



SLUTRAPPORT

**STEM Diariernr 52310-2001-04172
Projekt nr 20157-1**

ENERGIEFFEKTIV FRAMSTÄLLNING AV INDUSTRIMINERALPRODUKTER GENOM PROCESSUTVECKLING

Industrimineralteknisk forskning vid MinFo

2002- 2004

Stockholm februari 2005

Rapporten är sammanställd av
Marianne Thomaeus, Föreningen Mineralteknisk Forskning, MinFo

SLUTRAPPORT
STEM Diarienumr 52310-2001-04172
Projekt nr 20157-1

**ENERGIEFFEKTIV FRAMSTÄLLNING AV INDUSTRIMINERAL-PRODUKTER
GENOM PROCESSUTVECKLING**
Industrimineralteknisk forskning vid MinFo
2002- 2004

SAMMANFATTNING

Industrimineral och bergarter är råvaran för byggmaterial till vägar och järnvägar, till cement och betong, glas, keramik, tegel och gödselmedel. De är tillsatser i papper, färg och plast och används vid framställning av järn och stål och andra metaller och i livsmedels- och kemisk industrin och för miljövård. Det produceras över 93 miljoner ton malmer, bergmaterial och industrimineral genom sprängning och krossning årligen i Sverige, varav industrimineral och bergmaterial utgör hälften av tonnaget. Utvecklingsarbetet hade som övergripande målsättning att åstadkomma en mer energieffektiv framställning av mineralprodukter. Detta skulle göras möjligt genom att införa nya tekniska lösningar och genom att utveckla nya verktyg för styrning och optimering av produktionsprocesserna. Industrimineral framställs genom att bryta, upparbeta och vidareförädla olika typer av geologiska material i bergrunden till avancerade varor. Det är upparbetningen (mineralberedningen) och vidareförädlingen, där mekaniska och termiska processer används, som de största energimängderna och tillsatsmaterialen förbrukas. I detta projekt har främst studerats energioptimering och förbättring i mekaniska processer. Totalt bedömdes projektet kunna ge en energibesparingspotential på 0,1 – 0,2 TWh årligen i mineralindustrin. Processoptimeringar och ökade utbyten beräknades kunna ge energibesparingspotentialer på 10-20 % av energiförbrukningen i vissa delprocesser.

Forskargrupper, främst vid Luleå tekniska universitet och Chalmers tekniska högskola, har varit engagerade i arbetet i nära samarbete med mineralproducenter och internationella och svenska leverantörer av utrustning. I vissa delar har även internationella forskare och experter deltagit. En god spridning har skett av resultaten genom att företag aktivt har medverkat i projektarbetet. Resultatöverföring till en vidare krets har skett via ett 30-tal tekniska rapporter och två licentiatavhandlingar, seminarier och konferenser samt information på hemsidor och i nyhetsblad. Under hösten 2004 har Energimyndigheten låtit genomföra en utvärdering av projektarbetets industri- och energirelevans. Utvärderarna har uttalat sig positivt om projektets industriella relevans och projektarbetets kvalitet samt gjort bedömningen att förutsättningar finns för att sätta mål för energibesparing kan uppnås.

Projektet har pågått 2002-2004 med en omfattning av 15,4 miljoner kronor. Energimyndigheten har stött arbetet med 5,8 miljoner kronor och industrin har bidragit med resterande 9,6 miljoner kronor. Projektarbetet har delats in i fyra projektområden och totalt 17 delstudier har genomförts. I rapporten finns arbetet och resultaten i de fyra huvudområdena beskrivna. Sammanställningsblad för varje enskild delstudie finns som bilagor till rapporten.

1 Energoptimering vid nedbrytning - kontrollmetoder on-line 6,2 milj. SEK

Arbetet har koncentrerats mot att utveckla modeller och verktyg för styrning av processerna sprängning, krossning och malning och utvärdering av dessa i industriell skala. On-line metoder för bestämning av styckstorlek, främst bildanalys, har utvärderats liksom förkrossning med mikrovågsteknik.

Trots det höga forskningsinnehållet i projektet visar det genomförda arbetena att det bör vara möjligt att inom 2-5 år kunna industriellt tillämpa såväl utvecklade programvaror som modeller för operationerna sprängning, krossning och malning. Den svenska forskningen inom sprängningsteknik och modellering av krossar ligger mycket långt framme internationellt sett. Utvecklade modeller och

programvaror har redan kunnat valideras i industriell skala. Fortsatta arbeten riktas mot tester i olika typer av anläggningar för vidareutveckling av modeller och verktyg. Mineralproducenter och utrustningsleverantörer har uttalat ett starkt intresse för att delta och stödja detta arbete. Utvecklingen av on-line metoder för bestämning styckestorleken i sprängsalvor och för partiklar + 10 mm är väsentliga för optimeringsarbetet och måste fortsätta, med bildanalys och alternativa on-line metoder. De system som idag finns ger inte tillförlitliga mätvärden som kan användas i mineralindustrins anläggningar. Den mikrovågsteknik som utvärderats i projektet som förbehandlingsmetod finns idag i laboratorieskala och för att utveckla en industriell produktionsenhet måste det till ett omfattande utvecklingsarbete. Det har inte varit möjligt att fullt ut utvärdera tillämpbarheten av mikrovågstekniken för industrimineral och bergarter, då det krävs fördjupade mineralogiska analyser av individuella fyndigheter för att anpassa tekniken.

Besparingspotentialen i området är cirka 45 GWh/år. Detta baseras på att en 5% -ig reduktion av nuvarande energibehov troligen kan uppnås sett över hela kedjan. Energi- och miljömässiga förbättringar ligger också i minskat slitage samt effektivare råvaruutnyttjande. Detta har delvis kunnat verifieras i genomförda arbeten. De genomförda studierna av optimering av krossanläggningar visar att det i framtiden också finns starka motiv för att göra utvecklingsinsatser för att effektivisera de interna godstransporterna i produktionen;

2 Energieffektiva finmalningsmetoder 4,1 milj. SEK

Ett marknadsområde som ökar i betydelse för producenterna är mineralfiller och pigment bl.a. till pappersindustrin. Framställningen sker genom extrem finmalning och klassering och är mycket energikrävande. Arbetet har riktats mot att utvärdera ett antal nya tekniker för finmalning, som vibrationskvarnar, omrörningskvarnar och jetkvarnar för specifika mineral. En studie har genomförts för att bedöma möjligheterna att på mekanisk väg producera nanopartiklar i en omrörningskvarn. Ett doktorandprojekt har inletts med syfte att studera reologins inverkan på malningseffektiviteten vid våt finmalning av kalksten.

De i projektet utvärderade och föreslagna nya energieffektiva teknikerna för finmalning av industrimineral bör kunna införas relativt omgående i industrin. Många av dessa tekniker finns kommersiellt tillgängliga. Det merarbete som krävs är anpassningar till individuella fyndigheters behov och fördjupade teknisk- ekonomiska analyser. Det är tekniskt möjligt att producera nanopartiklar genom våtmalning. Det krävs dock ett omfattande arbete för att få en bättre bedömning av energibesparingspotentialen. Energiförbrukningen i hela processkedjan måste analyseras och även data för alternativa tekniker, som utfällning, måste fram för jämförelse. De samband som tagits fram inom ramen för doktorsarbetet rörande reologin och malhjälpmidlets inverkan på malningseffektiviteten bör kunna prövas relativt omgående i en industriell anläggning för validering av modellerna.

De genomförda studierna visar att nyutvecklade tekniker, som omrörningskvarnar, kräver 30% mindre energi vid finmalning och upp till 50% mindre vid extrem finmalning i jämförelse med konventionell teknik. Det tonnage som i landet produceras genom extrem finmalning är relativt sett blygsamt. Det är dock inom detta område, som den stora marknadspotentialen ligger för industrimineralsektorn. För utvecklingen av nya fyndigheter i landet är det avgörande för produktionsförutsättningarna att kunna tillverka högrena, extremt finmalda produkter till en rimlig kostnad. En 30 % förbättring av energieffektiviteten skulle innebära en potentiell besparing av 60 GWh per år.

3 Sortering/resurssnålare produktion 2,2 milj. SEK

De mineraltekniska enhetsprocesserna har som syfte att separera olika mineral från varandra och åstadkomma en slutprodukt med så få föroreningar som möjligt. Ur energieffektiviserings synpunkt bör separationsprocesser utvecklas, som på ett tidigt skede i processkedjan kan avskilja föroreningar eller separera olika mineraltyper, för att minska volymen av material som måste processas vidare. Arbetet har inriktats mot att utvärdera nyutvecklade automatiska sorteringsystem och deras användbarhet för mineralindustrin. En ny optoelektronisk sorteringsutrustning, som bygger på flerfärgsidentifikation har

utvärderats. Inom ett industriprojekt har användbarheten av ett optiskt sorteringsystem för sopor utvärderats för sortering av resttegel från järn- och ståltillverkningen.

Genomförda studier har visat att det finns nya sorteringsmetoder utvecklade och kommersiellt tillgängliga som kan anpassas till mineralindustrins behov. Detta gör att nya automatiska sorteringsmetoder bör kunna införas fullt ut inom några år i mineralindustrin, i de fall där de kan användas. Arbetet borde dock fortsätta med fördjupade teknisk-ekonomiska utvärdering av fler system, t.ex. system som bygger på flera olika sensortechniker. Industrin har uttalat ett intresse för fortsatta insatser inom området.

Resultat från genomförda arbeten visar att om sortering kan användas som förkoncentreringsmetod finns en realistisk potential på 12-15 % i energibesparing. I anläggningar med hög energikonsumtion i efterföljande processteg kan substantiella besparingar göras om en förkoncentreringsmetod kan införas. Hur stor besparing som kan göras är specifik för varje fyndighet, varför en överslagsberäkning av potentialen över hela mineralindustrin inte låter sig göras. En annan viktig källa till energibesparing ges genom att nyutvecklade sorteringsmetoder gör det tekniskt - ekonomiskt möjligt att återvinna restprodukter och framställa nya mineralprodukter. Därigenom sparas den energi som åtgår för att producera samma mineralbaserade produkt från jungfruliga råvaror.

4. Åtgärder mot damning 2.9 milj. SEK

Upparbetning av industrimineral sker oftast i torra processer och stora energiinsatser krävs för att avskilja dammbemängd luft och hantering av spill. Det finns inge samlad forskning inom området och erfarenheterna i industrin av åtgärder mot damning är sällan dokumenterade. Arbetet i projektet har därför inriktats mot att utvärdera nya energieffektiva lösningar och att dokumentera och sammanställa en guide över Bäst Tillgänglig teknik för åtgärder mot damm och spill, vilken är avsedd för att användas i industrin. Ett antal nya energieffektiva tekniker har testats i produktionsanläggningar för bergmaterial och industrimineral. Dammbekämpning med en nyutvecklad skumteknik, en ny kapslings- och bandavskrapningsutrustning samt ett nytt elektrostatiskt filter har utvärderats inom projektet.

Projektets industriella förankring har varit stark. Den framtagna rapporten om Bäst Tillgänglig teknik är uppskattad av industrin. Genomförda studier av nya tekniker för bekämpning av damm och spill visar att finns goda möjligheter att omedelbart kunna uppnå kostnads- och miljöförbättringar i anläggningarna. De nya teknikerna finns tillgängliga på marknaden och kan anpassas för enskilda behov. Ytterligare arbete bör dock göras för att sprida kunskapen i industrin om Bäst Tillgänglig Teknik och utvecklingsinsatser bör riktas mot att få fram fler kostnadseffektiva lösningar, som kan minska kapitalkostnaderna för åtgärderna, då dessa idag är en fördröjande faktor för implementering i industrin.

Genomförda åtgärder för dammbekämpning har verifierat att det finns en god energibesparingspotential i att införa bättre tekniker i produktionsanläggningarna. Den totala förbrukningen av energi för dammavskiljning, dammsugning och hanteringen av spill respektive den indirekta besparing som kan göras genom minskat maskinslitage varierar för olika anläggningar. Industrin har dock framhållit att kostnaderna vanligen är avsevärda. Om förbättrande åtgärder kan ge en 20 % - ig reduktion av energiförbrukningen i en anläggning, så blir potentialen i storleksordningen ca 9 GWh/år.

Final Report

Energy efficient production of industrial minerals Industrial minerals research at MinFo 2002 – 2004

Summary

Industrial minerals and rocks are used as building materials for roads and railroads, as raw materials for cement and concrete, glass, ceramics, refractories, bricks and fertilizers and are additives in paper, paint, plastics and in metallurgical processes, in food processing and chemical industries and in environmental applications. 93 million tonnes of ores, crushed rock and industrial minerals are produced annually in Sweden by blasting and crushing, of which nearly 50% are industrial minerals and crushed rocks. The scope of the work has been to improve the energy efficiency in the production of industrial minerals and rocks. This should be achieved by introduction of new techniques and the development of new tools for optimisation of the processes. Industrial minerals are produced into advanced products through excavation, processing and refining of geological bedrock materials. The major part of the energy used in the production of industrial minerals is consumed in the processing and refining stages, where mechanical and thermal processes are used. This project has focused on energy optimisation and improvement of mechanical processes. A total energy saving of 0,1-0,2 TWh annually was estimated to be within the reach of this project work. Process optimisation and increased recoveries were estimated to give 10-20% energy savings in certain unit operations. .

Research groups, primarily from Luleå University of Technology and Chalmers University of Technology have conducted the work in close co-operation with producers of minerals and aggregates and national and international suppliers of equipment. In some studies co-operation have been established with international R&D- groups. A good transfer of the results have been achieved by an active participation of companies in the project work. The results have also been spread to a wider group by some 30 technical reports and two licentiate thesis, which have been published, and through seminars and conferences and by information on the web homepage and in newsletters. In 2004 the Swedish Energy Administration performed an evaluation of the industrial relevance and the energy relevance of the project. The evaluation report concludes that the project is highly relevant for the industry and that the set goals for energy saving most likely would be met.

The project was performed during 2002-2004 with a total budget of 15,4 million SEK. The support from the Swedish Energy Administration has been 5.8 million SEK and the rest, 9,6 million SEK has come from the industry. The project work has been divided into four major areas and totally 17 different studies have been conducted. In the report the work and results generated within the four areas are presented. Sheets which summaries each of the 17 studies are attached as appendices to the report.

1. Energy optimisation in comminution – control methods on-line 6.2 million SEK

The work has focused on the development of models and program software for simulation and optimisation of the blasting, crushing and grinding processes and their validation in industrial scale. On-line methods for determination of particle size, primarily image analyses, have been evaluated as well as pre crushing by microwaves.

Despite the high level of research involved in the task, the results obtained show that it should be possible within 2-5 years to have the developed program soft wares and models in industrial use for optimisation of the blasting, crushing and milling processes. The Swedish research on fragmentation models in blasting and modelling of crushing plants is very well positioned internationally. Developed models and soft ware have already been validated in industrial plants. Future work is directed towards testing in various kinds of operations to further develop the models and soft wares. Mineral producers and suppliers have shown a strong interest to participate in this development work. Development of on-line methods for determination of particle size in muck-piles from blasting and for coarse particles + 10 mm is essential for optimisation work and has to continue, with image analyses and alternative

techniques, as the present solutions does not give reliable data in industrial use. The microwave technique that has been studied for pre-crushing is available only in laboratory scale today. Substantial development work is required to develop an industrial unit. The potential for industrial use of microwaves in pre crushing of industrial minerals and rocks could not be fully evaluated. Deeper analyses of the mineralogical composition of each individual deposit are required to be able to better adapt the technique.

The potential for energy saving in this area is estimated to 45 GWh/ years. This is based on the assumption that a reduction of 5 % in the present energy use is obtainable considering the whole comminution chain. Improvement in energy consumption and for the environment is also found in a reduction of wear and a higher recovery of the raw materials. Studies conducted in connection with the crushing plants optimisation work have shown strong reasons from energy saving point of view to make efforts to optimise the internal materials handling systems in the plants.

Energy efficient fine grinding methods 4.1 million SEK

Fillers and pigments are market areas of increasing importance to the producers of industrial minerals, e.g. pigments to the paper industry. Pigments and fillers are produced by ultra-fine grinding and classification. These are very energy consuming processes. The project work has been directed towards evaluation of a number of new techniques for fine grinding, i.e., vibration mills, stirred bead media mills and spiral jet mills, for the grinding of specific minerals. One study has been performed with the aim of producing nanoparticles by stirred bead milling. A doctoral work was started for investigating the slurry rheology of limestone and its effect on the efficiency of wet ultra-fine grinding.

The new energy efficient fine-grinding techniques for industrial minerals studied in this project could be implemented fairly immediately in the industry. Many of these techniques are commercially available. Remaining work is adaption of the techniques to the requirement of individual deposits and deepened technical- and economical analyses. It is technically possible to produce nanoparticles by wet grinding mills. A comprehensive work remains in order to determine the energy saving potential. The energy consumption in the whole process chain must be analysed and data for alternative techniques, e.g. precipitation, must be collected to make comparisons. The relationships found in the doctoral work concerning rheology and grinding aids and the effect on the efficiency of the fine grinding ought to be able to test immediately in industrial plants for validation of the models.

The results shows that the newly developed techniques, e.g. stirred bead media mills consumes 30% less energy in fine grinding and up to 50% less in ultra-fine grinding compared to conventional mills. The tonnage produced in Sweden by ultra-fine grinding is relatively modest. It is, however, within this sector that the future market potential lays for the industrial minerals producers. For the development of new deposits it is essential for the development that there are techniques available to produce very pure, ultra fine products at a reasonable prices. A 30 % increase in the energy efficiency in fine and ultra-fine grinding have a potential for an annual energy saving of 60 GWh.

3. Sorting/reduced consumption of raw materials 2.2 million SEK

The unit operations in mineral processing have the purpose to separate different minerals and to produce a final concentrate with as few impurities as possible. From an energy saving point of view, separation processes must be developed, that early in the processing chain, can separate impurities or separate minerals, in order to reduce the volume of material that has to pass into further processing. The work has been directed towards evaluation of newly developed automatic sorting systems and their suitability for the minerals industry. En new optoelectronic device, which uses multicolour identification, has been evaluated. In an industrial project an optical sorting system for garbage has been tested for sorting of used refractories from the iron- and steel works.

The project work shows that there are new sorting devices developed and available on the market, which can be adapted to the needs of the minerals industry. This leads to the conclusion that new automatic sorting systems should be able to be in common use in the minerals industry in a few years,

where they can be applied. The work should continue with more comprehensive technical and economical analyses of other systems, as the ones that include multi sensor techniques. The industry has expressed interest to continue the development work in this area. The results show that if sorting can be applied as a pre- concentration method there is potential of 12-15 % in energy saving. In plants with a high energy consumption in the down stream processes substantial savings can be obtained by introducing pre-concentration by sorting. The magnitude of the energy saving is specific to each mineral production plant and related to the deposit, why an estimate of the potential in the whole minerals industry not can be done. Another important source for energy saving is given by the fact that newly developed sorting devices makes it feasible to recycle waste products and prepare new mineral products. Hence the energy can be saved that is required to produce the same minerals starting with excavation of raw material from a deposit.

4. Dust prevention 2.9 million SEK

The processing of industrial minerals and rocks are often done by dry methods and large quantities of energy is consumed to filter dust-containing air and to handle material spillage. There is no focused research in the area of dust prevention and control for the minerals industry. Experiences in the industry of dust prevention methods are rarely documented. The work in this area has hence been directed at finding new energy effective solutions. A comprehensive guide has been prepared for use in the industry through compilation of BAT- solutions for dust control and reduced spillage in mineral production plants. Further efforts are planned to speed up the transfer of knowledge within the industry about the BAT- solutions. Development efforts should be focused on finding more cost effective solutions, which can reduce the capital costs, as these today are delaying the implementation of the new methods in the industry.

The project has a strong support in the industry. The companies appreciate the compiled guide on BAT-solutions. The results show that there are good possibilities to immediately achieve reductions in operation costs and improvement of the occupational environment by introducing new solutions for dust control and materials spillage. The energy consumption for dust control, vacuum cleaning of dust and handling of spillage and the indirect cost for wear by dust and spillage varies between different plants. The companies have however pointed to the fact that the costs are substantial per ton produced. If introduction of new preventive measures for dust control and spillage is assumed to give 20% reduction of the energy consumption in a plant, the potential is in the order of 9 GWh annually.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING	Sid nr
Sammanfattning	2
Summary	5
Inledning	10
Projektredovisning	
1. Energioptimering vid nedbrytning - Kontrollmetoder on-line	11
Uppnådda resultat	
Tolkning av resultat i förhållande till uppsatta mål	
<u>Projektpresentation</u>	
Problemställning	
Tidigare forskningsinsatser	
Syfte och mål	
Förväntad nytta i relation till Energimyndighetens uppdrag att ställa om energisystemet	
2. Energieffektiva finmalningsmetoder	16
Uppnådda resultat	
Tolkning av resultat i förhållande till uppsatta mål	
<u>Projektpresentation</u>	
Problemställning	
Tidigare forskningsinsatser	
Syfte och mål	
Förväntad nytta i relation till Energimyndighetens uppdrag att ställa om energisystemet	
3. Sortering - resurssnålare produktion	19
Uppnådda resultat	
Tolkning av resultat i förhållande till uppsatta mål	
<u>Projektpresentation</u>	
Problemställning	
Tidigare forskningsinsatser	
Syfte och mål	
Förväntad nytta i relation till Energimyndighetens uppdrag att ställa om energisystemet	
4. Åtgärder mot damning	22
Uppnådda resultat	
Tolkning av resultat i förhållande till uppsatta mål	
<u>Projektpresentation</u>	
Problemställning	
Tidigare forskningsinsatser	
Syfte och mål	
Förväntad nytta i relation till Energimyndighetens uppdrag att ställa om energisystemet	

Bilagor

	Sid nr
Bilaga 1 Lista över styrgruppens medlemmar samt deltagande företag	25
Bilaga 2 Rapportlista 2002-2004	26
Bilaga 3 Energioptimering vid nedbrytning - Kontrollmetoder on-line	28
Projektblad för delstudier	
Delprojekt 1.1 Sprängningens inverkan på styckefallet	
Delprojekt 1.2 Inventering av matematiska modeller för simulering samt kommersiellt tillgängliga simulatorer för malning	
Delprojekt 1.3 Kontrollmetoder on-line –Bildanalys	
Delprojekt 1.4 Förbehandlingsmetoder - Förkrossning med mikrovågsteknik	
Delprojekt 1.5 Energiåtgång i krossanläggningar - Energimodul i krossmodell	
Bilaga 4 Energieffektiva finmalningsmetoder	34
Projektblad för delstudier	
Delprojekt 2.1 Doktorandprojekt Ultrafin malning av industrimineral	
Delprojekt 2.2 Utvärdering av nya tekniker:	
2.2.1 Utvärdering av nya tekniker – Undersökning av energieffektiviteten vid malning i Hicom kvarn	
2.2.2 Utvärdering av nya tekniker- Ultrafinmalning-Agitated Bead DCP Mill Super flow	
2.2.3 Delaminering av kaolin	
2.2.4 Delaminering av grafit	
Bilaga 5 Sortering - resurssnålare produktion	41
Projektblad för delstudier	
Delprojekt 3.1 Inventering av nya sorteringstekniker	
Delprojekt 3.2 Försök med utvalda sorteringstekniker	
Delprojekt 3.3 Sortering av resttegel med färganalys	
Bilaga 6 Åtgärder mot damning	44
Projektblad för delstudier	
Delprojekt 4.1 Rapport/Handbok - Best Available Teknik	
Delprojekt 4.2 Case studies av ny teknik	
4.2.1. Test av skum som dammbekämpning i krossanläggning- Sand&Grus AB Jehanders	
4.2.2 Test av Ion Blast som dammbekämpning i krossanläggning för foderkalktillverkning - Nordkalk AB	
4.2.3 Ny teknik- mekanisk avskiljning genom ny kapsling och bandavskrapning - NCC Roads	

STEM Diariennr 52310-2001-04172 Projekt nr 20157-1

SLUTRAPPORT

ENERGIEFFEKTIV FRAMSTÄLLNING AV INDUSTRI-MINERALPRODUKTER GENOM PROCESSUTVECKLING

Industrimineralteknisk forskning vid MinFo 2002- 2004

INLEDNING

Industrimineral och bergarter används som råvara, tillsatsmedel eller färdig produkt för mycket varierande ändamål. De ingår som komponent i de flesta bruksföremål som omger oss; som byggmaterial, papper, plast, glas, keramik, tegel, gödselmedel och som funktionella mineral inom metallurgisk industri, inom livsmedels- och kemisk industri. Framställningen av mineralprodukter sker genom att bryta, upparbeta och vidareförädla olika typer av geologiska material i bergrunden till avancerade varor. Inom produktionen av industrimineral är det vid upparbetning (mineralberedningen) och vidareförädling, där mekaniska och termiska processer används, som de största energimängderna och tillsatsmaterialen förbrukas. Det produceras över 93 miljoner ton malmer, bergmaterial och industrimineral genom sprängning och krossning årligen i Sverige, varav industrimineral och bergmaterial utgör hälften av tonnaget. I detta projekt har främst studerats energioptimering och förbättring i mekaniska processer. Utvecklingsarbetet hade som övergripande målsättning att införa ny teknik, förbättra precisionen och optimera produktionsprocessen och därmed åstadkomma en mer energieffektiv framställning av industrimineralprodukter.

Projektet har letts av en teknisk och en vetenskaplig projektledare. MinFos styrgrupp Processteknik har ansvarat för projektets genomförande och tekniska och ekonomiska uppföljning. MinFos medlemsföretag, som är producenter av industrimineral och bergmaterial samt leverantörer av utrustning och tjänster, och andra leverantörer och kunder har deltagit aktivt i arbetets genomförande. **Bilaga 1** visar en lista över styrgruppens medlemmar och deltagande företag.

Projektet har pågått 2002-2004 med en total omfattning av 15,4 miljoner kronor. Energimyndighetens stöd har uppgått till 5,8 miljoner kr och industriintressenterna har bidragit med resterande 9,6 miljoner kronor. Samarbete har skett med ett närliggande utvecklingsprogram, MinBaS, som medfinansierat delar av arbetet.

Projektarbetet har delats in i fyra huvudprojekt och totalt 17 delstudier har genomförts.

Sammanställning över kostnader milj. SEK

	Totalt	fr STEM	fr industrin
Proj. 1 Energoptimering vid nedbrytning – kontrollmetoder on-line	6, 16	2, 08	4, 08
Proj. 2 Energieffektiva finmalningsmetoder	4, 13	2, 39	1, 74
Proj. 3 Sortering/resurssnålare produktion	2, 20	0, 72	1, 48
Proj. 4 Åtgärder mot damning	2, 89	0, 61	2, 28
Totalt	15, 38	5, 80	9, 58

Skilda forskargrupper, främst vid Luleå tekniska universitet och Chalmers tekniska högskola, har varit engagerade i arbetet i nära samarbete med industrin. Två licentiatexamina har avlagts inom genomförda projekt. I vissa delar har även internationella forskare och experter deltagit.

Resultaten har spridits genom att industrin aktivt medverkat i projektarbetet. Resultatöverföring till en vidare krets har skett via ett stort antal tekniska rapporter, bidrag vid seminarier och konferenser samt information på hemsidor och i nyhetsblad. **Bilaga 2** visar en lista över utkomna rapporter.

Under hösten 2004 har Energimyndigheten låtit genomföra en utvärdering av projektarbetets industri- och energirelevans. Utvärderarna har uttalat sig positivt om projektets industriella relevans och projektarbetets kvalitet samt gjort bedömningen att förutsättningar finns för att sätta mål för energibesparing kan uppnås. I utvärderingen finns förslag till fortsatta arbeten med en breddning av antalet områden samt ett utökat samarbete med industrin och närliggande forskningsprogram för att påskynda validering och implementering i industrin av de i projekten utvecklade systemen och teknikerna.

PROJEKTREDOVISNING

Projektredovisningen följer den mall som uppställts av Energimyndigheten för redovisning av projektarbetet

1 Energioptimering vid nedbrytning – Kontrollmetoder on-line

Projektet har varit riktat mot utvärdering av modeller och utveckling av programvaror för optimering och simulering av sprängnings-, krossnings- och malningsprocesserna. Parallellt har studerats nya mätmetoder för kontinuerlig mätning av partikelstorlek och form, främst bildanalys, samt förkrossning med mikrovågsteknik. Arbetet har främst genomförts av forskare vid Luleå tekniska universitet och Chalmers tekniska högskola i samarbete med mineralproducenter och leverantörer av utrustning samt internationella forskargrupper. Ett samarbete har skett med MinBaS- programmet som medfinansierat delar av projektet.

Arbetet har bedrivits inom följande fem delstudier

Delprojekt 1.1 Sprängningens inverkan på styckefallet

Utförare: SWEBREC, Minpro AB och Chalmers, Avd för Maskin och fordonssystem

Delprojekt 1.2 Inventering av matematiska modeller för simulering samt kommersiellt tillgängliga simulatorer för malning

Utförare Avd för Mineralteknik, Luleå tekniska universitet

Delprojekt 1.3 Kontrollmetoder on-line –Bildanalys

Utförare Sand & Grus AB Jehander + konsulter och leverantör av utrustning

Delprojekt 1.4 Förbehandlingsmetoder - Förkrossning med mikrovågsteknik

Utförare: University of Nottingham

Delprojekt 1.5 Energiåtgång i krossanläggningar - Energimodul i krossmodell

Utförare Avd för Maskin & Fordonssystem, Chalmers tekniska högskola

För mer information om respektive delprojekt och utkomna rapporter hänvisas till de i **bilaga 3** presenterade projektsammanställningarna för de enskilda delstudierna.

Uppnådda resultat

- Värdefull kunskap har byggts upp genom en state-of the- art studie av sprängningens inverkan på fragmenteringen och kring metoder att mäta storleksfördelningen i sprängsalvor. Studien påvisar också möjligheterna till energibesparing i efterföljande krossnings- och malningssteg.
- Med studien som grund har genomförts en sprängteknisk studie i fältskala i Swerocks bergtäkt i Vändle. Sprängsalvornas intensitet varierats. Uppställda fragmenteringsmodeller för sprängning har verifierats i fullskaletestet där också sprängningens inverkan på krossnings- och malningseffektiviteten utvärderats.
- Modeller och en programvara för optimering av krossanläggningar har utvecklats och kompletterats med en energimodul. En utvärdering har startat industrin. Optimering kan nu göras med hänsyn tagen till slitage, energiförbrukning och det ekonomiska utfallet vid produktion av olika produkter, vilket är nytt.
- En inventeringsstudie har givit god kunskapsuppbyggnad kring utvecklingen av de matematiska modellerna för nedbrytning av mineral och kommersiellt tillgängliga simuleringsverktyg och dess användbarhet inom maskinkonstruktion, för processoptimering och analys av mineraltekniska processer. Programvaror har identifierats, som kan användas för att analysera och optimera hela nedbrytningskedjan sprängning, krossning och malning. Genom ett samarbete med Australien har en djupare kunskap byggts upp kring ett antal modeller som är mogna för validering i driftsskala, såsom modeller för högtrycksvalskvarnar,.
- En modell för malning i högtrycksvalskvarn har utvärderats i en industriell anläggning i Sverige, där en sk Poitemill används för malning av kalksten.
- Ett on-line system baserat på bildanalys för partikelstorleksbestämning av partiklar + 10 mm har utvärderats i en fullskaleanläggning för analys av banverksmakadam direkt på transportband. Det visade sig dock inte ge tillförlitliga mätresultat, varför slutmålet om att koppla till detta till systemet för processtyrning inte kunnat slutföras. En utvärdering har visat på bildanalyssystemets begränsningar och förslag ges till alternativa tekniker.
- En nyutvecklad, energieffektiv mikrovågsteknik har testats som förbehandlingsmetod för fragmentering av bergarter och industrimineral. Resultaten visar att de materialtyper som testades påverkades av mikrovågorna, men den mineralogiska sammansättningen gjorde att fragmenteringseffekten var begränsad.
- Det startade samarbetet mellan olika forskargrupper och industrin har lett till förslag till nya samarbetsprojekt inom området optimering i nedbrytningskedjan.

Tolkning av resultaten i förhållande till forskningens syfte/mål

Detta projekt har trots sitt stora forskningsinnehåll en god chans att uppnå sitt syfte och mål inom en tidsperiod av 2-5 år i de flesta delområden. De svenska forskarnas arbete med modeller och datorverktyg för såväl sprängning och krossning ligger i forskningens framfront även internationellt. Modellerna och datorverktyget har börjat valideras i industrin och ett stort intresse finns hos företagen för fortsatt utvecklingssamarbete. Det krävs dock mer omfattande försök i fältskala i olika typer av bergarter och mineraliseringar för att säkerhetsställa de positiva effekter ur energisynpunkt som kan uppnås i de efterföljande

processtegen som malning och anrikningen som följd av en förändrad sprängningsteknik. Även modeller för malning finns utvecklade och validering av dessa pågår i industriell skala på flera håll i världen. Den studie av högtrycksvalskvarnen som genomförts i projektet bidrar till att vidareutveckla denna typ av modell för industriell användning.

Fortsatt utveckling av mätmetoder för bestämningen av styckefallet i sprängsalvor och utveckling av on-line metoder för bestämning av styckestorleksfördelning och form hos partiklar + 10 mm är vitala för att kunna genomföra en total optimering och styrning av processerna i hela nedbrytningskedjan. Av resultaten från delprojekten framgår att det krävs ett stort utvecklingsarbete och alternativ till bildanalys, vilket medför att det troligen tar längre tid än 5 år innan tekniken med kontinuerligt analys av sprängsalvor och partiklar + 10 mm är allmänt introducerade i anläggningarna.

Den nyutvecklade mikrovågstekniken vid universitet i Nottingham är intressant för de typer av mineral eller bergarter som lämpar sig för tekniken. Det har inte varit möjligt att fullt ut utvärdera tillämpbarheten av mikrovågstekniken för industrimineral och bergarter, då det krävs fördjupade mineralogiska analyser av individuell fyndigheter för att anpassa tekniken.

Dock krävs ett mycket omfattande och mångårigt utvecklingsarbete innan tekniken kan utvecklas från laboratorieskalan till en industriell förbehandlingsmetod. Internationell gruvindustri har startat ett projektsamarbete för att påbörja denna utveckling.

Projektpresentation

Problemställning

Av de enskilda mekaniska enhetsoperationerna vid framställning av mineral är nedbrytning, dvs. krossning och malning den enhetsprocess som kräver mest energi. En avsevärd mängd indirekt energi förbrukas genom att stora mängder slitmaterial förbrukas i form av infodring och malkroppar av stål och polymer. Det finns därför en stor energibesparingspotential om sprängningens inverkan på fragmenteringen av bergarterna kan utnyttjas nedströms i kedjan krossning-malning. Nya tekniker för krossning, malning och klassering måste införas och programverktyg för styrning och kontroll utvecklas så att processerna kan styras och optimeras. För att kunna genomföra optimering och effektivisering krävs också utveckling av metoder on-line för att direkt i processen kontrollera delprodukternas och slutprodukternas egenskaper, främst partikelstorleksfördelningen, för att minimera resursuttaget.

Tidigare forskningsinsatser

Området energioptimering i nedbrytningskedjan har sedan mitten av 1990-talet rönt stort intresse internationellt. Nya modeller för att simulera och styra enskilda delprocesser i nedbrytningskedjan från sprängning till krossning – och malning har utvecklats och tillgången till kraftfulla datorer har möjliggjort att datorbaserade verktyg har kunnat introduceras. Det har också utvecklats mätmetoder för bestämning av partikelstorlek och form on-line, vilket krävs för att kunna åstadkomma en totaloptimering av processkedjan. Forskningsprogram runt konceptet Mine - to - mill har genomförts i bl.a. Australien och Finland.

I Sverige har utvecklingsinsatserna pågått på flera olika fronter med stöd av olika företagsgrupperingar. Den sprängtekniska utvecklingen har bedrivits av sprängtekniska gruppen inom Stiftelsen Bergteknisk Forskning - SveBeFo, numera SWEBREC. Ett flertal projekt har genomförts, bl.a. ett stort EU-projekt rörande sprängningens inverkan på

fragmentering med syfte att minimera produktionen av fint material. Vid Chalmers tekniska högskola har en forskargrupp vid Avd. för Maskin och fordonssystem koncentrerat sina insatser på utveckling av modeller för krossning och siktning och optimering av krossanläggningar. Vid Luleå tekniska universitet, avd. f. Mineralteknik har forskningen under senare år varit inriktad mot malningsområdet, då främst energieffektiv malning av industrimineral och finmalning. Inom industrin har leverantörsföretagen knutit forskargrupper till sig som utvecklar modellbaserade styr- och simuleringsverktyg, såsom t.ex. Sandvik Rock Processings stöd av Chalmers krossmodellutveckling och Metso Minerals samarbete med Dr Herbst's internationella grupp för utveckling av kvarnmodeller.

Inom området mätmetoder on-line hade MinFo genomfört en förstudie kring bildanalys tillsammans med ett utvecklingsbolag som grundat sin metodutveckling på algoritmer som utvecklats inom ett doktorandarbete vid KTH, Teknisk Geologi. Ett företag hade sagt sig villiga att pröva tekniken.

Förbehandlingsmetoder såsom mikrovågsteknik eller förbehandling genom plasmateknik har studerats tidigare inom MinFos forskningsprogram i syfte att reducera energiförbrukningen i krossning och malningsstegen. En vidareutveckling av mikrovågstekniken, som skett vid Universitet i Nottingham, har rönt stort internationellt intresse, varför en inledande studie bedömdes som intressant att inkludera i projektet. Forskargruppen har även inlett visst samarbete med Chalmers forskargrupp. Detta projekt avsåg att kunna samla kunskapen från de olika svenska och internationella forskargrupper och få tillstånd ett samarbete på olika områden.

Projektets syfte och mål

Den långsiktiga målsättningen är att datorbaserade verktyg skall introduceras i industrin, vilka kan möjliggöra att en avvägning kan göras av hur långt och på vilket sätt sprängning kontra krossning och malning skall bedrivas för att de man skall få fram önskade produkter och för att den totala förbrukningen av energi och slitmaterial skall bli så låg som möjligt, detta samtidigt som den totala kostnaden per produktenhet minimeras. Genom att introducera förbehandlingsmetoder som underlättar fragmenteringen i efterföljande steg kan en energieffektivare nedbrytningsprocess åstadkommas.

Följande delmål sattes upp:

- Arbetet skulle kopplas till pågående bergteknisk forskning kring bergartskaraktärisering och sprängningstekniska studier kring fragmentering av bergarter och till nationella och internationella utvecklingsarbeten inom modellering, simulering och optimering av krossnings- och malningsprocesser.
- Utvecklade modeller för sprängning, krossning och malning skulle verifieras genom fältförsök i utvalda täkter. Parallellt skulle förbehandling med en nyutvecklad mikrovågsteknik utvärderas.
- Ny mätteknik för bestämning av partikelstorlek och form skulle utvärderas. Initialt skulle en vald bildanalysteknik prövas i en ballasttåkt för kontroll av färdiga krossprodukter direkt på ett transportband i produktionen. Målsättningen var att uppnå energieffektivitet genom att koppla mätdata till processtyrning och därigenom kunna minska mängden önskade produkter samt minska behovet av omkrossning av felaktigt material.

- Genom samverkan mellan olika forskargrupper skulle basen för en långsiktig forskning inom området fragmentering etableras i landet med sikte på att optimera energiförbrukningen i hela nedbrytningsprocessen.

Förväntad nytta med forskningen i relation till Energimyndighetens uppdrag att ställa om energisystemet

Huvudinriktningen för detta projekt; energioptimering i nedbrytningskedjan sprängning – krossning - malning har en stor energibesparingspotential. All produktion av bergarter och mineral sker genom fragmentering i någon form och därmed är det årligen stora tonnaget som behandlas. Totalt i landet produceras årligen ca 10 miljoner ton industrimineral, ca 39 miljoner ton krossat bergmaterial och ytterligare 22 miljoner ton järnmalm och 22 miljoner ton komplexmalmer, dvs. ca 93 miljoner ton genom sprängning och krossning. Genom regeringens miljömål kommer andelen krossat bergmaterial att öka, då dagens volym av naturgrus, ca 22 miljoner ton, skall ersättas delvis av krossberg.

En genomsnittlig energiförbrukning i sprängnings- och krossningsstegen är grovt räknat 4 kWh/ton. Inom den studie, som gjorts för utveckling av en energimodul i krossoptimeringsverktyget, finns siffror framtagna över totala energikonsumtionen för krossning av malm, ballast och mineral i Sverige. Denna är beräknad till 724 GWh per år.

Studien visar också på att krossarna står för 41% av elförbrukningen i en produktionsanläggning för bergmaterial. Ett annat viktigt resultat som presenteras är att interna transporter med fordon inom produktionen av bergmaterial står för 60% av den totala energiförbrukningen. Denna fördelning av energiförbrukningen ser dock något annorlunda ut för industrimineral och malmer. Område interna transporter bör dock få hög prioritet i framtida utvecklingsinsatser för ett effektivare energiutnyttjande i anläggningarna.

Genomförda studier och fältförsök visar att den stora potentialen av optimering i energikedjan ligger i att ökad laddningsintensitet i sprängningen ger en förändrad styckefallsfördelning till krossningssteget. Genom att mer fint material produceras åtgår mindre krossenergi för att framställa samma mängd slutprodukt. Större delen av industrimineralen och malmerna genomgår också någon typ av malning i efterföljande processteg, dvs. 54 miljoner ton kräver malenergi.

För malningssteget varierar energiförbrukning mellan de olika mineraltyperna och produktionsenheterna, men en genomsnittlig siffra av 10 kWh/ton för grov malning kan ansättas. Genomförda arbeten visar att tillgängliga modeller för olika typer av kvarnar kan användas för optimering i industrin och detta torde öka förutsättningen för att reducera energiåtgången i malprocesserna, när programvarorna börjar användas mer frekvent i anläggningarna. .

En optimering av energifördelningen mellan sprängning, krossning och malning och en introduktion av styrverktyg och kontrollmetoder i industrin bör kunna ge en minskning av energiförbrukningen av minst 5 % räknat över alla steg, speciellt om slitmaterialförbrukningen i krossning och malning medräknas. Potentialen har delvis verifierats inom projektet. Detta skulle innebära en potentiell besparing av i gruv- och mineralindustrin i storleksordningen 45 GWh per år.

De genomförda studierna visar också att om man kan driva sprängningen så att dess fragmenteringseffekt även påverkar energiåtgången i malningen, så kan avsevärda

besparingar göras i hela kedjan. Beräkningar, som finns redovisade från internationella studier, visar på potentialer på upp till 25% reducering.

Tidigare studier har visat att förbehandling med mikrovågor kan ge upp till 30% reducering av energiförbrukningen i kross- och malstegen för material, som är lämpade för denna typ av förbehandlingsteknik. Dessa effekter kunde dock inte noteras för de industrimineral och bergarter som testats inom detta projekt, pga. av deras mineralogiska sammansättning.

Projekt 2 Energieffektiva finmalningsmetoder

Den övergripande målsättningen har varit att utveckla processsystem för finmalning som är effektivare än idag konventionellt använda system; både vad gäller energiförbrukning samt möjligheterna att uppnå önskade produkttegenskaper. Inom detta projekt har ett doktorandarbete ingått; resterande arbeten har varit projekt inriktade mot utvärdering av ny finmalningsteknik. Arbetet har genomförts främst av forskare vid Luleå tekniska universitet samt utländska experter i nära samarbete med mineralproducenter och leverantörer av utrustning.

Arbetet har genomförts inom följande fem delstudier:

Delprojekt 2.1 Doktorandprojekt Ultrafin malning av industrimineral

Utförare Luleå tekniska universitet, avd för Mineralteknik

Delprojekt 2.2.1 Utvärdering av nya tekniker – Undersökning av energieffektiviteten vid malning i Hicom kvarn

Utförare SINTEF, Materials and Chemistry

Delprojekt 2.2.2 Utvärdering av nya tekniker- Ultrafinmalning -Agitated Bead DCP Mill Super flow – Utförare Luleå tekniska universitet

Delprojekt 2.2.3 Delaminering av kaolin

Utförare Northland Oretch, Luleå

Delprojekt 2.2.4 Delaminering av grafit

Utförare Timcal Ltd, Canada

För mer information om respektive delprojekt och utkomna rapporter hänvisas till de i *bilaga 4* presenterade projektsammanställningarna för de enskilda delstudierna.

Uppnådda resultat

- Ett grundläggande forskningsarbete, som resulterat i en licentiatavhandling, har utrett reologins inverkan på malningseffektiviteten vid våt finmalning av kalksten och inflytandet av parametrar som malhjälpmedel, fastgodshalt, malkroppsfyllnad och temperatur på energieffektiviteten.
- De tekniska förutsättningarna för att kunna på mekanisk väg framställa partiklar av nanostorlek av kvarts och karbonatmineral har utretts genom tester i nya omrörningskvarnar. Studier visade att det är möjligt att producera kollodiala nanopartiklar genom våtmalning i såväl DCP Superflow som PML H/V kvarnar, firma Drais. Kollodiala partiklar under 100 nm kunde framställas efter en kort maltid i Superflow kvarnen. Effekterna på partiklarnas ytegenskaper har utretts och visar på meknokemiska reaktioner för karbonatmineral och en amorfisiering av kvartsytorna .

- En nyutvecklad vibrationsmalningsteknik, Hicom-tekniken, har utvärderats för olika typer av industrimineral. Utvärderingen visar att Hicom-kvarnen har energiförbrukning som är jämförbar eller lägre än den som uppnås i industriell kulkvarnar för mjuka material som kalksten, medan för hårda material som nefelinsyenit, kvarts och fältspat var resultaten jämförbara eller högre. En kompletterande studie vid Luleå tekniska universitet, visar att Hicom - kvarnen har en god energieffektivitet i jämförelse med ett stort antal andra nyutvecklade kvarnar som utvärderats under likartade försöksbetingelser.
- En omfattande inventering har genomförts för att finna energieffektiva delamineringstekniker för kaolin. Sådana har identifierats och företaget som innehar fyndigheten har beslutat att fortsätta sin exploatering och inlämnat ansökan om miljöstillstånd.
- Ett energieffektivt system med en ny typ av sk Spiral jet mill och en ny luftklasserare har utvecklats för finmalning av grafit.

Tolkning av resultaten i förhållande till forskningens syfte/mål

De nya malningstekniker, som studerats inom projektet finns idag kommersiellt tillgängliga. Introduktion av de nya teknikerna bör kunna ske inom en snar framtid i de fall de visat sig ge energiförbättringar.

De företag som avser starta utvinning av kaolin och grafit kommer att i samarbete med leverantörer av tekniken och andra experter att arbeta vidare med introduktionen av systemen för energieffektiv delaminering av kaolin och grafit. Före introduktion av vibrationskvarnen i en fullskaleanläggning, den sk Highcom tekniken, bör tester genomföras i större skala hos leverantören för att verifiera resultaten av genomförda pilottester.

Tekniskt visade det sig möjligt att framställa nanopartiklar genom våtmalning i de nyutvecklade omrörningkvarnarna och intressanta partikelegenskaper kunde noteras. Det förekommer sådan produktion internationellt. Energibesparingspotentialen i mekanisk framställning av partiklar i nanostorlek har dock inte hunnit utvärderas inom ramen för detta projekt. Detta kräver uppgifter om energiförbrukningen i andra processer som utfällning etc. för att kunna genomföras, varför ytterligare utvecklingsarbeten krävs.

Licentiatarbetet har visat på hur stegvis tillsats av malhjälpmiddel och rätt val av andra parametrar påverkar malningseffektiviteten. Dessa samband bör kunna valideras i industrin relativt omgående. Det finns dock ytterligare grundläggande arbeten kvar inom området, och de modeller som satts upp för sambanden kan vidareutvecklas inom ramen för doktorandarbetet.

Projektpresentation

Problemställning

Intresset för att utveckla nya tekniker och system för finmalning och klassering av mineral är stort. Världen över pågår olika typer av utvecklingsarbeten såväl fundamental studier som utvecklingsarbeten hos leverantörer av utrustning. Ett marknadsområde som ökar i betydelse är mineralfiller och pigment. Framställningen sker genom extrem finmalning och klassering och är mycket energikrävande. Konventionella system som kulkvarnar är inte effektiva vid finmalning.

Huvudlinjerna i det industriella intresset ligger i a) våt finmalning för produktion och pigment ned till under 2 mikron främst med inriktning mot papperspigment, men också mot b) produktion av andra fillerprodukter med storlekar från 30 ned till under 5 mikron företrädesvis som torra produkter. Under senare år har också intresset stegrats för att på mekanisk väg producera partiklar av nanostorlek, något som idag oftast åstadkoms med utfällningsprocesser.

Tidigare forskningsinsatser

Inom ramen för MinFos program har genomförts stora insatser de senaste 10 åren där stöd lämnats till forskning vid avd för Mineralteknik i Luleå rörande finmalning. Ett stort nordiskt forskningsprojekt kring finmalning och klassering pågick under början 1990-talet där forskningen genomfördes vid Luleå tekniska universitet, vid SINTEF/Norges tekniska och naturvetenskapliga universitet, Tekniska högskolan i Helsingfors samt vid institutet Postec i Porsgrunn. Från 1995 deltog MinFo och Luleå tekniska universitet som part i ett omfattande EU-projekt benämnt GRINDELA, vilket var inriktat mot effektiva metoder för finmalning och klassering. Även SINTEF ingick i detta EU-samarbete. Under år 2000-2002 genomfördes ett omfattande inventerings- och utvärderingsprojekt av nyutvecklade finmalningstekniker.

Detta projekt grundar sig på erfarenheter från de tidigare genomförda programmen och samarbetena, främst arbetena med de senaste utvecklade kvarntyperna. Tidigare genomförda studier har visat att nyutvecklade utrustningar som baseras på antingen malningstekniker med högt tryck/dragspänning och partikel - partikel kontakt i en materialbädd eller malning med små malkroppar som bringas i intensiv omrörning i en malkammare med antingen vibration eller excentrisk rörelse ger bättre resultat vad avser energiförbrukning jämfört med konventionella roterande kvarnar i finmalningsområdet. Inom delprojekten rörande ny teknik kom denna typ av tekniker att prioriteras för utvärdering. De grundläggande studier som planerades riktades mot våt finmalning och dispergeringsmedlens inverkan på reologin. Detta är ett forskningsområde där det saknas kunskap om flera samband som krävs för att kunna utveckla nya system.

Under senare år har också genomförts omfattande studier kring utvecklingen av för Sverige nya mineraltyper som kaolin (papperspigment) och grafit(bränsleceller och batterier). Ingen produktion sker idag i Sverige och teknikerna för delaminering är inte allmänt använda i svensk mineralproduktion. Ett inledande projekt, som avslutades år 2000, hade såväl finmalning s.k. delaminering av grafit och kaolin studerats. Dessa studier, utförda utomlands, visade att med rätt typ av delamineringsteknik kan energiförbrukningen sänkas väsentligt. Det är av stor vikt för utvecklingen av dessa fyndigheter att så kostnadseffektiva processer som möjligt kan användas då marknadspotentialen ligger i att kunna framställa högkvalitativa, mycket

Projektets syfte och mål

Den övergripande målsättningen har varit att utveckla processsystem för finmalning som är effektivare än idag konventionellt använda system; både vad gäller energiförbrukning samt möjligheterna att uppnå önskade produkttegenskaper. Följande delmål sattes upp:

- Nya malningstekniker skall utvärderas genom parameterstudier för olika utvalda mineraltyper.
- För utvecklingen av för Sverige nya högvärdiga industrimineral, som kaolin och grafit, skall nya delmineringsprocesser utvecklas.

- Metodiker för tillsättning av s.k. malhjälpmiddel vid ultrafin malning och dess inverkan på reologi och malningseffektivitet skall studeras inom ett grundläggande projekt.

Förväntad nytta med forskningen i relation till Energimyndighetens uppdrag att ställa om energisystemet

De genomförda studierna visar att nyutvecklade tekniker, som sk. omrörningskvarnar kräver 30% mindre energi vid finmalning och upp till 50% mindre vid extrem finmalning. I fallet med kaolin uppnås också ett kraftigt förbättrat produktutbyte när en ny finmalningsteknik används, vilket ytterligare reducerar energibehovet per ton färdig produkt.

Utvecklingen av ett nytt malnings- och klasseringssystem för grafit har uppvisat en energibesparing på 43% i jämförelse med tidigare försök med konventionella tekniker som krävde 3000 kWh/ton. Försöken med vibrationskvarnen visade att ingen förbättring uppnås i energieffektiviteten i jämförelse med kulkvarn vid malning av hårda mineral som kvarts. Däremot var den specifika energiförbrukning vid malning av mjuka mineral som kalksten god i jämförelse med andra testade nyutvecklade finmalningskvarnar. I jämförelse med driftsdata från kulkvarnmalning av kalksten visade det sig att vibrationskvarnen gav en något lägre eller jämförbar energiförbrukning.

Det tonnage som i landet produceras genom extrem finmalning är relativt sett blygsamt. Dock är det inom detta område, som den stora marknadspotentialen ligger för industrimineral-sektorn och för utvecklingen av nya fyndigheter i landet är det avgörande för produktionsförutsättningarna att kunna tillverka högrena, extremt finmalda produkter till en rimlig kostnad. En grov uppskattning av den totala energibesparingspotentialen kan göras genom att estimeras att det tillverkas ca 1 miljon ton fillerprodukter, vilka kräver i snitt 200 kWh/ton. En 15-30 % förbättring av energieffektiviteten skulle innebära en potentiell besparing av 30-60 GWh per år. Genom förbättrad fördelning av kemiska malhjälpmiddelstillsatser finns potential att ytterligare förbättra energieffektiviteten i malningen. Indirekt finns möjligheter till energibesparing genom minskad klassering om slutproduktens partikelstorlek kan styras bättre genom introduktion av nya malningstekniker.

Projekt 3 Sortering - resurssnålare produktion

De mineraltekniska enhetsprocesserna har som syfte att separera olika mineral från varandra och åstadkomma en slutprodukt med så få föroreningar som möjligt. Ur energieffektiviseringssynpunkt är det önskvärt att kunna finna separationsprocesser som på ett tidigt skede i processkedjan kan avskilja föroreningar eller separera olika mineraltyper för att minska volymen av material som måste processas vidare. Syftet med detta projekt har varit att finna lämpliga sorteringsmetoder. En delstudie har riktats mot möjligheterna att använda sorteringsmekanik för återvinning av eldfasta restprodukter, vilket har en stor energibesparingspotential. Arbetet har genomförts av forskare från Luleå i samarbete med mineralproducenter och leverantörer av utrustning och tekniska experter.

Arbetet har genomförts inom följande tre delstudier

Delprojekt 3.1 Inventering av nya sorteringsmekniker

Utförare Luleå Tekniska Universitet

Delprojekt 3.2 Försök med utvalda sorteringsmekniker

Utförare Luleå Tekniska Universitet

Delprojekt 3.3 Sortering av resttegel med färganalys

Utförare My Konsult AB

För mer information om respektive delprojekt och utkomna rapporter hänvisas till de i *bilaga 5* presenterade projektsammanställningarna för de enskilda delstudierna.

Uppnådda resultat

- En inventeringsstudie har genomförts som givit värdefull kunskap om nya typer av sorteringsmekniker och dess användbarhet i mineralindustrin.
- En ny optoelektronisk sorteringsutrustning från firma Mogensen, Mikrosorttekniken, som bygger på flerfärgsidentifikation och klasserar partiklarna efter naturlig färg, har utvärderats för ett antal industrimineral och resttegel. Resultaten visar att det är tekniskt möjligt att med optisk färgsortering utskilja produkter med hög kvalitet ur de flesta materialen med relativt goda utbyten.
- Användbarheten av ett optiskt sorteringsystem från firma Optibag har utvärderats för sortering av resttegel. Tekniken från Optibag, är ursprungligen utvecklad för färgsortering av hushållssopor. Tekniken har visat att det går att sortera krossade reststenar med gott resultat. Sortering av hela stenar kan göras, men uppdelning kan endast göras i två färger, varför en krossning måste till om större precision önskas..

Tolkning av resultaten i förhållande till forskningens syfte/mål

Genomförda studier har visat att det finns nya sorteringsmetoder utvecklade och kommersiellt tillgängliga som kan anpassas till mineralindustrins behov. Detta gör att nya automatiska sorteringsmetoder bör kunna införas fullt ut inom några år i mineralindustrin, där de kan användas. Arbetet borde fortsätta med fördjupade teknisk-ekonomiska utvärderingar av fler system, tex sådana som bygger på flera olika sensortekniker. Industrin har uttalat ett intresse för fortsatta insatser inom området. SSAB Merox, som redan investerat i en sorteringsanläggning för resttegel, önskar utvärdera fler automatiska sorteringsmekniker för att finna den effektivaste lösningen.

Projektpresentation

Problemställning

Ur kostnadseffektivitetssynpunkt finns incitament att så tidigt som möjligt i processkedjan avskilja icke önskvärt material. Ökande krav på slutprodukternas kvalitet har också framdrivit ett ökat behov av att ytterligare koncentrera råmaterialen före upparbetning och vidareförädling. Det finns ett antal metoder att använda vid förkoncentrering. Sortering bygger på skillnader i fysikaliska egenskaper hos olika mineral med en storlek + 10 mm. För att uppnå en god kapacitet och selektivitet i avskiljningssteget bör partiklarna vara relativt grova och kunna separeras individuellt.

Olika sorteringsmetoder används idag inom mineralindustrin, allt från handskrädning till avancerad on-line utrustning för optisk sortering. Inom mineralindustrin har dock sortering med avancerade metoder hittills endast fått begränsad användning, men genom den

teknikutveckling som skett på sensorsidan har förutsättningarna ökat för att finna lämpliga och kostnadseffektiva sorteringsystem. Om förkoncentrering kan användas tidigt i processen kan avsevärd besparing göras genom att energiförbrukningen i malningsstegen och efterföljande uppberedningssteg drastiskt kan minskas per ton färdig produkt. Besparingen är direkt proportionell mot hur stor viktprocent som kan avlägsnas genom försortering.

Tidigare forskningsinsatser

Optisk sortering efter färg har funnits sedan lång tid. Ett genombrott skedde på 1970-talet, då företaget Ore Sorters modell med laser och roterande spegel kom. Området har tidigare under 1980-talet behandlats inom MinFo och en statusrapport finns från 1991. Under det senaste decenniet har dock utvecklingen framför allt drivits fram inom recyclingindustrin.

Förutsättningarna har varit kraftigt ökad datorkapacitet och nya sensorer för diskriminering. Den nyutveckling som skett är att det idag finns metoder, vilka genom att kombinera flera sensorer kan ge information om många partikelkaraktäristika samtidigt, såsom storlek, färg, form, ledningsförmåga, vilket förbättrar möjligheterna till sortering av olika mineral.

Kontinuerlig mätning av kemisk sammansättning med LIF Laser Induced Fluorescens är idag en praktisk möjlighet.

Projektets syfte och mål

Syftet har varit att bygga upp kunskap kring nya sorteringsmetoder och dess lämplighet för olika typer av industrimineralapplikationer.

Följande delmål sattes för projektet

- En inventering skall göras av nya sorteringsmetoder
- Systemstudier i bänkskala samt fallstudier i större skala skall genomföras av utvalda metoder för att utvärdera deras lämplighet för mineraltekniska applikationer.

Förväntad nytta med forskningen i relation till Energimyndighetens uppdrag att ställa om energisystemet

Genomförda studier har visat att om förkoncentrering kan användas tidigt i processen kan besparingar på 12-15 % göras genom att energiförbrukningen i malningsstegen och efterföljande uppberedningssteg drastiskt kan minskas per ton färdig produkt. Hur stor besparingen är individuell beroende på mineralsammansättningen i fyndigheten.

En annan viktig källa till energibesparing ges genom att nyutvecklade sorteringsmetoder gör det tekniskt - ekonomiskt möjligt att återvinna restprodukter och därigenom sparas den energi som åtgår för att producera samma produkt från jungfruliga råvaror. Som exempel kan anges försöken med sortering av resttegel. Vid produktion av järn och stål bildas stora mängder restprodukter av olika slag. Exempelvis muras ugnar, konvertrar, skänkar mm om regelbundet, varvid restprodukter i form av använt eldfast tegel och rester av olika eldfasta massor genereras. Vid SSAB Oxelösund AB faller det minst 5000 ton eldfasta restprodukter årligen. Betydande minskning av energiåtgång samt av koldioxidutsläpp kan uppnås vid återvinning av de eldfasta produkterna. Den uppskattade årliga energibesparingen är ca 10-15GWh, och CO₂-utsläppet med 6000-7000 ton per år.

Projekt 4 Åtgärder mot damning

Projektet har syftat till att sammanställa en ”guide” för industrin om åtgärder mot damning i mineralindustrin och att ge förslag till bäst tillgänglig teknik. Parallellt skulle genomföras olika studier av ny energieffektiv teknik för dammbekämpning testas i industriell skala. Projektet har bedrivits som en ingenjörstudie med en inhyrd projektledare, som genomfört projektarbetet i nära samarbete med mineralproducenter och leverantörer av utrustning. Delstudierna för utvärdering av ny teknik har drivits med företagsrepresentanter som delprojektansvariga. För dammätningar och övriga utvecklingsdelar har anlåtats relevanta institut och teknikexperter. Erfarenheterna planeras att överföras vid seminarier med industrin som komplement till den skriftliga dokumentationen. Ett samarbete har skett med MinBaS-programmet som medfinansierat delar av projektet.

Arbetet har bedrivits inom följande fyra delstudier:

Delprojekt 4.1 Åtgärder mot damning - Guide Bäst Tillgänglig teknik

Projektledare Anders Lindahl, MinFo

Case studies av ny teknik

Delprojekt 4.2.1. Test av skum som dammbekämpning i krossanläggning

Delprojektledare Sand&Grus AB Jehander

Delprojekt 4.2.2 Test av Ion Blast som dammbekämpning i krossanläggning för foderkalktillverkning

Delprojektledare Nordkalk AB

Delprojekt 4.2.3 Mekanisk avskiljning genom ny kapsling och bandavskrapning

Delprojektledare NCC Roads, Borås

För mer information om respektive delprojekt och utkomna rapporter hänvisas till de i **bilaga 6** presenterade projektsammanställningarna för de enskilda delstudierna.

Uppnådda resultat

- Ett omfattande arbete har lagts ned på att samla in industriella erfarenheter, inventera nya tekniker, sammanställa föreskrifter och mätmetoder. Förslag har utarbetats till sk ”best practice” lösningar, där olika typer av tekniklösningar för att bekämpa damm och spill i olika processteg i mineralproduktion ingår. Kostnadsbesparingspotentialen och energibesparingspotentialen har utvärderats. En omfattande rapport i form av en guide har sammanställts.
- Ett examensarbete har genomförts rörande åtgärder för dammbekämpning i bergmaterialindustrin och vars resultat kommit till användning i guiden.
- Ett nyutvecklat system för dammbekämpning med hjälp av besprutning med ett skum har utvärderats i industriell skala i Jehanders bergtäkt vid Ludden, Norrköping. Med skumtekniken kunde dammet kraftigt reduceras och inga märkbara negativa effekter kunde noteras i produktionen eller på produkterna.
- En ny teknik för dammavskiljning med elektrostatiske separation av dammet, ett sk Ion Blast filter, har utvärderats vid Nordkalks krossanläggning för foderkalk i Köping. Tekniken gav en viss effekt, men var inte lämplig för den tänkta applikationen då avskiljningsgraden inte var tillfredställande. En annan lösning med inkapsling utarbetades inom projektet och har nu löst damningsproblemet i anläggningen.
- En ny typ av förbättrad inkapsling av en omlastningspunkt mot ett rörligt band och ett bandavskrapningssystem har installerats i en bergkrossanläggning i Borås. Mätningar visar att dammängderna kraftigt reducerats och förekomsten av spill har i stort reducerats helt.

Tolkning av resultaten i förhållande till forskningens syfte/mål

Den framtagna rapporten om Bäst Tillgänglig teknik är uppskattad av industrin. Projektets industriella förankring har varit stark.

Genomförda studier av nya tekniker för bekämpning av damm och spill visar att finns goda möjligheter att omedelbart kunna uppnå kostnads- och miljöförbättringar i anläggningarna. De nya teknikerna finns tillgängliga på marknaden och kan anpassas för enskilda behov.

Ytterligare insatser bör dock göras för att sprida kunskapen i industrin om Bäst Tillgänglig Teknik och utvecklingsinsatserna riktas mot att få fram fler kostnadseffektiva lösningar, som kan minska kapitalkostnaderna för åtgärderna, då dessa idag är en fördröjande faktor för implementering i industrin. Långsiktigt bör modeller och datorbaserade verktyg kunna utvecklas för dammavskiljning, vilka kan inkluderas i processtyrningssystemen.

Projektpresentation

Problemställning

Upparbetning av industrimineral och bergmaterial sker oftast i torra processer. Vid produktion av mineral och bergarter utgör spill och damm från de torra produktionsprocesserna en stor kostnad genom att en stor mängd energi förbrukas för avskiljning av dammbemängd luft och för dammsugning av damm och spill. Bekämpning av damm och spill i anläggningarna är också en fråga av vikt för arbetsmiljön och den yttre miljön. Det finns ingen samlad forskning inom området och olika lösningar för att reducera och avskilja dammet används inom industrin, men resultaten finns ofta inte allmänt tillgängliga. Det har därför bedömts som angeläget att systematisera och samla kunskapen inom ett industrirelaterat projekt som spänner över mineralindustrins delbranscher. Nya, energieffektiva tekniker och metoder för dammavskiljning behöver implementeras och anpassas till mineralindustrins förutsättningar.

Tidigare forskningsinsatser

Inom MinFos forskningsprogram har området förstuderats tidigare. Under våren 2000 genomfördes en välbesökt temadag för att lägga grunden för framtida utvecklingsinsatser. Forskare, leverantörer och producenter presenterade sina synpunkter på behov och lösningar. Enskilda tekniker har utvärderats inom tidigare projekt. Inom MinBaS-programmet framkom att bergmaterialproducenterna var mycket intresserade av att samordna sin projektverksamhet kring dammbekämpning med det påbörjade MinFo/STEM projektet, vilket också skedde. Styrgruppen beslöt initialt att det krävdes en delprojektledare med lång industrierfarenhet för att kunna driva detta projekt och en sådan anlätades.

Projektets syfte och mål

Den långsiktiga målsättningen har varit att finna nya energieffektiva åtgärder mot s.k. diffus damning vid produktion av mineral. Syftet med detta delprojekt har varit dokumentera ett antal viktiga moment inom området åtgärder mot damning och att anvisa användbara tekniska lösningar för att minska damningen i mineralindustrin. Följande delmål sattes:

- Resultatet skall presenteras som en rapport/handbok, vilken skall kunna användas inom industrin. Dammavskiljning i täkt, vid lager, hantering, transport och i produktionsprocessen skall studeras.

- Utvalda, nya tekniker skall utvärderas i driftskala vid valda produktionsenheter och mätningar skall genomföras för att bedöma energieffektivitet och dammavskiljningskapacitet.

Förväntad nytta med forskningen i relation till Energimyndighetens uppdrag att ställa om energisystemet

Damm och spill från medför ökat behov av ventilation och dammavskiljning. De genomförda studierna visar att kostnaden för omhändertagande av damm och spill i produktionen är kostsamma och energiförbrukningen för dammavskiljning i filter och fordon för dammsugning och transport av spill är betydande. De studier som genomförts i anläggningarna visar att där nya tekniker med lokal avskiljning eller dammtätning införts uppnås energibesparing genom minskat behov av flätkapacitet och extern dammsugning/städning. Indirekt kan energi sparas genom ett minskat maskinslitage och ökat utbyte av produkter om dammet tillvaratas.

Den totala förbrukningen av energi för dammavskiljning, dammsugning och hanteringen av spill respektive den indirekta besparing som kan göras genom minskat maskinslitage varierar för olika anläggningar. Industrin har dock framhållit att kostnaderna är avsevärda. Om en siffra om 0.5 kWh/ton för den totala mineralproduktionen ansätts och identifierade förbättrande åtgärder kan ge en 20 % - ig reduktion av energiförbrukningen totalt i en anläggning, så blir potentialen i storleksordningen ca 9 GWh/år.

Bilaga 1

Projektledare

Teknisk o administrativ samordning:

Forskningsdirektör Marianne Thomaeus, MinFo

Teknisk vetenskaplig samordnare:

Professor Eric Forssberg, Avd för mineralteknik, Luleå tekniska universitet, Luleå

MinFos styrgrupp Processteknik

Lars Sunnebo, ordförande, Nordkalk AB

Bengt Sundelin, Metso Minerals AB

Hans Fällgren, SSAB Merox AB

Nils VorbrodBjörka Mineral AB

Eric Forssberg ,sekreterare, Avd f Mineralteknik, Luleå Tekniska Universitet, Luleå

Niklas Skoog, Sand &Grus AB Jehander/Betongindustri AB , 428 81 Kållerød

Olof Sandström, SMA Svenska Mineral AB

Ragnar Hagen, North Cape Minerals AS, Rud, Norge

Paul Hammergren, Mirab AB, Uppsala

Bengt Olof Tjell, Sandvik Rock Processing AB, Svedala

Arvid Stjernberg, Cementa AB, Danderyd

Marianne Thomaeus, MinFo

Deltagande företag

Björka Mineral AB/Omya AB

Bröderna Hermann/Drais

Cementa AB

Kappa Kraftliner

Metso Minerals (Sala) AB

NCC Roads AB

Nordkalk AB

North Cape Minerals AS

Sand&Grus AB Jehander/Sabema

Sandvik Rock Processing

SMA Svenska Mineral AB

SSAB Merox AB

Svenska Kaolin AB

Sveriges Bergmaterialindustri + medlemsföretag

Sveriges Stenindustriförb/SFI AB+medlemsföretag

Swerock AB

Tricorona AB

Woxna Graphite AB

RAPPORTLISTA 2002 - 2004

STEM projekt

Energieffektiv framställning av industrimineralprodukter

Projekt nr 1. Energioptimering vid nedbrytning-kontrollmetoder on-line

Delprojekt 1.1 Sprängningens inverkan på styckefallet.

- MinFo rapport P2000-10:2 SWEBREC, Dec 2003, **Influence of blasting on the size of distribution of muckpile fragments, a state –of –the art review**, Finn Ouchterlony, Swebrec, Luleå tekniska universitet
- Försöksplan, MinBaS projekt **Optimal fragmentering i krosstäckter, förslag till genomförande**, 2004-01-22, Dr. Finn Ouchterlony, SWEBREC inkl. försöksplan Minpro AB (malningstester), Chalmers (Krosstest-Single och interparticle breakage test)
- Lägesrapportering **Optimal fragmentering i krosstäckter, Fältförsök i Vändletäkten**, februari 2005, Finn Ouchterlony, SWEBREC. Slutrapport utkommer inom MinBaS-programmet april 2005.

Delprojekt 1.2 Inventering av matematiska modeller för simulering samt kommersiellt tillgängliga simulatorer för malning

- MinFo rapport P 2000-10:1, Jan 2003, **Simulation and optimisation of a comminution chain from mine to mill-A review**, Dr Yanmin Wang, Prof. E Forssberg, Luleå University of Technology, Div. of Mineral Processing.
- MinBaS proj 1.4 Optimisation of grinding, juli 2004, **Developments on Optimisation of Grinding in Australia**, Dr. Yanmin Wang, Luleå University of Technology, Div. of Mineral Processing
- MinBaS proj 1,4 Optimisation of grinding, lägesrapport, februari 2005, **Prediction of Performance of a High Pressure Roller Mill (Poitemill) in industrial production of limestone powders**, Yanmin Wang, Eric Forssberg, Luleå University of Technology, Div. of Mineral Processing , Lars Sunnebo, Anni Sköld, Nordkalk AB. Slutrapport utkommer inom MinBaS-programmet mars 2005.

Delprojekt 1.3 Kontrollmetoder on-line -Bildanalys

- MinFo rapport P2000-10:3, maj 2004, **Summering av inledande arbeten rörande kontrollmetoder**, , sammanställd av dir. M Thomaeus, MinFo
- MinFo rapport P2000-10:4,.., aug. 2004, **Slutrapport delprojekt Kontrollmetoder on-line- Bildanalys**, Niklas Skoog, Sand&Grus AB, Jehander.

Delprojekt 1.4 Förbehandlingsmetoder- Förkrossning med mikrovågsteknik

- MinFo rapport nr P2000-10:5, Univ of Nottingham, dec 2004, **Slutrapport, Microwave Assisted Comminution of Minerals**, Dr. Sam Kingman, Nottingham Mining and Minerals Centre, School of Chemical Environmental and Mining Engineering, University of Nottingham

Delprojekt 1.5 Energiåtgång i krossanläggningar- Energimodul i krossmodell

- Lic avhandling, maj 2004, **Simulation and Opimisation of Crushing Plant Performance**, Per Svedensten, Chalmers University of Technology, Department of Machine and Vehicle Systems
- MinBaS rapport nr 1:5, MinBas projekt nr 1:3 Optimal krossning och siktning, delprojekt Utformning och drift av krossanläggningar, **Slutrapport för projektet Simulering och optimering av krossanläggningars prestanda**, oktober 2004, Per Svedensten, Chalmers tekniska högskola AB, Inst för Maskin och fordonssystem
- MinFo rapport nr P2000-10:6, dec 2004, **Slutrapport, Energimodul i krossanläggningar**, Erik Hultén, Chalmers tekniska högskola AB, Inst för Maskin och fordonssystem

Proj. nr 2. Energieffektiva finmalningsmetoder

Delprojekt 2.1 Doktorandprojekt Ultrafin malning av industrimineral

- MinFo rapport nr P2000-11:1, **Slurry rheology in ultra-fine grinding**, forskarstuderande Mingzhao He, Dr. Yanmin Wang and prof. Eric Forssberg, Department of Chemical & Metallurgical Engineering, Luleå University of Technology
- MinFo rapport P2000-11:3, Dec 2003, **Influence of slurry rheology on ultra fine grinding of limestone in stirred media mill**, forskarstuderande Mingzhao He, Dr. Yanmin Wang and prof. Eric Forssberg, Department of Chemical & Metallurgical Engineering, Luleå University of Technology
- Lic thesis, Dec 2004, **Slurry Rheology of limestone and its effects on wet ultra-fine grinding**, Mingzhao He, Div of Mineral Processing, Dept of Chemical Eng. & Geosciences, Luleå University of Technology

Delprojekt 2.2.1 Utvärdering av nya tekniker – Undersökning av energieffektiviteten vid malning i Hicom kvarn

- MinFo rapport P 2000-11:4, Dec 2003, **Investigation of energy efficiency during grinding in the Hicom Mill**, Dr. Jacek Kolacz, forskarstuderande Juraj Chmelar, SINTEF Materials Technology, Trondheim, Norge
- MinFo rapport P2000-11:41, aug 2004, **Performance of various mills grinding limestone materials**, Yanmin Wang, Department of Chemical & Metallurgical Engineering, Luleå University of Technology

Delprojekt 2.2.2 Utvärdering av nya tekniker- Ultrafinmalning-Agitated Bead DCP Mill Super flow

- MinFo rapport nr P2000-11:2 **Possible production of carbonate and silica nanoparticles in stirred bead milling**, Dr. Yanmin Wang and prof. Eric Forssberg, Department of Chemical & Metallurgical Engineering, Luleå University of Technology

Delprojekt 2.2.3 Delaminering av kaolin

- MinFo rapport P2000-11:5 CD ROM, **Kaolin: Occurrences, Properties, Applications and Processing with special reference to Milling systems Available for its fine grinding and delamination**, Hamid Reza Manouchehri, Northland Orectech Eng. Consulting Co.
- Underlagsrapport från tidigare studier: Slutrapport, Dec 2000, **Delaminering – Svenska Kaolin**, Dr. P Hammergren, Tricorona AB
- Slutrapport, Delprojekt 2.2.3 Utvärdering av nya tekniker - Delaminering av kaolin, MinFo rapport nr P2000-11:6, dec 2006, **Finmalning av kaolin inom STEM:s projekt för energieffektiv malningsteknik - Sammanfattande slutrapport**, Paul Hammergren, Svenska Kaolin AB

Delprojekt 2.2.4 Delaminering av grafit

- Underlagsrapport från tidigare studier: Slutrapport, Dec 2000, **Delaminering –Woxna Graphite**, Dr. P Hammergren, Tricorona AB
- Slutrapport, Delprojekt 2.2.4 utvärdering av nya tekniker- Delaminering av grafit, Dec 2004, MinFo rapport nr P2000-11:7, **Finmalning av grafit inom STEM:s projekt för energieffektiv malningsteknik**, Paul Hammergren, Woxna Graphite AB

Proj. nr 3. Sortering-resurssnålare produktion

Delprojekt 3.1 Inventering av nya sorteringstekniker

- MinFo rapport P2000-12:1, mars 2003, **Sorting in Mining, Mineral Processing and Waste Utilization**, Dr. Hamid Reza Manouchehri, Avd f Mineralteknik, Luleå Tekniska Universitet

Delprojekt 3.2 Försök med utvalda sorteringstekniker

- MinFo rapport P2000-12:3, april 2004, **Optoelectronic sorting of minerals and wastes**, Dr. Hamid Reza Manouchehri, Avd f Mineralteknik, Luleå Tekniska Universitet

Delprojekt 3.3 Sortering av resttegel med färganalys

- MinFo rapport P2000-12:2, Dec 2003, **Optisk färgsortering av resttegel**, Hans Fällgren, SSAB Merox AB, Håkan Persson, Mykonsult

Proj. nr 4. Åtgärder mot damning

Delprojekt 4.1 Guide –Bäst Tillgänglig Teknik

- CD Rom, juni 2003, **Damning i bergtäkter**, Jakob Lidén, Ex jobb Berg- o Mineralteknik, Bergsskolan i Filipstad
- MinFo rapport P2000-13:4, projekt 4.1, Prel. version, december 2004, **Åtgärder mot damning i mineralindustrin - Guide till lösningar**, Anders Lindahl, MinFo. Slutrapport utkommer i samarbete med MinBaS-programmet april 2005.

Delprojekt 4.2 Case studies av ny teknik

- MinFo rapport nr P2000-13: 1, Slutrapport, Dec 2004, Delproj 4.2.1 **Dammbekämpning med Dust foam teknik**, Niklas Skoog Sand&Grus AB Jehander, Anders Lindahl, MinFo
- MinFo rapport P2000-13.2, Delprojekt 4.2.2 Test av Ion Blast som dammbekämpning i krossanläggning för foderkalk, februari 2005, **Slutrapport, Dammbekämpning med Ion Blast ESP teknik**, Lars Sunnebo, Nordkalk, Anders Lindahl, MinFo
- MinBaS rapport nr 1:3, Slutrapport, Sept 2004, Delprojekt 4.2.3, MinBaS projekt 1.52, **Dammkapsling, bandrensning och spilluppsamling för en bandomlastning**, Linn Tennung, NCC Roads Sv. Sydväst, Anders Lindahl, MinFo

Allmänt

- **Underlagsrapport för utvärdering av programmet Industrimineralteknisk forskning vid MinFo**, aug 2004, sammanställd av M Thomaeus, MinFo

Bilaga 3

Projekt 1. Energoptimering vid nedbrytning - Kontrollmetoder on-line

Projektblad för delstudier

Delprojekt 1.1 Sprängningens inverkan på styckefallet

Delprojekt 1.2 Inventering av matematiska modeller för simulering samt kommersiellt tillgängliga simulatorer för malning

Delprojekt 1.3 Kontrollmetoder on-line –Bildanalys

Delprojekt 1.4 Förbehandlingsmetoder - Förkrossning med mikrovågsteknik

Delprojekt 1.5 Energiåtgång i krossanläggningar - Energimodul i krossmodell

Projekt titel: Sprängningens inverkan på styckefallet

Delprojekt 1.1 MinFo projekt P 2000-10

Delprojektledare state of the art studie+ fältförsök:

Dr. Finn Ouchterlony, SWEBREC at LUT

Box 47047, S-100 74 Stockholm, Sverige

Besöksadress: Mejerivägen 4 (T-stop Liljeholmen)

Tfn: +46-8-6922293, fax: +46-8-6511364, e-post: finn.ouchterlony@svebefo.se

Krosstester Inst. för Maskin och Fordonssystem, Chalmers tekniska högskola AB

Malbarhetstester Minpro AB, Storå

Projektets mål

Syftet var att presentera samlad kunskap om sprängningens inverkan på styckefallet och egenskaperna hos det lossprängda materialet för att därigenom kunna bedöma möjligheterna att optimera energiförbrukningen i kedjan sprängning-krossning-malning av mineral. Studien skulle också ligga till grund för försök i full skala där sprängningens inverkan på fragmenteringen skulle studeras och sprängmodellerna valideras. Kross- och malbarhetstester skulle genomföras på material från fältförsök för att bedöma inverkan av sprängningen på de efterföljande nedbrytningsstegen.

Genomfört arbete och resultat

En omfattande *sprängteknisk state-of-the-art studie* har genomförts. Studien bygger på en bearbetning av resultat av nationella och internationella forsknings- och utvecklingsarbeten. Den omfattande state of the art studien ger en mycket värdefull kunskapsuppbyggnad om de sprängtekniska modellernas möjligheter att styra fragmenteringen och vilka resultat som kunnat detekteras i praktiken. Studien påvisar också möjligheterna till energibesparing i efterföljande krossnings- och malningssteg. En aktuell analys har erhållits av moderna metoder att mäta styckefallet i sprängsalvorna. Studien kommer att få stor spridning genom att den planeras ingå som en del av en handbok rörande sprängning, vilken utarbetas inom ramen för ett EU- projekt där SWEBREC deltar. Med studien som grund har genomförts en sprängteknisk studie i fältskala i Swerocks bergtäkt i Vändle. Sprängsalvornas intensitet varierats i två salvor och ett omfattande provtagning och uppsiktningsarbete har genomförts av sprängsalvorna. Inverkan av sprängningen på fragmenteringen har utvärderats och sprängmodellerna validerats. Kross- och malbarhetstester har utförts på material från de fältförsöken. Den genomförda fältstudien har finansierats med stöd av MinBaS-programmet.

Arbetet visar att fragmenteringsmodellerna är användbara för bedömning av styckefallet och detta har verifierats i fältförsök. Det finns god chans att utveckla användbara verktyg för industrin som bör kunna börja användas mer allmänt inom loppet av något år om utvecklingsarbetet kan fortsätta. Den stora potentialen av optimering i energikedjan ligger i att ökad laddningsintensitet i sprängningen ger en förändrad styckefallsfördelning till krossningssteget. Genom att mer fint material produceras åtgår mindre krossenergi för att framställa samma mängd slutprodukt. Det krävs dock fler försök i fältskala för att säkerhetsställa effekterna ur energisynpunkt som kan uppnås i de efterföljande processtegen som malning och anrikningen som följd av en förändrad sprängningsteknik. Utvecklingen av användbara mätmetoder, som bildanalys, för mer korrekta bestämningar av styckestorleksfördelningen i sprängsalvorna, kommer dock förmodligen att kräva ett mer omfattande utvecklingsarbete innan de är klara för applikation mer generellt i industrin. För begränsade uppgifter som kontroll av skutmängd kan en sådan applikation kanske ske tidigare.

Referenser

- MinFo rapport P2000-10:2 SWEBREC, Dec 2003, **Influence of blasting on the size of distribution of muck pile fragments, a state-of-the-art review**, Finn Ouchterlony, SWEBREC, Luleå tekniska universitet
- **Försöksplan**. MinBaS projekt **Optimal fragmentering i krosstäkter, förslag till genomförande**, 2004-01-22, Dr. Finn Ouchterlony, SWEBREC inkl. försöksplan malbarhets- och krosstester Minpro AB (malningstester), Chalmers (Krosstest - Single och interparticle breakage test)
- Lägesrapportering **Optimal fragmentering i krosstäkter, Fältförsök i Vändletäkten**, februari 2005, Finn Ouchterlony, SWEBREC. Slutrapport utkommer inom MinBaS-programmet april 2005.

Projekt titel: Inventering av matematiska modeller för simulering samt kommersiellt tillgängliga simulatorer för malning

Delprojekt 1.2 MinFo projekt P 2000-10

Delprojektledare

Professor Eric Forssberg, Avd för mineralteknik, Luleå tekniska universitet, 971 87 Luleå
Tel 0920-491 311, e-post Eric.Forssberg@km.luth.se

Utförare: Dr Yanmin Wang, Avd för Mineralteknik, Luleå tekniska universitet

Projektet mål

Syftet var att i en inledande studie inventera tillgängliga modeller och simulatorer för främst malningssteget, men också programvaror som gör det möjligt att optimera hela kedjan sprängning - krossning - malning. I ett efterföljande arbete skulle fördjupade kontakter tas med internationella forskargrupper och leverantörer för att ge underlag för valideringstester i driftsskala av simuleringssmodeller för ett antal olika kvarntyper. Tester i industriälaggningar skulle genomföras för att testa utvalda kvarnmodeller.

Genomfört arbete och resultat

En inventeringsstudie har genomförts av tillgängliga modeller och programvaror för malning och energioptimering i hela nedbrytningskedjan. Ett uppföljande arbete kring modellverktyg för olika kvarntyper har utförts på plats i Australien i samarbete med forskare vid instituten CSIRO och Julius Kruttschnitt och leverantörer av simuleringssverktyg. Ett försök i driftsskala har genomförts hos Nordkalk, Ignaberga under december 2004 –jan 2005. Anläggningen producerar mald kalksten i en högtrycksvalskvarn, märke Poitemill. Syftet har varit att utvärdera en modell för högtrycksvalskvarnar och dess användbarhet i industriell skala..

Den inledande inventeringsstudien ger en god kunskapsuppbyggnad kring utvecklingen av de matematiska modellerna för nedbrytning av mineral. Empiriska modeller, såsom Bonds ekvation, fysikaliska modeller som Population balance models och numeriska basmodeller som diskreta element metoden och modeller baserade på flödesdynamiska modeller behandlas. Studien presenterar också kommersiellt tillgängliga simuleringssverktyg och dess användbarhet inom maskinkonstruktion, för processoptimering och analys av mineraltekniska processer. Två programvaror har identifierats, som kan användas för att analysera och optimera hela nedbrytningskedjan sprängning, krossning och malning. Genom ett samarbete med Australien har en djupare kunskap byggts upp kring ett antal modeller som är mogna för validering i driftsskala, såsom modeller för högtrycksvalskvarnar, vertikalkvarnar m fl. Den genomförda fältstudien kommer att bidra till en vidareutveckling av industriellt användbara modeller för högtrycksvalskvarnar, vilket ökar möjligheterna att optimera malprocessen. Studien i samarbete med Australien och fältförsöket har finansierats med stöd av MinBaS-programmet.

Referenser

MinFo rapport P 2000-10:1, Jan 2003, **Simulation and optimisation of a comminution chain from mine to mill-A review**, Dr Yanmin Wang, Prof. E Forssberg, Luleå University of Technology, Div. of Mineral Processing.

MinBaS proj. 1.4 Optimisation of grinding, juli 2004, **Developments on Optimisation of Grinding in Australia**, Dr. Yanmin Wang, Luleå University of Technology, Div. of Mineral Processing

MinBaS proj 1,4 Optimisation of grinding, lägesrapport, februari 2005, **Prediction of Performance of a High Pressure Roller Mill (Poitemill) in industrial production of limestone powders**, Yanmin Wang, Eric Forssberg, Luleå University of Technology, Div. of Mineral Processing , Lars Sunnebo, Anni Sköld, Nordkalk AB. Slutrapport utkommer inom MinBaS-programmet mars 2005.

Projekt titel: Kontrollmetoder on-line - Bildanalys

Delprojekt 1.3 MinFo projekt P 2000-10

Delprojektledare

Civ.ing. Niklas Skoog, Sand & Grus AB Jehander
428 81 Kållerød

Tel: 031-86 76 15, Fax: 031-86 77 99, e-post: niklas.skoog@jehander.se

Utförare: Inkörning, kalibreringsförsök bildanalysutrustning, Stefan Dahlhielm, IMENCO AB
Utvärdering av bildanalyssystemet B12E, Jan Dahl Q Circuit AB

Projektets mål

Syftet var att med ett bildanalyssystem få snabbare samt tillförlitligare mätresultat, vilket ger produktions- och marknadsmässiga fördelar. Ur energisynpunkt är det gynnsamt eftersom det ger möjligheter till en energisnålare process pga. mindre mängd oönskat material då avvikelser upptäcks direkt och en minskad omkrossning av material. En annan viktig och möjlig effekt i nästa steg är att om kvalitetsvariationerna på tillverkat material minskar så kan betongproducenterna optimera sina betongrecept så att cementmängden kan minskas. Cementtillverkning är en mycket energikrävande process så en minskning av cementandelen innebär snabbt stora energibesparingar. Ett nyutvecklat system för bildanalys, baserat på en algoritm framtagen i ett doktorsarbete vid KTH, Teknisk Geologi, skulle installerats i Jehanders bergkrossanläggning i Kållerød och levereras, installeras och utvärderas av utvecklingsbolaget Imenco.

Genomfört arbete och resultat

Systemet installerades under år 2002 i Jehanders anläggning i Kållerød. Provkörningar och kalibreringar genomfördes under hösten 2002 och våren 2003. Under provkörning avbröts systemet vid upprepade tillfällen och de inledande kalibreringstesterna pekade på att systemet inte gav tillfredsställande resultat samt att utdata inte levererades enligt specifikation. Leverantören och utvecklarna av systemet lyckades aldrig genomföra en tillfredsställande kalibrering trots stark påtryckning.

Hösten 2003 togs ett beslut att genomföra en oberoende utvärdering av det installerade systemet B12E för att undersöka möjligheterna att slutföra kalibreringen och få systemet i drift med tillfredsställande resultat. Den oberoende utvärderingen utförd av Q Circuit AB visade att Imenco AB levererat ett bildanalyssystem som inte ens teoretiskt hade möjlighet att uppfylla specifikationen enligt avtal. Jehander beslöt att avbryta arbetet med B12E.

Utvärderingen visar också att analys av ballast liggande på transportband inte är möjlig. Det krävs andra systemlösningar för att få tillräcklig mätnoggrannhet. Det tyder på att bildanalys av ballast än så länge kräver att materialet (del av) måste transporteras till en särskild mätenhet där materialet passerar i en kontrollerad fallande ström framför kameran. Detta kan ske med provuttagare eller att man helt enkelt tar ut prov på vanligt sätt (manuellt) och sedan håller materialet i mätenheten. Företaget Jehander har tidigare provat en sk lab. version av ett annat bildanalyssystem som fungerade tillfredsställande. De stora vinsterna får man dock först då kontrollutrustningen kan analysera on-line. En slutsats som framförts är att just analys med hjälp av kamera inte är det optimala utan att andra mätsystem måste utvecklas. Utvecklingen av kontrollmetoder on-line för partiklar +10 mm pågår kontinuerligt inom flera industriella tillämpningar. Det är väsentligt för att kunna genomföra optimering och styrning av processerna. Det finns anledning att fortsätta arbetet med att finna alternativa lösningar till kameran. Det återstår dock ett omfattande utvecklingsarbete före kontinuerliga mätmetoder på grova partiklar fullt ut kan installeras i mineralindustrin.

Referenser

- MinFo rapport P2000-10:3, maj 2004, **Summering av inledande arbeten rörande kontrollmetoder**, sammanställd av dir. M Thomaeus, MinFo
- MinFo rapport P2000-10:4, aug. 2004, Slutrapport delprojekt 1.3, **Kontrollmetoder on-line- Bildanalys**, Niklas Skoog, Sand&Grus AB, Jehander.

Projekt titel: Förbehandlingsmetoder - Förkrossning med mikrovågsteknik

Delprojekt 1.4 MinFo projekt P 2000-10

Delprojektledare

Dr Sam Kingman, Nottingham Mining and Minerals Centre, School of Chemical Environmental and Mining Engineering, University of Nottingham, University Park, Nottingham NG7 2RD

Tel: 01159514165, e-post: sam.kingman@nottingham.ac.uk

Projektets mål

Tidigare studier hade visat att det finns en god potential att uppnå energireducering i efterföljande kross- och malsteg om man kan förbehandla materialen med mikrovågor. Syftet har varit att få en första bedömning om ett antal industrimineral och bergarters mottaglighet för fragmentering genom mikrovågsbehandling. Försöken skulle genomföras med en energieffektiv mikrovågsutrustning som utvecklats vid universitetet i Nottingham. Resultatet skulle bedömas utifrån en studie av materialens mineralogi och hållfastheten före och efter mikrovågsbehandling.

Genomfört arbete och resultat

Experimentella studier har genomförts i laboratorieskala i Nottingham, där den nyutvecklade mikrovågsutrustningen använts för att studera olika materials mottaglighet för fragmentering genom mikrovågsbehandling. Fyra olika typer av industrimineral (två olika typer av kalksten med olika föroreningshalt, en olivin och en granit) har undersökts. Mineralens mineralogi samt hållfasthet före och efter mikrovågsbehandling har utretts.

Studien har givit kunskap om den nya tekniken och internationella forskningsarbeten inom området. Resultaten visar att den renaste kalkstenen kalcinerade och mikrovågstekniken inte är lämplig för denna typ av mineral. De tre övriga mineralen och bergarten som undersökts får viss påverkan på fragmenteringen; effekterna är dock inte speciellt markanta. Försöken har genomförts med en standardmetodik. Individuella optimeringar kan förändra resultatet. Mineralogins inverkan på resultatet är väsentlig. En fyndighet kan bestå av delar av material som är mer eller mindre påverkbara av mikrovågor. Det måste därför till mer grundliga mineralogiska studier av enskilda fyndigheter och optimeringar för varje mineraltyp för att kunna bestämma potentialen i en förbehandling med denna mikrovågsteknik. De testade materialen var pga mineralogin inte speciellt mottagliga för fragmentering genom mikrovågor. Det ligger också ett omfattande arbete i att utveckla mikrovågstekniken för industriell applikation i mineralindustrin. Internationell gruvindustri har engagerat sig i denna framtida utveckling.

Referenser

- Ansökan - **Research Proposal Microwave assisted comminution and liberation of minerals**, Sam Kingman, Univ. of Notting
- MinFo rapport nr P2000-10: 5, Univ. of Nottingham, december 2004, delprojekt 1,4 Förbehandlingsmetoder – Förkrossning med mikrovågsteknik, **Slutrapport, Microwave Assisted Comminution of Minerals**, Dr. Sam Kingman, Nottingham Mining and Minerals Centre, School of Chemical Environmental and Mining Engineering, University of Nottingham

Projekt titel: Energiåtgång i krossanläggningar - Energimodul i krossmodell

Delprojekt 1. 5 MinFo projekt P 2000-10

Delprojektledare

Dr Carl-Magnus Evertsson, Inst. för Maskin och Fordonssystem, Chalmers tekniska högskola AB
412 96 Göteborg

Tel 031 772 13 68 , e-post: magnus.evertsson@me.chalmers.se

Utförare:

Tekn lic. Per Svedensten, Inst. för Maskin och Fordonssystem, Chalmers Tekniska högskola AB
Civ. ing. Erik Hultén, Inst. för Maskin och Fordonssystem, Chalmers Tekniska högskola AB

Projektets mål

Det primära målet är att utveckla generella modeller som beskriver energiåtgången för olika processenheter i en krossanläggning. En energimodul skall arbetas fram och inkluderas i den mjukvara som utvecklats för optimering av krossanläggningar vid Chalmers. Syftet är att genom att tillföra en energimodul i programvaran så kan ett optimalt energiutnyttjande göras möjligt vilket förbättrar processekonomin. En ökad energieffektivitet kan uppnås om processenheter med högre verkningsgrad kan utnyttjas. En möjlighet finns också att dimensionera cirkulerande laster, vilket ger en möjlighet att reducera energiåtgången.

Genomfört arbete och resultat

Inom det övergripande forskningsprojektet har en licentiatavhandling presenterades i maj 2004. Tekniska och ekonomiska modeller har utvecklats och därefter implementerats i en ny mjukvara för krossoptimering. Mjukvaran kan användas i anläggningar för att finna optimala inställningar i krossanläggningarna för en given marknadssituation. En validering av hittills utvecklade modeller genomförs nu i driftsskala. Detta arbete har finansierats av industriintressenter inom MinBaS-programmet och utgör en egeninsats till detta delprojekt. Planerna är att forskningsarbetet fortsätter mot en doktorsavhandling.

Arbetet med energimodulen har genomförts med datainsamling i anläggningar och hos leverantörer av utrustning. Modellerna bygger på att data för ström och last har insamlats tillsammans med specifikationer för ett antal anläggningar. Driftsdata har insamlats genom egna fältstudier i ett antal anläggningar. Energimodeller har upprättats för bandtransportörer, siktar, konkrossar, käftkrossar och fordon för intertransport. Det som driver modellerna är massan på det passerade bergmaterialet, dvs för varje ton material som passerat en produktionsenhet beräknas också konsumerad energi. Energimodulen skall inkluderas i programverkyget för krossoptimering och valideras i industrianläggningar. I arbetet ingår också sammanställningar av energiförbrukningen i en typisk bergmaterialanläggning och dess fördelning på olika produktionsenheter.

Det pågående forskararbetet har resulterat i en ny metod att optimera en krossanläggning. Tekniska modeller har utvecklats vilka predikterar produktutfallet men också slitaget och nu även energiförbrukningen i anläggningen, vilket är nytt. De ekonomiska modeller som används inkluderar produktionskostnader för alla produkter och inkomster av försäljningen. Optimeringen tar även hänsyn till kundkrav. Den programvara som har utvecklats som är anpassad till Windows miljö. Programvaran kan användas för att anpassa produktionen i befintliga anläggningar och för design av anläggningar samt för undervisning. Det modellverktyg för optimering av krossanläggningar, som utvecklats vid Chalmers bör kunna användas relativt snart allmänt ute i industrin om modellerna vidareutvecklas efter validering i industriella anläggningar.

Referenser

- Lic. avhandling, maj 2004, **Simulation and Optimisation of Crushing Plant Performance**, Per Svedensten, Chalmers University of Technology, Department of Machine and Vehicle Systems
- **Försöksplan**, 2003-10-21, **Energiåtgång i krossanläggningar**, dr. Carl Magnus Evertsson, , Chalmers tekniska högskola, AB, Inst. för Maskin och fordonssystem
- MinFo projekt P2000-10:6, Delprojekt 1.5 Energiåtgång i krossanläggningar-Energimodul i krossmodell, december 2004, **Slutrapport STEM projekt Energimodul i krossanläggningar**, Erik Hultén, Chalmers tekniska högskola, AB, Inst. för Maskin och fordonssystem

Bilaga 4

Projekt 2. Energieffektiva finmalningsmetoder

Projektblad för delstudier

Delprojekt 2.1 Doktorandprojekt Ultrafin malning av industrimineral

Delprojekt 2.2 Utvärdering av nya tekniker:

2.2.1 Undersökning av energieffektiviteten vid malning i Hicom kvarn

2.2.2 Ultrafinmalning-Agitated Bead DCP Mill Super flow

2.2.3 Delaminering av kaolin

2.2.4 Delaminering av grafit

Projekt titel: Doktorandprojekt Ultrafin malning av industrimineral

Delprojekt 2.1 MinFo projekt P2000-11

Delprojektledare

Professor Eric Forssberg, Avd för mineralteknik, Luleå tekniska universitet, 971 87 Luleå

Tel 0920-491 311 , E-post Eric.Forssberg@km.luth.se

Utförare: Doktorand Mingzhao He, Avd för Mineralteknik, Luleå tekniska universitet

Handledare Dr Yanmin Wang, Avd för Mineralteknik, Luleå tekniska universitet

Projektets mål

Projektets mål är att utveckla modeller som beskriver sambandet mellan slurryreologin vid våt ultrafinmalning (90% -2 µm), malningsparametrarna (utspädning, chargefyllnad, dispergeringsmedelstillsats) och dess inverkan på slutproduktens partikelstorleksfördelning och energieffektiviteten i malningen. Arbetet skulle genomföras inom ramen för ett doktorandprojekt.

Genomfört arbete och resultat

Arbetet har resulterat i en licentiatavhandling som presenterats i februari 2005. Undersökningar har gjorts av hur fastgodshalt, molekylvikten hos malhjälpmidlet, partikelstorlek och storleksfördelning och temperatur påverkar en kalkstensslurrys reologiska egenskaper. Energieffektiviteten vid våt finmalning av kalksten har studerats i de experimentella arbetena. Kvarntypen som använts är en Draiss omröringskvarn med zirkonoxidpärlor som malkroppar. Inverkan på malningseffektiviteten av varierande molekylvikt hos malhjälpmidlen, stegvis malhjälpmiddelstillsats och formen för detta, fastgodshalt, volymen malkroppar och temperaturen på ingående material till kvarnen har undersökts. Pappersindustrin har deltagit i samarbetet med stöd för de reologiska mätningarna.

Resultaten visar att bästa malningseffektiviteten uppnås med en hög volym av malkroppar. Det finns en optimal fastgodshalt för en viss volym malkroppar där bästa effektivitet uppnås. Av arbetet framgår också att malhjälpmidlen bör tillsättas stegvis, då en för hög tillsats inverkar negativt på malningens effektivitet. Det borde vara möjligt att relativt snart kunna göra försök i industriell skala för att validera och vidareutveckla framtagna modeller. Arbetet fortsätter inom ramen för doktorandprojektet.

Referenser

- MinFo rapport nr P2000-11: 1, **Slurry rheology in ultra-fine grinding**, forskarstuderande Mingzhao He, Dr. Yanmin Wang and prof. Eric Forssberg, Department of Chemical & Metallurgical Engineering, Luleå University of Technology

- MinFo rapport P2000-11: 3, Dec 2003, **Influence of slurry rheology on ultra fine grinding of limestone in stirred media mill**, forskarstuderande Mingzhao He, Dr. Yanmin Wang and prof. Eric Forssberg, Department of Chemical & Metallurgical Engineering, Luleå University of Technology

-**Licentiate thesis**, 2005:06, Luleå University of Technology , Dept of Chemical Engineering and Geoscience, Div of Mineral Processing, **Slurry Rheology of Limestone and Its Effect on Wet Ultra-Fine Grinding**, Mingzhao He

Projekt titel: Undersökning av energieffektiviteten vid malning i Hicom kvarn

Delprojekt 2.2.1 MinFo projekt P2000-11

Delprojektledare

Dr. Jacek Kolacz, SINTEF Materials and Chemistry, Trondheim, Norge

Nu anställd vid Comex AS, PO Box 53, N-1309 Rud, Norway

Tel: +47 - 67 15 24 10, e-post: jacek.kolacz@comex-group.com

Utförare: Civ.ing. Juraj Chmelar forskarstuderande vid Norges tekniska och naturvetenskapliga univ., Trondheim, Tfn +47-735970095, e-post Juraj.Chmelar@sintef.no

Projektet mål

Målsättningen har varit finna nya energieffektiva finmalningstekniker. Sintef hade genom avtal med uppfinnarna i Australien/Sydafrika fått tillgång till en försöksutrustning av en nyutvecklade vibrationskvarn, Hicom - kvarnen, den enda i Europa. En överenskommelse gjordes med Sintef om att låta genomföra en studie inom ramen för projektet. Syftet var att jämföra energieffektivitet och andra teknisktekniska parametrar mellan den nyutvecklade vibrationskvarnen och de konventionella kulkvarnssystem som de deltagande företag idag använder för produktion av finmalda produkter.

Genomfört arbete och resultat

Studierna genomfördes på ett antal kommersiella industrimineral som kalksten, kvarts, fältspat och olivin. Försöken har genomförts vid Sintefs laboratorier i en 15 kW Hicom kvarn i slutet krets med en luftklasserare. Vid försöken har använts ett kontant varvtal och luftflödet har varierats något. Stålkulor användes som malkroppar. Mal- och klasseringssystemet har ställts in för att ge en maximal partikelstorlek i slutprodukten på mellan 10 - 100 µm. Utvärderingen visar att mjuka material, som kalksten, kunde malas med vibrationsmalning i Hicom-kvarnen med en energiförbrukning som är jämförbar eller lägre än den som uppnås vid industriella anläggningar i de idag använda kulkvarnarna. För hårda material som nefelinsyenit, kvarts och fältspat var resultaten avseende nefelinsyenit jämförbara med de värden som erhålls vid kulkvarnsmalning, medan för kvarts- och fältspat blev energiförbrukningen högre än i kulkvarn.

Hicom - systemet har dock en flexibilitet att i samma utrustning kunna mala ingående material ner till toppstorlekar på slutprodukten från 150 µm ner till ett par mikron, vilket inte normalt kan erhållas i en konventionell kulkvarn. Hicom - utrustningen är också mindre utrymmeskrävande än konventionella kulkvarnar. Utrustningen finns kommersiellt tillgänglig och tekniken kan därför relativt snabbt sättas in i industriell produktion. Genomförda studier i Australien i större Hicomkvarnar, än den som användes inom detta projekt, har visat på 30%-iga reduceringar av energiförbrukningen vid kalkstensmalning i jämförelse med kulkvarnsmalning.

En kompletterande studie genomfördes vid från Luleå tekniska universitet, där resultaten från malning i Hicom - kvarnen, jämfördes med tidigare genomförda studier i laboratorie- och pilotskala av andra kvarntyper vid malning av kalksten. Den visar att Hicom - kvarnen har en god energieffektivitet i jämförelse med ett stort antal andra nyutvecklade kvarnar under likartade försöksbetingelser.

Referenser

- MinFo rapport P 2000-11:4, Jan 2004, **Investigation of energy efficiency during grinding in the Hicom**

Mill, Dr. Jacek Kolacz, forskarstuderande Juraj Chmelar, SINTEF Materials Technology, Trondheim, Norge

- MinFo rapport P2000-11: 41, aug.2004, **Performance of various mills grinding limestone materials**, aug.

2004, Yanmin Wang, Div of Mineral Processing, Luleå Univ. of Technology

- Underlagsinformation - Summerande rapport över tidigare försök:

MinFo rapport nr P2000-5: 5, juni 2002, **New Milling Technology**, Yanmin Wang, Eric Forssberg, Department of Chemical & Metallurgical Engineering, Luleå University of Technology

Projekt titel: Utvärdering av nya tekniker –Ultrafinmalning – Agitated Bead DCP Mill Super flow

Delprojekt 2.2.2 MinFo projekt P2000-11

Delprojektledare

Professor Eric Forssberg, Avd för mineralteknik, Luleå tekniska universitet, 971 87 Luleå
Tel 0920-491 311, e-post Eric.Forssberg@km.luth.se

Utförare: Dr. Yanmin Wang, Avd för Mineralteknik, Luleå tekniska universitet

Projektets mål

Syftet har varit att bedöma de tekniska möjligheterna att på mekanisk väg kunna framställa partiklar av nanostorlek. Utvärderingen skulle ske genom att utvärdera en nyutvecklade kvarn, Agitated Bead DCP Mill Super flow från firma Drais och jämföra med en annan kvarn för extrem finmalning benämnd PML H7V från samma företag. Partikelegenskaperna hos malprodukterna skulle bestämmas.

Genomfört arbete och resultat

Arbetet har biståtts av den svenska agenten för Drais och försöken har genomförts i företagets laboratorier i Tyskland av forskaren från LTU. Försöksmaterial har varit kvarts, dolomit och kalksten. Ingående material till försökskvarnarna förmaldes till under 5 µm för kvarts och 10 µm för kalkstensmaterialen. Två olika typer av omröringskvarnar med zirkonpärlor som malkroppar har studerats, PML-H/V och DCP-Superflow 12. Kvarnarna har körts med recirkulerande flöde med tillsats av malhjälpmiddel vid malningarna av kalksten och dolomit. Fastgodshalt och flödes hastigheten har varierats vid konstant omröringshastighet i kvarnarna.

Studier visade att det är möjligt att producera kolloidala nanopartiklar genom våtmalning i såväl DCP Superflow som PML H/V kvarnen. Kolloidala partiklar under 100 nm kunde framställas efter en kort maltid i Superflow kvarnen. Produktionskapaciteten är högre i DCP Superflowkvarnen i jämförelse med PML H/V utrustningen. DCP Superflow hade en bättre energieffektivitet. Vid de genomförda studierna detekterades ingen absolut begränsning i hur fint malningen kunde drivas; vid försöken uppnåddes en genomsnittlig partikelstorlek av 50 nm. Den mekaniska nedbrytningen av karbonatmineralen i omröringskvarnarna leder till en successiv förlust av kristallstrukturen och reducerar kristallstorleken, vilket leder till en mekanokemisk reaktion. En intensiv finmalning av kvarts leder till strukturförändringar och en amorfisering av partikelytorna.

Delprojektet har uppnått målet att utvärdera möjligheten att mekaniskt malning kunna framställa produkter av nanostorlek. Arbetet med att få fram relevanta data för att kunna jämföra energieffektiviteten mellan en mekanisk process och t.ex. en utfällningsprocess återstår. Det ta är ett omfattande arbete då denna typ av data oftast inte är officiella från producenterna, utan det krävs förmodligen ett framtida projektsamarbete för att få tillgång till uppgifterna.

Referenser

- MinFo rapport nr P2000-11: **2 Possible production of carbonate and silica nanoparticles in stirred bead milling**, Dr. Yanmin Wang and prof. Eric Forssberg, Department of Chemical & Metallurgical Engineering, Luleå University of Technology "

Projekt titel: Utvärdering av nya tekniker –Delaminering av kaolin

Delprojekt 2.2.3 MinFo projekt P2000-11

Delprojektledare

Ulf Källåker, Svenska Kaolin AB, Box 1, 241 21 Eslöv, Tfn 0152-108 00

Tekniskt medansvarig:

Dr Paul Hammergren, Tricorona AB, tfn 018-156424, e-post: hammergren@mirab.se

Utförare Dr Hamid Reza Manouchehri, Northland Orectech, Tfn +46- 0920 977 81

Projektets mål

Kaolin är ett mineral som inte utvinns idag i landet. Det importeras dock stora mängder till bl.a. som pigment till pappersindustrin. En svensk fyndighet är nu under utveckling. Ett viktigt led i processutvecklingsarbetet är att finna en energieffektiv malningsteknik, s.k. delaminering av kaolinmineralen, för att därmed kunna förbättra produktkvalitén. Resultatet skall användas för beslut om fortsatta utvecklingsarbeten för den svenska kaolinfyndigheten. Syftet var att inventera tänkbara tekniker och dess teknisk/ekonomiska potential att användas för den svenska fyndigheten.

Genomfört arbete och resultat

Tidigare utvecklingsarbeten, som genomförts inom MinFos program, har visat att delaminering baserad på en sandmalningsteknik givit de kaolinkvalitéer som eftersträvas till en mycket låg energiförbrukning. Det har dock visat sig nu att denna speciella sandmalningsteknik ägs av internationella producenter, vilka genom avtal hindrar andra konkurrerande producenter att få tillgång till tekniken. Med anledning av detta ansökte företaget med att få hjälp av en forskare att genomföra en inventeringsstudie kring alternativa tekniker. Forskaren, som tidigare arbetat inom Luleå tekniska universitet, har i nära samarbete med företaget genomfört en omfattande inventering av i världen tillgängliga tekniker. Arbetet är baserat på litteraturgenomgångar och kontakter med leverantörer. Studien innefattar kaolinframställningen generellt, marknaden och kundernas produktkrav. En inventering av lämpliga finmalningstekniker för kaolin presenteras med detaljerade uppgifter om malningssystemen. Energi- och kostnadsaspekter har utretts.

Studien har visat att det finns ett antal tekniker som kan konkurrera med den sandmalningsteknik, som tidigare visade sig överlägset ur energieffektivitetssynpunkt. Teknikerna finns kommersiellt tillgängliga och behöver endast testas och anpassas efter den svenska fyndighetens behov. I rapporten framkommer att de kvarntyper som kan bli aktuella, sk strirred medias mills, kräver 30% mindre energi än konventionella kvarnar vid normal finmalning. Vid våt ultrafin malning har påvisats att energiförbrukningen kan reduceras till hälften i jämförelse med kulkvarnsmalning. Till detta kommer potentialen till en ytterligare kraftigt minskad energiförbrukning per ton färdig produkt genom utbyteshöjning av kaolin, vilket framkom som resultat av tidigare genomförda försök med sandmalning. Företaget skriver i sin slutrapport att de fortsätter sin planering om utveckling av fyndigheten och har inlämnat ansökan om miljötillstånd baserat på de resultat som studien av nya malningstekniker visat.

Referenser

- MinFo rapport nr P2000-11:5, Juli 2004, CD ROM, **Kaolin: Occurrences, Properties, Applications and Processing with Special Reference to Milling Systems Available for its Fine Grinding & Delamination**, juli 2004, Dr. Hamid Reza Manouchehri, Northland Orectech Eng. Consulting Co., Luleå
- Underlagsrapport från tidigare studier: Slutrapport, Dec 2000, **Delaminering – Svenska Kaolin**, Dr. P Hammergren, Tricorona AB
- MinFo rapport P2000-11:6, december 2004, **Finmalning av kaolin inom STEM:s projekt för energieffektiv malningsteknik – Sammanfattande slutrapport**, Paul Hammergren, Svenska Kaolin AB.

Projekt titel: Utvärdering av nya tekniker –Delaminering av grafit

Delprojekt 2.2.4 MinFo projekt P2000-11

Delprojektledare

Dr Paul Hammergren, (repr. för Woxna Graphite), Mirab AB, Box 275, 751 05 Uppsala

Tel. 018-156424, e-post: hammergren@mirab.se

Utförare :Timcal Graphite & Carbon Ltds, Kanada

Projektets mål

Sveriges första och enda grafitfyndighet har utvecklats kommersiellt under slutet av 1990-talet. Fyndigheten är f.n. dock inte produktion, då stora utvecklingsarbeten pågår för att ställa om produktionsprocessen mot framställning av högförädlade grafitprodukter. De användningsområden för högförädlad grafit som främst studeras är inom tillverkning av litiumjonbatterier för mobiltillverkning och inom katalysatorer till bränsleceller. Av stor vikt för att kunna ekonomiskt kunna framställa de grafitprodukter, som krävs för applikation inom bränslecellstillverkningen, är att finna en energieffektivt nedmalningssystem. Produkten måste delamineras ned till under 6 mikron. Tidigare genomförda utvecklingsarbeten inom MinFos program, har visat att det krävs mycket höga energiinsatser, ca 3000 kWh/t för att uppnå detta. Ett kanadensiskt laboratorium med vilket Woxna Graphite samarbetar, har dock startat utveckling kring ett torrmalnings - och klasseringssystem som visat potential att starkt kunna reducera energiförbrukningen. Företaget Woxna Graphite, som äger fyndigheten, deltar i bl.a. STEM-finansierade projekt riktade mot energisystem i vägfordon och resultat från detta delprojekt förutses kunna komma till användning även inom denna forskning.

Primärt skall utvecklas ett energieffektivt malnings - och klasseringssystemet för delaminering av produkterna ned till under 6 mikron. Tekniken skall även utvärderas för delaminering ned till grövre kornstorlekar, för att få en jämförelse med de malsystem som tidigare rekommenderats för denna typ av grafitprodukter.

Genomfört arbete och resultat

Försöksarbeten har huvudsakligen genomförts vid Timcals laboratorier i Kanada i samverkan med leverantörer av utrustning. Tidigare studier har genomförts med olika typer av malningsteknik, såväl torr som våt malning. Nya försök med rökvarnsmalning med flintbollar i fullskala i Sverige har ökat kolhalten i grafitten, men hade ingen effekt på andelen fint material. Försök har också genomförts med en finsk teknik där grafitkoncentratet blandats med en kemikalie och utsatts för ett ultraljudsbad för att dela upp partiklarna i tunnare skikt. Denna metod gav ej tillräcklig finlek på slutprodukten.

Sk jetmillmalning är en vanlig metod för delaminering av grafit, nackdelen är den höga energiförbrukningen. Det har dock skett nyutvecklingar. Inom projektet har testats en nyutvecklad kvarn, Spiral Jet mill. Med denna kvarn i kombination med en av Timcal nyutvecklad och patentsökt luftklasserare har goda resultat uppnåtts. Produkttegenskaperna hos den i Spiral Jet Mill framställda grafitten har jämförts med kommersiella standardkvaliteer. Kornstorleksfördelningen är jämförbar med dessa, den specifika ytan är jämförbar med den hos en av standarprodukterna och upp till 50% högre vid jämförelse med en annan, volumvikten ligger 30% högre. Resultaten visar att det utvecklade systemet med Spiral Jet Mill och den nyutvecklade luftklasseraren ger en minskad energiåtgång i jämförelse med en standardutrustning vid malning ned till $-15\ \mu\text{m}$ och med 43% vid malning ned till $-6\ \mu\text{m}$. Slutsatsen är att Spiral Jet Mill tekniken är mycket intressant för framställning av grafitprodukter med en kornstorlek mindre än $20-25\ \mu\text{m}$.

Referenser

- Underlagsrapport från tidigare studier: Slutrapport, Dec 2000, **Delaminering –Woxna Graphite**,

Dr. P Hammergren, Tricorona AB

- MinFo projekt P2000-11.7, december 2004, **Slutrapport - Finmalning av grafit inom STEM.s projekt för energieffektiv malningsteknik**, Paul Hammergren, Woxna Graphite AB

Bilaga 5

Projekt 3. Sortering - resurssnålare produktion

Projektblad för delstudier

Delprojekt 3.1 Inventering av nya sorteringstekniker

Delprojekt 3.2 Försök med utvalda sorteringstekniker

Delprojekt 3.3 Sortering av resttegel med färganalys

Projekt titel: Inventering av nya sorteringsmekniker

Delprojekt 3.1 MinFo projekt P2000-12

Delprojektledare

Professor Eric Forssberg, Avd för mineralteknik, Luleå tekniska universitet, 971 87 Luleå

Tel 0920-491 311 , E-post Eric.Forssberg@km.luth.se

Utförare: Dr. Dr Hamid Reza Manouchehri, Avd för Mineralteknik, Luleå tekniska universitet

Projektets mål

Syftet var att göra en sammanställning över nya tekniker, sorteringsystem och sensorer samt bedöma vilka system som kan lämpa sig för sortering av industrimineral för att ge en grund för fortsatt utvecklingsarbetet.

Genomfört arbete och resultat

En omfattande inventeringsstudie har genomförts, baserad på litteraturgenomgångar och kontakter med leverantörer av utrustning. I slutrapporten ges sammanställningar av den tekniska utvecklingen, främst internationellt samt detaljerade beskrivningar av olika typer av sorteringsystem .

Den genomförda studien ger en god kunskapsuppbyggnad kring utvecklingen inom automatisk sortering samt kännedom om olika typer av sorteringsystem, såsom radiometrisk -, optiska -, fotometrisk - och lasermetoder, sorteringsmetoder baserade på dielektrisitet och konduktivitet, färgsortering, densitetssortering samt sortering med multisensorer. Vidare belyses viktiga parametrar att beakta vid introduktion av sorteringsmetoderna samt tekniska krav för sorteringsanläggningars utformande och kostnadsanalys. Med denna studie som bas har kontakter tagits med leverantörer av nyutvecklade system för genomförandet av utvärderingar av systemens lämplighet för mineralindustrin, vilka genomförts i delprojekt 3,2.

Referenser

MinFo rapport P2000-12:1, mars 2003, **Sorting in Mining, Mineral Processing and Waste Utilization**, Dr. Hamid Reza Manouchehri, Avd f Mineralteknik, Luleå Tekniska Universitet

Projekt titel: Försök med utvalda sorterings tekniker

Delprojekt 3.2 MinFo projekt P2000-12

Delprojektledare

Professor Eric Forssberg, Avd för mineralteknik, Luleå tekniska universitet, 971 87 Luleå

Tel 0920-491 311, e-post Eric.Forssberg@km.luth.se

Utförare: Dr. Dr Hamid Reza Manouchehri, Avd för Mineralteknik, Luleå tekniska universitet

Projektets mål

Syftet var att utvärdera om en ny optoelektronisk sorteringsutrustning; Mikrosort från firma Mogensen, kunde användas för att försortera ett antal industrimineraltyper och resttegel. En bedömning skulle göras om försortering kan appliceras och därmed reducera energiåtgången i efterföljande processteg.

Genomfört arbete och resultat

I samarbete med utvald leverantör av sorteringsutrustning har forskaren från Luleå genomfört experimentella sorteringsstudier på ett antal mineral vid laboratorier i Tyskland. Resultatet har utvärderats med avseende på uppnått produktutbyte och kvalitet. I studien har också utretts energibilden kring sortering, som en del av den mineraltekniska processen. Mikrosorttekniken erbjuder flerfärgsidentifikation och klasserar partiklarna efter naturlig färg. Försöksmaterialen har bestått av tre olika typer av industrimineral; dolomit, pegmatit, kalcit, och ett resttegel samt ett bergartsprov.

Resultaten visar att det är tekniskt möjligt att med optisk färgsortering utskilja produkter med hög kvalitet ur dolomitprovet, pegmatitprovet och ur restteglet med relativt goda utbyten. Kalcitprovet, som innehöll brucit, var av för låg kvalitet för att kunna uppnå acceptabla halter endast med sorteringssteget. Dock kunde inte nuvarande system sortera material efter form, vilket var önskemålet vid testen av bergartsprovet. Det pågår dock nu en utveckling av sorteringsystemet för denna typ av karakterisering.

Ett omfattande kapitel rörande energiaspekterna vid nedbrytning och anrikning av mineral ingår i slutrapporten. Resultaten visar att sorteringsprocessen i sig kräver ca 1,5 kWh/ ton. Vidare framgår att sorteringen erbjuder möjligheter till 12-14% energibesparing för de testade materialen av den totala energiförbrukningen i processen om försortering kan användas.

Referenser

- MinFo rapport P2000-12: 3, maj 2004, **Optoelectronic sorting of minerals and wastes**,
Dr. Hamid Reza Manouchehri, Avd f Mineralteknik, Luleå Tekniska Universitet

Projekt titel: Sortering av resttegel med färganalys

Delprojekt 3.3 MinFo projekt P2000-12

Delprojektledare

Ing. Hans Fällgren, SSAB Merox AB, 613 80 Oxelösund

Tel 0155-25 43 37, e-post hans.fallgren@merox.ssab.se

Utförare: Håkan Persson, Mykonsult, Kungälv

Projektets mål

Vid produktion av järn- och stål bildas stora mängder restprodukter av olika slag, förutom slagger och stoffer också resttegel från ugnar, skänkar etc. Vid SSAB Oxelösund fallet minst 5000 ton eldfasta produkter årligen. Betydande minskning av energiåtgång och koldioxidutsläpp kan uppnås vid återvinning av eldfasta produkter. För att kunna återvinna de olika eldfasta produkterna krävs att man kan reducera föroreningar och sammanblandningar. Automatisk sortering är en viktig delprocess. SSAB Merox har lagt ned ett stort utvecklingsarbete på att finna lämpliga tekniker att sortera olika typer av resttegel. Syftet med detta delprojekt var att utveckla den optiska tekniken för att kunna sortera hela tegelstenar. En sortering av hela stenar skulle innebära ett processtekniskt enklare och energimässigt fördelaktigare system än om stenarna måste krossas före sortering.

Genomfört arbete och resultat

Inom detta delprojekt har undersökts användbarheten av ett sorteringssystem, som tidigare utvecklats med applikation inom sortering av hushållssopor. Systemet bygger på optisk sortering efter färg och marknadsförs av firma Optibag. Studien har genomförts med hjälp av en anlitad teknikkonsult. Företaget finansierade omfattande inledande försök med den nya optiska sorteringstekniken med försök på krossade resttegelstenar. Dessa försök genomfördes i en fullskalemaskin med transportband och avslagare som finns i industriella system. Försöken genomfördes hos Optibag. Studien visade att sorteringstekniken med färganalys fungerade på krossat material. I detta projekt har utvärderats det optiska sorteringssystemets möjligheter att separera hela tegelstenar. En sortering av hela stenar skulle innebära ett enklare och energimässigt fördelaktigare processsystem. En försökssystem ställdes upp i laboratoriemiljö. Försöken har genomförts på ett stort antal stenar av olika kvalitet. Tegelstenarna var sk skrotsten från skänk. En omfattande analysering har genomförts av mätdata och bedömning av vilka färgklasser som kan sorteras.

Resultaten från de fortsatta studierna, med ett modifierat sorteringssystem, visar att det är möjligt att sortera hela stenar i två grupper "vitt" och "svart" tegel för ett antal olika kvaliteter av tegel med den optiska färgsorteringstekniken. Om man önskar sortera in i fler grupper och uppnå en större noggrannhet i sorteringen krävs dock att materialet krossas före sorteringen.

SSAB Merox beviljades 2003 ett investeringsanslag för att bygga en sorteringsanläggning för eldfasta material. Denna stod klar sommaren 2004. Anläggningen kommer att styras manuellt med möjlighet senare att byggas på med automatisk sortering, när sådan utvalts. Om allt resttegel som faller vid SSAB Merox kan återvinnas skulle den uppskattade årliga besparingen är ca 10-15 GWh och CO₂ utsläppet med 6000-7000 ton per år.

Referenser

- MinFo rapport P2000-12:2 , Dec 2003, **Optisk färgsortering av resttegel**, Hans Fällgren , SSAB Merox AB, Håkan Persson, Mykonsult

Bilaga 6

Projekt 4. Åtgärder mot damning

Projektblad för delstudier

Delprojekt 4.1 Rapport/Guide – Bäst tillgänglig teknik

Delprojekt 4.2 Case studies av ny teknik

4.2.1. Test av skum som dammbekämpning i krossanläggning- Sand&Grus AB Jehanders

4.2.2 Test av Ion Blast som dammbekämpning i krossanläggning för foderkalktillverkning - Nordkalk AB

4.2.3 Ny teknik- mekanisk avskiljning genom ny kapsling och bandavskrapning - NCC Roads

Projekt titel: Åtgärder mot damning i mineralindustrin – Guide- Bäst Tillgänglig Teknik

Delprojekt 4.1 MinFo projekt P2000-13

Delprojektledare

Ing. Anders Lindahl, Mariestadsvägen 51 B, 541 45 Skövde

Tel 0500-48 30 23 (hem), Mobil 070-21 64 999, e-post anders.lindahl@minmail.net

Projektets mål

Syftet med detta delprojekt är att dokumentera ett antal viktiga moment inom området åtgärder mot damning och spill och att anvisa användbara tekniska lösningar för att minska damningen i mineralindustrin. Resultatet skall presenteras som en rapport/handbok, vilken skall kunna användas inom industrin. Den långsiktiga målsättningen har varit att finna nya energieffektiva åtgärder mot s.k. damning och spill vid produktion av mineral. Dammskiljning i täkt, vid lager, hantering, transport och i produktionsprocessen skall studeras. Utvalda, nya tekniker skall utvärderas i driftskala vid valda produktionsenheter och mätningar skall genomföras för att bedöma energieffektivitet och dammskiljningskapacitet. Arbetet skulle bedrivas som en ingenjörstudie av inhyrd konsult i samarbete med företagen.

Genomfört arbete och resultat

I arbetet med att framställa dokumentation för en guide rörande åtgärder mot dammbekämpning har omfattande arbete har lags ned på att samla in industriella erfarenheter, inventera nya tekniker, sammanställa föreskrifter och mätmetoder. Ett examensarbete genomfördes rörande tekniklösningar som används inom bergmaterialindustrin. Huvuddelen av arbetet består i en sammanställning av "Bäst Tillgänglig Teknik" (BAT-Best Available Technologies) för åtgärder mot damm och spill i produktionsanläggningar för bergarter och mineral. Tekniklösningar för de olika processtegen i produktionskedjan har tagits fram i samarbete med leverantörer och mineralproducenterna. Inventeringen täcker produktionskedjan från borrhning och sprängning till krossning, siktning, interna transporter, lagring och utlastning. Resultatet av tre olika s.k. Case studies av nya tekniker som genomförts inom projektet genom tester i fullstora anläggningar, se delprojekt 4.2.1 - 4.2.3, har inkluderats i rapportsammanställningen. Kostnads kalkyler och bedömningar av energibesparingspotentialen ingår. Samarbete har skett med MinBaS-programmet som medfinansierat delar av projektet.

Resultaten visar att det finns bra tekniklösningar kommersiellt tillgängliga. Det finns goda möjligheter till kostnadsmässiga (där energi ingår) och miljömässiga förbättringar i anläggningarna genom att införa föreslagna tekniska lösningar för att motverka damm och spill.

Arbetet har haft ett starkt intresse i industrin och den guide som sammanställts har efterfrågats. Som ett komplement till den skrivna dokumentationen planeras uppföljande seminarier för företagens personal för att sprida resultaten.

Referenser

- MinFo rapport P2000-13:4 , projekt 4.1, Prel version, december 2004, **Åtgärder mot damning i mineralindustrin- Guide till lösningar** - Anders Lindahl, MinFo. Slutrapport utkommer i samarbete med MinBaS-programmet april 2005.

- CD Rom, juni 2003, **Damning i bergtäkter**, Jakob Lidén, Ex jobb Berg- o Mineralteknik, Bergsskolan i Filipstad

- Underlagsdokumentation Diffus damning i mineralindustrin, MinFo dokumentation från temadag, 24 maj 2000

Projekt titel: Case study – Test av skum som dammbekämpning i krossanläggning

Delprojekt 4.2.1 MinFo projekt P2000-13

Delprojektledare

Niklas Skoog, Sand & Grus AB Jehander, 428 81 Kålleröd

Tfn: 031-86 76 15, Fax: 031-86 77 99, e-post: niklas.skoog@jehander.se

Projektets mål

Målsättningen har varit att finna en teknisk lösning för att minska dammet vid produktion och därmed minska påverkan på yttre miljön, förbättra arbetsmiljön, att spara energi då filteranläggningar kan avlastas/ersättas, minska hanteringen av materialspill och därmed kostnader för städning samt reducera vattenförbrukningen i anläggningarna. Ett nyutvecklat system för dammbekämpning med hjälp av besprutning med ett skum skulle utvärderas i industriell skala i Jehanders bergtäkt vid Ludden, Norrköping. Mätningar av dammängderna skulle göras före och efter installation och effekterna vid olika typer av väderlek och på produkterna skulle utvärderas.

Genomfört arbete och resultat

Tekniken att med skum bekämpa damning är relativt enkel och kräver endast tillgång till vatten med stabilt tryck av 3-4 bar ca 2 liter/ton stenmaterial, tryckluftskapacitet 1800 liter/minut med 6 bars tryck och en doseringsautomatik och kemikalien som sätts till som 1% av vattenflödet. Skumgeneratoren är placerad ca 5 meter från bekämpningspunkten, vanligen andra eller tredje krossteget. Skummet agglomererar de fina partiklarna och dessa binds delvis till grövre partiklar. Skumbildaren skulle utgöras av en miljövänlig citrusolja, men även andra typer av skumbildare har ingått i försöket.

Projektet startade i samverkan med vald leverantör av skumtekniken, Tomca AS, Norge. Tomcas system, valdes inledningsvis pga. av att den prismässigt var fördelaktig. Systemet installerades hösten 2003, men visade sig inte medge en god kontroll av skumtillsatsen, kemikalien var inte den utlovade etc., varför inga kontrollerade funktionstester kunde genomföras med detta system. En annan leverantör inkallades för att kunna slutföra undersökningen. Leverantören Biocare ställde en testutrustning till förfogande och en funktionstest kunde genomföras med DustFoamtekniken under kontrollerade former i augusti 2004. Dammätningar utfördes och data rörande kemikalieåtgång och effekter noterades.

Studien visade att skumtekniken omedelbart gav en mycket positiv inverkan. Mätningarna av dammängderna visade att med skumtekniken kunde dessa reduceras med 80-95%. Räckvidden av dammreduceringseffekten genom produktionsprocessen är betydande. Effekten är dock temperatur och avdunstningsberoende och kvarstår inte mer än ett par timmar. Skumtekniken är känslig för kyla men med lämpliga arrangemang har i projektet god funktion rapporterats ned till -12°C. Skumtekniken är användbar i såväl mobila som stationära anläggningar. Det finns inga kända effekter på krossprodukterna. Den ringa vattenmängden som tillförs påverkar inte krossning och siktning negativt, utan möjligen positivt, då agglomeringen av finpartiklarna motverkar igensättning av siktar. Ingen negativ inverkan från kemikalien har inrapporterats på arbetsmiljön eller omgivningsmiljön. Säkerhetsblad för DustFoamtekniken visar att de uppfyller kraven för redovisning ur hälso- och miljösynpunkt. I rapporten görs också en bedömning av produktionsekonomin. Produktionsekonomin påverkas av vilket skumsystem och kemikalie som används och hur doseringen kan styras och skumbekämpning appliceras i anläggningen. Förslag ges till hur systemet kan vidareutvecklas.

Referenser

- **Ansökan** från Sand & Grus AB Jehanders
- MinFo rapport P2000-13:1, Delprojekt 4.2.1 Test av skum som dammbekämpning i krossanläggning, oktober 2004, **Slutrapport, Dammbekämpning med Dust Foam skumteknik**, Niklas Skoog, Sand&Grus AB Jehander, A Lindahl, MinFo

Projekt titel: Case study – Test av Ion Blast som dammbekämpning i krossanläggning för foderkalktillverkning

Delprojekt 4.2.2 MinFo projekt P2000-13

Delprojektledare

Lars Sunnebo, Nordkalk AB, Box 901, 731 29 Köping
Tel 0221-29 224, e-post:lars.sunnebo@nordkalk.com

Projektets mål

En ny teknik för dammavskiljning med elektrostatisk separation av dammet, Ion Blast tekniken skulle utvärderas. Det en finländsk uppfinning, som sägs förbruka väsentligt mindre energi än konventionella elektrofilter. Ett Ion Blast ESP filter skulle utvärderas i Köpings krossanläggning för foderkalk. Dammavskiljningseffektiviteten och de tekniska och ekonomiska förutsättningarna skulle utvärderas i jämförelse med konventionell teknik.

Genomfört arbete och resultat

Filtret installerades utomhus i anslutning till produktionslokalen för foderkalk under våren 2004. Arbetet genomfördes i samarbete med företaget som utvecklade filtret. Krossanläggningen, som är inrymd i en separat byggnad, består av vibrationsmatare, bandtransportör, en slagkross med utmatningsskruv till en bandelevator. Anläggningen går i sluten krets med en sikt på ett ovanliggande plan. Ett antal dammkällor identifierades i anläggningen. Förbättrande kapslingåtgärder genomfördes för att reducera damm och spill i lokalen före testen av Ion Blast filtret. Vid försöken applicerades avsugningspunkter vid identifierade dammkällor och kopplades till Ion Blast filtret. Separations-effekten och kvarvarande damning i lokalen mättes upp. Studien utfördes under normal produktion med alternativa avsugningsmodeller. Mätningar utfördes vid tre tillfällen under totalt 8 dagar.

Ion Blast ESP tekniken bygger på elektrostatisk laddning och uppsamling av fasta partiklar. En emissionselektrod är placerad i en cylindrisk behållare. Dammbemängd luft förs in i filtret. De laddade dammpartiklarna uppsamlas på enhetens jordade cylindriska vägg och med manuellt valt intervall vibreras dessa ned till en bottenkonen för att via slussmatare matas till en uppsamlingsäck, vanligen en storsäck. ESP-tekniken är genom enkel installation, användbar såväl stationärt som mobilt. Baserat på referensuppgifter kan tekniken betraktas som generell. Genom kombination av flera/många sexkantiga celler kan t.ex. vid värmekraftverk mycket stora gasmängder renas.

Resultaten visar att ESP-tekniken ger omedelbart en mycket tydlig positiv inverkan på arbetsmiljön inne i lokalen. De i testet uppmätta emissionsvärdena 51 mg/m³, dvs. damm i lokalen, har i stort sett sänkts 5-10 gånger. Energimässigt är själva ESP-tekniken förmånlig. Den installerade effekten är endast ca 1,2 kW. En beräkning visar dock att den fläkt på 7,5 kW som krävs för transport av 5000 m³/h dammblandad luft genom ESP-enheten, gör att totaleffekten motsvarar nästan ett konventionellt filter. Dock är underhållskostnaden lägre. Avskiljningsgraden har i försöken inte varit tillfredsställande. Provet visar att ESP-tekniken inte bör installeras i intermittenta processer eftersom den uppenbarligen fungerar tillförlitligare i kontinuerlig drift. För korrekt dimensionering måste dammemissionens kvantitet och typ fastställas. Baserat på informationerna om aktuell enhet är en IonBlast enhet investeringsmässigt dyrare än ett konventionellt filter, men eftersom filtret enligt mätningarna är överbelastat, troligtvis mycket dyrare. Om de sannolikt lägre underhållskostnaderna och de marginellt lägre energikostnaderna uppväger skillnaderna krävs en större referens. Kalkproducenten har därför valt att investera i en inom projektet föreslagen alternativ åtgärd med inkapsling och ombyggnation av inmatning och dammutsugning från krossen. Genom att byta ut krossens matningslinje till den för processen bäst tillgängliga materialhanteringstekniken transportskruvar, kapsla och varaktigt säkerställa krossproduktflödet samt reducera övertrycket i slagkrossen till undertryck har arbetsmiljön förbättrats med nästan 100% samtidigt som städkostnaden minskats.

Referens - MinFo rapport P2000-13.2, Delprojekt 4.2.2 Test av Ion Blast som dammbekämpning i krossanläggning för foderkalk, februari 2005, **Slutrapport, Dammbekämpning med Ion Blast ESP teknik**, Lars Sunnebo, Nordkalk, Anders Lindahl, MinFo

Projekt titel: Case study - Ny teknik- mekanisk avskiljning genom ny kapsling och bandavskrapning

Delprojekt 4.2.3 MinFo projekt P2000-13

Delprojektledare

Gentemot MinBaS-projektet, som medfinansierar detta projekt, är projektledaren Lin Tennung NCC Roads, Borås. Kontaktperson gentemot MinFo/STEM projektet är civ.ing. Per Murén, NCC Roads, Sverige Öst, Box 745, 194 27 Upplands Väsby, tfn 08- 59004900, Mobil 070-5352453, e-post per.muren@ncc.se. För MinFos del står Anders Lindahl som delprojektledare

Projektets mål

Syfte har varit att förbättra den yttre miljön och kunna reducera mängden material som måste forslas bort (städning) samt att också kunna reducera vattenförbrukningen vid produktion av mineral. En utvärdering skulle göras av en nyutvecklad kapslings- och bandavskrapningsteknik i en bergkrossanläggning i Borås. Damm- och spillmätningar skulle genomföras före och efter installation.

Genomfört arbete och resultat

MinFo, A Lindahl, har deltagit aktivt i konstruktion, installation och uppföljning av projektarbetet i samarbete med NCCs personal. Anläggningen i Borås tillverkar ett antal krossprodukter. Tekniklösningen infördes på en bandomlastning mellan ett fast band och ett svängbart upplagsband, vilka transporterar alternativa materialfraktioner 0-18 och 0-32 mm med en kapacitet av 50-300 t/timme. Vid denna omlastningspunkt förekom kraftig damning och spill. Ett nytt omlastningsstap, som fungerar för det svängbara bandets alla positioner installerades. Bandrensningen utökades med en till tre bandrensare tillsammans med en spilluppsamlare skraptransportör. Dammkapslingen utökades och pålastningstratten förlängdes. Skraptransportören slavkopplades elektriskt med bandtransportören och försågs med ett pausrelä.

De genomförda åtgärderna har resulterat i att dammhalten reducerats med ca 66 % enligt gjorda dammätningar. Den uppmätta spillreduktionen beräknas till ca 30%. Rengöringsbehovet kring omlastningspunkten är numera i princip obefintligt. Anläggning är enkel att underhålla och slutdelar kan bytas utan större ingrepp och bekvämt från serviceplattformar. Det krävs inget punktfilter för bortsugning av damm med den teknisklösning som installerats. Den potentiella energibesparingen för detta ligger i storleksordningen 5,5-7m5 kW per timme. Kostnads kalkyl för genomförd teknisklösning presenteras i slutrapporten.

Referens

- MinBaS rapport nr 1:3, Slutrapport, Sept 2004, Delprojekt 4.2.3, MinBaS projekt 1.52, **Dammkapsling, bandrensning och spilluppsamling för en bandomlastning**, Linn Tennung, NCC Roads Sv. Sydväst, Anders Lindahl, MinFo