

Fragmentering och lastbarhet i bergtäkter

I detta projekt har designkurvor för Nonel-upptändning i olika bergtäkter studerats.

Bakgrund

Under MinBaS-programmet togs designkurvor för sprängsalvor med Nonel-upptändning i Swerocks Vändletäkt fram. Genom dessa kan andelen bärlager 0/32 mm eller annan fraktion som bildas i salvan beräknas som funktion av specifik laddning. Nödvändig specifik laddning för att erhålla önskad andel av en godtycklig fraktion kan också beräknas. Geologin består av en fin- till medelkornig sericitomvandlad granit.

Designkurvorna är täktspecifika och MinBaS industrihuvudmän önskade ta reda på om konceptet kunde tillämpas i annan geologi. Samtidigt ville de dokumentera hur användning av sprängkapslar med elektronisk fördröjning kunde påverka styckefall, krossgenomsättning, krossekonomi med mera jämfört med Nonel.

Elektronisprängkapslarna höga upptändningsnoggrannhet gör dels att tändspridningen minskar betydligt, ner till någon tiondels ms, dels att betydligt kortare intervall kan användas, ner till 1 ms mot 17 eller 25 ms för Nonel. Enligt utländska undersökningar kan detta ge ett väsentligt bättre styckefall än en vanlig salva, liksom att last- och kross- eller malbarheten kan förbättras. Dokumentationen om detta är emellertid dålig.

Syfte

Syftet var att validera arbetena med designkurvor för Nonel-upptändning i Vändletäkten mot en täkt med andra bergförhållanden samt att påvisa att användning av elektronisprängkapslar kan ge både finare styckefall och andra förbättringar vid pallsprängning.

Genomförande

Med finansiering från SBUF, MinBaS II-programmet och Swebrec vid LTU samt naturainsatser från Bergsskolan i Filipstad, NCC Roads, Orica Mining Services och Sandvik Mining & Construction genomfördes under 2008 fältförsök i NCC Roads täkt i Långåsen vid Arlanda. Berget var en fin- till medelkornig granodiorit med amfibol-kristaller. I projektgruppen ingick också Jehanders och Swerock.

Fem salvor följdes upp och analyserades. I en 0-salva togs mätmetoder fram för lastcykeltider, lastbarhet, krosseffektdata och styckefall med bildanalys. Övriga salvor innehöll fyra rader med



Figur 1.

cirka 100 hål var i en 14-19 m hög pall. Hål (diameter 89 mm) borrades med datariggen Atlas Copco Smart Rig D9C och laddades med emulsions-sprängämnet Titan 6080 SME. De två första raderna tändes upp med Nonel, två hål per 25 ms i rad och 67 ms mellan raderna, de två sista raderna tändes upp med Orica i-kon® elektroniska sprängkapslar med 5 eller 10 ms fördröjning i raderna.

Under försöken mättes borrhålens påhugg och inriktning, borrhålsavvikelser, bergstrukturen på pallfronten ur 3D-bilder, försättningar i första raden, markvibrationer och luftstövåvg vid angränsande objekt, effektförbrukning hos förkross och bandvågsmotorer med mera. Dessutom mättes sprängskador i pallväggen, LA-tal, kulkvarnsvärde och Split-Hopkinsonhållfasthet. En central del var uttag av elva provhöggar om cirka 400 ton var ur salvorna och siktning av dem både i täkt och i labb. Till sist krossades även provhögarna under krosseffekt- och bandflödesmätning.

Resultat och slutsatser

Designkurvor för styckefallet vid Nonel-upptändning har kunnat konstrueras, se figur 2, så valideringen har lyckats. Styckefallet beskrivs av Swebrec-funktionen. Formlerna ges i en rapportbilaga och tillåter ändring av pallgeometri, håldiameter och sprängämne.

Elektronis salvorna gav flera oväntade resultat jämfört med Nonel-salvor:

- ett märkbart grövre medelstyckefall, en uppgång från cirka 160 till 200 mm,
- en märkbart kortare skopfyllnadstid, ner drygt 8 sek från cirka 35 sek, se figur 3,
- ett märkbart lägre flöde i krossen, 5-10% minskning från 380 till 350 ton/tim och
- ett större energibehov vid krossning, cirka 20% ökning från cirka 0,30 till 0,35 kWh/ton.

Nonel-salvorna med högre specifik laddning, 0,99 jämfört med 0,72 kg/m³, gav:

- ett märkbart finare medelstyckfall, en minskning från cirka 160 till 120 mm,
- en märkbart kortare skopfyllnadstid, ner med knappt 10 sek från cirka 35 sek,
- ett märkbart högre flöde i krossen, cirka 5% ökning från 380 till 400 ton/tim och
- ett lägre energibehov vid krossning, cirka 15% minskning från cirka 0,30 till 0,25 kWh/ton.

En enkel kostnadsuppskattning har gjorts för salvorna. Nonel-salvorna är 0,7-1,8 kronor/ton billigare än elektroniksalmorna beroende på var i materialflödet flaskhalsen finns. När krossningen är flaskhalsen ger elektroniksalmorna den högre merkostnaden 1,8 kronor/ton. Nonel-salvorna har då ungefär samma kostnad oavsett specifik laddning.

När lastningen är flaskhalsen är analysen mer detaljerad. Elektroniksalmorna är även nu dyrare för själva losshålningen, 0,3-1,5 kronor/ton, men övriga kostnader är mycket beroende av lokala förhållanden och kan slå åt båda håll.

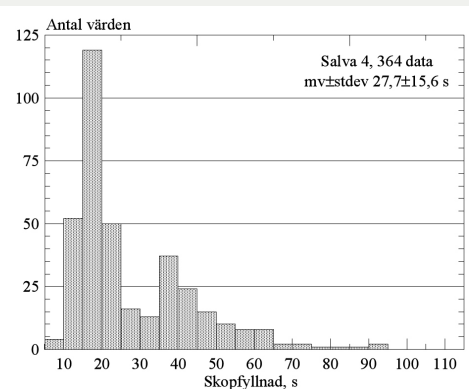
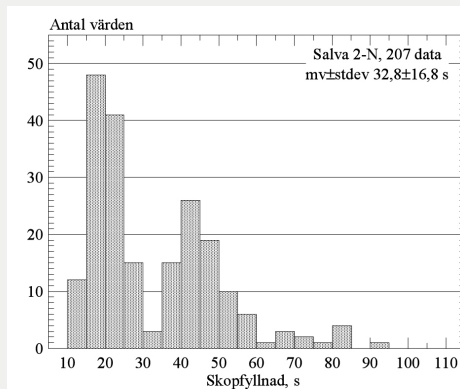
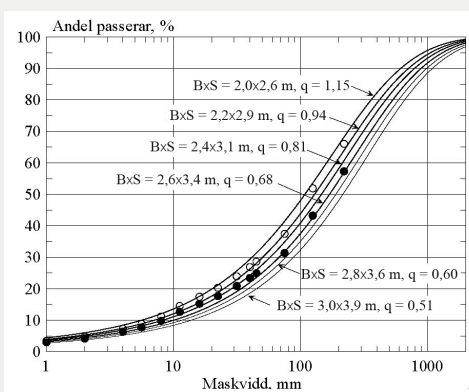
Vid så små kostnadsskillnader blir kalkylerna känsliga för hur de utformas, för osäkerhet i ingående data och för faktorer som inte beaktas, till exempel prisbilderna för olika produkter. Ett försök att uppskatta den sista effekten görs med Sandvik Plant-Designer®. Om vissa produkter som vidareförädlas i anläggningen betingar ett högre pris så kan det ge fördel för elektronik-kapslarna. En väntad framtida prissänkning på kapslarna har inte heller räknats med.

Framtida utvecklingsarbete

För att säkrare kunna bedöma effekten av elektronik-kapslar och för kostnadskalkylerna behöver fler elektroniksalmor med andra tändplaner och i andra bergförhållanden följas upp med liknande metoder som i detta projekt. Några intressanta och utvecklingsbara tekniker är:

- Borrhålsavvikelsemätningar, som visar att påhuggs- och inriktningsfelen är små jämfört med böjningsfelet i botten av en tjugometers pall. Mätningarna borde integreras med riggen.
- MWD-mätningar med riggen, som har potential för bedömning av sprängbarhet och sprickstrukturer i salvan.
- Stereofotografering av pallfronten, som dels medger struktur-kartering direkt i bild, dels kan ge noggranna försättningsprofiler för hålen i salvan.
- Styckefallsmätning ur 2D-bilder är en svag teknik. 3D-teknik är under utveckling.
- Bandmotoreffektmätning, som kan komplettera eller ersätta bandvågar i framtiden.
- Krossmotoreffektmätning, som medger en mätning av netto-effekt när tomgångseffekt och stillestånd kan subtraheras.

Figur 2. Designkurvor för Nonel-salvor i Långåsen med hålmönster och motsvarande specifik laddning q (kg/m³) som parameter.



Figur 3. Histogram för skopfyllnadstid; tider för Nonel-salva (salva 2-N) och elektroniksalva (salva 4) med jämförbar specifik laddning. Notera minskad andel omtag i salva 4

Ett gemensamt gränssnitt och att standardiserade analysrutiner skulle behövas i framtiden. Beskrivningen av bergets sprängbarhet i designformlerna borde också utvecklas. Nuvarande designformler kan förmodligen inte användas till utfallet av tändplaner med den radikalt kortare fördröjning på 1-2 ms, främst i raden, som elektronik-sprängkapslar medger.

Ytterligare information

Kontaktpersoner:

Finn Ouchterlony, Swebrec, tel 070-6318386,

e-post: finnouchterlony@swebrec.se

Jan Bida, MinFo, tel 08-411 44 16 eller 070 673 13 57,

e-post: jan.bida@minfo.se

Litteratur:

- Optimal fragmentering i krosstäckter, fältförsök i Långåsen (Swebrec rapport 2010:2. av Finn Ouchterlony, Ulf Nyberg, Mats Olsson, Kristina Vikström, Per Svedensten och Bergsskolan i Filipstad, 219+10 sidor). Pdf kan erhållas från LTUs bibliotek, 0920-491000 vx eller www.ltu.se/lib
- Även tillgänglig som MinBaS rapport 1.2.1 med samma titel från Jan Bida, MinFo enligt ovan. Kort sammanfattning av projektresultat på 6 sidor finns som pdf-fil.

Internet:

www.minfo.se/minbas

www.ltu.se/shb/swebrec