



**AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA**  
*im. Stanisława Staszica*  
*w Krakowie*

**WYDZIAŁ INŻYNIERII METALI I  
INFORMATYKI PRZEMYSŁOWEJ**



## **Metalurgia Metali Nieżelaznych**

### **Wykład 17**

**Autorzy:**

**prof. dr hab. inż. Jan Wypartowicz**

**prof. dr hab. inż. Andrzej Łędzki**

**dr inż. Paweł Drożdż**

**dr inż. Ryszard Stachura**

## **Własności manganu**

**Mangan jest srebrzysto-szarym metalem, podobnym do żelaza. Twardy i bardzo kruchy. Topi się trudno, za to łatwo utlenia. W porównaniu z żelazem łatwo paruje.**

**Temperatura topnienia 1246 °C, temperatura wrzenia 2061 °C. Gęstość stałego Mn 7.21 g/cm<sup>3</sup>, ciekłego Mn 5.95 g/cm<sup>3</sup>.**

## **Występowanie manganu**

Istnieje ok. 250 minerałów, które można uważać za rudy manganu. Są to głównie tlenki bezwodne lub uwodnione, rzadziej węglany i krzemiany.

**Piroluzyt**       $\beta - \text{MnO}_2$

**Braunit**       $\text{Mn}^{2+}\text{Mn}_6^{3+}\text{SiO}_{12}$

**Manganit**       $\gamma - \text{MnOOH}$

**Hausmanit**       $\text{Mn}_2\text{MnO}_4$

**Jakobsyt**       $\text{Fe}_2\text{MnO}_4$

**Rodonit**       $(\text{Mn}, \text{Fe}, \text{Ca})\text{SiO}_3$

**Rodochrozyt**       $\text{MnCO}_3$

**Metaliczny mangan znajduje się w bryłach pokrywających dna oceanu.**

**Produkcja manganu 2005 r. (w tys. ton)  
(statystyka obejmuje żelazomangan i manganokrzem)**

	<b>FeMn powyżej 2% C</b>	<b>FeMn poniżej 2% C</b>	<b>SiMn</b>
<b>Europa</b>	<b>970</b>	<b>236</b>	<b>2074</b>
<b>Afryka i Bl. Wschód</b>	<b>384</b>	<b>152</b>	<b>266</b>
<b>Ameryka Płn. i Płd.</b>	<b>172</b>	<b>158</b>	<b>456</b>
<b>Azja i Australia</b>	<b>2221</b>	<b>422</b>	<b>3212</b>
<b>Razem</b>	<b>3757</b>	<b>968</b>	<b>6008</b>

*Metalurgia Metali Nieżelaznych W. 17.*

**Ceny manganu 2005 r.**

<b>Mangan elektrolityczny</b>	<b>2 USD/kg</b>
<b>Żelazomangan niskowęglowy</b>	<b>1.1 USD/kg</b>
<b>Żelazomangan wysokowęglowy</b>	<b>0.6 USD/kg</b>

## **Zastosowanie manganu**

**Ponad 90 % w metalurgii stali jako powszechny składnik. Mangan pełni funkcje odtleniacza i stabilizatora siarki.**

**Większa zawartość Mn np. w tanich stalach nierdzewnych oraz stalach Hadfielda , a także w szeroko stosowanych stopach aluminium.**

**Ważniejsze związki manganu:**

**$\text{KMnO}_4$  – nadmanganian potasu – b. silny utleniacz i środek dezynfekujący.**

**$\text{MnO}_2$  – tlenek Mn(IV) jest używany jako katalizator (także depolaryzator w tzw. suchych ogniwach).**

**$\text{MnO}$  – tlenek Mn(II) – składnik nawozów i w ceramice**

**Sole manganu stosowane do barwienia szkła.**

## **Wzbogacanie rud manganowych**

**Oprócz kruszenia, mielenia i separacji sitowej stosowane są inne techniki stosowane jest wzbogacanie grawitacyjne, a na mniejszą skalę flotacja i wzbogacanie magnetyczne.**

**Następnym etapem jest spiekanie.**

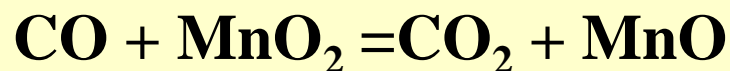
## **Przerób koncentratów na drodze elektrolizy**

**Roztwór do elektrolizy otrzymuje się przez ługowanie koncentratu manganowego.**

**Koncentrat musi być rozdrobniony do wielkości poniżej 75  $\mu\text{m}$ .**

**Mielenie na sucho, a koncentrat transportowany pneumatycznie do ługowania.**

**Większość minerałów zawiera Mn(IV), którego związki są trudno rozpuszczalne. Dlatego stosuje się częściową redukcję do Mn(II) przez prażenie w atmosferze redukcyjnej w temp. 850 – 1000  $^{\circ}\text{C}$ .**



**Wyprażony koncentrat musi być ochłodzony w atmosferze redukcyjnej poniżej 100  $^{\circ}\text{C}$ , aby zapobiec reoksydacji.**



## **Ługowanie**

**Koncentrat jest mieszany z zużytym elektrolitem, który zawiera 2 – 5 % kwasu siarkowego. Oprócz manganu rozpuszcza się żelazo Fe(II), także obecne w spieku.**

**Przy pH 5 – 6 Fe(II) utlenia się przy pomocy powietrza do Fe(III). Powstający wodorotlenek żelaza strąca się z roztworu.**

**Inne metale usuwane są w postaci siarczków przy odpowiednio dobranym pH. Roztwór przed elektrolizą poddaje się filtracji i oczyszczaniu (możliwa także wymiana jonowa i ekstrakcja).**

## **Elektrowydzielanie**

**Chociaż mangan posiada dość silnie ujemny potencjał elektrodowy (- 1.13 V), to nadnapięcie wodoru na manganie jest tak wysokie, że umożliwia jego wydzielanie.**

**Konieczne jest, by w roztworze nie występowały inne kationy.**

**Mangan jest produkowany w elektrolizerze z diafragmą. Katoda jest wykonana z tytanu lub stali nierdzewnej. Anoda jest wykonana ze stopu ołowiu z wapniem lub ze srebrem. Ostatnio stosuje się anody powlekanie metalami z grupy platyny.**

**Diafragma jest zazwyczaj wykonana z polimerowej sztywnej tkaniny.**

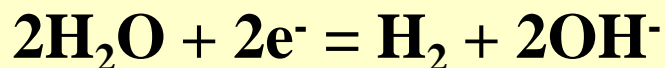
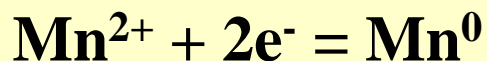
**Przed poddaniem elektrolizie roztwór jest traktowany dwutlenkiem siarki lub dwutlenkiem selenu. Te substancje podnoszą wydajność prądową i zapewniają uzyskanie twardego i kruchego osadu  $\alpha$ -Mn.**

**Do roztworu dodawany jest również siarczan amonowy jako pomocniczy elektrolit.**

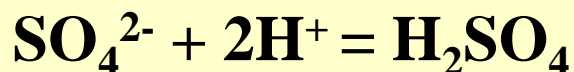
**Parametry procesu:**

<b>Stężenie MnSO<sub>4</sub></b>	<b>4 %</b>
<b>Stężenie (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></b>	<b>13 %</b>
<b>pH</b>	<b>7.0</b>
<b>Gęstość prądu anodowa</b>	<b>1000 A/m<sup>2</sup></b>
<b>Gęstość prądu katodowa</b>	<b>500 A/m<sup>2</sup></b>
<b>Potencjał</b>	<b>5 – 7 V</b>

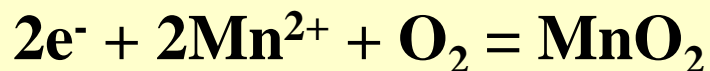
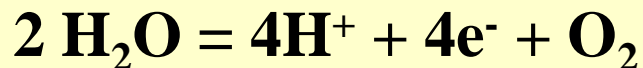
**Reakcje katodowe:**



**Reakcja na diafragmie:**



**Reakcje anodowe:**



**Przebiegająca równocześnie elektroliza wody jest przyczyną niskiej wydajności prądowej (42 – 62 %).**

**Czas osadzania zależy od gęstości prądu i wynosi 12 – 30 godz. Wydajność prądowa spada silnie przy większej grubości osadu, ten z kolei musi mieć przynajmniej 1.5 mm grubości.**

**Po wyjęciu elektrody osad usuwany jest mechanicznie, płukany i suszony. Zaadsorbowany wodór jest usuwany przez ogrzewanie w powietrzu lub w atmosferze obojętnej.**

## **Proces elektrotermiczny**

**Ruda manganowa jest topiona w piecu łukowym z ograniczoną ilością reduktora. W pierwszej kolejności redukuje się żelazo i niewielka ilość manganu. Tworzy się żelazomangan z niewielką zawartością manganu i dużą zawartością fosforu.**

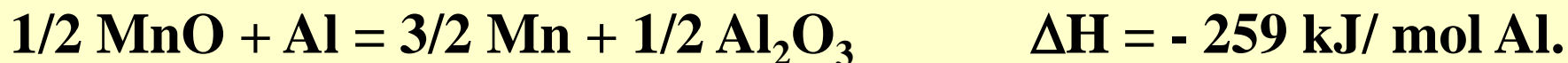
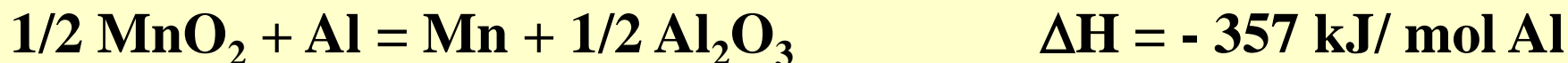
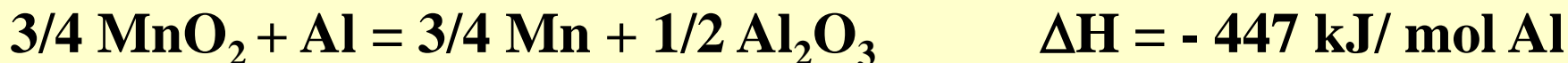
**Właściwym surowcem do produkcji manganu jest żużel, który redukuje się do krzemo-manganu o zawartości krzemu ok. 30 %.**

**Ciekły krzemo-mangan jest traktowany w kadzi ciekłym żużlem zasadowym, który wiąże krzem. Proces ten jest dwuetapowy.**

**Otrzymany mangan elektrotermiczny zawiera 96 – 98 Mn, 3 % Fe, 0.5 % Si, 0.05 % C, 0.05 % P.**

## **Proces aluminotermiczny**

**Możliwe są tu różne reakcje tlenków manganu z aluminium.**



**Ustalono, że entalpia reakcji pomiędzy 272 a 314 kJ/ mol Al pozwala na samoczynny przebieg procesu (bez dostarczania ciepła), a równocześnie proces ten nie jest wybuchowy.**

**Tak więc surowiec musi zawierać pewną ilość MnO albo Mn<sub>3</sub>O<sub>4</sub>. Uzyskuje się to w razie potrzeby przez prażenie w atmosferze redukcyjnej w temp. ok. 1000 °C.**

**Do koncentratu dodaje się wapno, aby związać krzemionkę i uzyskać płynny żużel, który łatwo oddziela się od ciekłego manganu.**

**Wadą procesu jest wysoka cena glinu, a także obecność pyłu aluminium i manganu w gazach z procesu.**

### **Proces silikotermiczny**

**Surowcem jest tu albo ruda manganowa o niskiej zawartości żelaza, albo żużel o wysokiej zawartości manganu.**

**Krzem jest wprowadzany w postaci manganokrzemu, zawierającego 33 % Si i poniżej 3 % Fe.**

**Proces prowadzi się w piecu łukowym.**

**Otrzymuje się mangan o składzie: 93 – 97 % Mn, 1.5 % Si, C < 0.1 %, P < 0.06 %.**

## **Własności krzemu**

**Krzem jest szarym pierwiastkiem z metalicznym połyskiem, twardy i kruchy. Prezentuje własności chemiczne pośrednie między metalami a niemetalami.**

**Pod względem elektrycznym jest półprzewodnikiem.**

**Temperatura topnienia 1687 °C, temperatura wrzenia 3538 °C.**

**Gęstość stałego krzemu 2.33 g/cm<sup>3</sup>, gęstość ciekłego 2.57 g/cm<sup>3</sup>.**

**Pod względem chemicznym krzem przypomina węgiel. Reaguje z chlorowcami i alkaliami, natomiast jest odporny na działanie kwasów (z wyjątkiem mieszaniny kwasu azotowego i fluorowodorowego).**



## **Występowanie krzemu**

**Krzem jest drugim co do ilości (po tlenie) pierwiastkiem w skorupie ziemskiej i stanowi 25.7 % jej masy.**

**Występuje przede wszystkim jako dwutlenek krzemu, który ma postać wielu minerałów: piasek, ametyst, agat, kwarc, jaspis, chalcedon, flint, opal.**

**W licznych krzemianach i glinokrzemianach: granit, piaskowiec, skaień, azbest, mika, różne gatunki glin.**

## **Produkcja krzemu**

**Krzem produkowany jest na trzech poziomach czystości:**

**- Czystości metalurgicznej MG-Si (najczęściej 99 - 99.7 % Si, główne zanieczyszczenia Fe, Al, Ca, Ti). Cena krzemu metalurgicznego do 2 USD/kg.**

**- Na ogniwa słoneczne SoG-Si (Al: 2- 3 ppm, Fe: 0.05 – 20 ppm, Ca: 0.06 – 0.3 ppm, Ti: 0.005 - 0.05). Krzem ten jest rafinowany metalurgicznie z gatunku MGSi, a następnie poddawany krystalizacji kierunkowej). Zapotrzebowanie rośnie w tempie 30 % rocznie. Aktualna cena 100 – 300 USD/kg.**

**-Krzem o czystości elektronicznej (półprzewodnikowej) SG-Si.**

**Obecnie światowa produkcja krzemu solarnego i półprzewodnikowego wynosi kilkadziesiąt tysięcy ton, a cena wynosi ok. 40 USD/kg.**

## **Zastosowanie krzemu**

**Największe zużycie krzemu metalurgicznego (ok. 55 %) – stopy odlewnicze z glinem – siluminy.**

**Pozostały krzem w produkcji stali i żeliwa (głównie w postaci żelazokrzemu) oraz jako reduktor (np. magnezu w procesie Pidgeon).**

**W elektronice, fotonice i ogniwach słonecznych.**

**Związki krzemu:**

**Szkło na bazie  $\text{SiO}_2$**

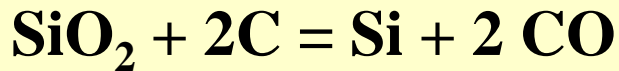
**Jako składnik cementu, betonu i cegieł,**

**Porcelana techniczna i stołowa,**

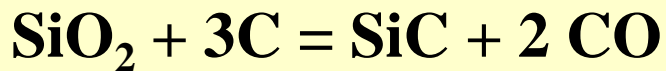
**Węglik krzemu – ważny materiał ogniotrwały o dobrym przewodnictwie cieplnym i elektrycznym na tygle, rury pieców i elementy grzejne. Także jako proszek ścierny.**

## **Produkcja metalurgicznego krzemu**

**Krzem metalurgiczny produkowany jest głównie przez redukcję karbotermiczną dwutlenku krzemu:**



**Podczas procesu karbotermicznego należy się zabezpieczyć przed dwoma reakcjami ubocznymi:**



**Proces prowadzony jest w elektrycznym piecu łukowym. W tym samym urządzeniu można również produkować żelazokrzem.**

**Przy produkcji krzemu używa się elektrod grafitowych, a przy produkcji żelazokrzemu spiekanych elektrod Soederberga (rura blaszana wypełniona masą węglową).**

*Metalurgia Metali Nieżelaznych W. 17.*

**Surowce: kwarcyt kawałkowy, koks,, np. koks naftowy, węgiel innego pochodzenia (drzewny) i kawałki drewna (dla poprawy wentylacji).**

**Na wyprodukowanie 1 Mg krzemu zużywa się:**

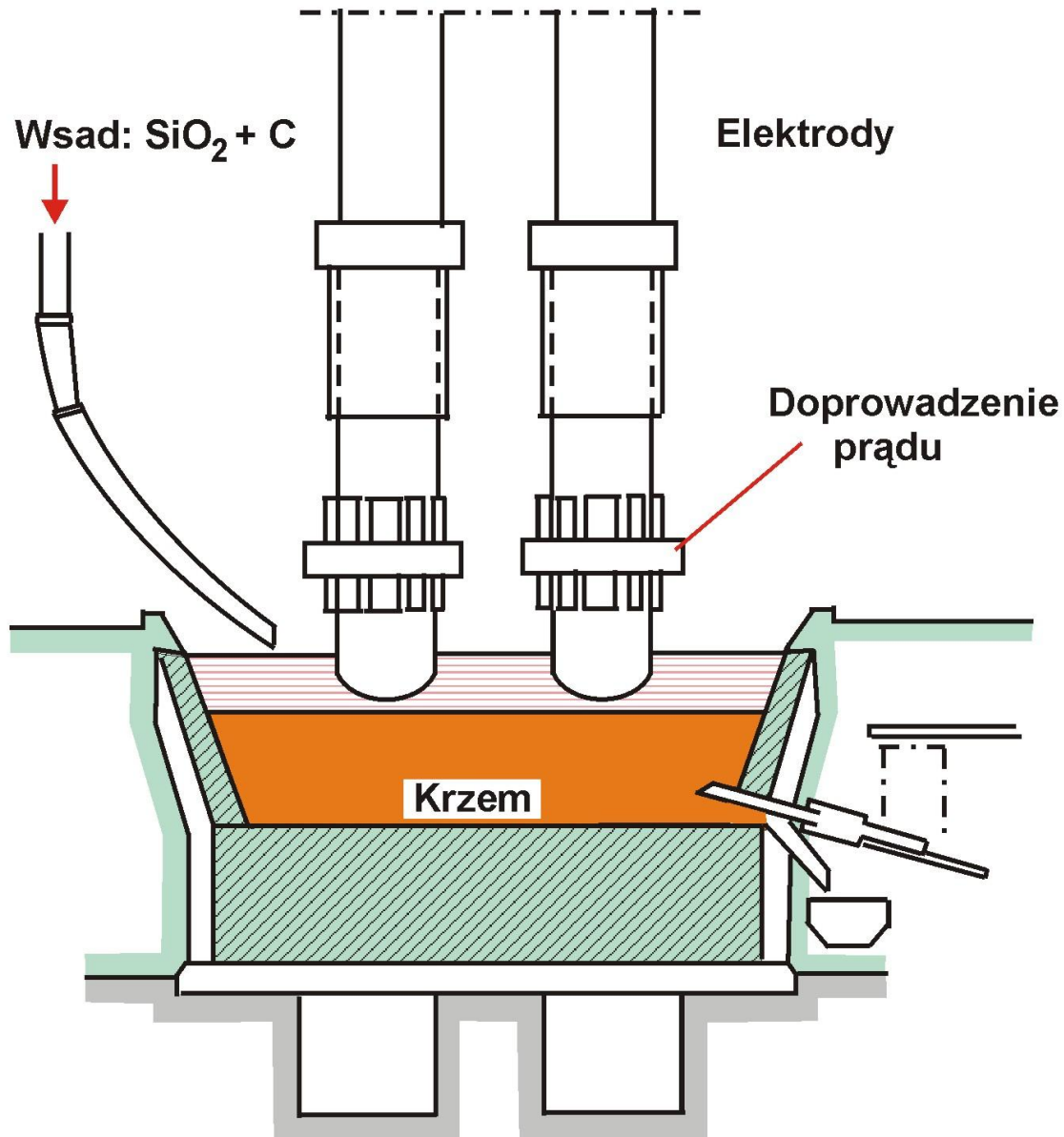
**2.9 – 3.1 Mg kwarcytu,**

**1.2 – 1.4 Mg koksu.**

**Zużycie elektrod grafitowych 120 – 140 kg/Mg Si**

**Produktem jest krzem czystości metalurgicznej:**

**0.5 % Fe, 0.4 % Al., 100 – 400 ppm Ca, Cr, Mg, Mn, Ni, Ti, V,  
20 – 40 ppm B, Cu, P, Zr.**



## Elektrotermiczna produkcja krzemu

## **Metoda oparta na czterofluorku krzemu**

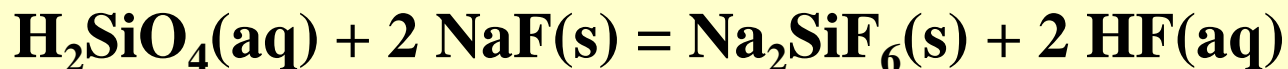
**Surowcem jest czterofluorek krzemu  $\text{SiF}_4$ , który jest otrzymywany przy produkcji superfosfatu z minerałów fosforanowych.**

**Ruda zawiera  $\text{CaF}_2$ , który jest przetwarzany na HF działaniem kwasu siarkowego.**

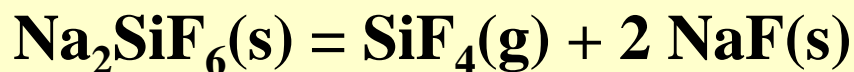
**HF reaguje następnie z krzemionką i powstaje  $\text{SiF}_4$ .**

**Po rozpuszczeniu  $\text{SiF}_4$  w wodzie otrzymuje się kwas fluorokrzemowy  $\text{H}_2\text{SiF}_6$ .**

**Po dodaniu fluorku sodu otrzymuje się fluorokrzemian sodu:**

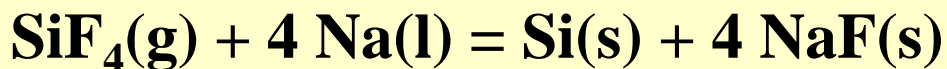


**Po odfiltrowaniu roztworu i wysuszeniu  $\text{Na}_2\text{SiF}_6$  rozkłada się w  $920^\circ\text{C}$ .**



**Następnie SiF<sub>4</sub> jest oczyszczane przez przepuszczanie nad żelazem w temperaturze 800 °C dla usunięcia resztek powietrza i SO<sub>2</sub>, a następnie dodatkowo oczyszczane przez destylację.**

**Czterofluorek krzemu redukowany jest sodem do krzemu:**



**Krzem uzyskuje się w postaci proszku.**

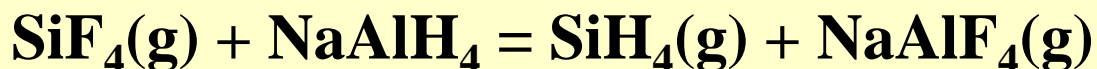
**Reakcja jest egzotermiczna i jej ciepło wystarcza na utrzymanie temperatury reakcji 500 °C.**

**Dla oddzielenia krzemu od NaF mieszanina jest topiona, a zanieczyszczenia przechodzą do NaF.**

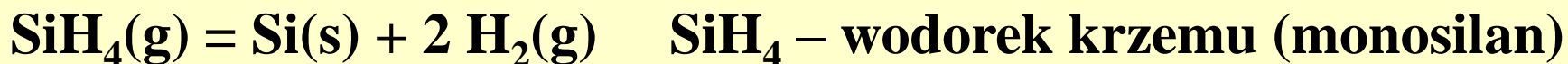
**Proces wytwarza 4 razy więcej NaF niż krzemu, a więc jest opłacalny wtedy, gdy jest popyt na NaF.**



**Alternatywny sposób przeróbki kwasu fluorokrzemowego:**



**Można też używać  $\text{KAlH}_4$  lub jego mieszaniny z  $\text{NaAlH}_4$ .**

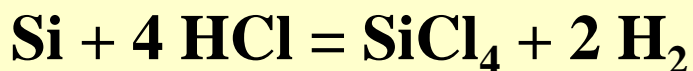
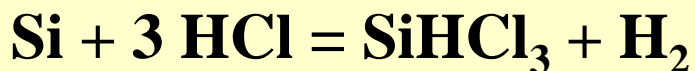


**Produkcja krzemu elektronicznego (półprzewodnikowego)**

**Materiałem wyjściowym do produkcji SG-Si jest krzem metalurgiczny wyprodukowany metodą karbotermiczną (90 %) oraz metodą rozkładu wodorku (10 %).**

**Zmielony do rozmiarów piasku krzem umieszcza się w reaktorze fluidyzacyjnym, gdzie gazem nośnym jest chlorowódor. Reakcja przebiega w temp. 650 °C.**

**Powstaje trójchlorosilan i czterochlorek krzemu:**



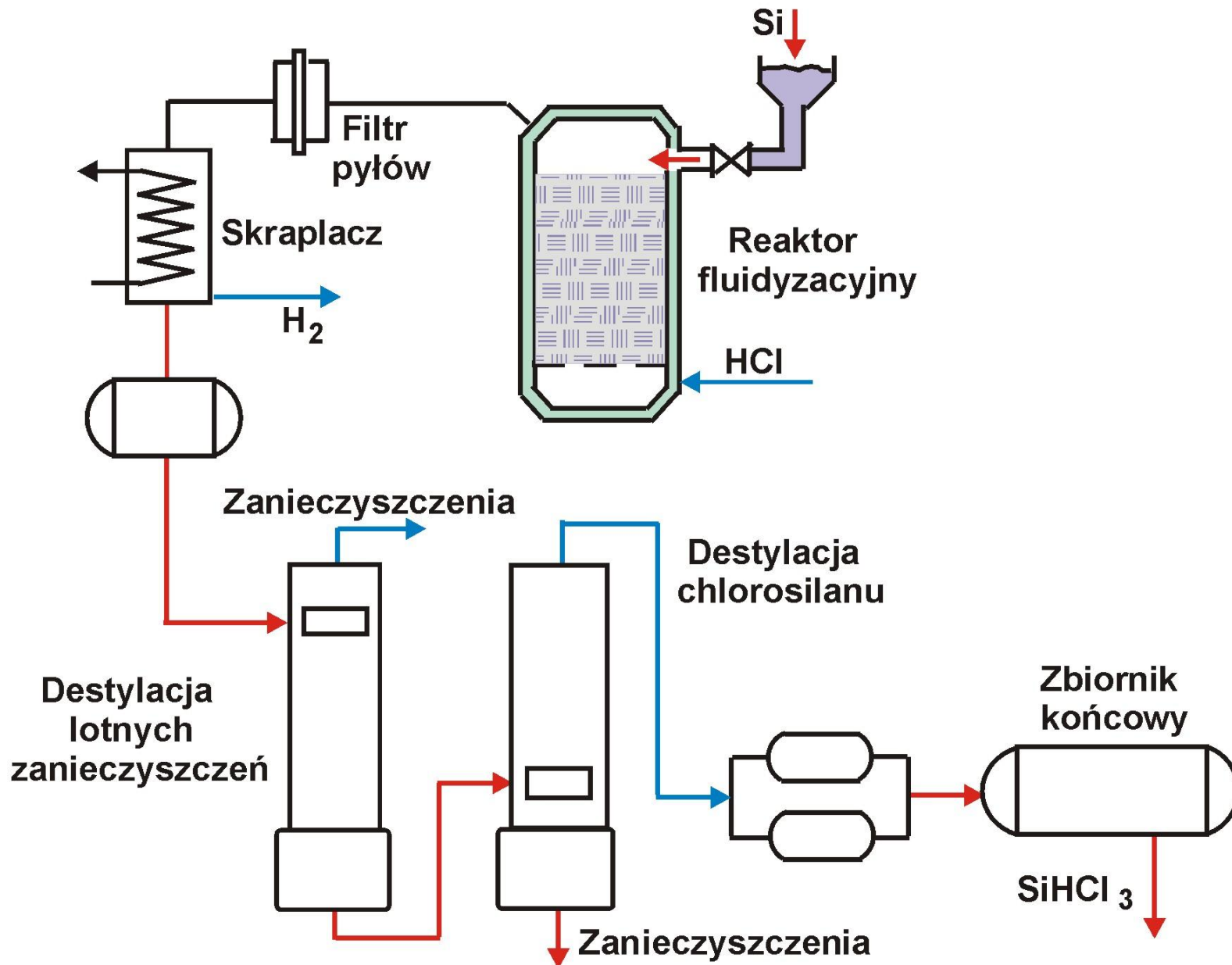
**Tworzą się również inne chlorosilany i i związki zanieczyszczeń. Są one usuwane przez dwustopniową destylację, co umożliwia temperatura wrzenia  $\text{SiHCl}_3$  : 305 °C.**

**W pierwszym etapie destylacji odparowane są bardziej lotne zanieczyszczenia.**

**W drugim etapie odparowany jest chlorosilan.**

**Aby usunąć bor i fosfor (najbardziej szkodliwe pod względem własności elektrycznych), chlorki boru(III) i fosforu(III) przekształcane są w mniej lotne związki przy pomocy substancji kompleksujących.**

*Metallurgia Metali Nieżelaznych W. 17.*

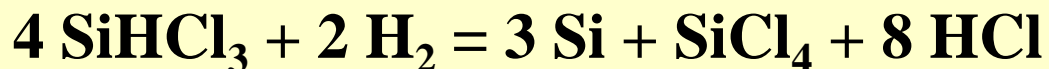


**W ten sposób można otrzymać chlorosilan o zawartości boru i fosforu poniżej 1 ppba (ppb atomowo).**

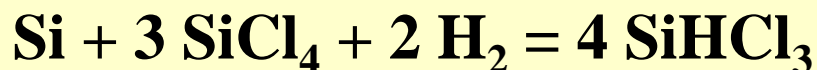
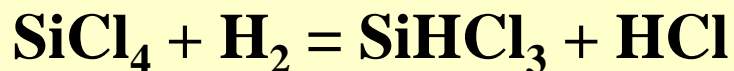
**Na ogół prowadzi się proces z użyciem chlorosilanu, który jest bezpieczniejszy w użyciu niż silan.**

**Z chlorosilanu uzyskuje się następnie krzem metodą CVD (osadzanie z reakcją chemiczną) – Siemens i Halske 1952.**

**Reakcja silnie endotermiczna, wymaga temperatury pow. 1100 °C:**



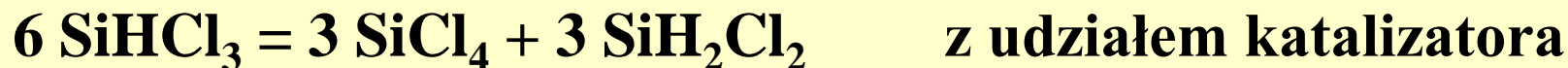
**Produkt uboczny SiCl<sub>4</sub> jest częściowo z powrotem przetwarzany w chlorosilan:**



**Pozostały  $\text{SiCl}_4$  używany jest do produkcji bardzo drobnego krzemu, syntetycznego szkła kwarcowego i nici kwarcowych, a także do osadzania warstw krzemowych w elektronice.**

**Reakcja osadzania z fazy gazowej odbywa się na prętach krzemowych czystości półprzewodnikowej, średnica 8 mm.**

**Inny wariant metody CVD polega na przetworzeniu  $\text{SiHCl}_3$  w  $\text{SiH}_4$ :**



**Reakcja CVD jest rozkładem silanu w temp. pow.  $700^\circ\text{C}$  na prętach krzemowych:**



## **Żelazostopy**

**Produkowane masowo: żelazochrom, żelazokrzem, żelazo-mangano-krzem i żelazonikiel (stanowią 90 % produkcji w UE)**

**Żelazostopy specjalne: żelazowanad, żelazomolibden, żelazo-wolframo-tytanobor i żelazoniob.**

**Żelazochrom zawiera 45 – 75 % chromu i 0.01 – 10 % węgla.**

**Produkuje się go z rudy chromitowej, zawierającej tlenki żelaza i chromu. Chromit jest przeważnie miałki, musi zostać spieczony albo brykietowany.**

**Żelazochrom wysokowęglowy produkuje się w elektrycznych trójfazowych piecach łukowych. Żelazochrom i żużel spuszczone są do tej samej kadzi, z której żużel przelewa się górną do kadzi żużlowej.**

**Ważna jest duża czystość reduktora węglowego, ponieważ 60 – 90 % fosforu oraz 15 – 35 % siarki przechodzi do metalu.**

**Żelazochrom średniowęglowy może być produkowany silikotermicznie z chromitu albo przez odwęglanie żelazochromu wysokowęglowego w konwertorze tlenowym.**

**Żelazochrom niskowęglowy powstaje w EU jedynie przez redukcję silikotermiczną żużla wapniowo – chromitowego.**

**Żelazokrzem – do 96 % Si, krzemometal – pow. 96 % Si oraz krzemowapń – 60 – 65 % Si oraz 30 – 35 % Ca.**

**Surowce: kwarc, koks, inne rodzaje węgla, ruda żelazna (dla żelazokrzemu) oraz wapno (dla krzemowapnia). Żelazostopy te produkowane są w niskoszybowym piecu łukowym**

## **Żelazomangan i krzemomangan**

**Żelazomangan nisko – (max. 0.5 % C), średnio –(max. 1.5 %) i wysokowęglowy (max. 7.5 % C).**

**Krzemomangan (max. 2 % C), krzemomangan niskowęglowy (max. 0.05 % C).**

**Proces bazuje na rudach manganu i żelaza.**

**Żelazomangan wysokowęglowy może być produkowany zarówno w piecu szybowym (podobny do wielkiego pieca), jak i w bezpośrednim trójfazowym piecu łukowym.**

**Do redukcji tlenków manganu potrzebna jest wyższa temperatura, niż tlenków żelaza. Zużycie koksu jest duże, więc produkcja w piecu łukowym jest częściej stosowana.**



**Dodatkowe trudności przy topieniu rud manganowych w piecu elektrycznym:**

- parowanie manganu znacznie silniejsze niż żelaza – konieczna dokładna kontrola temperatury,**
- niska oporność wsadu – piec musi pracować przy niższym napięciu, więc dla uzyskania odpowiedniego prądu elektrody muszą mieć większy przekrój. Elektrody te są typu Soederberga.**

**Żużel jest zazwyczaj bogaty w mangan (do 30 %) i używany jest do produkcji krzemomanganu.**

**Żelazomangan średniowęglowy produkuje się albo silikotermicznie, albo przez konwertowanie żelazomanganu wysokowęglowego tlenem. Metoda silikotermiczna wymaga rudy manganu i wapna albo żużla bogatego w mangan i krzemomanganu.**

**Żelazomangan niskowęglowy jest produkowany w piecu elektrycznym łukowym w procesie silikotermicznym.**

**Krzemomangan (15 – 35 % Si) produkuje się z rudy manganu i kwarcu albo z żużla bogatego w mangan w piecu elektrycznym łukowym.**

**Żelazonikiel produkuje się z pierwotnych rud laterytowych o zawartości do 3 % Ni.**

**Suszenie laterytu i wstępna redukcja tlenków niklu i żelaza odbywa się w piecu obrotowym, a następnie redukcja w piecu elektrycznym.**

## **Recykling złomu akumulatorowego**

**Złom dzielony jest na dwie frakcje zawierające ołów:**

**-Metaliczną – głównie ołów w postaci płyt i kratek, niewielkie ilości innych składników akumulatorów (elementy obudowy bakelitowej i przekładek PCV, szlamy) o składzie:**

**Stop Pb-Sb – 80 – 85 %**

**Szlamy ( $\text{PbSO}_4$ ,  $\text{PbO}_2$ ) – 6 – 10 %**

**Inne (głównie tworzywa sztuczne) – 6 – 10 %.**

**Średnia wilgotność ok. 4.2 % mas.  $\text{H}_2\text{O}$ .**

**- Szlamową – głównie siarczan i tlenek ołowiu z nieznacznymi ilościami ołowiu metalicznego i zanieczyszczeń organicznych z obudowy o składzie:**

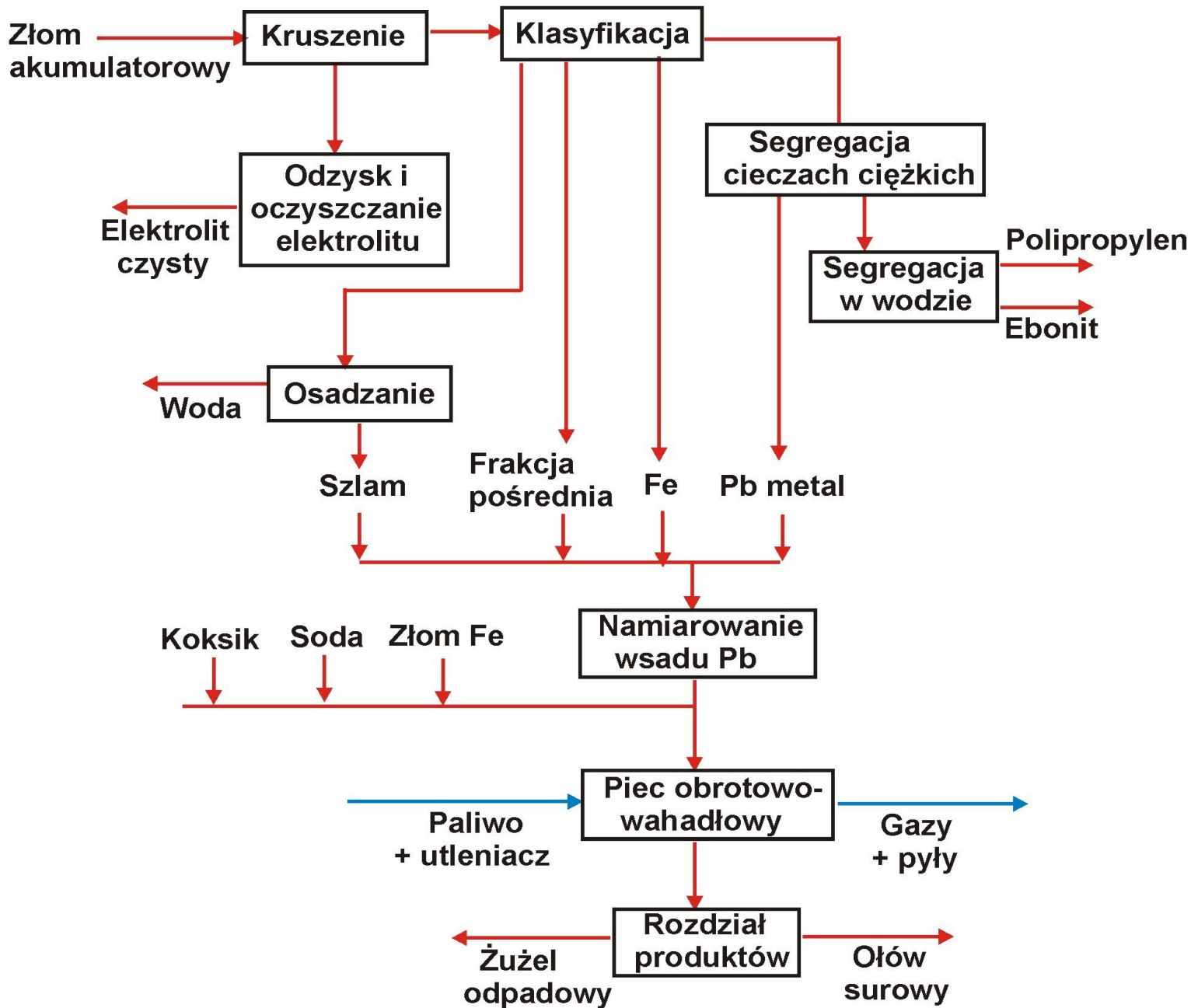
**$\text{PbSO}_4$  – 60 – 70 %**

**$\text{PbO}_2$  – 25 – 30 %**

**Inne (głównie tworzywa sztuczne) – 8 -12 %.**

**Średnia wilgotność ok. 18 %  $\text{H}_2\text{O}$ .**

# Metalurgia Metali Nieżelaznych W. 17.



**Piece obrotowo – wahadłowe mają kształt poziomego walca: długość 6 m, średn. zewn. 2.6 m, średn. wewn. 2.05 m.**

**W obu końcach są otwory o średn. 0.5 m na wprowadzenie palników i odlot gazów.**

**W środkowej części poboczniczy znajduje się otwór 0.59 m do wprowadzania wsadu oraz spustu ciekłych produktów.**

**Palniki gazowo – olejowe. Gaz ziemny jest podstawowym paliwem.**

**Oddzielnie przetapia się frakcję metaliczną i szlamową. Jednorazowy wsad 6.5 – 7 Mg.**

**Dodatki dla frakcji metalicznej:**

**Koks 400 kg, soda 300 kg.**

**Temperatura procesu 1050 – 1150 °C.**

**Czas przetopu 3 godz. 20 min.**

**Dodatki do frakcji szlamowej:**

**Koks 450 kg, soda 400 kg.**

**Temperatura procesu 900 – 950 °C.**

**Czas przetopu 3 godz. 40 min.**

**Produkt z pieca wylewa się do kokili, w której następuje oddzielenie ołowiu od żużla. Odstawanie ciekłych produktów trwa 3 godz.**

**Produkty**

**Surowy ołów antymonowy 96.7 – 98.1 % Pb i 1.6 – 2.9 % Sb.**

**Żużel odpadowy 30 – 40 % Fe, 3 – 10 % Pb, do 13 % Na, do 9 % Cl, a także  $\text{SiO}_2$  i  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .**

**Pyły, które zawierają tlenek ołowiu i są zawracane do procesu.**