JERNKONTORETS FORSKNING

FAKTABOK D 850

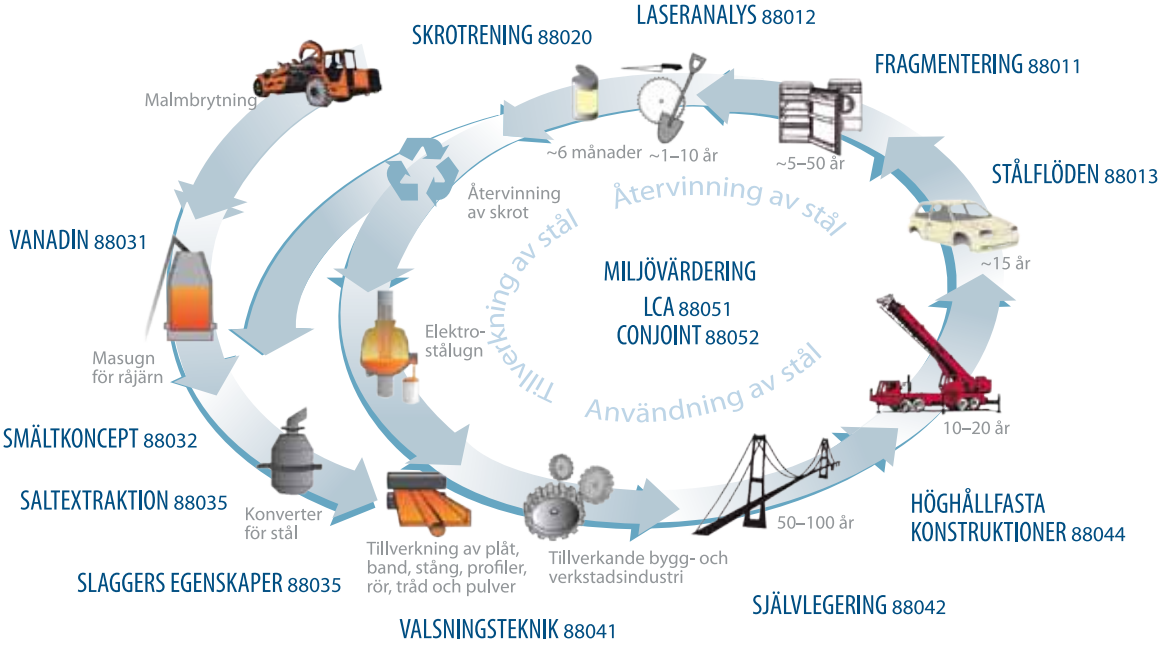
Stålkretsloppet



MARS 2013

www.stalkretsloppet.se

STÅLKRETSLOPPET – ETT SPEKTRUM AV PROJEKT



FAKTABOKEN är en vägvisare för den som söker information om miljöforskningsprogrammet Stålkretsloppet och de delprojekt som ingår.

Innehåll

Fakta Stålkretsloppet 5

Uppdrag 6

Fakta och utvärdering 7

Programvärd och styrelse 8

Extern kommunikation 9

Miljövärde 13

Ekonomi 14

Projektstyrning 15

Projekt 17

Fragmentering 19

Laseranalys 23

Stålflöden 29

Skrotrening 35

Vanadinutvinning 41

Smältkoncept och saltextraktion 51

Slaggers egenskaper 65

Valsningsteknik 73

Självlegering 77

Höghållfasta konstruktioner 81

Miljövärdering/LCA 87

Miljövärdering/Conjoint 93

Fakta Stålkretsloppet

Uppdrag

Stålkretsloppets uppdrag är att stärka stålets cirkulation och verifiera miljövärdet ur ett kretsloppsperspektiv. Detta sker genom att genomföra FoU-projekt med syfte att:

- *bibehålla* metallerna i stålets kretslopp (resurseffektivisering)
- *reducera* användning av energi och utsläpp av koldioxid
- *utveckla* nya verktyg för miljövärdering vid förändring av återvinnings- och tillverkningsprocesser, -stålprodukter och stål i applikationer
- *stimulera* kunskapsöverföring och forskningssamarbete inom stålets kretslopp

Fakta och utvärdering

Stålkretsloppet är ett åttaårigt forskningsprogram (2004–2012) som spänner över hela stålets kretslopp. Mistra (Stiftelsen för miljöstrategsk forskning *www.mistra.se*) finansierar Ståkretsloppet tillsammans med deltagande företag med drygt 200 miljoner kronor. Resultaten ska leda till en mer resurssnål tillverkning av stål, miljösmartare användning av nya stålsorter samt underlätta användningen av stålskrot och restprodukter. Stålkretsloppet utvecklar nya metoder för miljövärdering vid process- och produktutveckling. Miljöeffekten uppstår genom ökad resurshushållning med metaller, minskat utsläpp av koldioxid och lägre energiförbrukning ur ett kretsloppsperspektiv.

Mistra finansierar forskning som

- är av strategisk betydelse för en god livsmiljö och hållbar utveckling
- skapar starka forskningsmiljöer av högsta internationella klass
- har betydelse för Sveriges framtida konkurrenskraft

Mistra utvärderar forskningsprogrammets planer och resultat med avseende på

- vetenskaplighet
- nytta

Mistras utvärdering resulterade i omdömena

- ”Very Good” för Etapp 1 som genomfördes dec 2004 – december 2008
- ”Excellent” för Programplanen Etapp 2, åren 2009 – 2012

Programvärd och styrelse

PROGRAMVÄRD

Jernkontoret, Kungsträdgårdsgatan 10, 111 87 Stockholm, 08-679 17 00
VD Bo-Erik Pers

STYRELSE

Ordförande Jarl Mårtenson, Ovako Oy, jarl.martenson@ovako.com
Hans Lindh, Volvo Car Corporation, hans.lindh@volvocars.com
Peter Samuelsson, Outokumpu Oy, peter.samuelsson@outokumpu.com
Jan Eckerlid, Svensk Kärnbränslehantering AB, jan.eckerlid@skb.se
Ulf Arnesson, Stena Recycling AB, ulf.arnesson@stenarecycling.se
Adjungerad: Fredrik Gunnarsson, Mistra, fredrik.gunnarsson@mistra.org

PROGRAMLEDNING

Programchef: Göran Andersson, goran.andersson@jernkontoret.se

Extern kommunikation

Stålkretsloppets kommunikationsstrategi är att öka kunskapen om

- stålet som kretsloppsmaterial
- resultaten som kommer fram i programmet och de ingående projekten
- hur industrin ska arbeta med frågor som stärker stålets kretslopp och miljövärde

HEMSIDA

www.stalkretsloppet.se

PUBLIKATIONER

Stålkretsloppet Årsrapporter 2004, 2005, 2006, 2007, 2010, 2011
Stålkretsloppet Slutrapport etapp 1, 2004 –2008 (Populärteknisk utgåva)
Steel Eco-cycle, Scientific Report, phase 1, 2004 –2008
Stålkretsloppets Slutrapport, etapp 1 och 2, 2004 – 2012 (Populärteknisk utgåva)
Stålkretsloppets Scientific Report,2004–2012. (Vetenskaplig utgåva)
Stålkretsloppets Evaluation Report, 2004–2012. (Utvärderings rapport)

Externa artiklar

Sweden Today 2/2007: *Projects boosts steel´s green credentials*
Sweden Today 3/2009: *Lower emissions through lighter and stronger new steel grades*
Dagens Industri september 2006, Separatbilaga Stålforskning: *Stålkretsloppet visar vägen till ett mer hållbart samhälle*

Dagens Nyheter februari 2010, Separatbilaga En värld av stål: *Forskningen i Stålkretsloppet visar nya möjligheter – Nytt stål ger miljösmarta lösningar*
Miljö & Utveckling nr 18 #3:2006. S 46 *Tätar luckor i kretsloppet.*
Iron & Steelmaking 2005 vol 32 NO3 s 235–241 *Steel and sustainability: Scandinavian perspective.*
Bergsmannen 3/08, s 70-71. *Environment-conscious, World-class Steel Industry*
Bergsmannen 3/09, s 37-38. *Unique Cooperation Adds environmental Value to Swedish Steel*
Bergsmannen 5/09, Jernkontorets annaler: *Höghållfasta stål ger miljövinster* (Projekt 88044), *Laserteknik ökar kvaliteten på återvunna metaller* (Projekt 88012)
Bergsmannen 6/09, Jernkontorets annaler: *Unik teknik spar på legeringsämnen* (Projekt 88032/34)
Bergsmannen 1/10, s37-38. Ny reningsteknik klarar framtidens skrot (Projekt 88020). Sänkt valsningstemperatur vinst för miljö och ekonomi (Projekt 88041).
Bergsmannen 2/10, s 41-43, 46-47.Jernkontorets annaler: Vanadinåtervinning ger slagg nytt värde samt Vanadinåtervinning kan ge miljarder (Projekt 88031). Slagg kan spara naturresurser (Projekt 88035)
Bergsmannen 3/10,s 74-76. Utgåva *Nordic Steel &Mining Review*, Jernkontorets annaler: New research increases the value of scrap steel (Projekt 88013)
Bergsmannen 4/10, s16-17. Nytt stål ger miljösmarta lösningar
Bergsmannen 3/11, s 29.. Industriella genombrott för stålindustrins miljöforskning (Stålkretsloppets årsrapport 2010 inlaga i utgåvan)
Bergsmannen 4/11, s 35. Jernkontorets annaler: Utmärkelser till forskare inom Stålkretsloppet.

Bergsmannen 5/11, Jernkontorets annaler: Skrotgårdsmetallurgin under luppen (Projekt 88012,-13,-20)
Bergsmannen 6/11, s 8. Jernkontorets annaler: Höghållfast stål i fordon sparar energi
Bergsmannen 1/12, s 27-28. Jernkontorets annaler: FINALÅR FÖR STÅLKRETSLOPPET – flera projekt belönade
Bergsmannen 3/12, s 14. Jernkontorets annaler: Final för Stålkretsloppet (Stålkretsloppets årsrapport 2011 inlaga i utgåvan)
Bergsmannen 7/12, s 48. Utgåva *Nordic Steel &Mining Review*, Jernkontorets annaler: The Steel Eco-Cycle's transformative impact

Böcker

Återvinningsindustrins Årsbok 2007 och 2009 *Återvinnare för industrin*
Stålkretsloppet forskningsprogram som lovar gott. Sid 80–85. Kjell-Arne Larsson (red.) *åter VINNARE för industrin*. 2007. Rekord Media och Produktion AB, Stockholm.
Ännu bättre återvinning av stål forskningsprogrammet Stålkretsloppet. Sid 87–93. Kjell-Arne Larsson (red.) *åter VINNARE för industrin*. 2009. Rekord Media och Produktion AB, Stockholm
Miljövärdering av stål och stålkonstruktioner. Handbok för ingenjörer, konstruktörer, forskare och högskolestudenter. Utgiven av Jernkontoret 2013, ISBN 978-91-977783-3-6.

Miljöpreferanser och intressent analyser ur ett miljöperspektiv. Stina Alriksson och Marianne Henriksson, Linneúniversitetet, Kalmar. ISBN: 978-91-87427-01-5

Film

Film som visar Stålkretsloppet med intervjuer om programmets utveckling samt programmets och stålets miljövärde. Speltid 2 respektive 8 min. Spridning via Mistras, Jernkontorets, stålindustrins och utförarnas hemsidor.

Reportage från TV4 News Vetenskap om ett av forskningsprojekten. Jonas Gurell vid Swerea KIMAB har utvecklat ett laserbaserat on-line analyssystem för effektiv metallåtervinning

SEMINARIER OCH KONFERENSER

Stål 2007, Jernkontorets branschkonferens

The VIII International Conference on molten slags, fluxes and salts, 18–21 januari 2009, Santiago, Chile. Arrangörer: Metallurgical Engineering Department, Universidad de Concepción och Gecamin Ltd

Conference on Resource Efficiency, 23–25 april 2008, Paris, Frankrike. OECD/UNEP

The Steel Eco-Cycle and slag related research, Ninth International Conference on Molten Slags, Fluxes and Salts, 27-30 May, 2012, Beijing, China

Advanced steel make it possible. Scanmet IV Conference 2012, Luleå, Sverige

Advanced steel make it possible. Nordic Steel Construction Conference 2012, Oslo, Norge

Doktorandkurs *Resourse Effectiveness – The Steel Eco-Cycle,* 18 – 19 november, 2009 vid Luleå Tekniska Universitet, Luleå och 26 november vid Kungliga Tekniska Högskolan, KTH, Stockholm

Miljövärde

Stålkretsloppets övergripande mål är att genom tekniska innovationer reducera användningen av energi, minska utsläppet av koldioxid och hushålla med råvaror för stålframställningen.

Processutveckling

De processtekniska projekten i programmet kan inom industrin ge direkta energibesparingar på 1 100 GWh/år och minska utsläppen av koldioxid med 200 Kton/år samt ge betydande besparingar av råmaterial.

Adderas den minskade användningen av råmaterial och deras miljöpåverkan vid framställning ökar programmets miljövärde avseende energibesparing till 5 300 GWh/år och utsläppet av koldioxiod till 1 300 Kton/år.

Nya stålsorter

Miljövärdet av att använda nya stålsorter i olika applikationer belyses för såväl aktiva som passiva konstruktioner i vetenskapliga dokumenten, en handbok och ett beräkningsverktyg. Stålen blir allt starkare och beständigare, vilket möjliggör stora viktsbesparingar, på ända upp till 40 procent. Eftersom viktsbesparingar är synonymt med hushållning med naturresurser uppnås betydande miljöförbättringar i hela tillverkningsledet. Används de nya stålsorterna för att göra till exempel fordon lättare sparas bränsle under användningstiden. Som exempel kan nämnas att dagens avancerade stål möjliggör att 1 million ton stål kan ersätta 1,3 millioner ton traditionella stål inom fordonssektorn. Den minskade mängden stål medför att användningen av energi och koldioxid i tillverkning minskar med 3 000 GWh respektive 600 kton. Adderas minskad energianvändning under fordonens livslängd uppnås en sammantagen förbättring på 30 000 GWh energi och 8 000 kton koldioxid. Det är mer än hela svenska stålindustrin använder i energi och släpper ut som koldioxid per år.

Ekonomi

Mistra finansierar forskning som
• skapar starka forskningsmiljöer
• har hög, internationell vetenskaplig kvalitet
• har högt miljövärde
• stärker svensk industris konkurrenskraft

Mistra har investerat 97 miljoner kronor och industrin 132 miljoner kronor i Stålkretsloppet för åren 2004 till 2012.
Totalt omfattar de ekonomiska insatserna i Stålkretsloppets forskning 229 miljoner kronor med en fördelning enligt tabellen nedan.

Period	Mistra	Industrin	Totalt
2004-2008	42	34	76
2009-2012	55	98	153
2004-2012	97	132	229

De ekonomiska insatserna i forskningen i miljoner kronor.

Projektstyrning

Organisationens uppgift är att styra projekten mot Stålkretsloppets gemensamma miljömål, att medverka till att skapa värde för industrin inom nya kunskapsfält samt att kontrollera att projekten håller tider och budget. Organisationen för Stålkretsloppet utgör en kunskapsbank för deltagande företag och forskare. Gruv-, stål-, verkstads- och återvinningsindustrin har utsett ett stort antal företrädare för områdena produktion, forskning, utveckling och miljö att ingå i projektgrupperna, vilket borgar för eftersökt resultatanvändning, forskningsutbyte och kunskapsväxling.

Projektgrupperna svarar för att projektplanen blir genomförd på ett sätt som leder till satta miljö- och industrimål.

Projektledaren ansvarar för den vetenskapliga kvaliteten i forskningen och förankrar utförandet hos ledamöterna så att resultaten kan nyttjas inom industrin.

Programchefen har rollen som Stålkretsloppets verkställande direktör, med uppgift att driva programmet inom de ramar som Programstyrelsen fastställt.

Programstyrelsen, som består av ledamöter på ledningsnivå inom industrin, har ansvaret för att Stålkretsloppet genomförs inom tilldelade medel, industribidrag och med hög måluppfyllelse.

Projekt

Fragmentering 88011

Mapping and development of shredder product stream

Uppdraget

Uttjänta stålprodukter innehåller ofta många olika material. För att dessa ska kunna återvinnas, fragmenteras den uttjänta produkten före separering i olika fraktioner. Fragmenterat stålskrot är en viktig råvara för stålindustrin. Genom utveckling av fragmenteringsprocessen kan kvalitén på det skrot som levereras till stålverken förbättras. Detta ger minskad förbrukning av energi, malm och andra råvaror i ståltillverkningsprocessen.

Projektet studerar metoder för att öka kvalitén på det fragmenterade skrotet, främst genom förbättrad separering, minskade kvalitetsvariationer och ökad bulkdensitet på den fragmenterade produkten. Projektets resultat går från och med år 2009 vidare i projektet Stålflöden 88013.

UTFÖRARE

Minpro AB, Odalvägen 8, 711 77 Stråssa, 0581-431 10, www.minpro.se

PROJEKTLEDNING

Projektledare: Hamid-Reza Manouchehri, Luleå tekniska universitet, hama@ltu.se
Ordförande för projektgruppen: Ove Dannberg. Ovako AB/Oy, ove.dannberg@ovako.com

FORSKARE

Hamid-Reza Manouchehri, Luleå tekniska universitet,
Per Nordenfelt, Minpro AB, pn@minpro.se

INDUSTRIDELTAGANDE

Stena Recycling AB, Ovako AB/Oy, SSAB EMEA, Järnbruksförnödenheter AB,
Minpro AB

KONFERENSPUBLIKATIONER

Mapping and Development of Shredding Plant Stream to Improving Quality and Quantity of Recycled Materials and Protect Environment, (paper accepted for 24th International mineral Processing Congress, Beijing, september 2008)

VETENSKAPLIGA RAPPORTER

H. R. Manouchehri, *Looking at Shredding Plant Configuration and Its Performance for Developing Shredding Product Stream* (An Overview) 2005, 143 pp.

H. R. Manouchehri, *Mapping and Development of Shredding Product Stream(s): Four Shredding Plants in Sweden: (What should be done for better performance of the plants?)* 2006, 28 pp.

H. R. Manouchehri, *Mapping and Development of Shredding Product Stream(s): Shredding Plant Performance: What Should be Done for Better Performing of the Plant and Improving Quality and Recovery of Shredding Product Streams?* 2007, 40 pp

H. R. Manouchehri, *Mapping and Development of Shredding Product Stream(s): Shredding Plant Performance: What Should be Done for Better Performing of the Plant and Improving Quality and Recovery of Shredding Product Streams?* A summary on report 3, 2007, 8 pp.

H. R. Manouchehri, *Mapping and Development of Shredding Product Stream(s): Auto Shredder Residues (ASR) and Its Recycling (Physical separation of ASR from Swedish shredding plant)*, 2007, 36 pp.

Laseranalys 88012

On line classification of steel scrap using intelligent evaluation from a CCD spectrometer equipped LIBS

Uppdraget

Återvinning av stålskrot är ett mycket effektivt sätt att minska energianvändningen och därmed utsläppen av koldioxid. Kvaliteten på det skrot som återvinns har en växande betydelse vid tillverkning av avancerade stålsorter. Stålskrot innehåller metaller och legeringsämnen som är dyrbara i sig och värda att ta till vara. En noggrann analys av metallsammansättningen och ytbeläggningen hos metallskrot kan ge värdefull information till ståltillverkarna och metallskrotets nytta och värde kan öka. Bättre och effektivare analys av metallskrot ger stora vinster, både ekonomiskt och miljömässigt.

I detta projekt undersöker man möjligheterna att snabbt och säkert analysera metallinnehåll och yta i skrotbitar med hjälp av avancerad laseranalys. Ett prototypinstrument för on-line analys av stålskrot har tagits fram och testats med goda resultat inom stål- och återvinningsindustrin.

UTFÖRARE

Swerea KIMAB AB, Box 7047, 164 07 Kista
Besöksadress: Isafjordsgatan 28A, 164 40 Kista
08-440 48 00, www.swereakimab.se

PROJEKTLEDNING

Projektledare: Jonas Gurell, Swerea KIMAB AB, jonas.gurell@swerea.se
Ordförande för projektgruppen: Håkan Norén, Stena Recycling AB,
hakan.noren@stenarecycling.se

FORSKARE

Jonas Gurell, Peter Lundin, Arne Bengtson, Fredrik Vestin, Thomas Björk och Magnus Falkenström,, Swerea KIMAB AB
Bertrand Noharet och Björn Hansson, Acreo AB, www.acreo.se
Professor L-E Berg, Kungliga Tekniska Högskolan, KTH, Stockholm.

INDUSTRIDELTAGANDE

SSAB EMEA, Sandvik Materials Technology AB, Outukumpu Stainless AB,
Stena Recycling AB, Uddeholm Tooling AB

DELTAGANDE STUDENTER

Mohammad M. Rafiee Fanood

AKADEMISKA AVHANDLINGAR

Laser-Induced Breakdown Spectroscopy on metals, Mohammad M. Rafiee Fanood, Master of Science Thesis 2009, KTH, Stockholm

KONFERENSPUBLIKATIONER

T. Björk and A. Bengtson, *Analytical Aspects of Scrap Sorting With LIBS*, Proceedings of the 7th Int. Workshop on Progress in Analytical Chemistry in the Steel and Metal Industries, 16-18 May 2006, Luxemburg.

T. Björk, *Automatisk sortering och kemisk analys av stålskrot i fragmenteringsanläggning*, Stål 2007, Borlänge, Sweden.

T. Björk, A. Bengtson, *Quantitative analysis of steel scrap using LIBS with very few laser pulses*, EMSLIBS 2007, Paris, France.

J. Gurell, A. Bengtson, M. Falkenström, and B.A.M. Hansson, *Development of a laser based system for fast elemental analysis and sorting of metallic scrap pieces*, CleanTech 2011, Budapest, Hungary

J. Gurell, A. Bengtson, M. Falkenström, and B.A.M. Hansson, *Development of a laser based system for fast elemental analysis and sorting of metallic scrap pieces*, Conference on laser ablation 2011, Cancun, Mexico

J. Gurell, *On-line classification of steel scrap using intelligent evaluation from a CCD spectrometer equipped LIBS*, Skrotgårdsmetallurgidagarna 2011, Gävle, Sweden

J. Gurell, P. Lundin, M. Falkenström, A. Bengtson and B. Noharet, *Fast and remote analysis of metals for efficient recycling*, SOPO12, Shanghai, China

J. Gurell, and A. Bengtson, *Online classification of steel scrap using intelligent evaluation from a CCD spectrometer equipped LIBS*, Scanmet 2012, Luleå, Sweden

J. Gurell, and A. Bengtson, *Online classification of steel scrap using intelligent evaluation from a CCD spectrometer equipped LIBS*, APWC 2012, Jeju, South Korea

J. Gurell, *Efficient recycling of scrap using online laser spectroscopy analysis*, Skrotgårdsmetallurgidagarna 2012, Hallstahammar, Sweden

VETENSKAPLIGA ARTIKLAR

J. Gurell, A. Bengtson, M. Falkenström, and B.A.M. Hansson, *Laser induced breakdown spectroscopy for fast elemental analysis and sorting of metallic scrap pieces using certified reference materials*, Spectrochimica Acta B: Atomic spectroscopy, 74-75, pp 46-50 (2012)

Stålflöden 88013

Recycling of steel in the society

Uppdraget

Förbättringar av skrothanteringen ger stålindustrin fler möjligheter att ytterligare effektivisera sin energianvändning, ta till vara stora ekonomiska värden och begränsa miljöbelastningen. Ökad kunskap om hur stålet cirkulerar i samhället, från framställning av produkter, användning av dem och skrotning fram till smältning av nytt stål leder till att hantering och återvinning av stålet i samhället effektiviseras.

Projektets syfte är att beskriva och kvantifiera stålflödet i samhället för att identifiera tekniska och ekonomiska faktorer som kan nyttjas för ökad återvinning av skrot.

UTFÖRARE

Kungliga Tekniska Högskolan KTH, 100 44 Stockholm
Institutionen för Materialvetenskap/Tillämpad Processmetallurgi,
Brinellvägen 23, 08-790 60 00, www.kth.se

PROJEKTLEDNING

Projektledare: Anders Tilliander, Kungliga Tekniska Högskolan
Projektansvarig: Professor Pär Jönsson, Kungliga Tekniska Högskolan KTH, 08-790 83 75, par@mse.kth.se
Ordförande för projektgruppen: Göran Mathisson, JBF AB (Järnbruksförnödenheter AB), goran.mathisson@jbfab.com, www.jbfab.com

FORSKARE

Tekn. dr. Sven Ekerot, KTH, svene@mse.kth.se
Tekn. lic. Rutger Gyllenram, Kobolde & Partners AB, rutger.f.gyllenram@kobolde.se

INDUSTRIDELTAGANDE

Stena Recycling AB, Järnbruksförnödenheter AB, Sandvik Materials Technology AB, Outokumpu Stainless AB, Ovako Bar AB, Håkan Norén, SSAB EMEA

DELTAGANDE STUDENTER

Alicia Gauffin, KTH, doktorand

AKADEMISKA AVHANDLINGAR

Pågående doktorsavhandlingar (Rutger Gyllenram, Alicia Gauffin)

KONFERENSPUBLIKATIONER

Stålcirklationen, Sven Ekerot, Stål 2005, Borlänge
Vad driver stålåtervinningen, Sven Ekerot, Svenskt Avfall, årsmöte oktober 06
Skrotflöden, Rutger Gyllenram, Metallurgmötet december 2006
Stålets nio liv, Rutger Gyllenram, Stål 2007, Borlänge
Hållbarheten hos världens stålprod., Sven Ekerot, Stål 2007, Borlänge
Lubrication the steel recycling machine, Rutger Gyllenram, Sam 1 Sovamat Sevilla, mars 2007
Framtida stålflöden, Rutger Gyllenram-Sven Ekerot, JBF90 maj 2007
Stålcirkulationen, Rutger Gyllenram, Stålbyggnadsdagarna september 2007
Lubrication the steel recycling machine 2, Rutger Gyllenram, Sven Ekerot, Pär Jönsson Sam 2 Sovamat Nantes, maj 2008
Lubrication the steel recycling machine 3, Rutger Gyllenram, Sven Ekerot och Pär Jönsson, Sovamat SAM 3, april 2009
Taking in house and up stream CO2 emission into account in charge optimization for scrap based steel making, Rutger Gyllenram, Pär G. Jönsson, Sven Ekerot, Fredrik Persson and Patrik Ternsted, Process improvements in steelmaking, Düsseldorf, 27 juni – 1 juli 2011
Data acquisition and calculation principles for national and global material flow analyses, MFA:s for steel, focused on system improvement, Rutger Gyllenram, Anders Tilliander, Sven Ekerot, Pär Jönsson, 2nd International Conference and Exhibition on Clean Technologies in the Steel Industry, 26-28 september 2011, Budapest, Hungary.

KTH Steel Scrap Model – defining different recycling rates and calculating average circulation time of iron and steel in the Swedish society, Alicia Gauffin, Anders Tilliander, Pär Jönsson, SCANMET IV, 10 juni 2012, Luleå Sweden

KTH Steel Scrap Model – iron and steel flow in the Swedish society 1889-2010, Alicia Gauffin, Sven Ekerot, Anders Tilliander, Pär Jönsson, MOLTEN12, 31 maj 2012, Beijing, China

VETENSKAPLIGA RAPPORTER

Recycling of steel in the society, Mistra progress report, Rutger Gyllenram, Sven Ekerot, Peter Ernström, Carl-Erik Grip, Pär Jönsson

Skrotmodellen, Jon Laggar, examensrapport, Tillämpad processmetallurgi, Materialvetenskap, KTH 2012

KTH Steel Scrap Model – iron and steel flow in the Swedish society 1889-2010, Alicia Gauffin, Sven Ekerot, Anders Tilliander, Pär Jönsson, Journal for manufacturing science and production, 2012, Accepted

Lubricating the recycling machine, R. Gyllenram, S. Ekerot and P. Jönsson, Revue de Métallurgie, 109, pp 349-358, 2012.

Optimizing the net value of steel in buildings with respect to CO_2-emissions by Rutger Gyllenram KTH and Björn Upfeldt, SBI, to be submitted to the Journal of Construction Steel Research

Skrotrening 88020

Surface cleaning of steel scrap

Uppdraget

En allt större andel av råvarubasen för skrotsmältning består av material som är belagt med zink. När zinkbelagt skrot smälts förgasas zink och återfinns i processtoft som oxider eller ferriter. För att minska miljöbelastningen och behovet av deponering bör processtoft tas tillvara, så långt som möjligt. Den mest framgångsrika metoden är recirkulation direkt till ljusbågsugn varvid en ackumulering av zink sker och verken kan leverera stoftet för zinkåtervinning. För stoft som recirkuleras via brikettering till masugn ställs krav på lågt zinkinnehåll vilket tvingar industrin att avstå från skrot med zinkinnehåll.

Projektet har utvecklat ett koncept för att ytrena och förvärma metall- och färgbelagt stålskrot innan det smälts och därigenom bredda användningen av stålskrot som råvara till ett ökat antal stålsorter. Genom att förvärma och avlägsna beläggningar från skrotet innan chargering i ljusbågsugn eller konverter fås både miljömässiga fördelar i mindre stoftgenerering och renare avgaser samt energieffektiviseringsfördelar tillföljd av minskad energianvändning i smältprocessen. Konceptet har utvecklats med småskaliga försök och genom större pilotförsök.

UTFÖRARE

Swerea MEFOS, Box 812, 971 25 Luleå, 0920-20 19 00, www.swereamefos.se
Aronstorpsvägen 1, Luleå

PROJEKTLEDNING

Projektledare: Mikael Larsson, MEFOS, mikael.larsson@swerea.se
Ordförande för projektgruppen: Dan Lundberg, f.d. AB Järnbruksförnödenheter, 0920-341 89, 070-540 25 82, dan-lundberg@telia.com

FORSKARE

Mikael Larsson, Pär Hahlin, Sten Ångström, Ida Heinz, Magnus Lundqvist, Joel Orre, Swerea MEFOS
Håkan Norén, Stena Recycling

INDUSTRIDELTAGANDE

SSAB EMEA, Stena Recycling AB, Ovako Bar AB, Uddeholm Tooling AB, Fundia AB, Outukumpu Stainless AB, Sandvik Materials Technology AB, Jernbruksförnödenheter.

EXTERNA PUBLIKATIONER

Håkan Johansson, *Ny reningsteknik klarar framtidens skrot*, Bergsmannen, nr 1 2010

KONFERENSPUBLIKATIONER

S. Ångström, M. Larsson, P. Johansson, *Kombinerad förvärmning och ytrening av skrot*, Stål 2007, 9–10 maj 2007, Borlänge (2007)

M. Larsson, S. Ångström, *A novel process for simultaneous scrap preheating and surface rinsing*, Scanmet 3, Luleå, 2008

M. Larsson, S. Ångström, E. Burström, G. Ye, *Preheating and Surface Cleaning of Steel* Scrap by ASR, REWAS, Cancun, Mexico, 2008

M. Larsson, P. Hahlin, S. Ångström, *The future of scrap preheating and surface cleaning*, Scanmet IV - 4th International Conference on Process Development in Iron and Steelmaking, 10-13 juni 2012, Luleå, Sweden.

M. Östman, K. Lundkvist, M. Larsson, *System analysis of the steel making route when including scrap preheating and surface cleaning*, Scanmet IV - 4th International Conference on Process Development in Iron and Steelmaking, 10-13 juni 2012, Luleå, Sweden.

VETENSKAPLIGA RAPPORTER

Mikael Larsson och Sten Ångström, *Litteraturstudie kring metoder för ytrening av skrot*, Swerea MEFOS rapport, MEF06083, 2006

Sten Ångström och Mikael Larsson, *Uppskattning av driftsekonomi vid installation av anläggning för ytrening och förvärmning av skrot*, Swerea MEFOS rapport, TM07008, 2007

Sten Ångström och Mikael Larsson, *Kombinerad förvärmning och ytrening av skrot*, Swerea MEFOS rapport, MEF07017, 2007

Sten Ångström och Mikael Larsson, *Kompletterande försök – zinkrening av ytbelagt skrot*, Swerea MEFOS rapport, TM07009, 2007

Mikael Larsson, *Rapportering förvärmning och ytrening av skrot – Pilotförsök*, Swerea MEFOS rapport, TM08025, 2008

Mikael Larsson, *Samtidig förvärmning och ytrening av skrot, slutsatser och design-parametrar för en industriell anläggning*, Swerea MEFOS rapport, MEF08040, 2008

Mikael Larsson, Pär Hallin, *Zinc in BOF-dust reference trials*, Swerea MEFOS rapport, TM12008, 2012.

Mikael Larsson, Pär Hallin, Sten Ångström, *Processdescription PROTECT*. Swerea MEFOS rapport, TM12009, 2012

Mikael Larsson m fl, *PROTECT Processes and technologies for environmentally friendly recovery and treatment of scrap - Technical Report No 1* (Annual Report 01/07/10-31/12/10), Swerea MEFOS rapport MEF11028K, 2011.

Mikael Larsson m fl, *PROTECT Processes and technologies for environmentally friendly recovery and treatment of scrap - Technical Report No 2* (Midterm Report 01/07/10-31/12/11), Swerea MEFOS rapport MEF12024K, 2012.

Vanadinutvinning 88031

Recovery of vanadium in LD-slag – VILD

Uppdraget

Det finns låga halter, men stora mängder, av vanadin i svensk järnmalm. Idag finns det begränsade möjligheter att ta tillvara denna naturresurs. Vanadin är också ett viktigt legeringsämne vid tillverkning av stål. Små restmängder av vanadin finns kvar i den slagg som bildas vid ståltillverkningen. Årligen produceras cirka 180 000 ton stålugnsslagg som innehåller ca 5000 ton vanadin och som motsvarar ett värde på mer än en miljard kronor.

Projektets uppgift var att utveckla en metod för utvinning av vanadin från slagg. Den vanadinfria slaggen blir då användbar som konstruktionsmaterial eller ersättningsmedel för kalk, som används bland annat vid råjärnproduktion. Utvunnet vanadin kan användas som legeringsämne i nytt stål. Uppdraget är att ta fram en metod som renar slaggen och som gör det möjligt att kommersialisera vanadinhalten i den svenska järnmalmen. Laboratorietester och fullskaleförsök har utförts som verifierar att vanadin kan utvinnas ur stålverksslagg från låglegerad ståltillverkning.

UTFÖRARE
Swerea MEFOS, Box 812, 971 25 Luleå, 0920-20 19 00, www.swereamefos.se

PROJEKTLEDNING8
Projektledare: Gouszhu Ye, Swerea MEFOS, gouszhu.ye@swerea,se
Ordförande för projektgruppen: Kim Kärsrud, SSAB EMEA, kim.karsrud@ssab.com

FORSKARE
Dr. Johan Björkvall, Mikael Lindvall, Swerea MEFOS
Dr. Qixing Yang, Dr. Margareta Larsson, Dr. Nourredine Menad (numera BRGM, Frankrike)
Samuel Jonsson (nu LKAB), LTU, Luleå Tekniska Universitet, www.ltu.se
Dr. Bo Lindblom, LKAB, www.lkab.com
Jeanette Stemne och Daniel Adolfsson, SSAB Merox AB, www.merox.se
Staffan Rutqvist, prof. Carl-Erik Grip och Dr. Kim Kärsrud, SSAB EMEA, www.ssab.com
Kimmo Kinnunen, Rita Kallio, Ruukki, www.ruukki.se
Margareta Nylén, Olivier Rod, Swerea KIMAB, www.swereakimab.se
Fatemeh Shahbazian, www.swereakimab.se
Du Sichen, KTH, www.kth.se

INDUSTRIDELTAGANDE
SSAB EMEA, LKAB, SSAB Merox AB, Rukki Oy, LKAB

DELTAGANDE STUDENTER

Elin Rutqvist, doktorand, LKAB, www.lkab.com
Daniel Adolfsson, doktorand, SSAB MEROX, www.merox.se
Mikael Lindvall, doktorand, Swerea MEFOS, www.swerea.se/mefos/

REFEREED PUBLICATIONS

Liang Yu, Yuan-chi Dong, Guozhu Ye and Du, Sichen, *Concentrating of Vanadium Oxide to Vanadium Rich Phases by Addition of SiO_2 in Converter Slag, Ironmaking and Steelmaking*, Vol 2, 2007

Liang Yu, Liaosha Li, Yuan-chi Dong, and Du Sichen, *Existence of a solid solution between $3CaO•V_2O_5$ and $3CaO•P_2O_5$*, Metall & Materials Trans. B, 2006, vol 37B, pp. 1097-1099

Mikael Lindvall, Elin Rutqvist, Guozhu Ye, Johan Björkvall, Du Sichen, *Possibility of selective oxidation of vanadium from iron and phosphorus in Fe-V-P,* Steel Research int. 81 (2010) No. 2

Mikael Lindvall, Guozhu Ye, Kim Kärsrud *Vanadinåtervinning kan ge miljarder*. Bergsmannen, No. 2, 2010.

Hui Wang, Fan Li and Du Sichen; *Development of an Analytical Technique to Determine the Fractions of Vanadium Cations with Different Valences in Slag*, Metall and Materials Trans. B, 2011, vol 42B, pp.9-12

Hryha, E. Rutqvist, E. and Nyborg, L. *Stoichiometric vanadium oxides studied by XPS*. Surf. Interface Anal, Vol. 44, Issue 8, pages 1022–1025, augusti 2012

AKADEMISKA AVHANDLINGAR

Mikael Lindvall, *Selective Oxidation of Vanadium prior to Iron and Phosphorus*, Master Thesis, LTU, ISSN: 1402-1617, 2006S

Samuel Jonsson, *Vanadinutvinning ur LD-slagg*. Master thesis, LTU, ISSN: 1402-1617, 2006

Niklas Olsson, *Concentrating of vanadium into a spinel phase in steel slag*, Master thesis, LTU, 2012

PUBLIKATIONER

Guozhu Ye and Kim Kärsrud, *Svensk LD-slagg – En levande vanadingruva i världsklass*, Stål 2007, Borlänge, 9-10 maj, 2007

Qixing Yang, Daniel Adolfsson, et al. *Modification of a Steel slag to prevent the slag disintegration after metal recovery and to enhance slag utilization*, Molten 2009, Santiago, Chile January 18-21, 2009

Mikael Lindvall, Guozhu Ye, Staffan Ruqvist *Recovery of vanadium from V-bearing BOF-slag using an EAF*. INFACON XII - The Twelth International Ferroalloys Congres, Helsinki Finland, June 6-9, 2010, pp. 189-195

Mikael Lindvall. *Vanadinåtervinning kan ge miljarder*, Bergsmannen JkA N0. 2 2010

Ye, G., Kärsrud, K., Lindvall M. Overview of the VILD-project, *Vanadium Recovery from BOF-slag, a Long Term Slag Project for the Swedish Steel Industry*, FRAY INTERNATIONAL SYMPOSIUM, 2011

Mikael Lindvall and Guozhu Ye, *Experiences of using various metallurgical reactors for reduction of vanadium bearing steel slags and other wastes*, TMS2012, Orlando, March 2012

Guozhu Ye and Mikael Lindvall, *Pilot Experiences of Swerea MEFOS on Slag Recycling*, Molten Slag and Fluxes 2012, Beijing, May 2012

Guozhu Ye, Mikael Lindvall, Kim Kärsrud, *VILD – Vanadium Recovery from Swedish and Finnish LD-slag*, SCANMET IV, Luleå, June 2012

Ye, G. *Recovery of Valuable Metals and Minerals Using a DC Furnace* . Pilot Experiences at Swerea MEFOS; 4th International Conference on Engineering for Waste and Biomass Valorisation September 10-13, 2012, Porto, Portugal

VETENSKAPLIGA RAPPORTER

Guozhu Ye, *Vanadium recovery from LD-slag – A State of the art report, Part I: Facts and Metallurgy of Vanadium*, a MEFOS report, MEF06001, 2006

Guozhu Ye, *Vanadium recovery from LD-slag – A State of the art report, Part II: Recovery of Vanadium from iron and steelmaking, International and Swedish Experiences*, a MEFOS report, MEF06017K, 2006

Mikael Lindvall och Guozhu Ye, *Selective oxidation of vanadium prior to iron and phosphorus*, MEFOS-report, MEF07080, 6 november 2007

Qixing Yang och Anita Wedholm, *Some results from laboratory tests performed at LTU for reducing LD-slag by Al and FeSi*, a report to 88031, 2007

Rita Kalio, *Preliminary study on existence and behavior of vanadium in LD-slag*, 2006, SV07506, a Ruukki-report

Rolf Sjöblom och Cecilia Sjöö, *Klassificering av restprodukter enligt avfallsförordningen – SSAB*, *Merox AB*, 2006, a MEROX-report

J-P Gustafsson och Lars Johnsson, *Vanadin i svensk miljö – Förekomst och toxicitet*, 2006, a MEROX-report

Bengt Nihlgård och Bo Fransman, *Long-term effects of converter lime in forest soils – especially vanadium and chrome distribution*, 2006, a MEROX-report

Elin Rutqvist och Johan Björkvall, *Thermodynamic Data for Vanadium Oxides in Industrial Applications*, MEF06078, 2006

Janne Tikka och Guozhu Ye. *Tornadobehandling av LD-slagg*, MEFOS rapport, MEF08030, 2008

Qixing Yang, Daniel Adolfsson et al, *Treatemt of FeSi-reduced LD-slag to prevent slag disintegration and to enhance slag utilization*, Internal project report, 2008

Mikael Pettersson, Staffan Rutqvist, Christer Ryman, Chuan Wang, *PROJEKTRAPPORT VANADINÅTERVINNING – TOTMOD, MEFOS*, MEF09076K, 2009

G. Ye and M. Lindvall. *A summary of results from initial plant trials at SSAB Tunnplåt AB* in Luleå during autumn 2007, MEFOS-report MEF08012K, 2008

Q. Yang, *REDUCTION OF LD-SLAG BY FeSi AND Al* Results from Laboratory Tests at LTU, LTU-rapport, 2008

F. Shahbazian. *The effect of vanadium and phosphorous in various steel and cast iron, a literature survey*, KIMAB rapport-2009-537, 2009

Elin Rutqvist och Johan Björkvall. *Evaluation and development of methods for determination of oxidation states and activities for vanadium oxides in slag systems*. MEFOS rapport, MEF09065K, 2009

M. Lindvall och G. Ye. *Reduktion av luck-slagg - sammanfattning av resultat från inledande lab- och pilotförsök på mefos*, MEFOS rapport, MEF08053K

Mikael Lindvall, Hans-Olof Lampinen. *reduktion av varm LD-slagg för vanadinåtervinning* – sammanfattning av fullskaleförsök på ssab, luleå, MEFOS rapport, MEF10074K, 2010

F. Shahbazian. *Use of the FeV - product from the VILD-project*. KIMAB-2009-537, 2009

Seppo Ollila, Simo Isokääntä, Jarmo Lii ja, Rita Kallio, Kimmo Kinnunen, *two-phase ld blowing with double slag operation*, Ruukki rapport, RR03610, 2010

Katarina Lundkvist, Mats Brämming, *lägesrapport - modellering av vild- och luva-koncepten*, MEFOS rapport, MEF11008K, 2011

M. Magnusson. LUVA – *Slutrapportering*. MEFOS rapport, MEF11062K, 2011

Katarina Lundkvist, Mats Brämming. *Modeller och exempel på resultat från modellering av VILD/LUVA-koncepten*, MEFOS rapport, MEF11067K

M. Lindvall och G. Ye. *Recovery of vanadium from ld- and luva-slag using various reductants including blast furnace sludge - a summary of results from pilot plant trials in swerea MEFOS 3 mw dc-furnace*. MEFOS rapport, MEF12013K, 2012

F. Shahbazian. Et al. *Återanvändning av restprodukter som legeringselement: Legering av gjutgods med en vanadinlegering, återvunnen från LD-slagg*, KIMAB rapport, KIMAB-2011-545, 2011

T. Korhonen. *Preliminary Bench Scale Tests on Vanadium slag*, GTK-report, C/MT/2011/37, 2011

MÖTESANTECKNINGAR OCH SEMINARIUM

M. Larsson. Minnesanteckningar från möte angående vanadin och LD-slagg den 24 januari 2005 på MEFOS

M. Larsson. Minnesanteckningar från möte nr 2 (telefonmöte) angående vanadin- och LD-slagg den 11 februari 2005

M. Larsson. Minnesanteckningar från möte nr 3 (telefonmöte) angående vanadin- och LD-slagg den 4 mars 2005

S. Jonsson och G. Ye, protokoll fört vid v-seminariet den 13-14 april 2005 på Stjärnholm
M. Lindvall. Minnesanteckningar från möte nr 5 angående vanadin- och LD-slagg den 14 mars 2006 på SSAB Tunnplåt AB, Luleå
G. Ye. Minnesanteckningar från möte nr 6 (telefonmöte) angående vanadin- och LD-slagg den 6 april 2006
M. Lindvall. Minnesanteckningar från möte nr 7 angående vanadin- och LD-slagg den 16 juni 2006
M. Lindvall. Minnesanteckningar från möte nr 8 angående vanadin- och LD-slagg den 17 oktober 2006
M. Lindvall. Minnesanteckningar från möte nr 9 angående vanadin- och LD-slagg den 7 februari 2007
M. Lindvall. Minnesanteckningar från möte nr 10 angående vanadin- och LD-slagg den 11 juni 2007
M. Lindvall. Minnesanteckningar från möte nr 11 angående 88031 vanadin- och LD-slagg den 7 november 2007
M. Lindvall och G. Ye. Minnesanteckningar från möte nr. 12 anagående vanadin- och LD-slagg den 19 mars 2008
M. Lindvall och G. Ye. Minnesanteckningar från möte nr 13 angående vanadin- och LD-slagg den 7 oktober 2008 på SSAB:s huvudkontor i Stockholm
M. Lindvall. Minnesanteckningar från kick-off mötet mistra ii angående vanadin- och LD-slagg den 3 och 4 februari 2009 i Oxelösund
M. Lindvall och G. Ye. Vanadin seminarium i Luleå angående vanadin och LD-slagg den 17 och 18 februari 2010

Various. Seminar ”On-going research concerning vanadium and steel industry by-products, Ruukki, Juni 2010
M. Lindvall och G. Ye. Minnesanteckningar från telefonmöte angående vanadin- och LD-slagg den 16 december 2010
K. Jakobsson och M. Lindvall. VILD seminar in Oxelösund,march 1st-2nd 2011
M. Lindvall. VILD – ”vanadium in LD-slag”, closing seminar at kulturens hus in Luleå, october 10th-11th 2012

Smältkoncept och saltextraktion 88032, 88034

Optimization of Unit Processes in Steelmaking towards the Loss of Metal Values in Slags and Dust

Uppdraget

Det finns stora vinster med att vid ståltillverkningen dels ta tillvara alla de metaller som finns i råvaran malm och skrot, dels leverera slagg som är fri från miljöpåverkande ämnen. Förändrad processföring kan öka möjligheterna att ta tillvara alla de metaller som ingår i en stålsmälta.

Projektet har som mål att metaller som ingår i malm och skrot ska överföras till det färdiga stålet istället för till den slagg som bildas i processen. Forskningen går ut på att bestämma de teoretiska förhållanden som uppträder under smältfasen av stålet samt hitta de parametrar som binder metallen till det färdiga stålet istället för till slaggen. Forskningen koncentreras i första hand till metallerna krom (Cr), vanadin (V) och molybden (Mo). Genomförd forskning visar att metallutbytet under smältning kan ökas på ett betydande sätt genom ändring av legeringars sammansättning och färskningsmetod.

UTFÖRARE

Kungliga Tekniska Högskolan KTH, 100 44 Stockholm, Avdelningen för Material-vetenskap/Materials Processvetenskap, Brinellvägen 23, 08-790 60 00, www.kth.se

PROJEKTLEDNING

Projektledare: Professor Seshadri Seetharaman, KTH, Institutionen för Material-vetenskap, raman@kth.se
Ordförande för projektgruppen: Jan-Olof Andersson, Outokumpu Avesta, jan-olof.andersson@outokumpu.com

FORSKARE

Professor Seshadri Seetharaman, Tekn. Dr. Lidong Teng, Docent Olle Grinder, Docent Ragnhild E. Aune, KTH
Tekn. Dr. Mselly Nzotta, Uddeholm Tooling
Olle Sundqvist, Helene Vestin, SMT

INDUSTRIDELTAGANDE

Sandvik Materials AB, Ovako Steel AB, SSAB EMEA, Uddeholm Tooling AB, Outokumpu Stainless AB

DELTAGANDE STUDENTER

Doktorand: Yang Yang, Xianfeng Hu, Babak Khalaghi, Aida Abbasalizadeh, KTH
Avslutade: Tekn. Dr Ge Xinlei, Tekn. Lic Pengli Dong, Tekn. Dr Lijun Wang, Dr Haijuan Wang, Dr Andrej Chyko, Dr Anna Semykina, KTH

AKADEMISKA AVHANDLINGAR

J. Xie, *Atomistic simulation and experimental studies of transition metal systems involving carbon and nitrogen*, Ph. D Thesis Report, Division of Materials Process Science, KTH, 15 december, 2006

Pengli Dong, *Measurements of the thermodynamic Activity of Chromium, Vanadium Oxides in CaO-SiO_2-MgO-Al_2O_3 Slags*, Lic. Thesis Report, Division of Materials Process Science, 14 januari, 2009

X. Ge, *Recovery of valuable metals from oxide, slag and chromite by electrolysis process*, Ph. D Thesis Report, Division of Materials Process Science, 12 juni, 2009

L. Wang, *Experimental and Modelling Studies of the Thermophysical and ThermoChemical Properties of Some Slag Systems*. Ph. D Thesis Report, Division of Materials Process Science, 30 oktober, 2009

Haijuan Wang, *"Investigations on the oxidation of Iron-chromium and iron-vanadium molten Alloys",* Ph.D Thesis thesis, May 2010.

Andrei Chychko, *"Energy and enviromental optimization of some aspects of EAF practice with novel process solutions"*, Ph. D. Thesis, October 2010.

Anna Semykina, *"Recovery of Iron and manganese values from metallurgical slags by the oxidation route",* Ph. D. Thesis, October 2010.

Diana Orrling, "*Towards Abatement of Selected Emissions from Metals Manufacturing*", Ph.D. thesis, Div. of Materials Process Science, KTH, November 2010.

Babak Khalaghi, "*Opitimization of the salt process to recover the Cr"*, Master Thesis, October 2010.

Yang Yang, *"Equilibrium phase relationships in the CaO-MgO-SiO_2-Cr_2O_3 slags"*, Master Thesis, January 2012.

EXTERNA PUBLIKATIONER

Håkan Johansson: *Unik teknik spar på legeringsämnen*, Bergsmannen, nr 6 2009

KONFERENSPUBLIKATIONER

M. Nzotta, S. Seetharaman och L. Teng, *Retention, Recovery and Recycling*, Steel-Eco Cycle, Stål 2007, Borlänge, maj 2007

Haijuan Wang, Mselly M. Nozotta, Nurni N. Viswanathan och Seshadri Seetharaman, *Control of Cr-loss to the slag phase in high alloy steelmaking*, The VIII International Conference on Molten Slags, Fluxes, and Salts, 18–21 januari 2009, Santiago, Chile

Pengli Dong, Xidong Wang och Seshadri Seetharaman, *Thermodynamic Activity of -Chromium, Vanadium Oxide in CaO-SiO_2-MgO-Al_2O_3 Slags*, The VIII International Conference on Molten Slags, Fluxes, and Salts, 18–21 januari 2009, Santiago, Chile

A. Semykina, V. Shatokha, S. Seetharaman, *Development of innovative solutions for recovery of iron from steelmaking slags*, The VIII International Conference on Molten Slags, Fluxes, and Salts, 18–21 januari 2009, Santiago, Chile

X. L. Ge, O. Grinder, S. Seetharaman, *The Salt Extraction Process – A Novel Route for -Metal Extraction for Chromium Recovery from Slags and Low-grade Chromite Ores*, The VIII International Conference on Molten Slags, Fluxes, and Salts, 18–21 januari 2009, Santiago, Chile

Haijuan Wang , Nurni N. Viswanathan and Seshadri Seetharaman, *Oxidation kinetics of Fe-Cr and Fe-V liquid alloys under controlled oxygen pressures*, TMS 2010, 14-18 February 2010, Seattle, USA

Lijun Wang, Lidong Teng, S. Seetharaman, *Experimental Studies of Slag Capacities in the CaO-SiO_2-CrOx System by Gas-Slag Equilibration Technique*, International Symposium on Highly Innovative Novel Operations-Future Steelmaking Metallurgy, Tokyo, Japan, May 23-25, 2010.

L.D. Teng, S. Seetharaman, M. Nzotta, P.D. Dong, X.L. Ge, L.J. Wang, H.J. Wang, A. Chychko, *Retention, Recovery and Recycling of Metal Values from High alloyed Steel Slags*, International Workshop on Utilization of steelmaking slags with by-product recovery Krakow, 10-11 May 2010.

Haijuan Wang , Nurni N. Viswanathan and Seshadri Seetharaman, *Oxidation kinetics of Fe-Cr and Fe-V liquid alloys under controlled oxygen pressures*, TMS 2010, 14-18 February 2010, Seattle, USA.

Lijun Wang, Lidong Teng, S. Seetharaman, *Experimental Studies of Slag Capacities in the CaO-SiO_2-CrOx System by Gas-Slag Equilibration Technique*, International Symposium on Highly Innovative Novel Operations-Future Steelmaking Metallurgy, Tokyo, Japan, May 23-25, 2010.

L.D. Teng, S. Seetharaman, M. Nzotta, P.D. Dong, X.L. Ge, L.J. Wang, H.J. Wang, A. Chychko, *Retention, Recovery and Recycling of Metal Values from High alloyed Steel Slags*, International Workshop on "Utilization of steelmaking slags with by-product recovery" Krakow, 10-11 May 2010.

Lidong Teng, M. Nzotta, S. Seetharaman, *Retention, Recovery and Recycling of Metal Values from Steel Slags and dust*, 6th EuroSlag Conference, Madrid, Spain, 19-22, Oct. 2010.

Lijun Wang, Lidong Teng, S. Seetharaman, *Experimental Studies of Slag Capacities in the CaO-SiO_2-CrOx System by Gas-Slag Equilibration Technique*, International Symposium on highly innovative Novel operations 'Future Steel Making'. Tokyo, Japan, May 23-25, 2010.

Lidong Teng, S. Seetharaman, M. Nzotta, *Retention, Recovery and Recycling of Metal Values from High alloyed Steel Slags*, International Workshop on "Utilization of steelmaking slags with by-product recovery" Krakow, 10-11 May 2010.

Lidong Teng, Xinlei Ge, Babak Khalaghi, Seshadri Seetharaman, *Cr-Fe Recovery from High Alloy Steel Slags by Molten Salt Extraction Process*. The 2nd International Conference on Clean Technologies in the Steel Industry, Cleantech, Sep. 26-28, 2011, Budapest, Hungary.

Lidong Teng, Seshadri Seetharaman, *Retention, Recovery and Recycling – An Integral Part of Eco-Steelmaking*, Guthrie Honorary Symposium, June 6-9, 2011, CHATEAU VAUDREUIL, Montreal West End, Canada.

Babak Khalaghi, Lidong Teng, *The effect of aluminium chloride additive on the efficiency of extraction of chromium in Molten Salt Extraction process*, Fray International Symposium, Molten Salts and Ionic liquids, November 27 - December 1, 2011, Cancun, Mexico.

Babak Khalaghi, Lidong Teng, Seshadri Seetharaman, *Optimization of Salt Extraction Process through cyclic production and consumption of aluminium chloride by a novel anodic reaction*, 9th International Conference on Molten Slags, Fluxes and Salts, May 27-30, 2012, Beijing, China.

Xianfeng Hu, Lidong Teng, Seshadri Seetharaman, *Direct Chromium Alloying by Chromite Ore in Presence of Metallic Iron*, 9th International Conference on Molten Slags, Fluxes and Salts, May 27-30, 2012, Beijing, China.

Xianfeng Hu, Lidong Teng, Seshadri Seetharaman, *Direct Chromium Alloying by Chromite Ore in EAF Operation*, 5th International Congress on the Science and Technology of Steelmaking, Dresden, 1-3 October 2012, Germany.

Yang Yang, Lidong Teng, Seshadri Seetharaman, *Kinetic studies on evaporation of liquid vanadium pentoxide in slags*, 5th International Congress on the Science and Technology of Steelmaking, Dresden, 1-3 October 2012, Germany.

VETENSKAPLIGA RAPPORTER

Chychko, A., L. Teng, and S. Seetharaman, *Energy Saving Effect of Slag Foaming by Carbonate Additions in EAF Process.* Archives of Metallurgy and Materials, 2010. **55**(4): p. 1089-1095.

Chychko, A. and S. Seetharaman, *Foaming in Electric Arc Furnace Part I: Laboratory Studies of Enthalpy Changes of Carbonate Additions to Slag Melts.* Metallurgical and Materials Transactions B-Process Metallurgy and Materials Processing Science, 2011. **42**(1): p. 20-29.

Chychko, A., et al., *Fe(2)MoO(4) as a Precursor Material for Mo Alloying in Steel (Part II): Up-Scaling Test.* steel research international, 2011. **82**(8): p. 886-897.

Chychko, A., et al., *Synthesis and Characterization of Fe(2)MoO(4) as a Precursor Material for Mo Alloying in Steel.* steel research international, 2011. **82**(3): p. 269-276.

Chychko, A., L. Teng, and S. Seetharaman, *MoO3 Evaporation Studies from Binary Systems towards Choice of Mo Precursors in EAF.* steel research international, 2010. **81**(9): p. 784-791.

Chychko, A., L. Teng, and S. Seetharaman, *Foaming in Electric Arc Furnace—Part II: Foaming Visualization and Comparison with Plant Trials.* Metallurgical and Materials Transactions B: p.1-8.

Semykina, A., V. Shatokha, and S. Seetharaman, *Innovative approach to recovery of iron from steelmaking slags.* Ironmaking & Steelmaking, 2010. **37**(7): p. 536-540.

Semykina, A., et al., *Cold Simulation of Particle Movement in a Conducting Liquid under Crossed Electric and Magnetic Fields. Magnetite Particles Separation from Molten Slags.* Steel research international, 2011. **82**(4): p. 362-368.

Semykina, A. and S. Seetharaman, *Recovery of Manganese Ferrite in Nanoform from the Metallurgical Slags.* Metallurgical and Materials Transactions B-Process Metallurgy and Materials Processing Science, 2011. **42**(1): p. 2-4.

Semykina, A., et al., *Confocal Microscopic Studies on Evolution of Crystals During Oxidation of the FeO-CaO-SiO(2)-MnO Slags.* Metallurgical and Materials Transactions B-Process Metallurgy and Materials Processing Science, 2010. **41**(5): p. 940-945.

Semykina, A., *The Kinetics of Oxidation of Liquid FeO-MnO-CaO-SiO2 Slags in Air.* Metallurgical and Materials Transactions B, 2011: p. 1-8.

Semykina, A., et al., *Confocal Scanning Laser Microscopy Studies of Crystal Growth During Oxidation of a Liquid FeO-CaO-SiO(2) Slag.* Metallurgical and Materials Transactions B-Process Metallurgy and Materials Processing Science, 2011. **42**(3): p. 471-476.

Semykina, A., et al., *Kinetics of Oxidation of Divalent Iron to Trivalent State in Liquid FeO-CaO-SiO(2) Slags.* Metallurgical and Materials Transactions B-Process Metallurgy and Materials Processing Science, 2010. **41**(6): p. 1230-1239.

Roseborough, D., et al., *Surface chemistry of mercury on zinc and copper.* Metallurgical and Materials Transactions B-Process Metallurgy and Materials Processing Science, 2006. **37**(6): p. 1057-1066.

Roseborough, D., et al., *The surface behavior of mercury on iron systems.* Metallurgical and Materials Transactions B-Process Metallurgy and Materials Processing Science, 2006. **37**(6): p.1049-1056.

Orrling, D., et al., *Enhanced sulfate formation on ozone-exposed soot.* Journal of Aerosol Science, 2011. **42**(9): p. 615-620.

Wang, H., et al., *High-temperature mass spectrometric study of the vaporization processes of V(2)O(3) and vanadium-containing slags.* Rapid Communications in Mass Spectrometry, 2010. **24**(16): p. 2420-2430.
Wang, H., et al., *Oxidation of Fe-V Melts Under CO2-O2 Gas Mixtures.* Metallurgical and Materials Transactions B, 2010. **41**(5): p. 1042-1051.
Wang, H., et al., *Modeling of Reactions between Gas Rubble and Molten Metal Bath—Experimental Validation in the Case of Decarburization of Fe-Cr-C melts.* High Temperature Materials and Processes, 2009. **28**(6): p. 407-419.
Wang, H., et al., *Modelling of Physico-Chemical Phenomena between Gas inside a Bubble and Liquid Metal during Injection of Oxidant Gas.* INTERNATIONAL JOURNAL OF CHEMICAL REACTOR ENGINEERING, 2010. **8**(A33): p. 1-18.
Xie, J., et al., *Thermodynamic Studies of the Fe-Cr-C-N System by EMF Measurements.* Metallurgical and Materials Transactions B, 2007. **38**(1): p. 93-100.
Xie, J., et al., *Study of Chromium Activity in the Cr-Fe-N System by Galvanic Cell Method.* Metallurgical and Materials Transactions A, 2010. **41**(1): p. 172-180.
Xie, J.Y., et al., *Atomistic study on the site preference and thermodynamic properties for Cr23−xFexC6.* Acta Materialia, 2005. **53**(20): p. 5305-5312.
Xie, J.-Y., et al., *Atomistic simulation on the structural properties and phase stability for Cr23C6 and Mn23C6.* Journal of Alloys and Compounds, 2006. 420(1-2): p. 269-272.
Xie, J.-y., et al., *Atomistic study on the structure and thermodynamic properties of Cr7C3, Mn7C3, Fe7C3.* Acta Materialia, 2005. **53**(9): p. 2727-2732.
Wang, L. and S. Seetharaman, *Experimental Studies on the Sulfide Capacities of CaO-SiO2-CrOx Slags.* Metallurgical and Materials Transactions B, 2010. **41**(2): p. 367-373.

Wang, L. and S. Seetharaman, *Experimental Studies on the Oxidation States of Chromium Oxides in Slag Systems.* Metallurgical and Materials Transactions B, 2010. **41**(5): p. 946–954.

Wang, L.J., et al., *High-temperature mass spectrometric study of the vaporization processes in the system CaO-MgO-Al2O3-Cr2O3-FeO-SiO2.* Rapid Communications in Mass Spectrometry, 2009. **23**(14): p. 2233–2239.

Wang, L., *Estimations of Electrical Conductivities in Molten Slag Systems.* steel research international, 2009. **80**(9): p. 680–685.

Wang, L., K.-c. Chou, and S. Seetharaman, *A comparison of traditional geometrical models and mass triangle model in calculating the surface tensions of ternary sulphide melts.* Calphad, 2008. **32**(1): p. 49–55.

Wang, L., Y. Taniguchi, and S. Seetharaman, *Measurements of Solidus and Liquidus Temperatures of CaO Al2O3 SiO2 and CaO MgO Al2O3 SiO2 Slags with MnO Additions.* steel research international, 2012. **83**(2): p. 157–161.

Wang, L., K.-c. Chou, and S. Seetharaman1, *A New Method for Evaluating Some Thermophysical Properties for Ternary System.* High Temperature Materials and Processes, 2008. **27**(2): p. 119–126.

Dong, P., X. Wang, and S. Seetharaman, *Activity of VO1.5 in CaO-SiO2-MgO-Al2O3 Slags at Low Vanadium Contents and Low Oxygen Pressures.* steel research international, 2009. **80**(4): p. 251–255.

Dong, P., X. Wang, and S. Seetharaman, *Thermodynamic Activity of Chromium Oxide in CaO-SiO2-MgO-Al2O3-CrOx Melts.* steel research international, 2009. **80**(3): p. 202–208.

Ge, X., X. Wang, and S. Seetharaman, *Copper extraction from copper ore by electroreduction in molten CaCl2–NaCl.* Electrochimica Acta, 2009. **54**(18): p. 4397–4402.

Ge, X.L., et al., *Salt extraction process–novel route for metal extraction Part 3– electrochemical behaviours of metal ions(Cr, Cu, Fe, Mg, Mn) in molten (CaCl2–)NaCl–KCl salt system* Mineral Processing and Extractive Metallurgy, 2010. **119**(3): p. 163‑170.

Ge, X.L. and S. Seetharaman, *The salt extraction process – a novel route for metal extraction Part 2 – Cu/Fe extraction from copper oxide and sulphides.* Mineral Processing and Extractive Metallurgy, 2010. **119**(2): p. 93‑100.

Ge, X.L., O. Grinder, and S. Seetharaman, *The salt extraction process: a novel route for metal extraction Part I – Cr, Fe recovery from EAF slags and low grade chromite ores.* Mineral Processing and Extractive Metallurgy, 2010. **119**(1): p. 27‑32.

Ge, X. and X. Wang, *Calculations of Freezing Point Depression, Boiling Point Elevation, Vapor Pressure and Enthalpies of Vaporization of Electrolyte Solutions by a Modified Three-Characteristic Parameter Correlation Model.* Journal of Solution Chemistry, 2009. **38**(9): p. 1097‑1117.

Ge, X., et al., *Correlation and Prediction of Thermodynamic Properties of Nonaqueous Electrolytes by the Modified TCPC Model.* Journal of Chemical & Engineering Data, 2007. **53**(1): p. 149‑159.

Ge, X., et al., *Correlation and Prediction of Activity and Osmotic Coefficients of Aqueous Electrolytes at 298.15 K by the Modified TCPC Model.* Journal of Chemical & Engineering Data, 2007. **52**(2): p. 538‑547.

Teng, L.D., et al., *Retention, Recovery and Recycling of Metal Values from High Alloyed Steel* Slags. Archives of Metallurgy and Materials, 2010. **55**(4): p. 1097‑1104

PATENT

S. Seetharaman, *A Novel Salt Extraction Method for the Recovery of Metal Values from Slags and Low-Grade Ores*, Patent approved in 2009.

Salt Extraction AB, *A process for chlorinating resources containing recoverable metals*, International patent no. WO2009/139715A1 2009, PCT applied.

Anna Semykina, S. Seetharaman, V. Shatokha, *Nanoferrite combining oxidation and electromagnetic separation*, Jernkontorets patent application, 2010.

Lidong Teng, Mselly Nzotta, S. Seetharaman, Andrei Chychko, Jan-Olof Andersson, *Process for making a steel melt containing carbide forming elements from iron based raw materials and a mineral containing the carbide forming element, an alloy mixture and use of a mineral containing carbide forming elements for alloying a steel melt in electrical arc furnace (EAF)'*. The Swedish Application No. 1050721-8, June 30, 2010.

S.Seetharaman, Lidong Teng, M.M. Nzotta, Jan-Olof Andersson, *A Process for the addition of Molybdenum in Electric Arc Furnace Process*, applied for in Sept. 2010, Sweden.

Lidong Teng, S.Seetharaman, Katsunori Yamaguchi, Yukari Izumi, *Recovery of Lead from glass containing PbO, primarily from Electronic Waste Material*, Applied in Sept. 2011, Sweden.

S.Seetharaman, Lidong Teng, S. Sridhar, *A Process for Recovering Metals (Molten aluminium electrode)*, applied in Sept. 2011, Sweden.

S. Seetharaman, Lidong Teng, S. Sridhar, M. Barati, *Recovery of Rare Earth Metals*, patent applied for in June 2012, Sweden.

S. Seetharaman, Lidong Teng, S. Sridhar, P. Scheller, *A method for the extraction of vanadium pentoxide from a source containing V2O5*, patent applied for in June 2012, Sweden.

Slaggers egenskaper 88035

New slag systems (EAF)

Uppdraget

Med teknik och metoder som minimerar risken för urlakning av metaller kan slagger från järn och stålframställning utnyttjas som resurs inom en rad områden, exempelvis för tillverkning av väg-, bygg- och isoleringsmaterial.

Projektets mål är ökad återvinning av den slagg som uppkommer vid ståltillverkning. Återvinningen kommer att ske genom framställning av produkter för nya marknader. I projektet ingår att utveckla ekonomiska, miljövänliga och tekniskt genomförbara processer och produkter.

UTFÖRARE

Luleå tekniska universitet, LTU, 971 87 Luleå, 0920 49 10 00, www.ltu.se

PROJEKTLEDNING

Projektledare: Professor Bo Björkman, LTU, bo.björkman@ltu.se
Ordförande för projektgruppen: Björn Haase, Höganäs Sweden AB, bjorn.haase@hoganas.com

FORSKARE

Fredrik Engström och Qixing Yang, Luleå tekniska Universitet
Seshadri Seetharaman och Lidong Teng, Kungliga Tekniska Högskolan, KTH, Stockholm, www.kth.se

INDUSTRIDELTAGANDE

Höganäs Sweden AB, Harsco Metals Sweden AB, Uddeholms AB, Outokumpu Stainless AB, Sandvik Materials Technology AB, Ovako Hofors AB, Ovako Bar AB, SSAB EMEA

DELTAGANDE STUDENTER

Doktorander Galina Albertsson och Anna Semykina, KTH, Fredrik Engström, LTU

AKADEMISKA AVHANDLINGAR

F. Engström, *Mineralogical Influence of Different Cooling Conditions on Leaching Behaviour of Steelmaking Slags*, Licentiate thesis, LTU-rapport 2007:58, -ISSN: 1402–1757

F. Engström, *Mineralogical Influence on Leaching Behaviour of Steelmaking Slags: A Laboratory Investigation*, Doctoral thesis, LTU-rapport 2010, ISBN: 1402-1544

Yang Yang,*The effect of Al_2O_3 addition on the phase relationship of CaO-MgO-SiO_2-Cr_2O_3 system slags*' KTH Master thesis, 2011.

Galina Albertsson, *Investigations of Stabilization of Cr in Spinel Phase in Chromium-Containing Slags*, Licentiate thesis, KTH-rapport 2011, ISBN: 978-91-7501-207-0.

KONFERENSPUBLIKATIONER

F. Engström, *Materialförändringar i ljusbågsugnsslagger ur ett tidsperspektiv*, Konferens: STÅL 2007, Borlänge

F. Engström, M. Lidström Larsson, C. Samuelsson och B.Björkman, *Ageing investigation of steel slags from EAF (Electric Arc Furnace) processes*, Rewas 2008: Global Symposium on Recycling, Waste treatment and Clean Technology, p 353-358

F. Engström, C. Samuelsson och B. Björkman, *Mineralogical influence of different cooling conditions on leaching behavior of steelmaking slags*, 1st International Slag Valorisation Symposium, 6-7 April, 2009, Leuven, Belgium, p 67-80

S. Mostaghel, F. Engström, C. Samuelsson och B.Björkman, *Stability of spinels in a high basicity EAF slag*, Proceedings of the 6th European Slag Conference, October 20-22, 2010, Madrid, Spain

F. Engström, Y. Pontikes, D. Geysen, P-T. Jones, B. Björkman och B. Blanpain, *Review: Hot stage engineering to improve slag valorisation options*, Second International Slag Valorisation Symposium, 18-20 April, 2011, Leuven, Belgium, p 231-251

S. Mostaghel, F. Engström, Q. Yang och B. Björkman, *The effects of cooling rate on leaching behavior of some ferrous and non-ferrous slag systems*, Ninth International Conference on Molten Slags, Fluxes and Salts, 27-30 May, 2012, Beijing, China

B. Björkman och F. Engström, *Influence of slag mineralogy on slag properties*, 5:th International Congress on the Science and Technology of Steelmaking, Oct. 1-3, 2012, Dresden, Germany.

I. Strandkvist, K. Pålsson, F. Engström and B. Björkman, *The influence of iron oxide on the chromium leachability of EAF slag* – a full scale study at Ovako Hofors AB, Konferens: Scanmet IV 2012, Luleå, Sweden.

Galina Jelkina, Lidong Teng, Bo Björkman, *Effect of low oxygen partial pressure on the chromium partition in CaO-MgO-SiO_2-Cr_2O_3-Al_2O_3 synthetic slag at elevated temperatures*, 9th International Conference on Molten Slags, Fluxes and Salts, Bejing 27-30 May 2012. 2012.

Galina Jelkina Albertsson, Lidong Teng, Seshadri Seetharaman, Bo Björkman, Piotr R. Scheller, *Some Investigations on Slags containing Chromium Oxide*, 5th International Congress on the Science and Technology of Steelmaking, Dresden, 1-3 October 2012, Germany.

Galina Jelkina, Lidong Teng, Bo Björkman, *Effect of Basicity on the Chromium Partition in CaO-MgO-SiO_2-Cr_2O_3 Synthetic Slag* at 1873 K, CALPHAD XL, 2011 May 22th - 27th, Rio de Janeiro, Brazil

VETENSKAPLIGA ARTIKLAR/RAPPORTER

M. Tossavainen, F. Engström, Q. Yang, N. Menad, M. Lidström Larsson och B. Björkman, *Characteristics of steel slag under different cooling conditions*, Waste Management, 2007, 27, 1335–1344

F. Engström, D. Adolfsson, Qixing Yang, B. Björkman och C. Samuelsson, *Crystallization behaviour of some steelmaking slags*, Steel Research, 2010, 81, p 362-371

D. Durinck, F. Engström, S. Arnout, J. Heulens, P. T. Jones, B. Björkman, B. Blanpain, och P. Wollants, *Review: Hot stage processing of metallurgical slags*, Resources, conservation and recycling, 2008, 52, p 1121-1131

C. Andersson, B. Björkman, F. Engström, S. Mostaghel och C. Samuelsson, *The need for fundamental measurments for a sustainable extraction of metals*, Minerals Processing and Extractive Metallurgy, 2011, 120, p 199-204

M. Lindvall och G. Ye, *Inert gas granulation of AOD-slag, a summary of results from pilot test campaigns*, Internal report MEF07033K, 2007

M. Lindvall, J. Roininen och G. Ye, *Gas granulation of slag from stainless steel -production, a summary of results from initial plant tests at Outokumpu OY in Torneå*, Internal report MEF08002K

F. Engström, *Karaktärisering av granulerad AOD slag från verksförsök utförda i Torneå*, Rapport inom 88033

M. Hansson, Q. Yang, och M. L. Larsson, *Recycling of ladle slag as slag formers and flux to EAF – literature study and computer simulations*, Rapport inom 88033, Slagger Elektrostål, 2006

Q. Yang och B. Haase, *On Prevention of disintegration for EAF slag from Höganäs AB, results from laboratory slag test*, Rapport inom 88033

Q. Yang och B. Haase, *On Prevention of disintegration for EAF slag from Höganäs AB, results from plant-scale tests at Halmstadsverken*, Rapport inom 88033

F. Engström, *Materialförändringar i ljusbågsugns-slagger ur ett tidsperspektiv,* Rapport inom 88033

F. Engström, *Karaktärisering av granulerad AOD slagg* från pilotförsök utförda på MEFOS, Rapport inom 88035

F. Engström, *Karaktärisering av granulerad EAF & CRC slagg* från verksförsök utförda i Torneå, Rapport inom 88035

F. Engström, *Materialförändringar i slagger ur ett tidsperspektiv*, Rapport inom 88035

Galina J. Albertsson, Lidong Teng, Fredrik Engstöm, *Effect of slag basicity on the chromium partition in CaO-MgO-SiO_2-Cr_2O_3 synthetic slags* at 1873K. Submitted to Mineral Processing and Extractive Metallurgy, 2012.

Galina J. Albertsson, Lidong Teng, Seshadri Seetharaman, Fredrik Engstöm, *Effect of the heat treatment on the chromium partition in CaO-MgO-SiO_2-Cr_2O_3 synthetic slags*. Submitted to Metallurgical and Materials Transactions B, 2013

Galina J. Albertsson, Seshadri Seetharaman, Lidong Teng, *Effect of the oxygen partial pressure on the chromium partition in CaO-MgO-SiO_2-Cr_2O_3 synthetic slag* at 1673K, Submitted to Metallurgical and Materials Transactions B, 2013

Galina J. Albertsson, Lidong Teng, B. Björkman, Seshadri Seetaraman, *Effect of low oxygen partial pressure on the chromium partition in CaO-MgO-SiO_2-Cr_2O_3-Al_2O_3 synthetic slag at elevated temperature*, Accepted for publication in Steel Research International, 2012.

Seshadri Seetharaman, Galina J. Albertsson, Piotr Scheller, *Studies of Vaporization of Chromium from Thin Slag Films at Steelmaking Temperatures in Oxidizing Atmosphere*, Submitted to Metallurgical and Materials Transactions B, 2013.

Valsningsteknik 88041

Improving High-Strength Steels with Energy Efficient Processing Routes for Environmental Benefits

Uppdraget

Det finns stora möjligheter att spara material, minska energiförbrukningen och reducera utsläppen av koldioxid genom optimering av ämnestemperaturer vid valsning av höghållfast stål.

Syftet med projektet är att sammanställa de processparametrar som inverkar på egenskaperna för band och grovplåt i höghållfasta stål med extra hög sträckgräns samt genom sänkt valsningstemperatur minska energiförbrukningen och utsläppen av koldioxid under valsningsprocessen. Uppdraget har lett till att temperaturen kan sänkas med 60-80 grader utan att stålets egenskaper äventyras.

UTFÖRARE

Swerea KIMAB AB, Box 55970,102 16 Stockholm
Besökadress Drottning Kristinas väg 48, 114 28 Stockholm
08-440 48 00, www.swereakimab.se

PROJEKTLEDNING

Projektledare: Tadeusz Siwecki, Swerea KIMAB, tadeusz.siwecki@swerea.se
Ordförande för projektgruppen: Bertil Ahlblom, SSAB EMEA bertil.ahlblom@ssab.com

FORSKARE

Tadeusz Siwecki, Swerea KIMAB,
Johan Eliasson, Swerea KIMAB, johan.eliasson@swerea.se,
Jacek Komenda, Swerea KIMAB, Jacek.Komenda@swerea.se,
Johan Lönnqvist, Swerea KIMAB, Johan.Lönnqvist@swerea.se.

INDUSTRIDELTAGANDE

SSAB EMEA i Oxelösund och Borlänge, OVAKO Bar AB i Smedjebacken.

KONFERENSPUBLIKATIONER

T. Siwecki och J. Eliasson., *Förbättrade egenskaper hos höghållfasta stål genom optimering av processvägarna*, Stål 2007 konferens, Borlänge, 9–10 maj 2007, 95–96

T. Siwecki och J. Eliasson, *Improving High Strength Steels with Energy Efficient Process Routes for plate* Thermomechanical Processing of Steels conference, 10–12 september 2008, Padua, Italien,

T. Siwecki and J. Eliasson, *Optimising Thermomechanical Processing with Reduced Energy Demand*, in proceeding of the THERMEC 2011, Science and Technology of Processing and Manufacturing of Advance Materials conference, Quibec City, Canada, August 1-5, 2011, pp. 2818.

T. Siwecki, *Improving Mechanical Properties of High Strength Steel Plate by Optimising the Direct Quenching Process*, in proceeding of the International Symposium on the Recent Developments in Plate Steels, Winter Park, Colorado, USA. 19-22 Jun 2011,

VETENSKAPLIGA RAPPORTER

T. Siwecki och J. Eliasson, *Förbättrade egenskaper hos höghållfasta stål genom optimering av processvägarna*, Stål 2007 konferens, Borlänge, 9–10 maj 2007, 95–96

T. Siwecki och J. Eliasson, *Improving High Strength Steels with Energy Efficient Process Routes*, Progress reports 2006 och 2007

Tadeusz Siwecki, Jacek Komenda, Johan Eliasson, Johan Lönnqvist; *Optimization of Slab Reheating & Processing Temperatures for Flat and Long Products of High Strength Steels*, Swerea KIMAB report; KIMAB-2013-101,

Självlegering 88042

Retained Alloy Elements In New Steel Sheet Product

I malm och skrot för ståltillverkning finns metalliska grundämnen som ofta går förlorade ur stålkretsloppet. Dessa ämnen kan vara värdefulla legeringselement. Råvaror och energi kan sparas om man bättre kan ta vara på legeringsämnen från såväl recirkulerat stål som från malm.

Projektets syfte är att visa vilka möjligheter det finns att låta koppar och andra metaller, som normalt inte används, ingå som legeringsämnen i stålet. Projektets resultat går från och med 2009 vidare i projektet 88031, Vanadin.

UTFÖRARE

Swerea KIMAB AB, Box 55970,102 16 Stockholm
Besökadress Drottning Kristinas väg 48, 114 28 Stockholm
08-440 48 00, www.swereakimab.se

PROJEKTLEDNING

Projektledare: Margareta Nylén, Swerea KIMAB, margareta.nylen@swerea.se
Ordförande för projektgruppen: Anders Haglund, SSAB EMEA, anders.haglund@ssab.com

FORSKARE

Margareta Nylén, Olivier Rod, Bevis Hutchinson, Christian Becker, Swerea KIMAB

INDUSTRIDELTAGANDE

SSAB EMEA, LKAB, Sandvik Materials Technology AB, Ovako Bar AB, Ovako Steel AB

VETENSKAPLIGA RAPPORTER

Opportunities and dangers of using residual elements in steel: a literature survey, Olivier Rod, Christian Becker, Margareta Nylén, KIMAB-2006-124

Effective use of residual elements in steels produced from scrap, Master Thesis Work, Christian Becker, KIMAB-367023

Självlegering – ta vara på resurserna, Olivier Rod, Margareta Nylén, Stål 2007 (Pågående)

Höghållfasta konstruktioner 88044

High-strength steel structures for reduced environmental impact

Uppdraget

Ökad användning av avancerade höghållfast stål för tillverkning av lättare konstruktioner är ett effektivt sätt att minska miljöbelastningen. Lättillgängliga verktyg, som visar de höghållfasta stålens miljövärde, har utvecklas för att underlätta möjligheterna att göra miljösmartare konstruktioner inom till exempel transport-, bygg- och verkstadsindustrin.

Syftet med forskningen har varit att utveckla modeller för värdering av avancerade höghållfasta ståls miljönytta ur ett livscykelperspektiv. Konstruktörer skall bättre och i större omfattning kunna använda dessa stål för att ta fram konstruktioner med lägre miljöbelastning vid tillverkning och användning.

UTFÖRARE

IVL Svenska Miljöinstitutet, P. O. Box 5302, 400 14 Göteborg, 031-725 62 00, www.ivl.se
Sperle Consulting AB, Murkelvägen 5, 195 44 Märsta, 08-591 132 31, www.sperle.se

PROJEKTLEDNING

Projektledare: Jan-Olof Sperle, Sperle Consulting AB, jan-olof@sperle.se
Ordförande för projektgruppen: Joachim Larsson, SSAB EMEA Borlänge, joachim.larsson@ssab.com

FORSKARE

Jan-Olof Sperle Sperle Consulting AB, Elisabet Hallberg IVL, Jonas Larsson, Jan Eckerlid, Sara Skärhem, Linda Petersson, Bo Lindström SSAB EMEA, Hans Groth, Marcus Andersson, Camilla Kaplin Outokumpu Stainless, Ulf Lundell, Daniel Gullberg, Karin Östman Sandvik Materials Technology, Lars Almblad IKEA Sweden AB

INDUSTRIDELTAGANDE

SSAB EMEA, Outokumpu Stainless, Sandvik Materials Technology Ruukki, Metso-Minerals (Sala) AB, Volvo Car, Volvo Truck, Volvo VCE, Scania, Saab, Cargotec HIAB, Green Cargo, Bombardier Transportation, IKEA Sweden AB och Mjölby Släp & Trailer (MST)

KONFERENSPUBLIKATIONER

Sperle J. O. *Evaluation of environmental advantages of using advanced high strength steel in structural applications (in Swedish)*. Proc. of Conference Steel 2007, 9-10 May 2007, Borlänge

Larsson J. *Green Steel – The new environmental arguments (in Swedish)*. Nordic Steel day 2008, 24-25 April 2008, Copenhagen, Denmark

Hallberg L. and Sperle J.O. *Assessing the environmental advantages of high strength steel.* LCM 2011 - Towards Life Cycle Sustainability Management, Conference August 28-31, 2011, Berlin

Sperle J.O. and Hallberg L. *Environmental advantages of using high strength steel*. The 2nd International Conference on Clean Technologies in the Steel Industry, September 2011, Budapest

Sperle J-O. *Environmental advantages of using advanced high strength steel in steel structures*. Nordic Steel Construction Conference 2012, Oslo, Norway

Cederfeldt L. and Sperle J.O. *High Strength Steel in the roof of Friends arena - savings in weight, cost and environmental impact*. Nordic Steel Construction Conference 2012, Oslo, Norway

VETENSKAPLIGA RAPPORTER

Hallberg L. och Eriksson E. *Life Cycle Assessment of High Strength Steel – A cradle to gate study of the production of advanced high strength steel.* IVL report No. U2243, 2008

Sperle J. O, Hallberg L., Skärhem S., Groth H. *The Environmental Value of High Strength Steel Structures. The Steel Eco-Cycle*, Progress Report, Phase 1. Appendix B, p 107, mars 2008

Sperle J. O., Hallberg L., Larsson J., Groth H. *The Environmental Value of High Strength Steel Structures. The Steel Eco-Cycle – Environmental Research Programme for the Swedish Steel Industry* 2004–2012, Scientific Report Phase 1, 2004–2008, pp. 151–171, juni 2009

Hallberg L. och Eriksson E. *Life Cycle Assessment of High Strength Steel – Case studies on a semitrailer tipper and a storage tank.* IVL report No. U2360, 2008

Hallberg L. *Life Cycle Assessment of High Strength Steel – A cradle to gate study of the production of advanced high strength steel, Phase II*. IVL report, 2010

Jonsson B., Barsoum Z. and Sperle J-O. *Weight optimization and fatigue design of a welded bogie beam structure in a construction equipment.* Engineering Failure Analysis 19 (2012), pp. 63-76

Mäkelä J. *Environmental and cost savings of using high strength steel in the roof construction of Friends Arena*

The Royal Institute of Technology, KTH, Master thesis, TRITA-BYMA 2012:1E, ISSN 0349-5752 (in Swedish)

Hallberg L. *Life Cycle Assessment of High Strength Steel - A cradle to gate study of the production of advanced high strength steel (Phase II),* IVL Archive number: U3981, 2012.

Sperle J, Hallberg L, Larsson J, Groth H, Östman K and Larsson J. *The environmental value or high strength steel*, Final report, 2013

EXTERNA ARTIKLAR

Sperle J. O. *Environmental advantage of advanced steels.* SSAB NEWS No 2, 2007

Sperle J., Barsom Z., Uppfeltd B. and Gyllenram R. *Sustainable construction in high strength steel* (in Swedish). Samhällsbyggaren nr 2, 2012

Sperle J-O. *Design in high strength steel reduces the environmental load - Discussion paper* (in Swedish), Husbyggaren no 6, 2012

Miljövärdering/LCA 88051

Evaluation of environmental impact

Uppdraget

Det kan vara komplicerat att få en totalbild av miljöpåverkan från en industris tillverkning, återvinning och produktens användning. En teknisk förbättring i en del kan leda till försämringar i andra och det kan påverka möjligheterna att uppnå bästa möjliga miljöprestanda.

Projektet har som syfte att med hjälp av LCA-metodik göra en beräkning av miljövärdet för varje tekniskt delprojekt i Stålkretsloppet. Varje nyutvecklad teknologi jämförs med en i dag tillämpad teknologi, som levererar samma funktion. De enskilda beräkningarna aggregeras sedan till en summering för hela Stålkretsloppet med antagandet, att alla resultat kan utnyttjas utan begränsningar och oberoende av varandra.

UTFÖRARE

IVL Svenska Miljöinstitutet AB, Box 210 60, 100 31 Stockholm
Besöksadress: Valhallavägen 81, 114 27 Stockholm
08-598 563 00, www.ivl.se

PROJEKTLEDNING

Projektledare: Mats Almemark, IVL Svenska Miljöinstitutet, mats.almemark@ivl.se
(Projektansvarig Lars-Gunnar Lindfors, IVL, lars-gunnar.lindfors@ivl.se)
Ordförande för projektgruppen: Åsa Ekdahl, World Steel Association, Bryssel, ekdahl@worldsteel.org, www.worldsteel.org

FORSKARE

Mats Almemark, Klara Larsson och Lisa Hallberg, IVL Svenska Miljöinstitutet AB

INDUSTRIDELTAGANDE

SSAB Emea, Outokumpu Stainless AB, Ovako AB, Uddeholm Tooling AB samt Swerea MEFOS och Swerea KIMAB

VETENSKAPLIGA RAPPORTER

Mats Almemark, Lisa Hallberg och Erik Furusjö, *Environmental Potential Evaluation, The Steel Eco-Cycle Programme Phase 1*, revised report to the programme ”Steel-Ecocycle”, februari 2009

Mats Almemark och Lisa Hallberg, *Environmental Potential Evaluation The Steel Eco-Cycle Programme Phase 1*+2, Report to the programme The Steel Eco-Cycle. December 2012

Mats Almemark och Elisabet Hallberg, *Evaluation of Project 88011 Mapping and Development of the Shredder Product Stream. Evaluation of the Environmental Potential of Increased Scrap Yield and Increased Scrap Density*, Report within phase 1 of the programme the ”Steel Eco-Cycle”, December 2012.

Mats Almemark och Elisabet Hallberg, *Evaluation of Project 88012. Evaluation of the Environmental Potential of Advanced Scrap Sorting Based on Laser Induced Breakdown Spectroscopy (LIBS)*, Report within the programme the ”Steel Eco-Cycle”, December 2012

Mats Almemark och Elisabet Hallberg, *Evaluation of Project 88013. Recycling of Steel in the Society Evaluation of the Environmental Potential of Increased Scrap Recycling,* Report within the programme the ”Steel Eco-Cycle”, December 2012.

Mats Almemark och Elisabet Hallberg, *Evaluation of Project 88020 Surface cleaning and Preheating of steel scrap*, Report within the programme the ”Steel Eco-Cycle”, December 2012.

Mats Almemark, Evaluation of Project 88031, *New Slag Systems for Minimised Use of Energy, Raw materials and Environmental Impacts. Evaluation of the Environmental Potential of a Process to Recover Vanadium, Iron and Useful Slag from LUVA slag*, Report within the programme the ”Steel Eco-Cycle”, December 2012. Report within the programme the ”Steel Eco-Cycle”, December 2012.

Mats Almemark och Elisabet Hallberg, *Evaluation of Project 88032. Retention, recovery and recycling of valuable metals. Evaluation of the Environmental Potential of Modified Addition of Mo in the EAF Melting Process*, Report within the programme the ”Steel Eco-Cycle”, December 2012.

Mats Almemark, *Evaluation of Project 88035. Properties of slags. Evaluation of the Environmental Potential of Using Modified AOD Slag as Substitute for Gravel*, Report within the programme the ”Steel Eco-Cycle”, December 2012.

Mats Almemark och Elisabet Hallberg, *Evaluation of Project 88041, Improving High Strength Steels with Energy Efficient Process Routes. Evaluation of the Environmental Potential of Modified Hot Rolling*, Report within the programme the ”Steel Eco-Cycle”, December 2012.

Mats Almemark, *Evaluation of Project 88042, Optimising retained alloy elements in new steel sheet products Evaluation of the Environmental Potential of directly using reduced metal product instead of FeV47 from the VILD process*, Report within the programme the ”Steel Eco-Cycle”, December 2012.

Mats Almemark, *Draft conceptual model for project 88031 New Slag Systems for -Minimised use of Energy, Raw materials and Environmental Impacts*, Report within the programme the ”Steel Eco-Cycle”, 2006

Mats Almemark, *Draft evaluation of project 88031 New Slag Systems for Minimised use of Energy, Raw materials and Environmental Impacts,* Report within the programme the ”Steel Eco-Cycle”, 2006

Erik Furusjö, *Draft evaluation of developments in project 88043 Weight optimisation and material hygiene*, Report within the MISTRA programme ”Towards a closed steel -eco-cycle”, 2007

Erik Furusjö, *Requirements and specification for software tool*, Report within the Mistra programme the ”Steel Eco-Cycle”, 2007

Erik Furusjö och Malin Ribbenhed, *Conceptual model for developments in project 88043 Weight optimisation and material hygiene*, Report within the Mistra programme the ”Steel Eco-Cycle”, 2007

Erik Furusjö och Malin Ribbenhed, *Software platform for environmental and economical*

assessment of programme – criteria and evaluation, Report within the programme the ”Steel Eco-Cycle”, 2005

Erik Furusjö, Malin Ribbenhed och Mathias Thorén, *Conceptual models for -developments in project B1.1, B1.2, B2 and B4.3*, Report within the programme the ”Steel -Eco-Cycle”, 2005

Miljövärdering/Conjoint 88052

Attitude and knowledge – a basis for an efficient environmental communication

Uppdraget

Olika intressenter, som till exempel myndigheter, ägare, anställda och allmänheten, ställer miljökrav på svensk stålindustri. Dessa grupper har olika infallsvinklar och är intresserade av olika frågeställningar. Stålindustrin behöver ett hjälpmedel för att ta fram beslutsunderlag för miljöstrategiska frågor och dialog med intressenter.

Projektets syfte är att utveckla en metod som stålindustrin kan använda för att klarlägga hur olika intressentgrupper uppfattar specifika miljöfrågor. Undersökningsmetoden, conjointanalys, testas genom att användas i två olika studier: dels för att undersöka intressenters inställning till nya material och då särskilt höghållfast stål och dels för att undersöka hur kunskap och rädsla påverkar beslutsfattande när det gäller miljöfrågor.

UTFÖRARE

Linnéuniversitetet, 391 82 Kalmar, 0772-28 80 00, www.lnu.se

PROJEKTLEDNING

Handledare: Universitetslektor Marianne Henningsson, Linnéuniversitetet, marianne.henningsson@lnu.se. Tidigare Professor Tomas Öberg Linnéuniversitetet.
Ordförande för projektgruppen: Joachim Larsson, SSAB EMEA, joachim.larsson@ssab.com
Projektledare Jan-Olof Sperle. jan-olof@sperle.se

FORSKARE

Universitetsadjunkt/doktorand Stina Alriksson, Linnéuniversitetet

INDUSTRIDELTAGANDE

Höganäs AB, Höganäs,
Outokumpu Stainless AB, Avesta och Eskilstuna,
Ovako, Smedjebacken,
Sandvik AB, Sandviken och Hallstahammar
SSAB EMEA, (Borlänge, Luleå och Oxelösund)

AKADEMISKA AVHANDLINGAR

Alriksson S. (2008). *Conjoint analysis as a tool for communication and corporate environmental decision-making*. Licentiate Thesis. Högskolan i Kalmar.
ISBN 978-91-85993-08-6

KONFERENSPUBLIKATIONER

Alriksson, S. och Öberg T. (2005) *Towards a closed steel eco-cycle – conjoint analysis as a decision tool*. Proceedings of Eco-Tech 2005, Kalmar

Alriksson S. och Öberg T. (2006) *Conjoint analysis as a tool for risk communication*. Poster. SRA06, Baltimore, USA

Alriksson S. (2007) *Vilka miljöproblem är viktigast? Ställningstaganden inom och utanför stålindustrin*. Stål 2007, Borlänge

Alriksson S. (2007) *Preferences for carbon dioxide emission mitigation from the Swedish steel industry.* SRA UK Chapter conference on Risk Perception: Current Theories and Debates, Nottingham, Storbritannien

Alriksson S. (2007) *Conjoint analysis: a new method of eliciting environmental preferences and stakeholder group segmentation*. Proceedings of Eco-Tech 2007, Kalmar.

Alriksson, S (2010) The influence of training on preferences. Proceedings of Linnaeus Eco-Tech'10, pp. 676-683. Kalmar, Sweden.

KONFERENSER, MUNTLIGA PRESENTATIONER

Alriksson, S (2007) Preferences for carbon dioxide emission mitigation from the Swedish steel industry. SRA UK Chapter conference on Risk Perception: Current Theories and Debates, Nottingham, UK.

Alriksson S. (2009) Conjoint analysis as a decision tool. SRA Europe 2009 Annual meeting – from the everyday to the extraordinary: challenges for risk analysis and management, Karlstad, Sweden.

Filipsson, M and Alriksson, S. (2012) Environmental decision-making within the steel industry: the role of individuals' worries, knowledge and responsibility. SRA-E conference, Zürich, Switzerland.

Alriksson, S and Henningsson, M. (2012) Hinder vid övergången till mer miljöeffektiva material. Områdesgruppmöte i miljöpsykologi, Stockholms universitet.

VETENSKAPLIGA RAPPORTER

Alriksson S. och Öberg T. (2008). *Conjoint analysis – A useful tool for assessing preferences for environmental issues*. Environmental Science & Pollution Research, 15: 119

Alriksson S. och Öberg T. (2008). *Conjoint analysis for environmental valuation – An overview of methods and applications*. Environmental Science & Pollution Research, 15: 237–250

Alriksson S, Grip CE. (2013) *Steel industry environmental objectives: stakeholder preference assessment using conjoint analysis*. Accepted in Ironmaking & Steelmaking. DOI 10.1179/1743281212Y.0000000087

Pågående

Alriksson, S and Sahlin, U. *Analysing rank based conjoint analysis with multivariate methods*. Manuscript.

Filipsson, M and Alriksson, S. *The role of individuals' worries, knowledge and sense of responsibility in environmental decision making within the steel industry*. Manuscript.

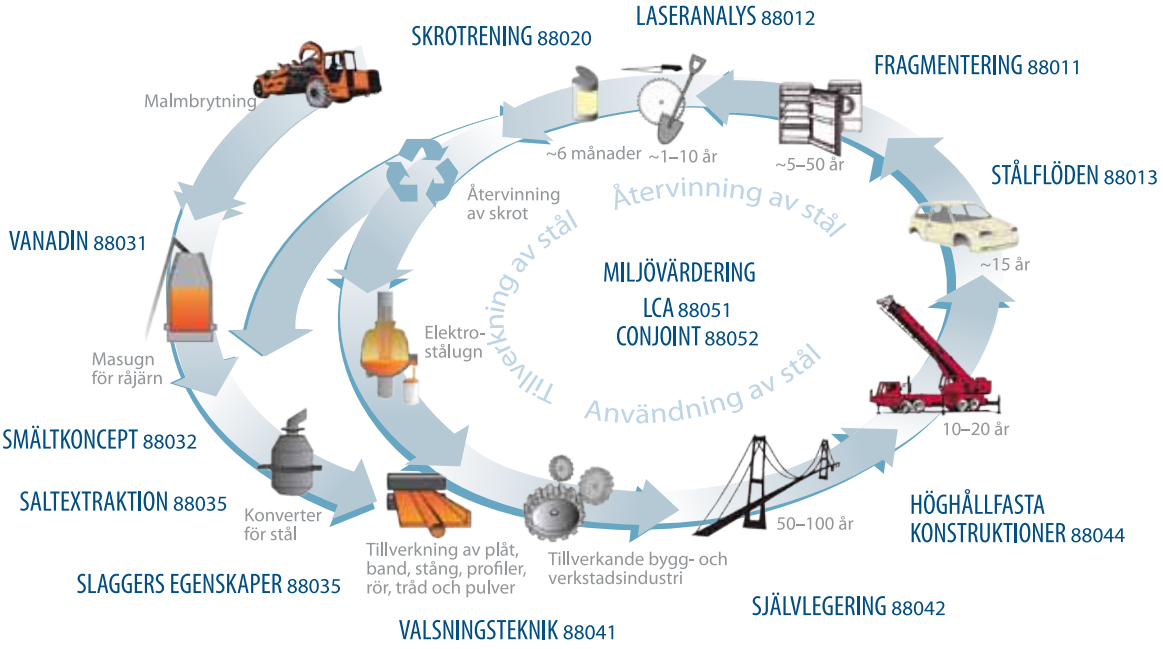
Alriksson S, Henningsson M. *Perceived barriers for substituting materials and preferences for high strength steel characteristics*. Manuscript.

EXAMENSARBETEN

Rydstedt, M. (2011). Kan man förändra miljöattityder med utbildning? http://lnu.diva-portal.org/smash/record.jsf;jsessionid=a9b86a8c3bc666cde9d139d26764?searchId=1&pid=diva2:431347

Mårtensson, M. (2013) Allmänhetens inställning och riskperception gentemot stålverk – en enkätstudie.

STÅLKRETSLOPPET – ETT SPEKTRUM AV PROJEKT



FORSKNING MED PRAKTISK NYTTA

Stiftelsen för miljöstrategisk forskning, Mistra, stöder forskning av strategisk betydelse för en god livsmiljö och hållbar utveckling. Mistra investerar i forskargrupper som i samverkan med användare bidrar till att lösa viktiga miljöproblem. Mistras program följer inte disciplingränser, och forskningsresultaten ska komma till praktisk användning inom företag, förvaltningar och frivilligorganisationer.

DEN SVENSKA STÅLINDUSTRINS BRANSCHORGANISATION

Jernkontoret grundades 1747 och ägs sedan dess av de svenska stålföretagen. Jernkontoret företräder stålindustrin i frågor som berör handelspolitik, forskning och utbildning, standardisering, energi och miljö samt skatter och avgifter. Jernkontoret leder den gemensamma nordiska stålforskningen. Dessutom utarbetar Jernkontoret branschstatistik och bedriver bergshistorisk forskning.

MISTRA
Stiftelsen för miljöstrategisk forskning

Gamla Brogatan 36–38 • 111 20 Stockholm
Telefon 08 791 10 20 • Fax 08 791 10 29
mail@mistra.org • www.mistra.org

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