



NORGE

(12) PATENT

(19) NO

(11) 304748

(13) B1

(51) Int Cl⁶ C 25 C 3/20

Patentstyret

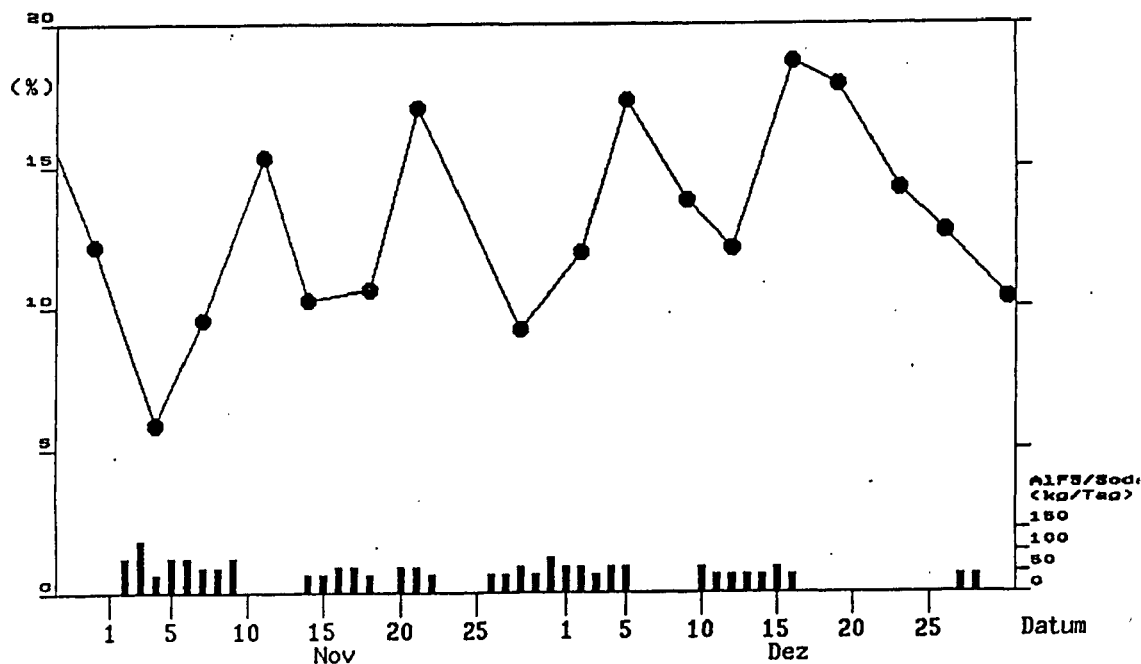
(21) Søknadsnr	19911708	(86) Int. inng. dag og søknadsnummer	
(22) Inng. dag	30.04.1991	(85) Videreføringsdag	
(24) Løpedag	30.04.1991	(30) Prioritet	04.05.1990, CH, 1527/90
(41) Alm. tilgj.	05.11.1991		
(45) Meddelt dato	08.02.1999		
(73) Patenthaver	Alusuisse Technology & Management AG, Badische Bahnhofstrasse 16, CH-8212 Neuhausen am Rheinfall, CH		
(72) Oppfinner	Peter Entner, Sierre, CH		
(74) Fullmektig	J.K. Thorsens Patentbureau AS, 0134 Oslo		

(54) Benevnelse Fremgangsmåte for regulering og stabilisering av AlF_3 -innhold i en aluminium-elektrolysecelle

(56) Anførte publikasjoner Ingen

(57) Sammendrag En fremgangsmåte tjener til regulering og stabilisering av et AlF_3 -innhold (c) på minst 10 vekt% i elektrolyttbadet i en elektrolysecelle for fremstilling av aluminium fra aluminium-oksyd oppløst i en kryolittsmelte.

Under et tidsrom (t_1) analyseres en aluminium-elektrolysecelles spesielle tilstand, særlig med hensyn til cellens katodiske karbonkar, ut ifra en rekke måleverdier som omfatter flere driftsparametere. Ved hjelp av en modellberegning utledes den optimale tidsforskyvning (ZV) mellom tilførsel av AlF_3 og dens virkning i elektrolytten. Tilførselsmengdene (z) av AlF_3 beregnes under forutsetning av et bestemt AlF_3 -innhold idet det tas hensyn til tidsforskyvningen (ZV), og AlF_3 tilføres porsjonsvis eller kontinuerlig.



Oppfinnelsen angår en fremgangsmåte for regulering og stabilisering av et AlF_3 -innhold på minst 10 vekt-% i elektrolyttbadet i en elektrolysecelle for fremstilling av aluminium fra aluminiumoksyd oppløst i en kryolittsmelte.

- 5 I en elektrolysecelle for fremstilling av aluminium anvendes et bad eller en elektrolytt som hovedsakelig består av kryolitt, som er en natriumaluminiumfluor-forbindelse ($3\text{NaF} \cdot \text{AlF}_3$). Denne kryolitt tilsettes ved siden av det aluminiumoksyd som skal oppløses, også smeltepunktnedsettende substanser, f.eks. aluminiumtrifluorid AlF_3 , litiumfluorid LiF , kalsiumdifluorid CaF_2 og/eller magnesiumdifluorid MgF_2 . Således
- 10 inneholder et bad i en elektrolysecelle for fremstilling av aluminium f.eks. 6 – 8 vekt-% AlF_3 , 4 – 6 vekt-% CaF_2 , 1 – 2 vekt-% LiF , og resten kryolitt. Alt etter tilsatsinnholdet senkes således badets smeltepunkt til området fra 940 til 970°C, dvs. det industrielt anvendte temperaturområde.
- 15 Badtilsatser har imidlertid ikke bare positive virkninger, f.eks. en nedsettelse av smeltepunktet, men har også ofte en negativ påvirkning. Tilførselen av litiumfluorid gjør det f.eks. ikke mulig å oppnå tilstrekkelig god foliekvalitet for kondensatorer uten særlig metallbehandling.
- 20 Innenfor rammen av foreliggende oppfinnelse interesserer bare elektrolyttbad med tilsatser som fører til et overskudd av AlF_3 på minst 10 vekt-%, nemlig en Lewis-syre. Dette overskudd uttrykkes som mol- eller vektforhold mellom NaF og AlF_3 medregnet kryolitten, eller som prosentandelen av overskuddsmengden av fritt AlF_3 . I det etterfølgende velges nevnte andre variant, slik det allerede er antydnet ved de ovenfor angitte
- 25 talleksempler.

- Med tilsats av AlF_3 kan likviduslinjen for det tertiære systems kryolitt-aluminiumoksyd-aluminiumtrifluorid nedsettes i samsvar med et kvadratisk forløp. En tilsats på 10 vekt-% AlF_3 bevirker en nedsettelse av temperaturen på ca. 25°C. På grunn av den kjente
- 30 kvadratiske avhengighet av konsentrasjonen er det nærliggende å etterstrebe drift med høyere aluminiumfluorid-konsentrasjoner, særlig da også følgende ytterligere fordeler er kjent:
- På grunn av den lave temperatur er badkomponentene mindre aggressive, og elektrolysecellens levetid kan derved forlenges. Videre kan anodeforbruket holdes på
- 35 lavere nivå, hvilket ytterligere gir seg til kjenne i driftsøkonomien.

- Mindre mengder aluminium løser seg i elektrolytten, hvilket innebærer et høyere strømutbytte.
- Det smeltede metall vil inneholde mindre mengder natrium, som nedsetter katodens levetid.

5

Det er imidlertid også funnet at nedsettelsen av badets temperatur på grunn av høyt AlF_3 -innhold ikke bare medfører fordeler, men også at følgende ulemper må tas med i beregningen:

- Løseligheten av oksyd materialet i elektrolytten nedsettes.
- 10 – Badets elektriske ledningsevne avtar med tiltagende innhold av AlF_3 og avtagende temperatur. Også stabiliteten av de størknede sidekanter avtar.
- Løseligheten av aluminiumkarbid stiger sterkt med tiltagende AlF_3 -innhold. Dette påvirker først og fremst trefasesonen (karbonforing, elektrolytt, metallsmelte), særlig når det ikke foreligger noen beskyttelse fra størknet elektrolyttmaterial. Videre vandrer 15 oppløst aluminiumkarbid til anoden og nedsetter strømutbyttet ved sin reaksjon.
- Natriumioner er ladningsbærere for elektrolysestrømmen mens aluminiumionene reduseres ved katoden. Av denne grunn oppstår det i dette område et høyt NaF/AlF_3 -forhold, hvilket kan føre til størkning av elektrolyttmaterial.
- 20 Ved siden av disse kjente ulemper er det dessuten blitt funnet at det ved et AlF_3 -innhold i badet over 10 vekt-% kan det opptre svingninger med en svingningsperiode på flere dager, f.eks. 10 – 30 dager. Herunder vil da AlF_3 -innholdet variere langsomt innenfor vide grenser, f.eks. innenfor området 6 – 20 vekt-%.
- 25 Sammen med disse variasjoner i AlF_3 -innholdet vil det i henhold til den ovenfor omtalte kvadratiske sammenheng også opptre temperatursvingninger, f.eks. i området 930 – 990°C. Videre har et aluminiumfluorid-innhold på over 10 vekt-% til følge væskenivå-svingninger i område 10 – 30 cm. Med lavere AlF_3 -innhold på under 10 vekt-% er det ikke blitt funnet sådanne utpregede svingninger.
- 30 Det er da et formål for oppfinnelsen å angi en fremgangsmåte av innledningsvis angitt art, hvorved svingningene i AlF_3 -innholdet og derved badtemperaturen også uten tilsats av litiumfluorid, kan bringes til et lite standardavvik, nemlig til ca. 1 – 2 % med hensyn til AlF_3 -innholdet. Motvirkende tilsatser med nøytraliserende virkning, slik som f.eks. soda 35 og natriumfluorid, skal det da ikke være nødvendig å anvende, eller eventuelt bare i unntagelsestilfeller.

Dette formål oppnås i henhold til oppfinnelsen ved hjelp av en fremgangsmåte som omfatter trinn hvor:

- den spesielle tilstand av en aluminiumelektrolyse-celle, og særlig av dens katodiske karbonkar, analyseres over et visst tidsrom ut fra i det minste målinger av
- 5 konsentrasjonen og tilførselsmengdene av AlF_3 i elektrolytten,
- badmassen og de daglige AlF_3 -tap beregnes,
- ved hjelp av modellberegning velges, i samsvar med statistiske kriterier, den optimale tidsforsinkelse mellom tilførsel av AlF_3 og dets virkning i elektrolytten,
- for en gitt nominell verdi av AlF_3 -innhold innenfor et bestemt område, beregnes
- 10 tilførselsmengdene av AlF_3 mens det tas hensyn til tidsforsinkelsen, og
- AlF_3 tilføres porsjonsvis eller kontinuerlig.

Under aluminiumelektrolysen finner det stadig sted et tap av AlF_3 , nemlig på den ene side ved fordampning, hvilket ved kapslede aluminiumelektrolyseceller ikke – eller bare i

15 liten grad, påvirker omgivelsene, samt på den annen side ved reaksjon med det tilsatte oksydmaterial som inneholder Na_2O . For tilsats av AlF_3 foreligger tabeller som angir det antall materialenheter som skal tilsettes i avhengighet av badtemperaturen og det AlF_3 -innhold som skal innstilles. Disse tabeller kan imidlertid ytterligere forbedres, idet almene korreksjonsfaktorer, slik som cellens alder, antallet anodeeffekter og den

20 foreliggende konsentrasjonstendens, tas i betraktning.

I praksis har det imidlertid vist seg at selv ganske detaljerte tabeller i de fleste tilfeller avviker fra den foreliggende virkelighet med hensyn til de spesielle behov for hver enkelt elektrolysecelle. Grunnleggende er da den erkjennelse at en regulering og stabilisering

25 av AlF_3 -innholdet må utgå fra forutgående registrering og analyse av celleparametre som periodisk oppdateres. Ved en god celledrift kan denne beregning av celleparametrene finne sted med større eller mindre tidsavstander ved dårlig celledrift. Videre er det i henhold til oppfinnelsen funnet at det mellom tilførsel av aluminiumtrifluorid AlF_3 og dets virkning i badet forløper en viss tid, f.eks. omkring 3 dager, hvilket det er tatt hensyn til

30 ved den anvendte modellberegning for AlF_3 -tilførselen i henhold til oppfinnelsen.

Tidsforsinkelsen på flere dager mellom AlF_3 -tilførselen og dens virkning har alltid hatt til følge at det på grunn av manglende reaksjon, i det minste daglig tilføres ytterligere aluminiumfluorid, således at den tilsiktede verdi regelmessig overskrides. Som en følge

35 av dette må driften enten finne sted med altfor høyt AlF_3 -innhold eller med tilsats av

soda, Na_2CO_3 , eller natriumfluorid, NaF , i større mengder som nøytraliserende middel som imidlertid på sin side, også reagerer tidsforsinket.

Disse overraskede virkninger er det da i forbindelse med foreliggende oppfinnelse bare
5 mulig å forklare ved at det stadig økende innhold av NaF i karbonforingen med tiltagende cellealder først reagerer med det tilsatte AlF_3 . Det innleirede natriumfluorid i karbonmaterialet virker altså som en buffer. Først når en metning er oppnådd, vil AlF_3 -konsentrasjonen i elektrolytten øke, og derved synker temperaturen. Bufferen gir da
10 atter tilbake AlF_3 , hvilket sammen med det ytterligere aluminiumfluorid som er tilsatt i mellomtiden, fører til en økning av AlF_3 -konsentrasjonen utover den tilsiktede verdi.

Som antydnet finner måling og analyse av tilstanden av de enkelte aluminiumelektrolyser og bestemmelse av den optimale tidsforskyvning sted ikke bare for hver enkelt celle for seg, men også eventuelt også med forskjellige tidsavstander. Ved sunne, normalt
15 arbeidende celler finner dette fortrinnsvis sted hver eller annenhver måned, mens det ved dårlig ovnsdrift gjentas med en tidsavstand på 1 – 5 dager utenfor programmet, inntil ovnsdriften blir bedre og tidsintervallene atter kan forlenges. Takket være den separate aktuelle fastleggelse av celletilstanden kan man avstå fra almene tabeller som hverken tar hensyn til celletype eller vedkommende celledes spesielle tilstand.

20

Som det er i og for seg kjent, f.eks. fra publikasjonen EP 0 195 142, kan målingen av AlF_3 -innholdet erstattes med en temperaturmåling. Dette er ikke bare enklere, men har
25 iboende i seg en temperaturavhengighet av AlF_3 -innholdet og kan utnyttes direkte.

Som vesentlige parametre for den benyttede modellberegning i henhold til oppfinnelsen tjener mengden av flytende material M og de daglige AlF_3 -tap v . Disse parametre
30 beregnes ut fra målinger av konsentrasjonen c og tilførselen z av AlF_3 i elektrolytten i et tidsrom t_1 på fortrinnsvis 10 – 60 dager, særlig 20 – 30 dager. Tidsrommet t_1 er på den ene side så kort at den spesielle tilstand for en bestemt celle kan aktuelt fastlegges, men på den andre side så lang at tilfeldige kortvarige forandringer uten sammenheng, ikke vil
gjøre seg gjeldende.

Beregnet badmasse M og daglig AlF_3 -tap v tas inn i modellberegningen og gjennomregnes med tidsforskyvninger ZV på fortrinnsvis 1 – 10 hele dager. Det beste sett av
35 parameterverdier velges så ut i samsvar med i og for seg kjente statistiske kriterier, og tilførselen z av AlF_3 beregnes under forutsetning av et AlF_3 -innhold c på mellom 10 og

15 vekt-%. Det forutsatte AlF_3 -innhold c retter seg etter den elektrolysetemperatur som anses som optimal. Denne kan f.eks. oppnås ved ca. 12 vekt-% aluminiumfluorid. Det beste parametersett som også inneholder tidsforskyvningen ZV , anvendes i de neste n dager for tilførselen av aluminiumfluorid. Herunder anvendes da følgende formel:

$$5 \quad z = M \cdot (c_s - c_m) + n \cdot v$$

hvor M er badmassen, c_s er den tilsiktede verdi for AlF_3 -innholdet, c_m er øyeblikksverdien for AlF_3 -innholdet og v det daglige tap av AlF_3 . Hvis den tilsiktede verdi c_s nøyaktig tilsvarer øyeblikksverdien c_m , så må bare tapene erstattes.

- 10 Tidsrommet på n dager bør som regel ikke være større enn tidsrommet t_1 hvor grunnlaget for beregningen av parametrene blir målt. Dette tidsrom blir korrigert med tidsforskyvningen ZV .

Ved hjelp av en modifisert formel kan det forutsies hvor høy innholdet c_x av aluminiumfluorid skal være i henhold til modellberegningen ved dagen t_x . Ved hjelp av en måling utført vedkommende dag t_x kan så modellen utprøves med hensyn til sin duglighet og eventuelt tilpasses.

Hvis det med den ovenfor angitte formel beregnes en negativ verdi for tilsatsen z av AlF_3 så er badet overmettet med hensyn på aluminiumfluorid og behøver ingen ytterligere tilførsel. Ved fremgangsmåten i henhold til oppfinnelsen bør det ikke opptre noen – eller bare en liten, overmetning av aluminiumfluorid. Hvis denne skal eller må korrigeres forut for den naturlige innsvingning på grunn av AlF_3 -tapet, tilføres et likeledes tidsforsinket virkende motmiddel, slik som f.eks. soda eller natriumfluorid. Tidsforsinkelsen beregnes likeledes i en cellespesifikk modellinnretning. Videre kan en overmetning av aluminiumfluorid korrigeres ved tilpasning av spenningen. Tilførselen av soda finner fortrinnsvis sted i samsvar med formelen:

$$30 \quad z_s = \frac{|z|}{1,06}$$

For bestemmelse av den optimale tidsforskyvning ZV for AlF_3 -tilførselen z kan også finere verdier som registreres i løpet av dagen, innføres. Da den fastlagte optimale tidsforskyvning ZV for aluminiumfluorid-tilførsel ved hjelp av modellberegningen i de elektrolyseceller som anvendes i aluminiumsindustrien, som regel ligger innenfor området 2 – 5 dager, og særlig omkring 3 dager, blir i henhold til en videreutviklet utførelsesform av oppfinnelsen del-daglige tidsforskyvninger ZV i dette tidsrom

gjennomregnet og oppstilt i en liste for beregning av det beste parametersett. Allerede etter innføring av en desimal etter komma kan grovrasteret for tidsforskyvningen ZV i praksis bringes til den påkrevde finhet.

- 5 Modellberegningen for å bestemme den optimale tidsforskyvning ZV og tilsatsen z av aluminiumfluorid kan utvides ved innføring av følgende ytterligere parametre:
 - Badets overflatenivå. Elektrolyttmassen er åpenbart ikke bare en funksjon av temperaturen, men særlig også av badets overflatenivå, med andre ord avstanden fra aluminiumoverflaten til elektrolyttens overflate.
 - 10 – Cellens termiske balanse. Denne balanse angir hvor meget energi som flyter ut gjennom bunnen, sideveggene, kapslingen og elektrodene. Ved strømgjennomgangen opprettholdes ikke bare en elektrokjemisk prosess, men også varme utvikles pga. elektrolyttens elektriske motstand.
 - Spenningsfall. Spenningsfallet i elektrolytten avhenger av antall ioner og deres
 - 15 bevegelse.

I prinsippet er det uvesentlig hvorledes det påkrevde aluminiumfluorid tilføres. Tidligere ble aluminiumfluoridet tilført sekkvist, men moderne celler arbeider med doseringsutstyr, hvorunder i tiltagende grad også tettstrøms-fremdrift utnyttes. Doseringsutstyret eller

20 doseringsanordningene styres fortrinnsvis fra en prosessdatamaskin og avgir aluminiumfluorid i porsjoner eller kontinuerlig.

Ved utnyttelse av fremgangsmåten i henhold til oppfinnelsen kan svingningene i elektrolyttens AlF_3 -konsentrasjon reduseres til et standardavvik på 1 – 2 %, hvilket

25 innenfor et konsentrasjonsområde på 10 – 15 vekt-% aluminiumfluorid, fører til en forenklet prosessstyring og en vesentlig høyere aluminiumproduksjon. Overskridelse av de tilsiktede verdier kan da forhindres, samt også i stor utstrekning tilførsel av motmidler som soda eller natriumfluorid. Elektrolytttilsatser, slik som litiumfluorid, som ved bestemte anvendelser gjør seg skadelig merkbart, er da ikke nødvendig.

30

De definerte målestørrelser i henhold til foreliggende oppfinnelse og deres måleenheter er som følger:

- c : AlF_3 -innhold i elektrolytten (vekt-%)
- t_1 : Tidsrom (dager)
- 35 z : AlF_3 -tilførsel (kg/dag)
- ZV: Tidsforskyvning (dager)

- M : Badmasse (kg)
 v : AlF_3 -tap (tap/dag)
 Z_s : Soda-tilsats (kg/dag)
 n : Antall dager
 5 c_s : Tilsiktet verdi av AlF_3 -innhold (vekt-%)

Utførelseseksempel

I vedføyde fig. 1 er et typisk tidsforløp for AlF_3 -konsentrasjonen (i vekt-%) angitt med de tilsvarende AlF_3 -tilsatser i kg/dag. Man vil her se sterke svingninger mellom 5 og 15 % AlF_3 -overskudd, som fremkommer på grunn av elektrolysecellens forsinkede reaksjon på AlF_3 -tilførselen. I tabell I er resultatet av modellparameterberegningene angitt. For et tidsrom på 50 dager ble AlF_3 -tapene (v i kg/dag) beregnet for forskjellige tidsforskyvninger (ZV på 1 – 10 dager) ved en forut gitt badmasse på 6000 kg. Det datasett som hadde minst restverdi ($ZV = 3$ dager og $dc(0) = 1,14$) ble utvalgt.

15

Tabell I: AlF_3 -modell, beregning av modellparametre

Tidsrom: fra sluttdato 25/12 minus 50 dgr. → beg.dato 06/11				
ZV	v (0)		l dcl (0)	
Dager	kg/dag	P	%	P
1	19,90	10	1,17	2
2	21,53	7	1,18	3
3	24,66	1	1,14	1
4	25,42	2	1,28	4
5	27,94	6	1,40	5
6	28,79	8	1,54	6
7	28,07	9	1,64	10
8	27,30	5	1,63	7
9	26,31	4	1,63	8
10	25,62	3	1,63	9

I tabell II nedenfor er beregningen av den optimale tilførsel for stabilisering av AlF_3 -konsentrasjonen angitt.

- Her betyr: f : Badets nivå (cm)
 x : Metallnivået (cm)
 T_f : Badtemperatur ($^{\circ}\text{C}$)
 40 z, z_s : AlF_3 - og soda-tilsats (kg/dag)
 C : AlF_3 -konsentrasjon (vekt-%)

Tabell II: Beregning av AIF₃-tilsatser

Tidsrom: fra beg.dato 31/12 pluss 7 dager → sluttdato 06/01													
5	Dato	f	x	Driftsverdier				Startverdier			Beregning		
				T _f	z	z _s	c	z	z _s	c	z	z _s	c
10	06/01										20	0	12,1
	05/01										20	0	11,5
	04/01										20	0	10,9
	03/01										60	0	10,3
	02/01										60	0	9,7
	01/01										60	0	10,1
	31/12										60	0	10,5
15	30/12	16	23	967			10,3			10,3			
	29/12	16	23	960	0	0		0	0				
	28/12	18	23	967	40	0		40	0				
	27/12	17	23	961	40	0							
	26/12	17	23	957	0	0	12,7						
20	25/12	13	23	935	0	0							
	24/12	14	34	941	0	0							
	23/12	15	22	940	0	0	14,2						
	22/12	14	23	943									

25

I vedføyde fig. 2 er tidsforløpet for AIF₃-konsentrasjonen (vekt-%) angitt på tilsvarende måte som i fig. 1 etter innføring av modellberegningene (f.o.m. januar). Av denne figur vil det fremgå en vesentlig forbedret tidsstabilitet av verdiene.

PATENTKRAV

1. Fremgangsmåte for regulering og stabilisering av et AlF_3 -innhold (c) på minst 10 vekt-% i elektrolyttbadet i en elektrolysecelle for fremstilling av aluminium fra aluminium-
5 oksyd oppløst i en kryolittsmelte,
karakterisert ved at den omfatter trinn hvor:
- den spesielle tilstand av en aluminiumelektrolyse-celle, og særlig av dens katodiske karbonkar, analyseres over et visst tidsrom (t_1) ut fra i det minste målinger av konsentrasjonen (c) og tilførselsmengdene (z) av AlF_3 i elektrolytten,
 - 10 – badmassen (M) og de daglige AlF_3 -tap (v) beregnes,
 - ved hjelp av modellberegning velges, i samsvar med statistiske kriterier, den optimale tidsforsinkelse (ZV) mellom tilførsel av AlF_3 og dets virkning i elektrolytten,
 - for en gitt nominell verdi av AlF_3 -innhold (c) innenfor et bestemt område, beregnes tilførselsmengdene (z) av AlF_3 mens det tas hensyn til tidsforsinkelsen (ZV), og
 - 15 – AlF_3 tilføres porsjonsvis eller kontinuerlig.
2. Fremgangsmåte som angitt i krav 1,
karakterisert ved at analysen av en aluminiumcelles spesielle tilstand og bestemmelsen av den optimale tidsforsinkelse (ZV) gjentas hver eller annenhver måned
20 for en normalt arbeidende celle, og med et tidsmellomrom på 1 - 5 dager utenfor prosessprogrammet for en celle med dårlig ovnsdrift.
3. Fremgangsmåte som angitt i krav 1 eller 2,
karakterisert ved at AlF_3 -innholdet måles ved å måle temperaturen.
25
4. Fremgangsmåte som angitt i et av kravene 1 - 3,
karakterisert ved at badmassen (M) og de daglige AlF_3 -tap (v) beregnes ut fra målinger av konsentrasjonen (c) og tilførselsmengdene (z) av AlF_3 i elektrolytten over et tidsrom (t_1) på 10 - 60 dager, fortrinnsvis 20 - 30 dager, idet tidsforsinkelser (ZV) på
30 fortrinnsvis 1 - 10 hele dager føres inn i modellberegningen og det beste parametersett velges ut i samsvar med statistiske kriterier, og tilførselsmengden (z) av AlF_3 beregnes under forutsetning av et AlF_3 -innhold på mellom 10 og 15 vekt-%.

5. Fremgangsmåte som angitt i et av kravene 1 - 4,
 k a r a k t e r i s e r t v e d at tilførselsmengden (z) av AlF_3 for de neste n dager
 beregnes under anvendelse av det beste parametersett innbefattet tidsforsinkelsen (ZV),
 ut fra formelen:

$$z = M \cdot (c_s - c_m) + n \cdot v$$

hvor M er badmassen, c_s er den nominelle verdi for AlF_3 -innholdet, c_m er øyeblik-
 ksverdien av AlF_3 -innholdet og v angir det daglige AlF_3 -tap.

10 6. Fremgangsmåte som angitt i krav 5,
 k a r a k t e r i s e r t v e d at i tilfellet av en negativ verdi for tilførselsmengden (z)
 av AlF_3 , bevirkes nøytralisering med soda eller natriumfluorid, eller ved regulering av
 spenningen.

15 7. Fremgangsmåte som angitt i krav 6,
 k a r a k t e r i s e r t v e d at soda tilsettes i samsvar med formelen:

$$z_s = \frac{|z|}{1,06}$$

20

8. Fremgangsmåte som angitt i et av kravene 1 - 7,
 k a r a k t e r i s e r t v e d at det i modellberegningen for bestemmelse av den
 optimale tidsforsinkelse (ZV) for tilførsel av AlF_3 innføres forfinende verdier som også
 omfatter deler av dager, fortrinnsvis innenfor et område på 2 - 5 dager.

25

9. Fremgangsmåte som angitt i et av kravene 4 - 8,
 k a r a k t e r i s e r t v e d at nivået av badet i aluminium-elektrolysecellen, cellens
 termiske balanse og/eller dens spenningsfall trekkes inn som forfining i modellberegning-
 en for bestemmelse av tidsforsinkelsen (ZV) og tilførselsmengden (z) av AlF_3 .

30

10. Fremgangsmåte som angitt i et av kravene 1 - 9,
 k a r a k t e r i s e r t v e d at AlF_3 tilføres sekkvis eller ved hjelp av en doserings-
 innretning styrt fra en prosessdatamaskin.

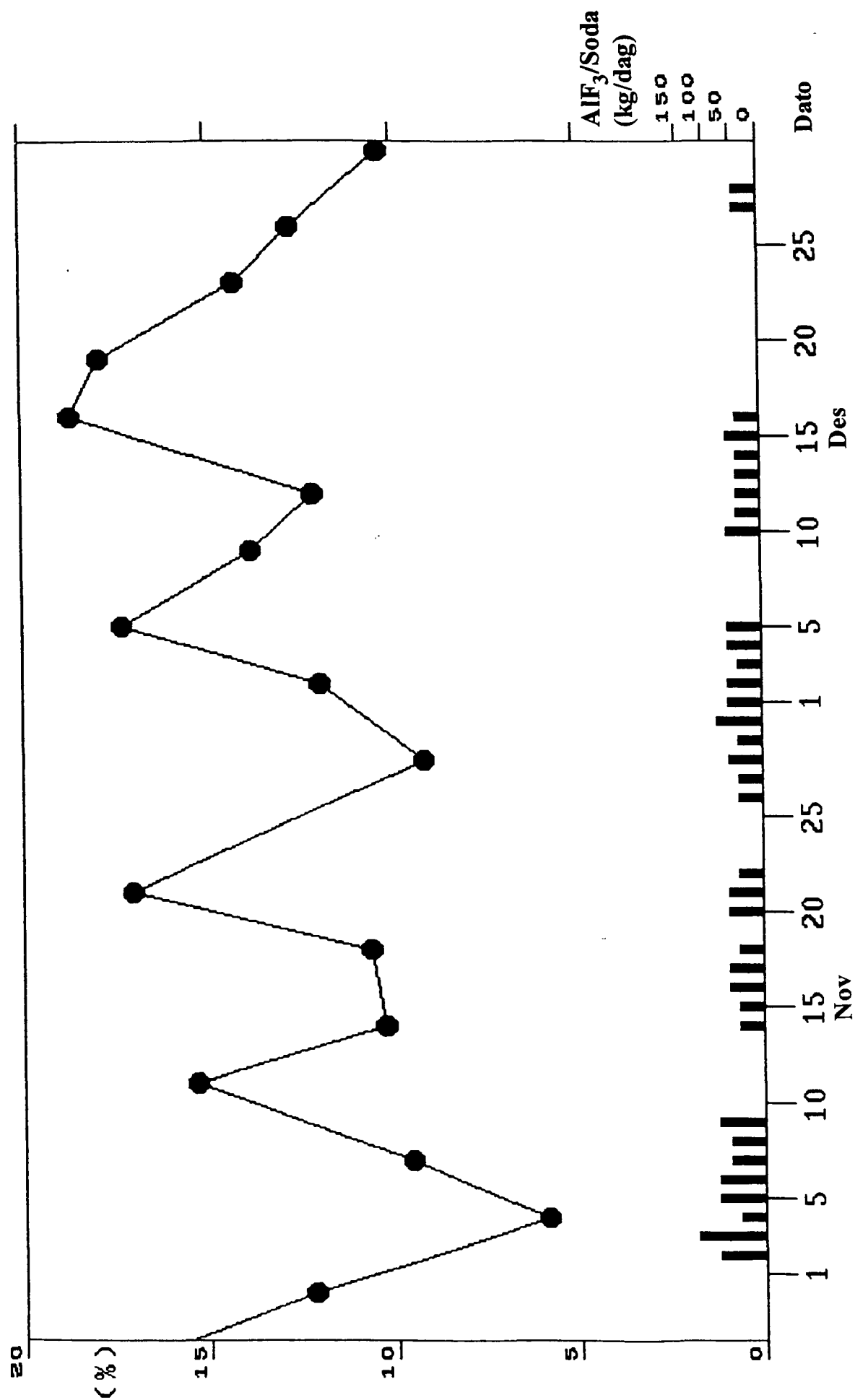


Fig.1

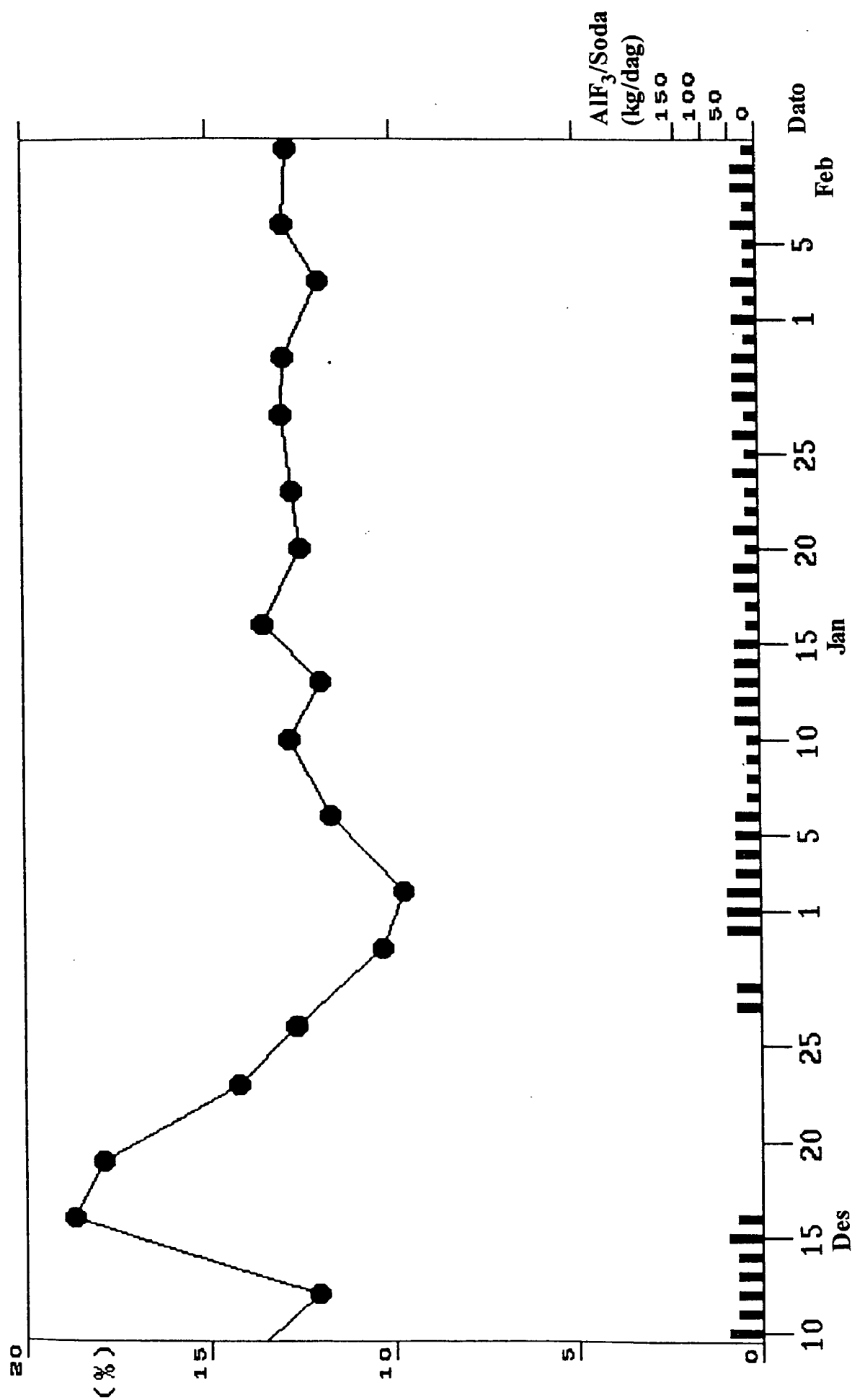


Fig. 2