

LUGBESOEDELINGBEHEER IN DIE KOPERSMELTBEDRYF

C.J. ELS

1. INLEIDING

Koper is 'n metaal wat reeds sedert ongeveer 8000 jaar v.C. deur die mens gebruik word. Aan die begin van die Bronstydperk is die metaal hoofsaaklik gebruik om implemente soos messe en wapens te maak. Vanweë sy uitmuntende elektriese- en hittegeleidingsvermoë, korrosiebestandheid, pletbaarheid, ens., word koper of sy legerings deesdae op groot skaal gebruik in verskeie industriële velde soos die elektriese, chemiese en metallurgiese bedrywe. Die geweldige groei in primêre koperproduksie word aangedui deur die feit dat daar in 1750 sowat 9 000 ton geproduseer is terwyl die vrye wêreldproduksie in 1972 sowat 6 210 000 metrieke ton¹ was. Die volgende tabel toon die verspreiding van hierdie produksie:

	<u>Produksie</u> <u>metrieke</u> <u>ton</u>	<u>% van totaal</u>
Noord-Amerika	2 263 000	36,5
Suid-Amerika	1 025 000	16,5
Australië	221 000	3,6
Asië	1 117 000	17,9
Europa	473 000	7,6
Afrika	1 111 000	17,8
	<u>6 210 000</u>	

Die Republiek van Suid-Afrika se produksie in dié tydperk was 173 000 tonne wat 2,8% van die vrye wêreldproduksie beloop het, oftewel 15,5% van Afrika se produksie.

Die grootste gedeelte van die wêreld se koper word geproduseer d.m.v. die volgende stappe:

- (i) Myning van die erts (wat dikwels minder as 1% koper bevat).
- (ii) Konsentrasie tot 15 - 30% koper.
- (iii) Smelting tot ongeveer 99% koper.
- (iv) Affinering tot hoër as 99,9% koper.
- (v) Fabrisering in die gewenste fisiese vorm.

Vanweë die feit dat die meeste ertse sulfidies is, ontstaan die grootste lugbesoedelingsprobleme tydens smelting wanneer die erts gereduseer word tot metaal. Daar sal dus verder op hierdie aspek van prosessering gekonsentreer word.

2. BESPREKING

2.1. Die konvensionele smelter en lugbesoedeling

Ten einde vas te stel watter besoedelstowwe gedurende die smeltproses afkom en waar hulle vandaan kom, is dit gepas om kortliks te kyk watter stappe gedurende die smeltproses uitgevoer word.

Die ouer smelters het merendeels hul smelting begin deur die erts te rooster in veelvoudige hert-roosters. Die doel met hierdie stap is o.a. om 'n deel van die swael uit die konsentrate te verwyder, die konsentrate droog te kry en ook vooraf te verhit vir die volgende stap, nl. smelting in die kaatsoond (reverbereeroond). Afgasse vanaf die rooster bevat 3 - 7% SO_2 , stof en (afhangende van die erts-samesmelting) ook oksiedes van antimoon, sink, lood, arseen, ens. In die nuwe smelters is hierdie stap meestal uitgeskakel en is konsentrate direk in die kaatsoond gevoer.

Die kaatsoond word reeds sowat 90 jaar lank in dié bedryf gebruik. Branders (gas, steenkool of olie) verskaf 'n deel van die hitte vir die smelting. Die gesmelte massa skei a.g.v. verskil in soortlike gewigte uit in twee lae, nl. die koperbevattende "matte" laag wat onder lê en die slak laag (bevattende yster en kalsiumsilikate) wat bo lê. Tot 20% van die inkomende swael word in die kaatsoond vrygestel as SO_2 (indien geen vooraf roostering plaasvind nie). Stofdeeltjies word ook hier vrygestel en beweeg saam met die SO_2 in die afgasse.

Die "matte" word in die gesmelte toestand oorgedra na die omsetters. Die tipe oond wat meestal in gebruik is, is die Pierce-Smith omsetter. In die omsetter word lug d.m.v. tuyeres in die gesmelte metaal massa ingeblaas en word eerstens die ystersulfiede ge-oksideer en tweedens die kopersulfiede. Tydens die eerste reaksie reageer die gevormde ysteroksied verder met silika om slakke te vorm en gedurende die tweede reaksie reageer die gevormde koperoksied verder met kopersulfiede om koper en swaeldioksied te vorm. Dit is duidelik dat die grootste gedeelte van die swael in die aanvanklike konsentrate vrygestel word in die omsetters. Saam met hierdie SO_2 is daar natuurlik stof en metaaldampe in die afgasse wat tot 45% koper kan bevat.

Die belangrikste besoedelstowwe wat dus vanaf 'n kopersmelter vrygestel word, is stof, dampe en SO_2 . Soos bo gesien bevat die stof en dampe redelike hoeveelhede koper en in die praktyk word dit herwin uit die gasstroom d.m.v. elektrostatische presipiteerders. Nagenoeg 99% van die stof en dampe word sodoende herwin sodat daar slegs ongeveer 0,62 kg uitgelaat word per tonne konsentraat gesmelt.

Wanneer mens na die swaeldioksieduitlate kyk, is die prentjie egter nie so rooskleurig nie. In totaal word daar omtrent 625 kg swaeloksiedes ² gevorm vir elke tonne konsentraat gesmelt. Hiervan kom net 75% uit die omsetters teen 'n konsentrasie van 2% tot 6% SO_2 . 'n Groot gedeelte van die SO_2 kan in 'n swaelsuuraanleg benut word omdat die SO_2 konsentrasie so hoog is (d.i. indien daar 'n mark vir swaelsuur binne redelike afstand van die smelter is). Die SO_2 wat uit die kaatsoond vrygestel word, veroorsaak egter probleme van weë die feit dat die konsentrasie onderkant 1% is. Die enigste maatreël wat in die verlede getref is om hierdie probleem te verlig, is hoë skoorstene ten einde die SO_2 so hoog moontlik bokant grondvlak te versprei.

2.2 Die swaeldioksiedkwessie

Dit is dan ook die SO_2 uitlate van kopersmelters wat hulle in botsing gebring het met die beheerowerhede en die publiek. Hierdie konfrontasie het op sy hewigste uitgekristalliseer in lande met uiters streng,

onbuigbare standarde t.o.v. uitlate en atmosferiese kwaliteit (soos die VSA). Beheerowerhede (aan die een kant) het gewys op die effekte van SO_2 besoedeling, nl. dat dit sekere gesondheidsgevaar kan skep veral as dit tesame met rook of partikels voorkom in sekere konsentrasies, skade aan plantegroei rondom smelters, belemmering van uitsig a.g.v. mistigheid wanneer SO_2 saam met vog voorkom, verhoogde korrosiewe werking op staalen ander strukture, ens. Aan die ander kant het die industrie weer daarop gewys dat die grootste gedeelte van alle vrygelate SO_2 van die natuur self afkomstig is, soos vulkane, plantverrotting, ens. Daar is verder op gewys dat swaël 'n noodsaaklike element is vir die groei van plante en dat dit in alle geval kunsmatig toegedien word. Die industrie het ook beweer dat hulle meestal nie geken is in die vasstelling van die standarde nie en dat die standarde in alle geval nie voldoende verband hou met beskikbare tegnologie en die koste-aspek nie.

2.3. Verwikkelings in die VSA

In die VSA is gedurende 1973 nasionale atmosferiese standarde t.o.v. SO_2 afgekondig deur die Environmental Protection Agency (EPA). Die standarde is soos volg:

- (i) Jaarlikse rekenkundige gemiddeld - $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
- (ii) Maksimum 24 uur konsentrasie - $365 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
- (iii) Maksimum 3 uur konsentrasie - $1\,300 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Die eerste twee is primêre standarde wat bedoel is om die publieke gesondheid te beskerm terwyl die laaste 'n sekondêre standaard is om publieke welsyn in ag te neem. Die standaard mag nie meer as een keer per jaar oorskry word nie.³ Tesame met hierdie nasionale atmosferiese standarde is daar ook nog 'n uitlaatstandaard gestel wat lui dat 90% van die totale swaeloksiedes wat in die proses vrygestel word, opgevang moet word. Elke staat kondig sy eie standarde af wat nie swakker mag wees as die bogenoemde nie. Die smelters het kans gekry tot Junie 1975 om te voldoen.

Die kopersmelters in die VSA (wie se bydrae in daardie stadium $12,2\%^4$ van die totale SO_2 uitlaat in die VSA was) het hierdie standarde beveg

met alles tot hul beskikking. Verskeie hofsake het gevolg waarin die basiese argumente was dat die standaard nie op konkrete feite gebaseer is nie, en dat dit in baie gevalle nie moontlik is om 90% van die SO₂ te herwin nie. In daardie stadium was die SO₂ herwinning by die beste van die smelters maar ongeveer 60%. Die industrie het toe ook aangedui dat die mees praktiese metode om die atmosferiese standaard na te kom in sg. "closed loop" beheer lê, waarvolgens die SO₂ in die atmosfeer gedurig gemonitor word en enige oorskryding van die standaard d.m.v. meteorologiese en ander data voorspel word, sodat oonde op sulke tye afgeskakel kan word totdat die situasie verbeter.⁵ Gedurende 1972 het die EPA hierdie aanbod van die hand gewys op grond van die onbetroubaarheid van so 'n stelsel.

Onderwyl die hofsake gesloer het, het die kopersmelters sover moontlik die uitdaging om aan die standaard te voldoen, aanvaar. In 1971 het hulle 'n "Smelter Control Research Association" (SCRA) gestig om nuwe gassuiweringsmetodes na te vors en te ontwikkel. Die SCRA het dadelik begin met verskeie navorsingsprojekte en by feitlik elke aanleg wat ek verlede jaar daar besoek het, was daar loodsaanlegte vir proefnemings om SO₂ te beheer. Sommige van die smelters het toe reeds prosesveranderings aangebring om die 90% herwinningstandaard te probeer bereik. Tot in Maart 1975 het daar nog net een van die 16 kopersmelters in die VSA voldoen aan die uitlaatstandaard (90% herwinning van die SO₂) en slegs enkele ander het hoop gehad om voor die keerdatum daarby te kom.

2.3.1. Beheer deur modifikasie van die konvensionele smelter

Die % herwinning van SO₂ uit bestaande konvensionele smelters kan verhoog word deur ander eenhede aan te las. Voorbeelde hiervan is gasskroptoeestelle vir die kaatsoondgasse, die toevoeging van roosters, ens. Die enigste smelter wat tot Maart 1975 aan die standaard voldoen het, val in hierdie kategorie, nl. Kennecott Copper se Hayden (Arizona) smelter. Hulle het in 1967 reeds begin met 'n program wat tot dusver 18 miljoen dollar gekos het. 'n Gefluïseerde bed rooster is ingeskakel om konsentrate te rooster voor dit die kaatsoond binnegaan. Die omsetters is met dig sluitende kappe toegerus en hul swaelsuuraanleg is

ver groot tot 'n 1 000 t.p.d. eenheid om die addisionele SO_2 stroom vanaf die rooster (14% verdun tot 7% SO_2) te benut.

2.3.2. Beheer deur toepassing van nuwer tegnologie

Vir bestaande smelters is dit natuurlik ekonomies gesproke 'n hartseer storie om al hul kapitaaltoerusting plat te stoot en dit met nuwes te vervang. Dit was egter die enigste uitweg wat die bestuur van Inspiration Consolidated in Miami (Arizona) kon sien. Hul konvensionele smelter is vervang deur 'n droogoond (om kurkdroë konsentraat te kry), 'n 51 M.V.A. Elkem elektriese oond met ses elektrodes in lyn (om die reverbereeroond te vervang) en vyf Hoboken-Overpelt omsetters (i.p.v. hul ou Pierce-Smith en Great Falls omsetters). Die elektriese oond lewer 'n gasstroom wat kontinu tussen 4 en 6% SO_2 bevat en wat na suiwing na hul nuwe 1 300 t.p.d. Lurgi swaelsuuraanleg gaan. Die Hoboken omsetters is ontwerp om 'n 10 - 12% SO_2 stroom te gee en na vermenging met die elektriese oond gasse, bereik 'n 7% SO_2 stroom die swaelsuuraanleg. Die hele projek het nagenoeg 60 miljoen dollar gekos.

2.3.3. Geslote kringloop ("closed loop") beheer

Hoewel die EPA hierdie vorm van beheer van die hand gewys het (soos hierbo bespreek), het 'n hele paar smelters hulself ten duurste toegerus met die aaneenlopende monitors, rekenaars en meteorologiese meetapparaat wat nodig is vir sodanige beheer. Die smelters is nie en sal beslis ook nie in die nabye toekoms in staat wees om 90% van hul SO_2 op te vang nie. Dit wil voorkom of die EPA op hierdie punt gaan toegee.

2.3.4. Navorsings- en ontwikkelingsprojekte

Afgesien van talle projekte in die VSA wat toegespits is op verwydering van SO_2 uit lae konsentrasie gasstrome, word daar baie werk gedoen op nuwe hidro- en pirometallurgiese prosesse. Een so 'n skema wat heelwat belofte toon, is die Lime-Concentrate-Pellet-Roast-Process (LCPR) wat deur Bartlett en Haung te Stanford Universiteit ontwikkel is.⁶ Tot 99% van die swael word direk gebind in die vorm van CaSO_4 gedurende

die rooster stap. 'n Loodsaanleg gebaseer op die proses is opgerig by een van Kennecott Copper se smelters.

2.4. Tegnologiese ontwikkelings

Oplossings vir die kopersmelters se probleme lê basies in drie rigtings, nl.:-

(i) Nuwe pirometallurgiese prosesse

Hier is die neiging om die aktiwiteite van al die konvensionele oonde te konsolideer in een oond. 'n Voorbeeld hiervan is die Outokumpu oond (wat reeds ekstensief in Japan en Europa gebruik word en een ook in Botswana opgerig is). Verdere voorbeelde is die Worcra en Noranda prosesse wat ook beide SO_2 konsentrasies van meer as 9% bied.

(ii) Hidrometallurgiese prosesse

Heelwat prosesse word in hierdie veld ontwikkel, bv. die Arbiter proses, die Cymet proses, ens.⁷ Die Suid-Afrikaanse NIM het self 'n ferri-chloried logging, vloeistof-vloeistofekstraksie met elektrowinning proses ontwikkel wat, soos die meeste ander hidrometallurgiese prosesse, in hierdie stadium nog nie heeltemal ekonomies is nie. Vrae waarop daar nog antwoorde gesoek word, is energieverbruik en waterbesoedelingsprobleme.

(iii) Kombinasie van bogenoemde

Hierdie prosesse behels meestal 'n vooraf roostering stap gevolg deur logging met water of verdunde suur en elektrowinning. Voorbeelde hiervan is die LCPR proses (hierbo genoem) en die RLE proses.⁸ 'n Probleem wat hier opgelos moet word, is die feit dat yster ook oplos tydens die loogstadium en die elektrowinning benadeel.

As mens moet oordeel volgens die hoeveelheid navorsing en ontwikkeling wat in hierdie veld aangaan, behoort daar binne die afsienbare toekoms prosesse te wees wat die probleme van beide bestaande en beplande smelters kan oplos.

3. DIE SUID-AFRIKAANSE KOPERSMELTBEDRYF EN LUGBESOEDELING

Soos reeds gesien produseer Suid-Afrika ongeveer 2,8% van die vrye wêreld se koper. Uitbreidings in koperproduksie word verwag vanweë die ontdekking van verdere ontginbare neerslae. Ten opsigte van SO₂ besoedeling is die koper-smelters tans verantwoordelik vir sowat 9.6% van die totaal van 1,6 miljoen ton SO₂ wat jaarliks in Suid-Afrika vrygelaat word (teenoor omtrent 12% vir die VSA en 62% vir Kanada⁹).

Die smelting van koper (of enige sulfidiese erts) is 'n ingelyste proses ingevolge die Wet op Voorkoming van Lugbesoedeling, 1965, en die beste beskikbare metode moet toegepas word om lugbesoedeling te voorkom. Dit kom daarop neer dat die industrie van die beste bestaande tegnologie gebruik moet maak op voorwaarde dat dit nie die industrie ekonomies moet doodmaak nie. Tesame hiermee word die skadelikheid van die besoedelingstowwe in ag geneem en ook plaaslike toestande en omstandighede. Suid-Afrika gebruik nie atmosferiese of ander standaarde nie, maar beoordeel elke industrie teen sy eie feitelike agtergrond en skryf dan voor watter stappe elke industrie moet neem om lugbesoedeling te bekamp.

Daar is drie primêre koper-smelters in Suid-Afrika. Lugbesoedeling-gewys is daar groot verskille tussen die smelters, soos mens kan verwag as die feit in ag geneem word dat die ouderdom van die smelters varieer tussen 10 jaar en 71 jaar en ook die feit dat hul produksiekapasiteite varieer van die kleinste in die wêreld tot 'n redelik middelmatige grootte smelter. Tydens aanvanklike inspeksies is daar by elke smelter gekonsentreer op uitlate naby grondvlak a.g.v. swak huishouding en onnodige lekkasies omdat dit as die grootste probleem geïdentifiseer is. Wat hierdie aspek betref, vergelyk minstens een van ons smelters tans goed met enige van die oorsese smelters.

T.o.v. stofuitlate is daar elektrostatiese presipiteerders op twee van die drie smelters se kaatsoond en omsetter gasse. Die derde smelter het geen presipiteerder nie maar 'n redelike deel van die stof sak uit in die hitteruilers (vir kragopwekking) asook 'n gemeenskaplike stofkamer. Dié smelter het 'n baie beperkte leeftyd sodat dit onwys is om nou relatief groot kapitaalbestedings aan te gaan.

SO₂ uitlate bied steeds die grootste uitdagings by S.A. koper-smelters. Wat SO₂ uitlate vanaf omsetters betref, is daar by slegs een van die drie smelters 'n mark vir swaelsuur na aan die aanleg. Hier word dan ook nagenoeg 50% van die totale SO₂ benut vir swaelsuur. As daarin geslaag kan word om die omsetters se siklusse perfek te programmeer kan hierdie syfer waarskynlik so hoog as 70% gaan. By die ander twee smelters moet daar op hoë skoorstene vertrou word om die SO₂ behoorlik te versprei. Hierdie situasie is te wyte aan verskeie faktore, soos bv. dat daar geen mark vir swaelsuur naby is nie en ook dat dit nie tegnologies moontlik is om swaelsuur te maak as die maatskappy slegs oor een omsetter beskik nie. T.o.v. SO₂ uitlate vanaf die kaatsoonde sit ons met dieselfde probleem as die res van die wêreld, nl. dat die SO₂ inhoud van die gasse (minder as 1%) te laag is vir bv. swaelsuurproduksie. Onlangs is daar na heelwat navorsing en ontwikkeling 'n deurbraak gemaak deur een van die smelters. Gasse vanaf die kaatsoond sowel as 'n gedeelte van die omsetter gas word deur 'n gas skroptoestel gestuur waar uitskot pulp vanaf die flottasie-aanleg as skropmedium gebruik word. SO₂ word deur die pulp geabsorbeer met 'n gevolglike verlaging in die pH van die pulp wat weer verdere herwinning van koper d.m.v. flottasie moontlik maak. Die konsentrasie SO₂ in die skropper uitlaatgasse is minder as 0,05% SO₂ sodat die verwyderingsdoeltreffendheid van die eenheid diep in die 90% is. In die geheel gesien, behoort hierdie smelter in staat te wees om 90% van alle SO₂ uitlate te herwin.¹⁰ Wat die ander smelters betref, word moontlike uitweë gedurig in oënskou geneem en moniteringsprogramme word by almal in bedryf gestel ten einde vas te stel watter SO₂ konsentrasies op grandvlak aangetref word.

Uit die bostaande is dit duidelik dat daar op vreedsame wyse (d.i. sonder wetlike dispuut) tog vordering gemaak is met beheer van lugbesoe-

deling by kopersmelters. Die beleid t.o.v. nuwe kopersmelters kom neer op 'n vereiste dat 90% of meer van alle SO₂ herwin moet word. Die oorblywende SO₂ moet op 'n paslike hoogte bo grondvlak vrygelaat word. Stofuitlate by nuwe smelters mag nie 200 mg/m³ (gemeet by 0°C en lokale druk) oorskry nie. Hierdie beleid word natuurlik steeds binne die raamwerk van "beste beskikbare metode" toegepas sodat daar, afhangende van omstandighede in elke geval, selfs strenger vereistes neergelê kan word. Dit is dus nie 'n standaard wat blindelings geld nie. Die beleid maak terselfdertyd die mikpunt uit vir alle bestaande smelters en met toepassing van die industrie se kennis tesame met die Nasionale Instituut vir Metallurgie en ander instansies se navorsing, behoort hierdie mikpunt nie buite bereik te wees nie. Daar moet verder in gedagte gehou word dat daar 'n verdubbeling in smeltkapasiteit verwag word binne die volgende agt jaar. 'n Gedeelte hiervan sal waarskynlik as uitbreidings aan bestaande fasiliteite kom en dit is juis tydens die beplanning van sulke uitbreidings wat maatreëls op die mees doelmatige wyse geïnkorporeer kan word.

SYNOPSIS

Throughout the world this industry has been selected as a scapegoat as far as emissions of SO₂ and dust particles are concerned. Due to the tremendous pressure which has been exerted on them, research and development were done on a large scale and a lot of progress has been made during the last decade in the combating of air pollution. Various processes and flowsheets were developed which are either modifications of the conventional reverb-converter process or make use of entirely new principles. A number of these developments are discussed.

Control measures in the USA were personally observed and the SO₂ standards and some of their implications are looked into. Emissions from modified conventional plants as well as plants based on the newest principles are discussed. In conclusion the local scene is treated by comparison. This scene varies from completely uncontrolled SO₂ emissions where only high chimneys are used to one smelter where approximately 90% recovery of the SO₂ can be achieved.

VERWYSINGS

1. WHITE, L. The Newer Technology: Where it is used and why. In: Chemical Engineering, April 16, 1973, McGraw-Hill, p.BB.
2. U.S. Environmental Protection Agency. Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Second Edition. Research Triangle Park, 1973, p. 7.3-1.
3. MEGONELL, W.H. Atmospheric sulfur dioxide standards in the United States: Can the standards be justified or afforded? In: Journal of the Air Pollution Control Association, January 1975, p.9.
4. GUCCIONE, E. How pollution watchers ignore facts in copper industry's SO₂ emissions. In: Engineering and Mining Journal, August 1970, p.99.
5. LUTJEN, G. The environmental confrontation in Copper. In: Chemical Engineering, April 16, 1973. McGraw-Hill, p.F.
6. BARTLETT, R.W. and HAUNG, H.H. The lime-concentrate-pellet-roast process for treating copper sulfide concentrates. In: Journal of Metals, December 1973, p.28-34.
7. PRICE, F.C. Copper technology on the move. In: Chemical Engineering, April 16, 1973, McGraw-Hill, p.RR.
8. PAYNTER, J.C. A Review of copper hydrometallurgy. In: Journal of the S.A. Institute of Mining and Metallurgy, Nov. 1973, p. 158-170.
9. WINTHROP, S.O. Canada's air pollution control programme. In: Proceedings of the International Clean Air Conference, Rotorua, New Zealand, February 17-21, 1975, p. 7.
10. EDGE, D.A. and ADAMS, J.S. Palabora Mining Company's gas scrubbing plant. Second I.F.A.C. Symposium on automation in mining, mineral and metal processing, Johannesburg, 13-17 September 1975.