

| | |
|---|----------------------------|
| Energimyndighetens titel på projektet – svenska Återvinning av platinagruppermetaller från bilkatalysatorer | |
| Energimyndighetens titel på projektet – engelska Recycling of platinum group metals from auto catalyts | |
| Universitet/högskola/företag ScanArc Plasma Technologies/Arc Metal | Avdelning/institution - |
| Adress Box 41, 813 21 Hofors | |
| Namn på projektledare Maria Swartling | |
| Namn på ev övriga projektdeltagare Matej Imris, Bror-Magnus Heegaard, Johan Björklund, Pär Rosendahl | |
| Nyckelord: 5-7 st Bilkatalysatorer, kiselkarbid, återvinning, platina, rodium, palladium | |

Förord

Projektet *Återvinning av platinagruppermetaller från bilkatalysatorer* är finansierat av Energimyndigheten, ScanArc Plasma Technologies och Arc Metal. Projektet är genomfört i samarbete mellan ScanArc och Arc Metal.

Innehållsförteckning

| | |
|--|----|
| Förord..... | 1 |
| Innehållsförteckning | 1 |
| Sammanfattning | 2 |
| Summary | 3 |
| 1. Inledning/Bakgrund | 4 |
| 2. Genomförande | 6 |
| 3. Resultat | 9 |
| 4. Resultatspridning och kommunikation | 9 |
| 5. Diskussion..... | 10 |
| 6. Bilagor | 11 |

Sammanfattning

Projektet *Återvinning av platinagruppermetaller från bilkatalysatorer* har driftsatt och demonstrerat SiCAT i semi-kommersiell skala. SiCAT är en ny behandlingsmetod för att utvinna värdemetaller ur bilkatalysatorer med filtermassa baserat på SiC (kiselkarbid). Denna typ av bilkatalysator introducerades på marknaden 2002 men saknar än idag en etablerad återvinningsmetod vid skrotning. Då medellivslängden för en bil idag är 15-17 år är det högst relevant att en metod kan implementeras i full skala. Det finns ett stort behov att upprätta ett effektivt återvinningssystem av platinagruppermetaller och en hållbar försörjning till bilindustrin.

SiCAT är en process i två smältsteg: 1) försmältning och oxidation av katalysatormassa, följt av 2) utvinning av platinagruppermetaller i traditionell DC-ugn. Fokus för processutveckling, och det nya innovativa i SiCAT, är försmältningssteget. Det nya försmältningssteget togs i drift och i riktade utvecklingskampanjer behandlades SiC-filtermassa. Vid projektets avslut har behandlingsmetoden stegvis utvecklats mot att närma sig projektets mål inom metallåtervinning, miljöegenskaper på restmaterial, behandlingskapacitet och processekonomi. Flaskhalsar har identifierats och successivt byggts bort med ny utrustning och förändrade driftsätt. Den semi-kommersiella pilotanläggningen som utgör försmältningssteget varit mycket lämplig för utvecklingsarbete, optimering och förståelse för de grundläggande metallurgiska mekanismerna.

Nästa steg är därför att fortsätta med riktade utvecklingskampanjer efter projektets avslut, samtidigt som man planerar för en utvidgning av kapaciteten. En utvidgad kapacitet är nyckeln till att skapa ett marknadsvärde i behandlingsmetoden.

Summary

The project *Recycling of platinum group metals from auto catalysts* has commissioned and demonstrated SiCAT on a semi-commercial scale. SiCAT is a new treatment method for extracting valuable metals from automotive catalysts with filter mass based on SiC (silicon carbide). This type of car catalyst was introduced on 2002 but still lacks an established recycling method. Since the average life time of a car today is 15-17 years, it is highly relevant that a method can be implemented on a full scale. There is a high need to establish a platinum group metal recycling system and a sustainable supply to the automotive industry.

SiCAT is a process in two stages of melting: 1) pre-melting and oxidation of catalyst mass, followed by 2) extraction of metals in a traditional DC furnace. The focus for process development, and the new innovation in SiCAT, is the first pre-melting step.

The pre-melting step was taken into operation and treated SiC filter mass in targeted development campaigns. At the end of the project, the treatment method has gradually evolved towards approaching the project's goals in metal recycling, environmental properties of residual material, processing capacity and process economy. Bottlenecks have been identified and gradually been met with new equipment and new modes of operation. The semi-commercial pilot plant constituting the pre-melting step was very suitable for development work, optimization and understanding of the basic metallurgical mechanisms.

The next step is to continue with the development campaigns in semi-commercial scale after the end of the project, while planning for capacity expansion. An expanded capacity is the key to creating a market value in the treatment method.

1. Inledning/Bakgrund

Platinagruppermetaller som platina, palladium och rodium är extremt sällsynta i jordskorpan. Samtidigt är de av stor betydelse för dagens industri och särskilt bilindustrin. Katalysatorer används i fordon för att rena avgaser; de innehåller platinagruppermetaller inbäddade i en katalysatormassa. Europa är den region med högst efterfrågan i världen och metallerna har klassificerats av Europeiska kommissionen som kritiska råvaror.

Bilkatalysatorer står idag för 50% av användandet av platinagruppermetaller. Traditionella katalysatorer har en oxidisk keramisk massa som smälts ner för att kunna utvinna metallerna. Det är en väletablerad smältprocess i en så kallad DC-ugn (en likströmsugn), ett enstegsförfarande som möjliggör en återvinningsgrad på över 99%.

År 2002 skärpte EU kraven på utsläpp från bilar, då introducerades en ny typ av katalysator med katalysatormassa baserad på kiselkarbid (SiC). Att hantera dessa med den traditionella metoden gör att över 50% av metallerna förloras. Över hälften av alla personbilar som producerats på 2000-talet är dieseldrivna och nästan samtliga dessa bilar har SiC-katalysatorer installerade. Den genomsnittliga livslängden för ett fordon är 15-17 år vilket innebär att det nu är aktuellt att i större omfattning behandla SiC-katalysatorer för metallutvinning.

Enligt försäljningsstatistik för bilar kommer mängden SiC-massa från skrotade bilar och returkatalysatorer öka och år 2022 ha nått en stabil nivå på 17 000 ton årligen, innehållande metaller värderat till 7 000 MSEK (baserat på aktuella metallpriser). Idag har industrin inte tillgång till någon smältmetod som kan utvinna detta värde på ett ekonomiskt lönsamt sätt utan stora metallförluster.

ScanArc och Arc Metal avser att utnyttja detta marknadsgap och lansera SiCAT: en innovation för att möjliggöra återvinning av platinagruppermetaller ur bilkatalysatorer med kiselkarbid-(SiC)-massa genom att introducera ett försmältningssteg till den traditionella hanteringen av katalysatorer.

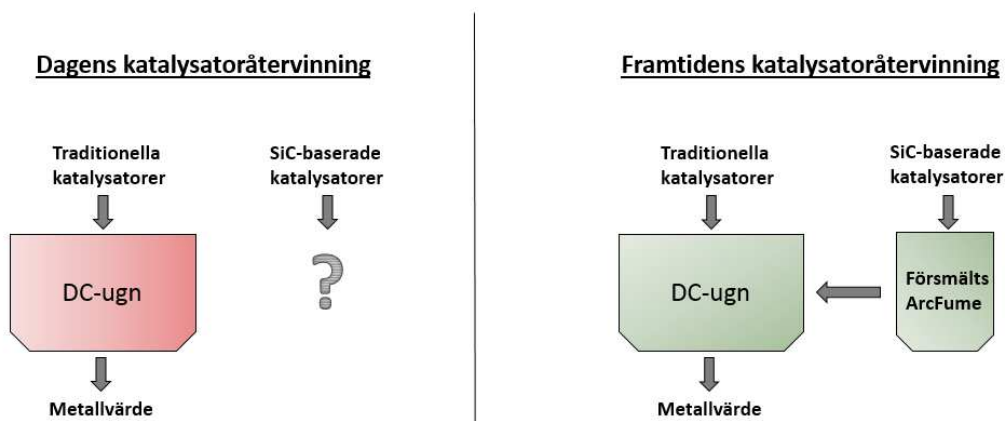
För att öka återvinningsgraden måste katalysatormassan försmältas innan den introduceras i den etablerade processen. Ett två-stegsförfarande föreslås: 1) försmältning och oxidation av katalysatormassa under kraftig omrörning och överskott av syre i processgasen, följt av 2) utvinning av metaller i traditionell DC-ugn där sättning/avskiljning sker i ett lugnt slaggbad med syreunderskott. Steg 1 och 2 sker i två separata reaktorer, men de utgör tillsammans ett integrerat processflöde.

Detta projekt avser att demonstrera SiCAT i ett kontinuerligt processflöde i verklig operativ miljö, det vill säga ta tekniken från TRL 6 (systemet är testat i avsedd miljö med resultat nära förväntan) till TRL 7 (demonstrationssystem fungerar i avsedd miljö i semi-kommersiell skala).

SiCAT möter FN:s hållbarhetsmål om Hållbar industri, innovationer och infrastruktur, Hållbar konsumtion och produktion samt Bekämpa

klimatförändringen. Platina och palladium är mycket sällsynta i jordskorpan och är några av de dyraste av alla kommersiella metaller. Med låg tillgänglighet och viktiga användningsområden är det nödvändigt att upprätta ett effektivt återvinningssystem för en hållbar försörjning.

Projektets budget var 5 448 960 SEK varav Energimyndigheten finansierade 35%. Resterande del finansierades av ScanArc och Arc Metal. Projektet inleddes februari 2019 och avslutades ett år senare i februari 2020.



2. Genomförande

ScanArc har en ArcFume-pilotanläggning (smältsteg 1) för att vidareutveckla och skraddarsy tekniklösningar, där kan man med stor tillförlitlighet demonstrera hur tekniken skulle prestera i industriell skala. Arc Metal har en etablerad industriell smältfabrik (smältsteg 2) för behandling av traditionella katalysatorer.

SiCAT har innan inledandet av detta projekt utvärderats utifrån de separata delarna: logistik, materialpreparering, smältsteg 1 och smältsteg 2 och resultaten har visat teknisk och miljömässig bärkraft. Detta projekt avser att demonstrera SiCAT i ett kontinuerligt processflöde i verklig operativ miljö. Syftet är att visa processen i nära industriell skala, vidareutveckla tekniken genom att upparbeta större tonnage i längre kampanjer och etablera det integrerade processflödet där alla processdelar ingår.

Projektets leds av Maria Swartling från ScanArc. Därutöver är projektet organiserat i två huvudgrupper: teknikutveckling samt marknad och kommersialisering. I varje grupp finns en nyckelperson från respektive företag.

I gruppen för teknikutveckling finns Matej Imris från ScanArc och Johan Björklund från Arc Metal. Båda har forskarutbildning i tillämpad processmetallurgi och lång erfarenhet av metallurgisk processutveckling. I gruppen för marknad och kommersialisering finns VD för respektive bolag: Bror-Magnus Heegaard och Pär Rosendahl. Båda med en gedigen marknadskunskap och erfarenheter av att kommersialisera nya industriella processer. Därutöver ingår processoperatörer som en del i demonstrationsfasen i arbetspaket 3 och 4.

| AP1 | Projektledning |
|-------------------------|---|
| Ansvarig | Maria Swartling, projektledare |
| Beskrivning av innehåll | Projektledaren ansvarar för att planera och genomföra projektet, övervaka projektets tekniska genomförande samt utvärdera och övervaka projektets framsteg i förhållande till projektmål, budget, resurser och tid. |
| Leverans | Leverans 1: Rapporter i enlighet med programmets riktlinjer och rapporteringskrav. |

| AP2 | Fastställa systemkrav |
|-------------------------|---|
| Ansvarig | Johan Björklund, Arc Metal |
| Övriga deltagare | Marknad och kommersialisering: Bror-Magnus Heegaard och Pär Rosendahl Teknikgrupp: Johan Björklund och Matej Imris |
| Beskrivning av innehåll | Fastställa systemkrav för en lyckad demonstration av SiCAT; det ska omfatta kvalitet, miljö, funktion, prestanda, ekonomi och processtekniska aspekter. |

| | |
|----------|--|
| | <p>2.1 Definiera vad som krävs för att få marknadsvärde i projektet för industriell implementering och kommersialisering.</p> <p>2.2 Definiera vad som krävs för att konkurrera med och överträffa andra behandlingsalternativ, och hur tekniken ska uppfylla kraven för teknikmognadsnivå 7: Demonstrationssystem fungerar i avsedd miljö i semi-kommersiell skala.</p> |
| Leverans | <p>Leverans 2.1: Specifikation av marknadsmässiga systemkrav.</p> <p>Leverans 2.2: Specifikation av tekniska systemkrav.</p> |

| AP3 | Etablera ett integrerat processflöde |
|-------------------------|--|
| Ansvarig | Johan Björklund, Arc Metal |
| Övriga deltagare | Teknikgrupp: Johan Björklund och Matej Imris Samt operatörer i demonstrationsanläggning |
| Beskrivning av innehåll | <p>ScanArcs pilotanläggning uppgraderas till en SiCAT-demonstrationsanläggning, När detta projekt tar vid ska hela det integrerade processflödet tas i drift.</p> <p>3.1 Utföra Site Acceptance Test på nyinstallerade komponenter, samt kall- och varmtesta hela processflödet innan uppstart.</p> <p>3.2 Uppstart av det integrerade processflödet för att ta hela demonstrationsanläggningen i drift.</p> |
| Leverans | <p>Leverans 3.1: Site Acceptance-protokoll.</p> <p>Leverans 3.2: Uppstartsprotokoll.</p> |

| AP4 | Demonstration av SiCAT i operativ miljö |
|-------------------------|--|
| Ansvarig | Matej Imris, ScanArc |
| Övriga deltagare | Teknikgrupp: Johan Björklund och Matej Imris |
| Beskrivning av innehåll | <p>Bevaka och gradvis optimera processflödet. Ett team av ingenjörer kommer att stödja driften och genomföra åtgärder för att optimera processen. Denna uppgift är den viktigaste för att nå de övergripande projektmålen. Detta arbetspaket ska demonstrera SiCAT och verifiera det integrerade processflödet i sin operativa miljö. Uppgiften är slutförd när alla systemkrav definierade i Arbetspaket 2 samt projektmålen är uppfyllda.</p> <p>Projektmålen kvalitetskrav:</p> <ul style="list-style-type: none"> Återvinningsgraden för platinagruppermetaller skall vara minst 99%. |

| | |
|----------|---|
| | <ul style="list-style-type: none"> • Det producerade metallkoncentratet skall innehålla minst 5% platinagruppermetaller. • Den kvarstående slaggen efter metallutvinning skall innehålla max 3 ppm av varje enskild platinagruppermetall. <p>Projektmålets miljökrav:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Den kvarstående slaggen efter metallutvinning skall uppfylla mottagningskriterierna för ett icke-farligt avfall enligt Naturvårdsverkets föreskrift NFS 2004:10. <p>Projektmålets krav på prestanda, ekonomi och processeffektivitet:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Etablera ett integrerat processflöde med behandlingskapacitet på 800 kg/h. • Behandlingskostnaden skall understiga 20 000 SEK/ton insatsmaterial. • SiCAT ska uppfylla kraven för teknikmognadsnivå 7: Demonstrationssystem fungerar i avsedd miljö i semi-kommersiell skala. |
| Leverans | Leverans 4: Protokoll att systemkraven är uppfyllda. |

| AP5 | Resultatspridning och kommunikation |
|-------------------------|---|
| Ansvarig | Maria Swartling |
| Övriga deltagare | Marknad och kommersialisering: Bror-Magnus Heegaard och Pär Rosendahl |
| Beskrivning av innehåll | Etablera en strategi för resultatspridning och kommunikation med specifika intressenter och målgrupper. Planen skall sättas i verket efter projektets avslut, efter en framgångsrik demonstration av SiCAT. |
| Leverans | Leverans 5: Efter-SiCAT-kommunikationsplan. |

3. Resultat

Vid inledningen av projektet har ScanArcs pilotanläggning uppgraderas till en SiCAT-demonstrationsanläggning och i detta projekt togs hela det integrerade processflödet i drift. Hela flödet består av logistik, materialpreparering, försmältning och senare metallseparering.

Det innovativa i SiCAT-processen är försmältningssteget, och det är på den processdelen som processutvecklingen primärt har fokuserats. Det nya försmältningssteget togs i drift och man utförde riktade utvecklingskampanjer för att nå projektmålen. Man inledde med att smälta ner SiC-massa utan innehåll av värdemetaller. Efter ett antal kampanjer med råmaterial utan metallvärde övergick man till ”skarpt” råmaterial: SiC-baserad filtermassa med innehåll av platinagruppermetaller.

Vid projektets avslut har behandlingsmetoden stegvis utvecklats mot att närma sig projektets mål inom metallåtervinning, miljöegenskaper på restmaterial, behandlingskapacitet och processekonomi. Flaskhalsar har identifierats och successivt byggts bort med ny utrustning, noggrann uppföljning och förändrade driftsätt. Den semi-kommersiella pilotanläggningen som utgör försmältningssteget varit mycket lämplig för utvecklingsarbete, optimering och förståelse för de grundläggande metallurgiska mekanismerna.

Projektets resultat och målpuppfyllelse återfinns i Bilaga 1.

4. Resultatspridning och kommunikation

ScanArc och Arc Metal har ett intresse i att SiCAT som behandlingsmetod för SiC-baserade katalysatorer implementeras industriellt: ScanArc som en teknikleverantör och Arc Metal som en tjänsteleverantör för smältning och metallåtervinning ur bilkatalysatorer.

En del i projektet var att etablera en strategi för resultatspridning och kommunikation med specifika intressenter och målgrupper, och senare kommersialisering av metoden. Planen skall sättas i verket efter projektets avslut. En del i kommunikationsstrategin är att identifiera marknadsbarriärer, därför utgår strategin för hur man kan bemöta och överkomma dessa barriärer.

Syftet med kommunikationsstrategin är att förkorta tiden att etablera tekniken på marknaden. För ökat fokus på både fortsatt teknikutveckling och marknadsetablering anställdes en dedikerad projektledare i februari 2020.

SiCAT är en helt ny metod, och det i sig utgör en marknadsbarriär för implementering i en konservativ bransch. Syftet med detta projekt var att demonstrera hela processkedjan och visa att den uppfyller kraven för teknikmognadsnivå 7: Demonstrationssystem fungerar i avsedd miljö i semi-

kommersiell skala. Målet är att användare och intressenter i branschen ska förse med tekniska specifikationer och redovisning av metodens ekonomiska fördelar.

Nyckelpartners har varit involverade i teknikutvecklingen sedan start och stor vikt kommer läggas vid nära dialog med dessa i fortsatt processutveckling och optimering.

Intressenter och slutanvändare av tekniken inom den bransch som hanterar platinagruppermetaller utgör en relativt begränsad skara. I Europa finns enbart sex aktörer inom återvinning av dessa metaller. Men den begränsade marknaden kan också vändas till en fördel. ScanArc och Arc Metal är sedan länge kända aktörer i branschen och har ett stort nätverk av personliga kontakter som fortsatt kommer användas för marknadsföring och resultatspridning och tillgång till utrymme på branscharrangemang.

Målsättningen är att använda följande kanaler för resultatspridning och kommunikation:

- Konferensbidrag och närvaro vid arrangemang som organiseras av IPMI (International Precious Metals Institute) där nyckelkunder och intressenter i värdekedjan närvarar.
- Närvaro och nätverkande på London och New York Platinum Week som arrangeras varje år.
- Konferensbidrag och närvaro vid arrangemang som organiseras av BIR (Bureau of International Recycling).
- Konferensbidrag och närvaro vid arrangemang som organiseras av IPMA (International Platinum Group Metals Association).
- Artiklar och pressreleaser i branschrelevant press: nyhetsbrev via IPMI, BIR och IPMA.
- Egna uppdateringar och nyheter på egen hemsida och LinkedIn.

5. Diskussion

SiCAT är en process i två smältsteg: 1) försmältning och oxidation av katalysatormassa, följt av 2) utvinning av metaller i traditionell DC-ugn. Fokus för processutveckling, och det nya innovativa i SiCAT, är försmältningssteget. Det nya försmältningssteget togs i drift och i riktade utvecklingskampanjer behandlades SiC-filtermassa. Vid projektets avslut har behandlingsmetoden stegvis utvecklats mot att närma sig projektets mål inom metallåtervinning, miljöegenskaper på restmaterial, behandlingskapacitet och processekonomi. Flaskhalsar har identifierats och successivt byggts bort med ny utrustning och förändrade driftsätt. Den semi-kommersiella pilotanläggningen som utgör försmältningssteget varit mycket lämplig för utvecklingsarbete, optimering och förståelse för de grundläggande metallurgiska mekanismerna.

Den övergripande målsättningen var att demonstrera SiCAT och uppfylla kraven för teknikmognadsnivå 7: Demonstrationssystem fungerar i avsedd miljö i semi-

kommersiell skala. Man har inte helt uppnått samtliga av de högt ställda målen, men målen är satta främst för att skapa ett marknadsvärde i behandlingsmetoden i full kommersiell skala. I semi-kommersiella skala har processutvecklingen nått så långt det är möjligt, och det har uppvisat mycket positiva resultat. Därmed har man visat att demonstrationssystemet fungerar i avsedd miljö i semi-kommersiell skala.

Nästa steg är att fortsätta med riktade utvecklingskampanjer efter projektets avslut, samtidigt som man planerar för en utvidgning av kapaciteten för att slutligen nå projektmålen. Prognosen är att en utvidgad kapacitet gör att man är redo för industriell implementering av en helt ny behandlingsmetod, ett effektivt återvinningssystem av platinagruppermetaller och en hållbar försörjning till bilindustrin.

6. Bilagor

- Administrativ bilaga FFI 46169-1
- BILAGA 1:
KÄNSLIG INFORMATION FFI Slutrapport 46169-1 Resultat