© 1997, Svenska Bergteknikföreningen och författarna/Swedish Rock Engineering Association and authors

SANDVIK COROMANT FORMEL 1
NY ORT- OCH TUNNELDRIVNINGSUTRUSTNING

Martin Lindfors/Per Gustafsson, Sandvik Rock Tools, Sandviken

Orsaker till överberg

Fyra av varandra oberoende faktorer orsakar överberg i tunneldrivning med borrning och sprängning

1. Besvärliga geologiska förhållanden
2. Dåliga sprängrutiner
3. Icke optimal borrplan
4. Borrhålsavvikelser

Det råder ingen tvekan om att möjligheten att optimera tunnelkonturen och undvika över- eller underberg till mycket stor del är beroende av de geologiska förhållandena längs tunnelns sträckning. Om det förekommer öppna slag, förkastningar eller andra besvärande variationer längs vägen, finns det mycket lite att göra för att bibehålla en god kontroll av tunnelns kontur.

I praktiken utgör emellertid överberg, även i förhållandevis fördelaktiga geologiska förhållanden, en kostsam realitet. Orsakerna kan utgöras av en eller flera av faktorerna 2-4 ovan.

Som verktygsleverantör har vi koncentrerat vårt intresse på punkt 4, hålavvikelse, eftersom det är ett problem som faller på oss att lösa.

Hålavvikelse

Oavsett orsakerna till hålavvikelser, antingen i hålöppningen eller i hålbottnen kommer resultatet att innebära en ojämn distribution av sprängkraften i salvan. Om avvikelsen i hålbotten hamnar utanför tunnelns planerade kontur åstadkommer salvan överberg. Med underberg menar vi att hålbottnen hamnar innanför konturen. Utöver över- och underberg orsakar hålavvikelser också alltid ojämnt styckefall och försämrad indrift.

När borrhålen inte överensstämmer med borrplanen kan det bero på följande:

© 1997, Svenska Bergteknikföreningen och författarna/Swedish Rock Engineering Association and authors

1. Felaktig inriktning av mataren
2. Dålig precision i positioneringen (avvikelse från borrplanen)
3. Avvikelser i samband med påhugg
4. Hålböjning under borrning

Borrningsprecision

Inriktningsfel och felaktig positionering är problem som måste lösas av driftsledningen i samarbete med borriggtillverkarna. Utveckling av utrustning och system för att förbättra punkterna 1-2 pågår kontinuerligt. Ett exempel är TCAD (Tamrock Computer Aided Drilling) som beskrevs av Pasi Aarnio 1996.

Med helt datoriserade borriggar ges naturligtvis den allra bästa möjligheten att optimera borrningsprecisionen och få faktorerna 1-2 under kontroll.

Men fortfarande återstår att ta hand om problem 3 och 4.

Vi ska här visa hur dessa kan i stort sett elimineras med nya borrverktyg. Påhuggsavvikelser och hålböjning kan reduceras till ett absolut minimum.

Men först några generella argument för betydelsen av borrningsprecision i tunneldrivning.

Borrplan

En förutsättning för att fullt ut utnyttja fördelarna med precision i borrningen är en borrplan som kan ge den önskade tunnelgeometrin och det planerade styckefallet. Många typer av borrplaner har utvecklats, men oftast krävs en anpassning till lokala förhållanden. En optimal plan kan uppnås genom ett aktivt samarbete mellan projektingenjörer, sprängexpertis och leverantörerna av borrutrustningen.

Indrift

I all tunneldrivning är tiden viktig, och försening kanske den främsta orsaken till fördyringar. Raka hål spar tid genom att indriften ökar. Orsaken är enkel. Ett rakt hål når längre in i berget än ett krokigt. Om alla hål är raka kommer laddningen av hålen att hamna längre in i berget och på rätt ställe vilket resulterar i längre indrift per salva.

© 1997, Svenska Bergteknikföreningen och författarna/Swedish Rock Engineering Association and authors

"Nominellt överberg"

Vid varje tunneldrivning med borrning/sprängning måste ett visst "nominellt" överberg tillåtas. Konturhål och sulhål måste borras med en utstickning av 2-5° för att minimikonturen skall kunna innehållas. Under gynnsamma förhållanden utgör kanske det "nominella" överberget 5% av tunnelarean. Om överberget uppgår till 10 % föranleder det kanske inte några extraordinära åtgärder. Men när det gäller takbultning föreskrivs kanske (X) antal bultar per area tak och väggar. I en 10 km, 30 m^2 tunnel betyder skillnaden mellan 5% och 10% överberg 15 000 m^2 mer yta i tunneln med en motsvarande ökning av behovet av takbultning.

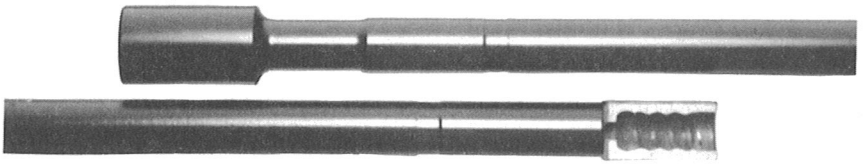
Eftersom systematisk takbultning ofta också kombineras med systematisk betongsprutning kommer denna att ökas i samma grad. I båda fallen betyder det extra kostnader både i form av tid och material. Dessutom måste kanske både borrning och lastning stoppas under bultning och betongsprutning, vilket orsakar försening av hela tunneldrivningen.

Utlastning

Om man räknar med samma exempel som ovan på utlastningen av bortsprängt berg vid 10% överberg, ger det 15 000 extra m^3 (eller 45 000 ton) berg som måste lastas och borttransporteras. Om en normal 4 meters salva producerar en bergvolym av 126m^3 (till vilken måste läggas en svällning av 60%) och det tar 70 min att lasta ut salvan kan man säga att de extra 15 000 m^3 motsvarar en utlastning av 119 extra salvor. Uttryckt i tid betyder detta 119 x 70 min = 139 h (eller 14 extra 10-timmarsskift).

Formel 1. Egenskaper och fördelar

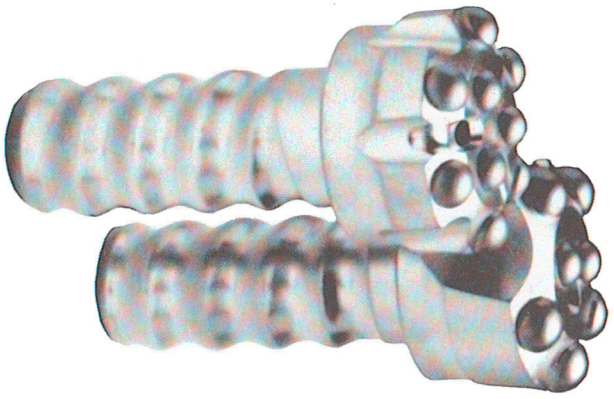
Det nya verktygssystemet består av en rund stång Ø39 mm med hongänga i båda ändar, T38 i nackänden och R32 i fronten. Spolhålets diameter är 15 mm (jämfört med HEX 35 vars spolhål är 9.7 mm). Den ökade spolhålsdiametern tillsammans med den ökade stångdiametern ger högre spolhastighet och betydligt effektivare spolning.



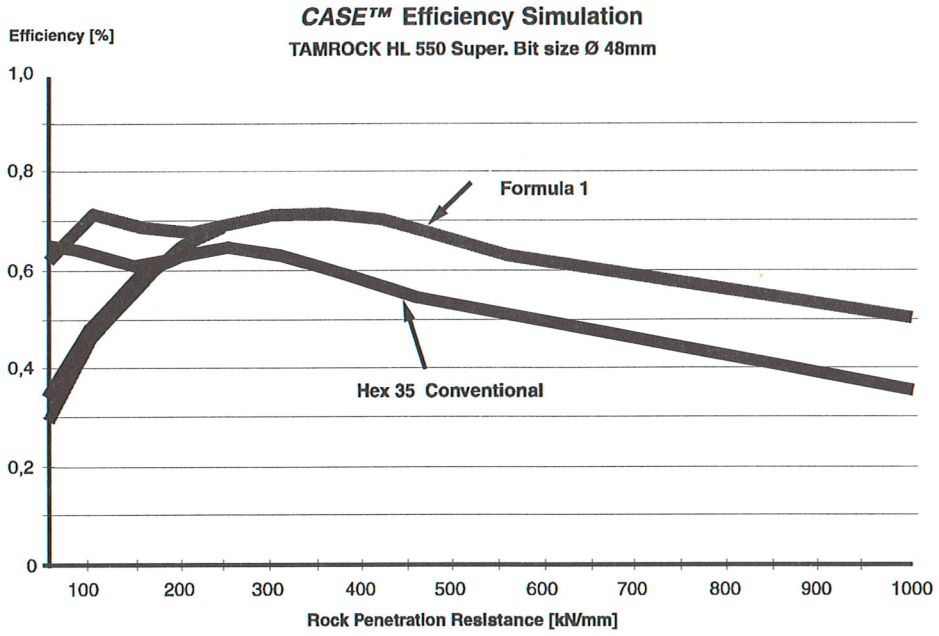
Sandvik Coromant stång "Formel 1"

© 1997, Svenska Bergteknikföreningen och författarna/Swedish Rock Engineering Association and authors

Borrkronorna har hangänga, och tillsammans bildar stång och borrkrona ett paket med ett minimum av dimensionsförändringar. Detta är gynnsamt ur energiöverföringssynpunkt och ger systemet högre verkningsgrad än tidigare lösningar.



Borrkronor med hangänga

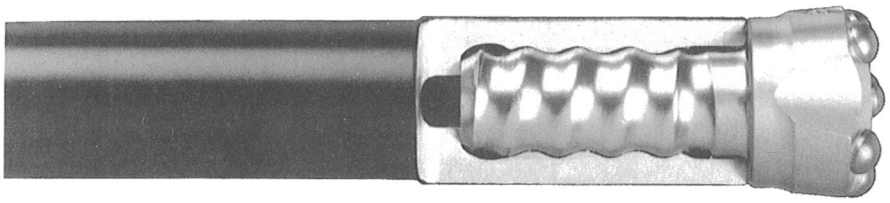


Jämförande CASE-simulering av verkningsgraden mellan konventionella verktyg ock "Formel 1"

Paketet blir också genom sin konstruktion exceptionellt styvt. Den runda stången är även lättare att styra upp med borrstödet på mataren. Tillsammans eliminerar ovanstående i stort sett risken för att borrkronan vandrar vid påhugget. Precisionen i hålpositioneringen kan därför förbättras avsevärt.

© 1997, Svenska Bergteknikföreningen och författarna/Swedish Rock Engineering Association and authors

Paketets styva konstruktion ger också raka borrhål (utan böjning) under praktiskt taget alla förhållanden.



"Formel 1" är exceptionellt böjstyv

Prov har visat att Formel 1 ökar indrifter med ungefär 4%. Vid användning av konventionella 5.5 meters drifterstänger (med ett håldjup av 5.3 m) med "normal hålböjning" var den genomsnittliga indriften 4.8 m. Formel 1- stänger av samma längd gav konstant en indrift av 5.0 m.

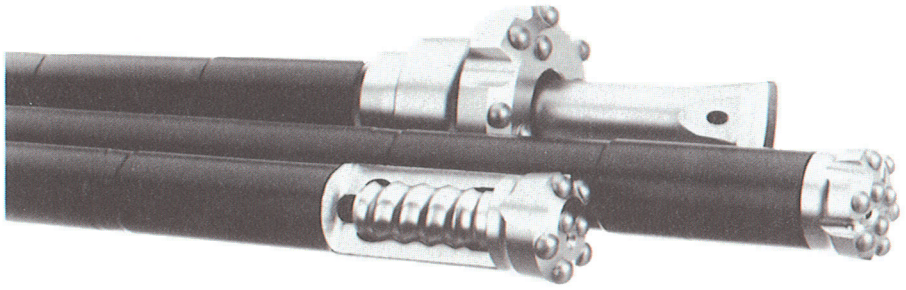
Skillnaden i 200 mm per salva låter i förstone inte speciellt imponerande. Men om man räknar på vad det innebär för 10 km tunnel skulle en indrift på 4.8 m ge 10.000/4.8 = 2083 salvor för att färdigställa tunneln. Med 5.0 m per salva reduceras antalet till 2000. Om vi antar att det tar 80 min att borra en salva i en tunnel med en area av 30 m^2, reduceras borrningstiden med 83 x 80/60= 110 h, eller nära 14 skift vilket räknat på den totala timkostnaden för att driva hela arbetsplatsen ger en avsevärd kostnadsbesparing.

Borrkronorna erbjuds i dimensionerna Ø48-51 mm, med olika frontutföranden med avseende på stiftformer, stiftplacering och spolmönster. Dessutom kan hårdmetallsorter väljas utifrån förslitningsegenskaperna hos det berg som ska borras.

Borrkronorna finns i flera fronutföranden och med stift i olika hårdmetallsorter

© 1997, Svenska Bergteknikföreningen och författarna/Swedish Rock Engineering Association and authors

Hangängade pilotadaptrar och upprymningskronor i dimensionerna Ø89-102 mm kompletterar systemet.



Sammanfattning

Sammanfattningsvis ger det nya verktygspaketet alltså ökad precision vid påhugget med bättre hålpositionering som följd. Det ger sedan ett hål som är rakt under praktiskt taget alla förhållanden vilket ger längre indrift och, om förhållandena i övrigt medger det, minskning av överberg och bättre styckefall. Det ger också bättre energiöverföring och spolning och därmed högre borrsjunkning.

Tillsammans med moderna borriggar konstruerade för hög produktivitet och borrningsprecision och i händerna på erfaren borrningspersonal torde Formel 1 avsevärt kunna bidra till att förbättra produktiviteten och totalekonomin i tunneldrivning med borrning och sprängning.