas aktivace kotevního prvku

- a) V případě hornin s nižší pevností, porušených hornin a u hornin tlačivých, kdy lze očekávat rychlý nárůst deformací, jsou používány kotvy s okamžitou únosností.
- b) V horninovém prostředí, kde není okamžitá zatížitelnost vyžadována je možno použít kotvy s náběhem únosnosti v čase.

#### 3. Možnosti technologie kotvení

- a) Hodnota maximálního zatížení kotevního prvku (materiál kotvy, způsob upnutí).
- b) Způsob instalace (rychlost, pracnost atd.) a limitující faktory (vrtání, injektáž atd.)

Obecně lze říci, že kotevní prvek musí splňovat následující požadavky:

- Zajistit plně uvažovanou funkci – dostatečná délka, tahová a případně stříhová pevnost, způsob spolupůsobení mezi horninou a výztuží.
- Jednoduchá a rychlá instalace – cílem je dosáhnout zkrácení času věnovaného kotvení na minimum s nasazením omezeného počtu pracovníků a strojního vybavení.
- Přiměřená cena – celková cena za kotevní prvek, jeho instalaci a aktivaci, musí být adekvátní své funkci.

### Mechanicky upínané ocelové svorníky

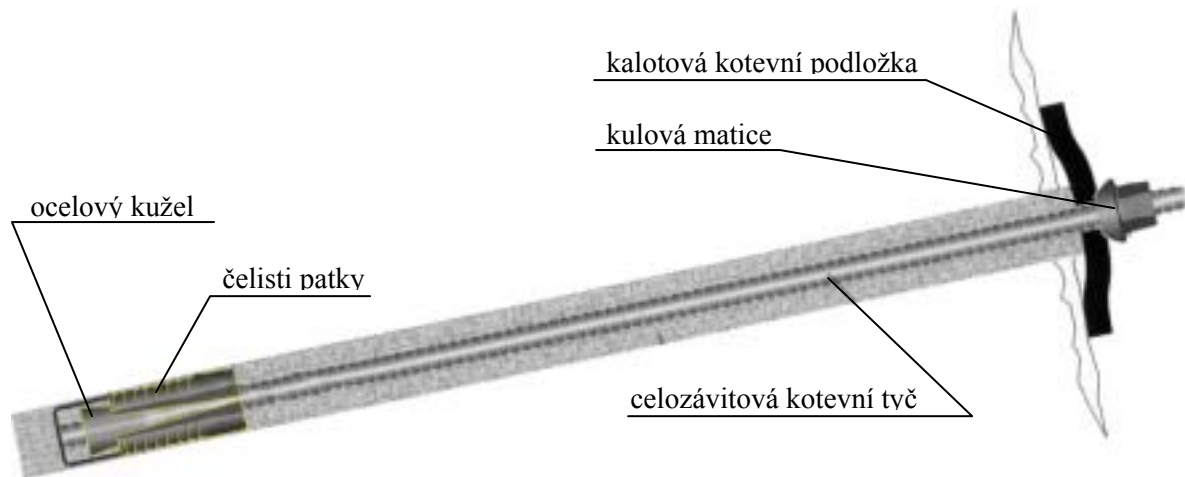
Při úmyslném opomenutí dřevěných svorníků, používaných historicky v hornictví a v začátcích rozvoje výstavby tunelových staveb, byly první používané kotevní prvky krátké

mechanické svorníky upínané bodově pomocí klínu (tzv. klínová patka) nebo pomocí šroubové hlavice (tzv. tahová patka).

Při použití staršího způsobu – klínu – dochází k upnutí svorníků tlakem nebo údery. Klín vložený do rozštěpu v tyči způsobí rozevření a křídla rozštěpu se přitlačí na stěnu vývrtnu.

Na principu klínu vznikl svorník upínaný do horniny pomocí šroubové hlavice. Svorník v tomto případě není opatřen rozštěpem, ale šroubovou hlavicí - kotevní patkou. Rozevření je realizováno otáčením matice, čímž dochází k vtahování ocelového kuželu do kotevní patky a k opření čelistí patky o horninu.

Obr.č.1. Ocelový svorník s šroubovou hlavicí



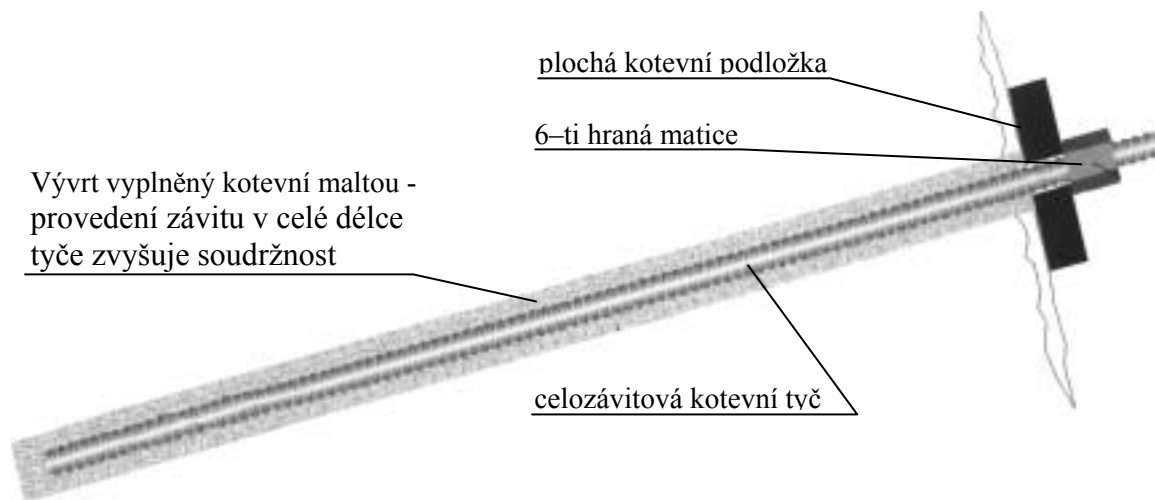
#### Charakteristické vlastnosti

<i>Přednosti</i>	<i>Zápory</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Okamžitá plná zatížitelnost svorníku</li> <li>• Jednoduchá instalace svorníku</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Použitelná technologie pro velmi pevné horniny (velké napětí v místě upnutí)</li> <li>• Pouze pro dočasné prvky – nejsou chráněny proti korozi</li> <li>• Vrtý stahují vodu do výrubu (drény)</li> <li>• Požadovaná přesnost vrtání (průměr vrtu)</li> <li>• Relativně vyšší cena svorníku</li> </ul>

#### **Tyčové svorníky upínané lepením (tmelené svorníky)**

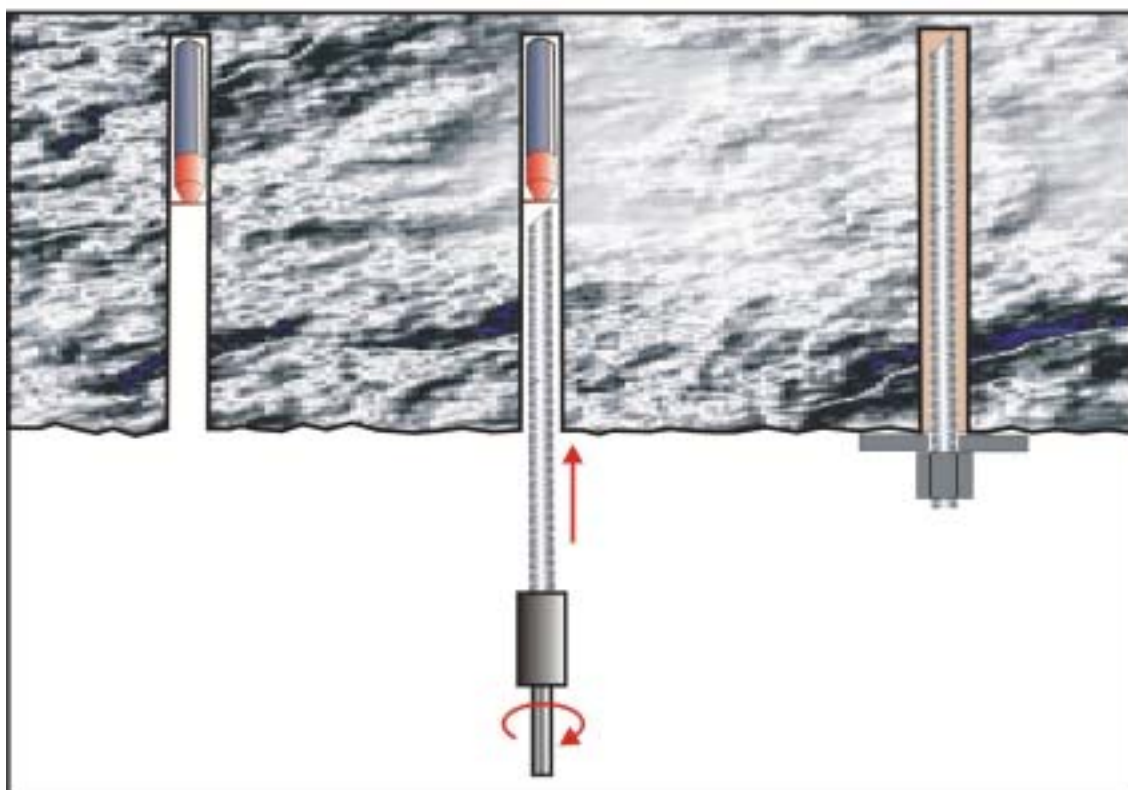
Vzhledem k řadě nevýhod mechanicky bodově upínaných svorníků, se začaly používat svorníky upínané lepením po celé své délce, případně lepené v kořenové části. Nejčastěji se do předvrtaného vývrtnu vpraví kotevní malta na cementové bázi a následně je do vývrtnu zatlačen svorník. U delších kotevních vývrtnu je kotevní malta do vývrtnu injektována pomocí čerpadla.

Obr.č.2. Svorník lepený cementovou maltou



Únosnost lepeného svorníku je dána převážně přídržností a tahovou pevností použitého tmele. Běžně se používají klasické cementy, které však vykazují vysoký stupeň sedimentace a během procesu tuhnutí i objemové změny (smrštění). Vhodnější je použití aktivovaných cementů nebo speciálních kotveních malt s obsahem plniva a stabilizačních přísad. Velmi častým a rozšířeným způsobem lepení je použití polyesterových a polyuretanových lepicích ampulí. Tyto nabízejí jednoduché instalování svorníku s plnou zatížitelností cca do 5 minut.

Obr.č.3. Lepení svorníků pomocí lepicích ampulí



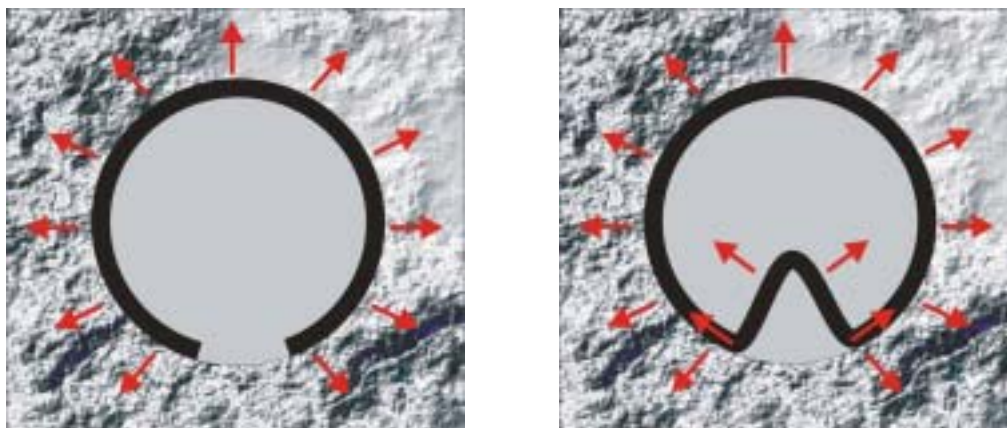
### Charakteristické vlastnosti

<i>Přednosti</i>	<i>Zápory</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Příznivá cena používaných kotevních tyčí</li> <li>• Jednoduchost a okamžitá zatížitelnost u svorníků upínaných lepicími ampulemi.</li> <li>• Vysoká tolerance při vrtání kotevního vývrtnu</li> <li>• Dobrá antikorozi ochrana (vyšší u ampulí)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obtížné provádění dovrchního kotvení při použití cementových malt (vytékání)</li> <li>• Pracnost instalace u delších kotevních prvků při použití cementu</li> <li>• Náběh zatížitelnosti v čase (dle použitého typu kotevní malty)</li> </ul>

### Frikční kotvy zarážené

V průběhu 90 let minulého století se začaly v širší míře používat svorníky přenášející zatížení do horniny plášt'ovým třením. Konstrukčně jsou řešeny jako podélně rozříznutá ocelová trubka (svorník SPLIT SET), nebo jako trubka s podélným prolisem (svorník HB).

Obr. č.4. Svorník SPLIT SET (vlevo) a HB (vpravo)



Do předvrtaného kotevního vývrtnu jsou svorníky zaváděny příklepem. Průměr svorníku je větší než kotevního vývrtnu. Při zarážení dojde k sevření těla svorníku a následně k vyvození rovnoměrného tlaku na plášť.

### Charakteristické vlastnosti

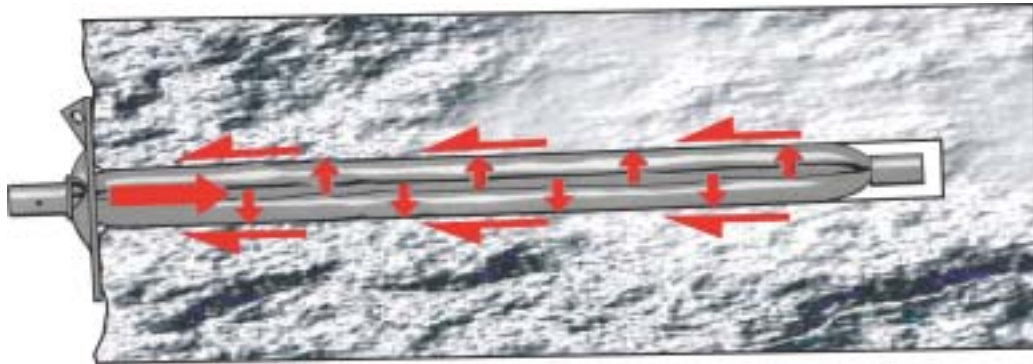
<i>Přednosti</i>	<i>Zápory</i>
------------------	---------------

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jednoduchý princip a možnost strojní zavádění</li> <li>• Rychlost instalace</li> <li>• Okamžitá plná zatížitelnost</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vysoká náročnost na provedení vývrtní a následné zavedení svorníku (může dojít k poškození prvku)</li> <li>• Vhodné pro pevné a kompaktní horniny</li> <li>• V plastických horninách dochází v čase ke snížení únosnosti</li> <li>• Vrty stahují vodu do výrubu (drény)</li> <li>• Koroze svorníků</li> </ul>
--	--

### Frikční kotvy hydraulicky rozpínané

Jiným způsobem využití frikce na plášti prvku je princip svorníků SWELLEX. Do vývrtní je zasunut svorník tvořený zdeformovanou trubkou. Připojením vodního čerpadla dochází tlakem vody vháněného do těla svorníku k opětovnému vyrovnání pláště a k jeho těsnému kontaktu s stěnou vývrtní.

Obr.č.5. Svorník typu SWELLEX rozepnutý ve vývrtní



### Charakteristické vlastnosti

<i>Přednosti</i>	<i>Zápory</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jednoduchá instalace</li> <li>• Okamžitá plná zatížitelnost</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vhodné pro kompaktní horniny</li> <li>• Koroze svorníků</li> <li>• Limitní zatížitelnost daná konstrukcí svorníku</li> </ul>

### Zavrtávací injektážní kotvy

Všechny typy svorníků, uvedené v předchozím textu, vyžadovaly provedení vývrtní před jejich samotnou aplikací. Právě nutnost předvrtání kotevního vývrtní je v podmínkách porušených hornin často limitující. V horninách zvětralých, v horninách s výskytem trhlin, vyplněných puklinových systémů i v horninách s koncentrovaným napětím, kdy nelze zajistit stabilitu vývrtní, jsou používány téměř výhradně zavrtávací injektážní kotvy.

Principem je přímé zavrtávání výztužné kotevní tyče (svorníku) do horninového prostředí s následnou injektáží. Svorník je považován za lepený.

Obr.č.6. Injektážní zavrtávací kotevní prvek (injektáž)



Zavrtávací injektážní kotvy jsou využívány rovněž jako způsob transportu injekčního média do požadované oblasti v horninovém prostředí.

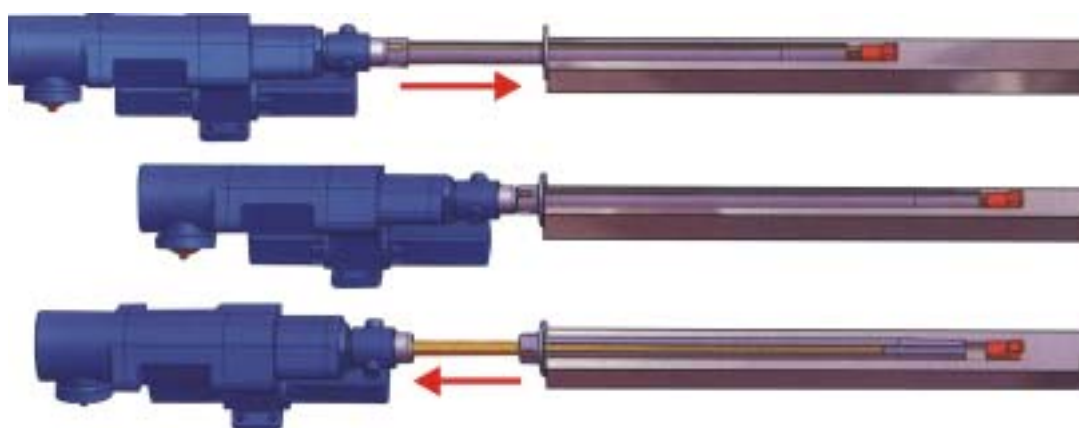
Charakteristické vlastnosti

<i>Přednosti</i>	<i>Zápory</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nevyžaduje předvrtání vývrtnu</li> <li>• Využitelný ve všech typech horninového prostředí a zejména ve zhoršených geologických podmínkách</li> <li>• Možnost realizace libovolně dlouhých prvků i z prostorově omezeného pracoviště (nastavování tyčí)</li> <li>• Možnost injektáže využitelné pro zlepšení vlastností horninového prostředí</li> <li>• Možnost souběžné injektáže při vrtání</li> <li>• Antikorozní ochrana</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Náběh zatížitelnosti v čase (dle použitého typu kotevní malty)</li> <li>• Relativně vyšší cena oproti klasickým tyčovým svorníkům upínaným lepením</li> </ul>

### **Frikční kotvy zavrtávané**

Novým trendem je spojení hlavních výhod frikčních svorníků a zavrtávacích kotevních systémů do jediného prvku. Principem zavrtávacího svorníku POWER SET je vrtání se současným zatlačováním svorníku do kotevního vývrtnu. Díky spojení technologických kroků vrtání a instalace je dosaženo významné časové úspory. Celý proces je realizován strojně s minimálním využitím lidské síly a s minimálními požadavky na přesnost provádění.

Obr.č.7. Zavádění svorníku POWER SET



### Charakteristické vlastnosti

<i>Přednosti</i>	<i>Zápory</i>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Nevyžaduje předvrtání vývrtnu</li><li>• Rychlost instalace</li><li>• Využitelný ve většině typů horninového prostředí s výjimkou zhoršených geologických podmínek</li><li>• Okamžitá plná zatížitelnost</li><li>• Možnost doplnit o injektáž využitelnou pro zlepšení vlastností horninového prostředí</li><li>• Příznivá cena (na úrovni svorníků hydraulicky rozpínatelných)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Koroze svorníků (částečně eliminováno použitou ocelí na výrobu svorníku)</li></ul>

### **Závěr**

Vzhledem k dlouhé historii používání svorníků a kotevních prvků v hornictví a podzemním stavitelství a vzhledem k velkému počtu společností, které tyto materiály buď vyrábějí nebo používají, je k dispozici mnoho odborných studií, matematických modelů a praktických měření. Je zřetelný stálý vývoj a snaha o inovativní řešení, zejména ve způsobu upínání a v použitých materiálech pro výrobu svorníků.

Současný trend prováděcích společností je používat kotevní prvky s maximální užitnou hodnotou, s rychlou a jednoduchou instalací a dostatečnými pevnostními parametry. Je důležité si uvědomit, že do ceny kotevního prvku se promítá více aspektů, než jen pořizovací cena výztuže jako takové (vrtání, pracnost a celkový čas instalace prvku atd.).

Při porovnání výhod a nevýhod zmíněných základních typů svorníků pro vyztužování podzemních děl lze konstatovat, že pro okamžitě zatížitelné prvky lze s výhodou použít plné ocelové (nebo sklolaminátové) tyče upínané ampulemi, případně využít frikčních kotev. Zejména systém POWER SET je ve vývoji významným posunem.

Pro kotvení ve zhoršených geologických podmínkách je v současné době bezkonkurenční aplikace zavrtávacích injektážních kotevních tyčí.