

Teknisk sett

● **Forbruker** Dingsene det er verdt å ta en titt på i sommer **SIDE 84** ● **Innsikt** Verdens tynneste material **SIDE 90**

5 spørsmål om silisium

Hvordan lages silisium? Vi spør førsteamanuensis Jafar Safarian ved Institutt for materialteknologi ved NTNU.



FOTO: PRIVAT

1 Hva er silisium?

Silisium (Si) er et kjemisk grunnstoff i gruppe 14 i det periodiske systemet. Grunnstoffet det er nest mest av i jordskorpen etter oksygen – omtrent 28 % av massen – og finnes i naturen mest som oksid (kvarts) og silikater. Over 90 % av jordskorpen består av silikatmineraler. Silisium oppfører seg som metall når det smeltes, men har ikke ledningsevne i fast form og er klassifisert som metalloid. Et hardt, sprøtt krystallinsk stoff med blågrå metallisk glans. Silisiums smelte- og kokepunkt er henholdsvis 1414 °C og 3265 °C.

2 Hva brukes silisium til?

Silisium er i mange produkter som halvleder, legeringselement i metalliske produkter og silisiumforbindelser. 15 % av verdensproduksjonen av silisium av metallurgisk kvalitet, med 96–99 % Si-renhet, er videreforedlet til halvlederrenhet; typisk 99,9999999 %. Høy renhet er svært viktig for silisiumsolceller. Hovedanvendelsen etter masse er legeringselement i metalliske produkter. Ferrosilisium – jern-/silisiumlegering – brukes til stålprodukt og støpejern. Metallurgisk silisium brukes også til legeringer, som kommersielle aluminiumslegeringer. Forbindelser som silisider, karbider og oksider har ulike bruksområder. Silisiumkarbid (SiC) som keramisk eller skjærende materiale og molybdendisilisid (MoSi₂) som spiseelement i ovner og i mikroelektronikk som kontaktmateriale.

3 Hvordan produseres silisium?

Elementært silisium utvinnes fra kvarts



FOTO: WIKIMEDIA COMMONS

(SiO₂). Nåværende teknologi er en høytemperatur karbotermisk reduksjonsprosess der kvartspartikler varmes opp, smeltes og reduseres med fast karbon – kull, metallurgisk koks, tre – i nedsenket elektrisk lysbueovn (SAF). Prosessens kjemiske reaksjon: SiO₂ + 2 C → Si + 2 CO Silisiumkarbid (SiC) dannes i de øvre delene av ovnen, og noe av silisiumoksidreduksjonen kan gjøres gjennom følgende reaksjon: 2 SiC + SiO₂ → 3 Si + 2 CO Det produserte silisiumet smeltes og tappes fra SAF, mens CO- og SiO-gasser forlater ovnen. SAF-teknologien brukes med kvarts og jernmalm som råstoff for smeltet ferrosilisiumlegering med 80 % Si og 20 % Fe. SisAl – patentert av NTNU – er en CO₂-fri prosess i pilotskala-testing. I den teknologien gjør aluminium fra sekundære kilder reduksjonen av silisiumoksid i stedet for karbon: 3 SiO₂ + 4 Al → 3 Si + 2 Al₂O₃

4 Hvilke utfordringer er størst ved silisiumproduksjon?

Hovedutfordringen er miljøspørsmål og utslipp. Karbotermisk reduksjon i SAF gir ca. 7,5 kilo CO₂ pr. kilo silisiumpro-

dukt. Forbrenning av ovnens avgass ved hjelp av luft gir NOx-utslipp. Det lages 10–13 gram NOx pr. kilo magnesiumsilisid (MG-Si). Å redusere NOx-utslipp har tekniske og økonomiske utfordringer. MG-Si i SAF gir store mengder SiO-gass i ovnens avgass og uønsket silisiumtap selv om det lages verdifull mikrosilika. Silisiumutbyttet i ovnen er i praksis 80–90 %. Siden silisiummetall er mer verdifullt enn mikrosilisium og støvet i avgassen har spesielle utfordringer, er å øke silisiumutbyttet i ovnen interessant. Produksjon av MG-Si i karbotermisk reduksjon har høyt energiforbruk med 11–13 kWh/kg Si.

5 Hva bør forskningen fokusere på framover?

Redusering av CO₂- og NOx-utslipp er av høyeste prioritet. Avkarbonisering i metallurgisk industri for å nå de definerte målene i de internasjonale avtalene for 2050. Eksisterende teknologier må forbedres for vesentlig lavere eller null CO₂-utslipp. Brukt elektrisk energi for prosessen kan gi indirekte CO₂-utslipp, så lavere energiforbruk for prosessen er viktig. Å utvikle nye alternative bærekraftige prosesser, hvor SisAl er et godt eksempel med betydelig lavere CO₂-utslipp, ingen NOx-utslipp, lavere energiforbruk og høyt silisiumutbytte. Gjenvinning fra End of Life-produkter (EOL) som brukte PV-panel. Forskning på separering av produktkomponenter og resirkulering av høyrent silisium og utvikling av teknologier.

MERETHE RUUD redaksjonen@tu.no