

# JERNKONTORETS FORSKNING

## POPULÄRVETENSKAPLIG SLUTRAPPORT

### Konstruktionsprodukter baserade på slagg – Etapp 1

Från varje stålverk och från varje separat processteg i ståltillverkningen uppkommer olika typer av slagg. Varje år produceras sammanlagt 1,3 miljoner ton slagg i svenska stålverk, som används externa och internt.. Det finns goda möjligheter att öka användningen för slagger om kunskapen om hur dess mineralsammansättning påverkar dess egenskaper kan ökas. Inom projektet har sambandet mellan mineralogin och egenskaper hos ett stort antal vanliga stålslagger undersökts med särskilt fokus på lakbarhet, stabilitet, hårdhet och cementbindande egenskaper. Detta har lett till att man kunnat föreslå lämpliga tillämpningar för slaggerna samt metoder för att modifiera dess egenskaper i önskad riktning.

#### Problemställning

Slagger är mycket komplexa material. Från varje stålverk och från varje separat processteg uppkommer olika typer av slagg. Dessa har unika egenskaper som bland annat beror av deras mineralogiska sammansättning. Totalt produceras drygt 1,3 miljoner ton slagg per år i Sverige

Slagger från stålindustrin är material med flera goda, specifika kemiska och tekniska egenskaper. Dessa egenskaper utnyttjas redan idag i många olika typer av applikationer, som t.ex. ballastmaterial i väg- och anläggningsbyggande och som cementliknande bindemedel.

Ungefär två tredjedelar används idag i olika applikationer både internt inom stålverken och externt inom flera olika områden. Det finns flera anledningar till att inte större andel av de producerade slaggerna används, varav följande kan nämnas:

- Vissa slagger har egenskaper, som gör att de inte lämpar sig för användning (t.ex. är instabila och sönderfaller till pulver i luft eller lakar vissa metaller).
- De grundläggande kunskaperna om slaggernas sammansättning och om möjligheterna att modifiera instabila slagger till stabila material är för små.
- De svenska myndigheternas nuvarande och kommande krav på t.ex. slagger för anläggningsbyggande fokuserar mer på innehåll av bl.a. metaller än på vad som faktiskt når recipienten och påverkar miljön.

För att kunna öka avsättningen för slaggerna krävs ökade kunskaper om slaggernas mineralogiska sammansättning och de enskilda mineralernas bidrag till slaggernas egenskaper.

#### Projektidé

Projektets idé var att använda en kombination av teoretiska beräkningar, modellering, laboratorieförsök, samt

verifiering av slutsatser och resultat i pilot- och fullskala för att studera hur mineralogin hos vanligt förekommande slagger påverkar egenskaper som lakbarhet, stabilitet, hårdhet och cementbildande.

#### Mål

Inom projektet har målet varit att visa vilka slagger som är lämpliga i olika tillämpningar samt komma med förslag på metoder för att modifiera slaggernas mineralsammansättning i syfte att förbättra egenskaperna.

Det övergripande målet med projektets forskning är att genom ökad användning av slagger minska både de mängder material från ståltillverkningen som deponeras och användningen av jungfruliga material. Detta bidrar dels till utvecklingen av hållbar tillväxt, ett av målen för Strategiskt stålforskningsprogram för Sverige 2007-

#### Projektfakta

Projektet syftar till att öka kunskapen om hur slaggernas mineralogi påverkar möjligheten till användning i olika tillämpningar samt komma med förslag på metoder för att förändra mineralsammansättningen i önskad riktning.

**Tid:** 2007-04-01 till 2009-06-30.

**Forskare:** Luleå tekniska universitet – Bo Björkman, Lale Andreas.

**Medverkande:** Uddeholm Tooling AB, SSAB Mercox, SSAB Strip Products, Outokumpu Stainless, Ovako Hofors, Ovako Bar, Ragn-Sells, Höganäs, Sandvik Materials Technology

**Ingår i:** Strategiskt stålforskningsprogram för Sverige 2007-2012, Jernkontorets teknikområde 55.

**Finansierades av:** VINNOVA och medverkande företag.

2012, och dels till uppfyllelsen av Sveriges nationella miljömål, "God bebyggd miljö".



*Den forskning som genomförs i projektet kan till exempel leda till att slagg används som ballast i asfalt. För att användas som ballast krävs att slaggen är hård, stabil och har goda slitegenskaper.*

## Arbete och resultat

*Mineralogin hos de vanligaste slaggen.* I ett första steg framställdes de mineraler, som man genom teoretiska, termodynamiska beräkningar kommit fram till är vanligast förekommande i slagger. Mineralernas egenskaper studerades och baserat på den kunskap som därigenom framkom, ställdes de enskilda mineralernas specifika egenskaper i relation till slaggenas egenskaper som helhet. Detta medförde att modifieringar av slaggenas mineralsammansättning för att uppnå önskade egenskaper kunde föreslås.

*Lakbarhet.* Genom att systematiskt bestämma de enskilda mineralernas upplösningshastighet vid olika pH, bestämdes lakbarheten av metaller ur vart och ett av de enskilda mineralerna.

*Stabilitet.* Stabiliteten hos en slagg och lakningen av metaller ur den kan påverkas genom förändringar av mineralsammansättningen. Olika metoder för att modifiera mineralogin i slaggen testades i lab-, pilot och fullskala. Urlakningen av molybden från molybdenrik slagg har visat sig kunna minskas genom t.ex. blandning av slaggen med cementbindande slagg, åldring och karbonatisering av slaggen, samt olika kylningshastighet för slaggen. Instabil, expanderande LD-slagg visade sig kunna stabiliseras genom tillsats av sand.

*Cementbindande egenskaper.* De cementbindande egenskaperna, dvs förmågan att genom reaktion med vatten bilda cementliknande bindningar, för de enskilda mineralerna undersöktes med hjälp av kalorimetriska mätningar (dvs. mätningar av värmeutveckling i materialen p.g.a. kemiska reaktioner). I pilot- och fullskaleförsök visade man sedan att vissa slagger, tack vare de cementbindande egenskaperna, framgångsrikt kan användas t.ex. som bindemedel i briketter och som tätskikt i avslutningen av deponier.

*Hårdhet.* Hårdheten hos slagger undersöktes bl.a. genom tester av krossnings- och malningsbarheten. Denna egen-

skap, vilket är en förutsättning för att kunna använda slagg som ballast vid vägbygge, visade sig kunna påverkas med kylningsförloppet.

*Mineralomvandling.* För att undersöka de egenskaper som gynnar användningen av slagg i tätskiktet i sluttäckningen av en deponi och ge ökade kunskaper om vilka faktorer som påverkar hur slaggens mineralsammansättning påverkas under tid användes en kombination av lakteter, röntgendiffraktion och svepelektronmikroskopi. Undersökningarna gjordes på slagger före och efter blandning med vatten, samt efter lagring vid förhållanden som efterliknar de i en deponi under olika tidsintervall. Förändringar av slaggenas egenskaper på längre sikt studerades även i de försöksavslutningsytor som byggts på en kommunal deponi i Hagfors.



*Från varje stålverk och från varje separat processteg uppkommer olika typer av slagg. Idag produceras sammanlagt 1,3 miljoner ton slagg på svenska stålverk. Hälften av denna används internt eller externt men möjligheten att öka denna användning har visats sig goda.*

## Slutsatser

Dessa undersökningar har utökat den baskunskap om slaggen som krävs för att kunna förstå hur och i vilken applikation en slagg bäst kan utnyttjas och/eller föreslå hur en slagg ska kunna modifieras för att uppnå önskvärda egenskaper. Projektet har därigenom gett ökade och fördjupade kunskaper, som både direkt och på längre sikt kommer att ligga till grund för större och nya möjligheter till extern användning av slagger från ståltillverkningen i Sverige.

2010-05-31

# JERNKONTORET

Box 1721, 111 87 Stockholm · Kungsträdgårdsgatan 10  
Telefon 08-679 17 00 · Fax 08-611 20 89  
E-post office@jernkontoret.se · www.jernkontoret.se

