

bli montert i 2003. En ombygging av pipen vil gjøre den mer estetisk i forhold til kirkebygget.

Takk

En spesiell takk rettes til ansatte ved Tinfos Jernverk AS i Kvinesdal med adm. dir. L.A. Andreassen i spissen for samarbeid om byggingen av renseanlegg basert på den nye norskeutviklede renseteknikken. Anlegget tar 72.000 Nm³/time.

Også en takk til SFT som i forbindelse med prosjektet ved Tinfos bevilget midler til å komme i gang og utvikle renseteknikken til industriell skala.

Til slutt en takk til kirkesjefen i Kristiansand kommune, K.H. Sæth og ikke minst kirkegårdsforstander Finn Sødal, for all hjelp og alle gode forslag under utviklingen av renseanlegget til krematorier.



Renseanlegget sett utenfra og litt av innmaten i det tekniske rommet.

Referanser.

1 Fjeld, E., 2002, «Økt avrenning av

kvikksølv pga skogsdrift», VANN, nr 4, s 371.



Livsløpsanalyse av en elektrisk ledning

To uker av grunnkurset i Kjemi, KJ 050, ved Kjemisk institutt, UiO, ble denne høsten satt av til en temaoppgave, der studentene skulle bruke sin nyervervede kunnskap i generell, fysikalsk, organisk og uorganisk kjemi på en praktisk problemstilling. Oppgaven het «En livsløpsanalyse av en utlevert elektrisk ledning».

Besvarelsen som presenteres her ble av kursansvarlig og foreleser, professor Carl Henrik Gørbitz, vurdert som den beste av de 35 bidragene som kom inn. Teksten er lett revidert og noe forkortet (blant annet er et avsnitt om produksjonsprosessen tatt bort, men den foreligger ellers i det store og hele slik den ble levert inn)

Elin Hjelle, Elma Kuko, Guri Sogn Andersen, Hege Susann Risa, Ida Fremming Anderssen, Mansour Najafi, Mette Kristensen, Silje Kristin Antonsen, Kjemisk institutt, UiO

I vårt arbeid med prosjektet har vi vært så heldige å få komme på besøk til bedriften Draka Norsk Kabel i Hokksund. Der har vi fått et innblikk i ulike deler av produksjonsprosessen, noe som har vært svært lærerikt. Vi har fått en aha-opplevelse av hvordan kjemi kan brukes i praksis, og er en stor takk skyldig til Draka Norsk Kabel som har vært så hjelpsom og imøtekomende. Oppgaven er derfor basert på norske forhold, og vi tillater oss å prege oppgavens innhold med fakta og opplysninger gitt av Draka Norsk Kabel.



Oppbygningen av kabelen

Oppbygningen til den utleverte ledningen, en PR-installasjonskabel, er vist i Figur 1. Per kilometer kabel går det med:

- 66 kg kobber
- 9 kg aluminiumsbånd m/u laminering
- 38 kg PVC
- 12 kg fyllkappe

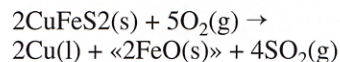
Utvinning av råstoffer og materialer

Kobber

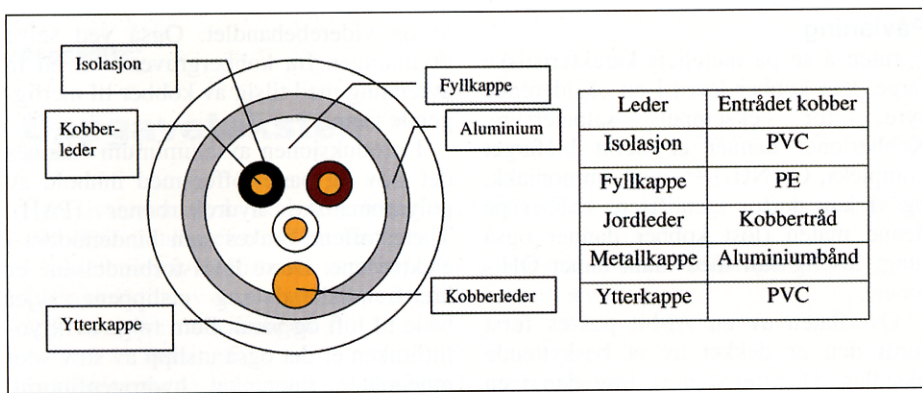
Norge hadde tidligere en del produksjon av mineralet kobberkis, CuFeS₂, i for eksempel Sulitjelma, Bleikvassli, Grong, Røros og Løkken, men i dag er disse malmerne utdrevet. Store forekomster av kob-

bermalmer finner man i USA, Canada, Russland, Andesfjellene og kobberbeltet i Afrika (fra Zambia inn i Shaba, Kongo).

Råmalmen, som normalt inneholder bare 1-2 prosent kobber, knuses til et fint pulver, og selve kobbermineralet blir utskilt ved flotasjon. Resultatet er et konsentrat med 20-50 prosent kobber som deretter «røstes» med O₂ ved høy temperatur:



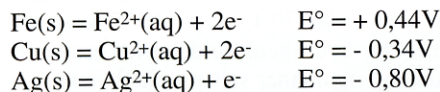
Jernoksid finnes ikke i ren form, dermed er heller ikke det kobberet vi får fra røstingen rent, men er som oftest forurenset



Figur 1. Oppbygning av installasjonskabel.

av jern, nikkel, antimon, vismut o.a. (mindre edle enn kobber), samt sølv, gull og platinametaller (mer edle metaller). Elektrolyse blir brukt som en videre renseprosess, Figur 2.

Ved å holde celledensiteten på den riktige verdi, vil bare kobber og de uedle metallene (som jern) gå i løsningen som ioner. De mer edle metallene (som sølv) vil ikke bli oksidert og går ikke i løsningen, men faller av som meget små partikler på bunnen av cellen og danner «anodeslam». Havcellepotesialene er gitt ved:



Ved katoden, hvor reduksjonen foregår, vil det på grunn av at kobberet er lettere å redusere enn jern og at kobberkonsentrasjonen er meget høy avsettes rent kobber, mens jernet forblir i løsningen.

Det rene kobberet kan deretter vales til plater eller trekkes ut til tråder. Kobberet til kabel-industrien blir levert i tykke tråder, og fabrikkene trekker selv disse ut til ønsket tykkelse.

Aluminium

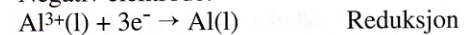
Aluminium er et av de mest utbredte grunnstoffer i jordskorpen, særlig i glimmer, feltspat og leire. I Norge har vi stor produksjon av aluminium på basis av importert bauxitt aluminiumoksid, Al_2O_3 , som utvinnes som bauxitt fra dagbrudd i Sør-Amerika. Ellers importeres det også

aluminium til kabler fra for eksempel Belgia.

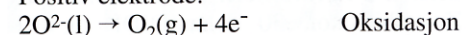
Aluminium fremstilles fra bauxitt i en 2-trinnsprosess:

1. Oppkonsentrering av aluminiumoksid. Finknust bauxitt blir behandlet med natriumhydroksid. Aluminiumionene løser seg som $\text{Al}(\text{OH})_4^-$ -ioner, mens jernoksid og silikater blir igjen i et bunnfall (såkalt «rødslam»). Deretter felles aluminiumhydroksid ($\text{Al}(\text{OH})_3$) fra løsningen, og ved oppvarming/gløding dannes aluminiumoksid, Al_2O_3 .
2. Elektrolyse av aluminiumoksidet, Figur 3. Rent aluminiumoksid har et smeltepunkt på hele 2000°C . Det representerte derfor et gjennombrudd i aluminiumsfremstillingen da Charles Hall og Paul-Lois Toussinant i 1886 fant at man ved å blande inn mineralet kreolitt, Na_2AlF_6 , oppnådde å få et smeltepunkt på ca 1000°C som gjorde elektrolyse praktisk mulig. Kryolitt fantes tidligere i store mengder på Grønland, men er nå sjeldent. I stedet benyttes en syntetisk elektrolytt bestående av NaF, CaF_2 og AlF_3 . Elektrolyseovnen er føret med grafitt (karbon) som virker som negativ elektrode. Den positive elektroden er også laget av karbon.

Negativ elektrode:



Positiv elektrode:



Oksygenet reagerer med karbonet på den positive elektroden og danner $\text{CO}(\text{g})$ og $\text{CO}_2(\text{g})$. Elektroden blir dermed oppbrukt i prosessen og må stadig fornyes.

Det ferdige aluminiumet kan vales eller trekkes ut i tråder. Til produksjon av PR-kabler får fabrikkene inn aluminium på svære tromler med valset aluminiumbånd (cirka 2 cm brede).

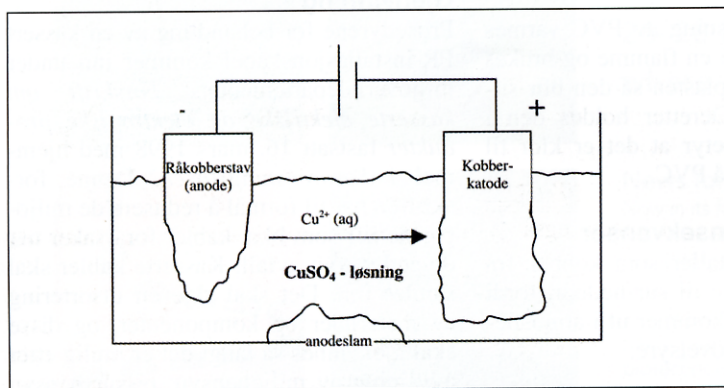
For å fremstille 1 kg aluminium går det med:

- 2 kg aluminiumoksid, Al_2O_3
- 0,5 kg elektrodemasse
- 0,05 kg kryolitt
- 0,05 kg salter som inneholder fluorid
- 40-50 MJ elektrisk energi

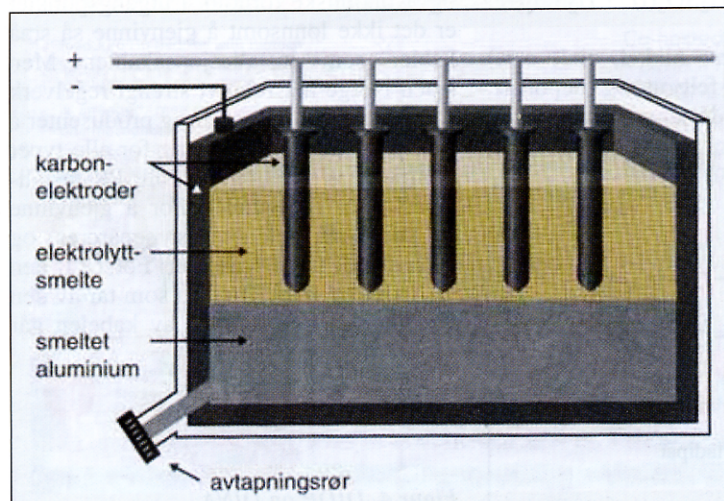
PVC

PVC (polyvinylklorid) er en termoplast, det vil si en plast som ved oppvarming blir formbar og ved avkjøling igjen størkner. PVC i seg selv er fargeløs, blank og hard. Det tilsettes alltid stabilisator, og utover det kan egenskapene skreddersys til mange spesifikke formål ved hjelp av pigmenter, myknere osv. I PR-kabelen er det av miljøhensyn blyfri PVC.

PVC fremstilles i lukkede kjemiske anlegg ved å polymerisere vinylklorid, som fremstilles fra olje/gass og NaCl.



Figur 2. Rensing av Cu ved elektrolyse.

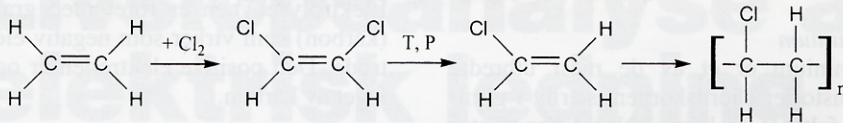


Figur 3: Elektrolyse av aluminiumoksid.

Ofte lages plasten med de ønskede blandingsforhold på kabelfabrikken, men PVC-pulveret/råmaterialene får de i Norge fra Norsk Hydro. Til selve PVC-pulveret tilsettes så flere bestanddeler.

Produksjon av PVC skjer i fem trinn:

- 1) Norsk Hydro får våtgass fra Nordsjøen, og ved hjelp av katalysator og høy temperatur (cracking) får man splittet opp store hydrokarbonmolekyler til mindre etenmolekyler, $\text{CH}_2=\text{CH}_2$
- 2) Ved elektrolyse av smeltet NaCl dannes klorgass: $2\text{Na}^+ + 2\text{Cl}^- \rightarrow 2\text{Na}(\text{s}) + \text{Cl}_2(\text{g})$
- 3) Ved reaksjon mellom eten og klor dannes dikloreten
- 4) Dikloreten omdannes til vinylklorid under høy temperatur og trykk («pyrolyse»)
- 5) Ved hjelp av peroxykatalysator polymeriseres vinylklorid til PVC. Polymerisasjonen starter ved at katalysatoren «åpner» dobbeltbindingene i et kloretenmolekyl, som så reagerer med neste kloretenmolekyl i en addisjonsreaksjon:



PVC-plast i kabelen består typisk av 100 deler S-PVC, 40 deler kritt, 5 deler Ca-Zn-stabilisator, 30 deler DIDP og 10 deler DINA

DIDP og DINA er organiske estere av dikarboksyliksyrer, Figur 4, og kalles *myknere*. Disse legger seg innimellom polymerkjedene i PVC og gjør at plasten blir passe myk og får en god kuldebestandighet. En annen mye brukt myknere er DEHP (diethylhexylphthalat).

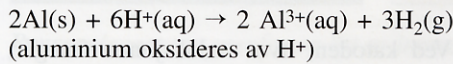
All PVC inneholder kritt (fås blant annet fra knuste fossiler) Det er viktig at fyllkappen rundt kobbertråden i ledningen ikke inneholder for mye kritt, da dette kan gi tap av strøm fordi krittet kan lede elektroner bort fra kobberet.

Fyllkappen rundt kobbertrådene består ofte i hovedsak av PE (polyeten) som i prinsippet dannes på samme måte som PVC, bare med eten istedenfor dikloreten som utgangsstoff.

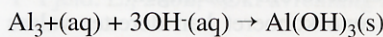
Påvisning

Foruten å se på metallens karakteristiske farge, kan kobber løses i en oksiderende syre, for eksempel salpetersyre. Kobberioner danner et sterkt blåfarget kompleks, $\text{Cu}(\text{NH}_3)_4^{2+}$, med ammoniakk, og vi kan derfor identifisere kobber på denne måten (løst kobber danner også tungt løselig salt med blant annet OH^- ioner).

Overflaten av en Al-bit pusses først fordi den er dekket av et beskyttende oksidlag. Deretter kan vi løse den i en ikke-oksiderende syre, for eksempel konsentrert HCl .

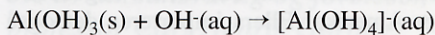


Videre kan vi felle ut aluminiumhydroksid, $\text{Al}(\text{OH})_3(\text{s})$, ved å tilsette litt base.



Hvis vi tilsetter for mye base vil imidlertid hydroksidet reagere videre til alumi-

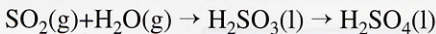
umdioksid.



Ved en enkel påvisning av PVC varmes en kobbertråd opp i en flamme og brukes til å smelte litt av plasten så den blir sittende på tråden. Deretter holdes den i flammen. Grønn betyr at det er klor til stede, og vi har altså PVC.

Miljømessige konsekvenser

Fremstilling av metaller som kobber fra sulfidmalm kan føre til sur nedbør, fordi svoveldioksid som kommer ut i atmosfæren omdannes til svovelsyre:



Tungmetallene (jern, nikkel, sink osv.) blir sannsynligvis felt ut og deponert. Edle metaller i anodeslammet blir filtrert

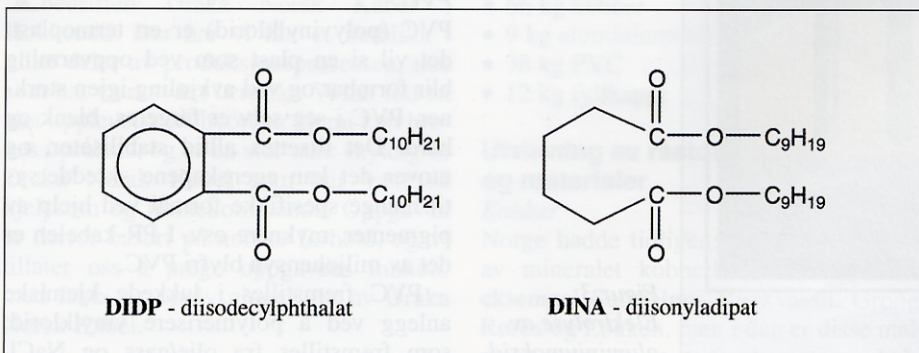
ut og viderebehandlet. Også ved selve utvinningen fra kobbergruvene vil en få avrenning med tilslag av kobber til nærliggende vann.

I produksjonen av aluminium dannes det støv og bærestoffer med innhold av polyaromatiske hydrokarboner (PAH). Tjærestoffene brukes som bindemiddel i elektrodene. Disse PAH-forbindelsene er kreftfremkallende og utslippene skjer både til luft og vann. Som følge av kryo-littbruken er det også utslipp av støv som inneholder fluor, og hydrogenfluorid. Dette gir skader på skog i områdene rundt alle aluminiumverk. Planter kan få så stort innhold av fluor at melk og kjøtt fra husdyr som har beitet rundt aluminiumsverkene ikke kan spises. Noen fluorforbindelser i gassform er også drivhusgasser. Nyere produksjonsteknikker har heldigvis redusert både energibruk og utslippene av fluorholdig støv og hydrogenfluorid. Ved å drive prosessen i lukkede systemer blir for eksempel fluor ført tilbake i elektrolysekaret.

PVC brytes langsomt ned i naturen, og inneholder helseskadelige stoffer. Vinylklorid er kreftfremkallende, og både eten, klor og dikloreten inngår av miljøhensyn (og for å unngå svinn) i lukkede prosesser. Et stort problem med PVC er brannegenskapene. Ved høyere temperatur enn cirka 70°C avgir PVC korrosiv gass av hydrogenklorid, som er svært skadelig og danner saltsyre med vann.

Gjenvinning

Prosedyrene for behandling av en kassert PR-installasjonskabel kommer inn under miljøverndepartementets *Forskrift om kasserte elektriske og elektroniske produkter* fastsatt 16. mars 1998 med hjemmel i *Forurensningsloven*. Denne forskriften har til formål å redusere de miljøproblemer som bl.a. kabler forårsaker når de ender som avfall. Kasserte kabler skal samles inn. Det skal skje en utsortering av materialer og komponenter, og disse skal gjenvinnes så langt det er mulig etter avveining av miljøhensyn, ressurs-hensyn og økonomiske forhold. I utgangspunktet er det ikke lønnsomt å gjenvinne så små kabler som installasjonsakabler. Men siden Norge har relativt strengt regelverk som pålegger importører og produsenter å finansiere avfallshåndtering for alle typer el-artikler ved miljøgebyr, blir PR-installasjonskabler gjenvunnet. For å gjenvinne en kabel må delene først separeres, og dette skjer i ulike prosesser: Først går den gjennom en skrellemaskin som tar av den ytre plastkappen. Resten av kabelen går



Figur 4. DIDP og DINA.

Appendiks:

Oppgaveteksten

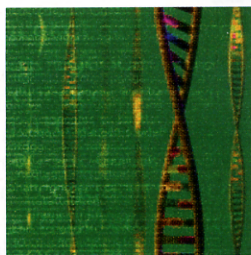
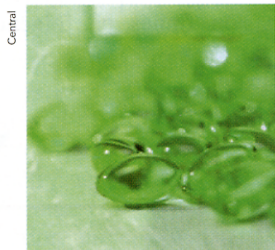
I en livsløpsanalyse skal dere følge et produkt (her en ledning) fra utvinning av råstoff til avfall gjennom fem stadier:

1. Utvinning av de råstoffer som trengs til å lage materialene i ledningen.
2. Produksjon av de materialer som ledningen består av.
3. Produksjon av ledningen
4. Bruk av ledningen
5. Håndtering av ledningen når den ikke lenger er i bruk (avfallsbehandling, gjenvinning, deponering).

Ledningen består av to metaller og tre plaster med ulike funksjoner. Rapporten skal beskrive kjemiske sider ved råstoffene, fremstilling, sammensetning og bruksegenskaper av de ulike materialene i ledningen. Den skal også opplyse om energibruk, avfall og miljøkonsekvenser knyttet til de ulike stadier i livsløpet. Hovedvekten bør legges på norske forhold, dvs de deler av livsløpet som skjer i Norge. Kjemiske formler og reaksjonslikninger skal benyttes for å beskrive prosessene der det er mulig. Det er også ønskelig med forslag til enkle, kjemiske forsøk man kan gjøre med noen av materialene i ledningen for å bestemme hva de består av.

(Oppgaven er formulert av Bjørn Pedersen. Samme oppgave ble gitt i 2001 da emnet KJ 050 ble undervist første gang.)

gjennom en *shredder*; en stor kvern som deler kabelen. De delene som kommer ut her går gjennom flere separeringsprosesser som sentrifuge-prosesser, synke/flyteprosesser, ristebrett og magneter som tar opp magnetiske enheter. Da sitter man igjen med rent kobber, rent aluminium og plast. Metallene går direkte inn i produksjon som råvarer. Plasten går til nye plastprodukter, men dette skjer bare hvis platen og tilsetningsstoffene tillater det. Det meste av platen blir varmet opp til ekstremt høy temperatur siden den kan inneholde flammehemmende stoffer (BSR). I Norge er det få forbrenningsanlegg, dermed blir mye av platen lagt på deponier i påvente av bedre teknologi og kapasitet.



med.xpo | In parallell with Biotech Forum, med.xpo and The Swedish Medical Society's General Meeting is arranged. med.xpo focuses on pharmaceuticals, IT and medicine technology. The theme for the General Meeting 2003 is "The aging man".



BioTech Forum

26–28 November in Stockholm, a winning formula where innovation meets industry

News for the year

Now in its fourth year, BioTech Forum has rapidly become the largest and most influential Scandinavian meeting place for the biotech industry. And a primary networking event in the European scientific circuit. A winning formula has been achieved.

As well as dealing with issues in pharmaceuticals and medicine, ethics, and patent issues, we provide access to venture capital, B2B-partnerships, science parks, biotechnology clusters and university programmes. Other related areas are agricultural production and food, environmental technology and energy.

Co-hosted with BioTech Forum 2003

- BioTech Forum Science Conference 2003
- BioTech Forum B2B Partnering Event
- CONNECT Biomedical Partnership Forum 2003

All this together makes Biotech Forum the most comprehensive Scandinavian networking opportunity within the sector. For more information and registration

BIOTECH FORUM

Exhibition & Conference • 26–28 November 2003

An event by:
Stockholmsmässan
Stockholm International Fairs

Official Media Partner
BiotechSweden

Event partners | Bioteknikforum, Karolinska Institutet, Connect, Business Arena Stockholm and Swedish Academy of Pharmaceutical Sciences