



(12) **PATENT**

(19) **NO**

(11) **330146**

(13) **B1**

**NORGE**

(51) Int Cl.

**C22F 1/04 (2006.01)**

**C22F 1/00 (2006.01)**

**C22C 21/00 (2006.01)**

**B21B 1/40 (2006.01)**

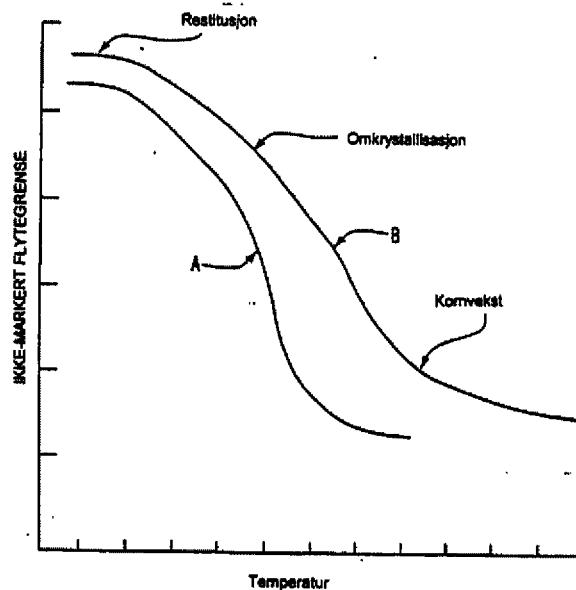
**B21B 3/00 (2006.01)**

## Patentstyret

|      |            |                                                                      |      |                           |                                |
|------|------------|----------------------------------------------------------------------|------|---------------------------|--------------------------------|
| (21) | Søknadsnr  | 20004100                                                             | (86) | Int.inng.dag og søknadsnr | 1999.02.17<br>PCT/CA1999/00138 |
| (22) | Inng.dag   | 2000.08.16                                                           | (85) | Videreføringsdag          | 2000.08.16                     |
| (24) | Løpedag    | 1999.02.17                                                           | (30) | Prioritet                 | 1998.02.18, US, 75102          |
| (41) | Alm.tilgj  | 2000.10.18                                                           |      |                           |                                |
| (45) | Meddelt    | 2011.02.28                                                           |      |                           |                                |
| (73) | Innehaver  | Novelis Inc, 70 York Street, Suite 1510, CA-ONM5J1S9 TORONTO, Canada |      |                           |                                |
| (72) | Oppfinner  | Sadashiv Kashinath Nadkarni, Lexington, MA, US-, USA                 |      |                           |                                |
|      |            | Luc M Montgrain, Terre Haute, IN, US-, USA                           |      |                           |                                |
|      |            | Thomas L. Davisson, Aurora, IL, US-, USA                             |      |                           |                                |
| (74) | Fullmektig | Oslo Patentkontor AS, Postboks 7007 Majorstua, 0306 OSLO, Norge      |      |                           |                                |

|      |                       |                                                                        |
|------|-----------------------|------------------------------------------------------------------------|
| (54) | Benevnelse            | <b>Fremgangsmåte ved fremstilling av aluminiumsfolie av høy styrke</b> |
| (56) | Anførte publikasjoner | JP 62149838 A, WO 9736017 A1, US 5466312 A                             |
| (57) | Sammendrag            |                                                                        |

Meget sterk folie som har dødfoldbarhetsegenskaper, fremstilles uten valseproblemer og andre produksjonsproblemer som påtreffes med kjente meget sterke folier, ved å begrense manganinnholdet, mellomvarmebehandlingstemperaturen og valgfritt sluttvarmebehandlingstemperatur. Legeringen inneholder 0,05 til 0,15 vekt%, fortrinnsvis 0,095 til 0,125 vekt%, mangan. Et kaldbearbeidet ark mellomvarmebehandles ved en temperatur fra 200°C til 260°C, fortrinnsvis 230-250°C, for å danne et i alt vesentlig fullstendig omkrystallisert ark, mens hovedparten av manganet holdes i fast oppløsning. Det mellomvarmebehandlede ark vales til den endelige tykkelse og sluttvarmebehandles, fortrinnsvis ved en temperatur fra 250-325°C, mer foretrukket 260-325°C, for å danne dødfoldbar aluminiumsfolie med en ikke-markert flytegrense på minst ca. 90 MPa og en strekkfasthet på minst 103,4 MPa og en Mullen-verdi på minst ca. 90 kPa ved en tykkelse på 0,0015 cm.



Teknisk område

Foreliggende oppfinnelse vedrører en fremgangsmåte ved fremstilling av aluminiumfolie, og nærmere bestemt en lønnsom, effektiv og høyt produktiv prosess for fremstilling av meget sterk aluminiumfolie.

5     Teknikkens stand

Aluminiumfolie fremstilles av et antall konvensjonelle legeringer. Den følgende tabell 1 angir de nominelle sammensetninger og typiske egenskaper av varmebehandlede folier fremstilt av typiske legeringer ifølge Aluminium Association (AA).

Tabell 1

10                                 Nominelle sammensetninger og typiske egenskaper  
                                         varmebehandlede folier

| Legering | Si   | Fe   | Cu   | Mn   | UTS <sup>1</sup><br>MPa | YS <sup>2</sup><br>MPa | Mullen <sup>3</sup><br>kPa |
|----------|------|------|------|------|-------------------------|------------------------|----------------------------|
| 1100     | 0,06 | 0,45 | 0,12 | --   | 73,8                    | 40,7                   | 97,2                       |
| 1200     | 0,17 | 0,65 | --   | --   | 69,6                    | 42,1                   | 59,3                       |
| 8111     | 0,57 | 0,57 | --   | --   | 73,8                    | 46,9                   | 87,6                       |
| 8015     | 0,12 | 0,95 | --   | 0,2  | 124,1                   | 103,4                  | 103,4                      |
| 8006     | 0,22 | 1,58 | --   | 0,43 | 127,6                   | 92,4                   |                            |

<sup>1</sup>         UTS = "Ultimate Tensile Strength", strekkfasthet

<sup>2</sup>         YS = "Yield Strength", ikke-markert flytegrense

15         <sup>3</sup>         Mullen-verdien er et standardmål for styrken og formbarheten av aluminiumfolie. En membran presses hydraulisk mot foliens flate. Verdien er trykket i kPa på folien av en bestemt tykkelse ved hvilken den revner.

20         Én fremgangsmåte ved fremstilling av folien er å først støpe en ingot ved en fremgangsmåte som vanligvis benevnes "direct chill-" eller DC-støping. Folie av 8006-legering fremstilles vanligvis ved DC-støpeprosessen. Den DC-støpte ingot forhåndsvarmes til en temperatur rundt 500°C og varmvalsas deretter for å danne et ark som har en tykkelse fra 0,2-0,4 cm. Dette ark kaldvalsas deretter til en endelig tykkelse fra 0,00075 til 0,0025 cm for å danne en husholdsfolie. Under kaldvalsingen bearbeidningsherdes arket, hvilket gjør det umulig å valse det ned ytterligere etter at man har nådd et mål på 0,005-0,010 cm. Dette er grunnen til at arket etter

et par passasjer gjennom kaldvalsen (generelt ved en tykkelse på 0,005-0,05 cm), mellomvarmebehandles, vanligvis ved en temperatur på 275-425°C, for å omkrystallisere og mykne materialet og sikre en lett valsbarhet til det ønskede endelige mål. Tykkelsen av arket reduseres normalt med 80-99% etter mellomvarmebe-

5 handlingen. Uten denne varmebehandling vil bearbeidningsherdingen gjøre en valsing til det endelige mål ekstremt vanskelig, hvis ikke umulig.

Det endelige mål kan være 0,0008-0,0025 cm. En typisk endelig tykkelse for husholdsfolie er ca. 0,0015 cm. Når kaldvalsingen er ferdig, behandles folien deretter ved en sluttvarmebehandling, vanligvis ved 325-450°C, for å danne en myk, "dødfoldbar" folie med den ønskede formbarhet og fuktbarhet. ("Dødfoldbarhet" er et

10 begrep som er anerkjent innen industrien for folie som kan brettes 180° tilbake på seg selv uten noen tilbakefjæring.) Sluttvarmebehandlingen tjener til å formidle dødfoldbarhetsegenskapene samt sikre en tilstrekkelig fuktbarhet ved å fjerne valseoljene og andre smøremidler fra overflaten.

15 Folie fremstilles også med andre legeringer, så som 1100, 1200, 8111 og 8015, som først støpes i form av et ark på kontinuerlige støpemaskiner så som båndstøpere, blokkstøpere og valsestøpere. Kontinuerlig støping er vanligvis mer produktiv enn DC-støping fordi man unngår det adskilte varmvalsetrinnet samt bløtleggings- og forhåndsoppvarmingstrinnet og skalpering av ingoten. Kontinuerlige støpemaskiner så som båndstøpere kan generelt støpe et kontinuerlig ark av aluminiumle-

20 gering som er mindre enn 5 cm tykt og så bredt som konstruksjonsbredden av støpeanordningen (vanligvis såpass mye som 208 cm). Den kontinuerlig støpte legering kan vales til en tynnere tykkelse umiddelbart etter støpingen, i en kontinuerlig varm eller middels varm valseprosess.

25 Slik som også er tilfellet med DC-støpt materiale, erfarer kontinuerlig støpte ark vanligvis én mellomvarmebehandling og en sluttvarmebehandling. For eksempel kan legeringen støpes og varm- eller middels varmvalses til en tykkelse på 0,125-0,255 cm på den kontinuerlige støpeanordning og deretter kaldvalses til en tykkelse på 0,005-0,05 cm. På dette stadium mellomvarmebehandles arket for å mykne det,

30 og deretter kaldvalses det til den endelige tykkelse på 0,00075-0,00255 cm og behandles ved en sluttvarmebehandling ved en temperatur på 325-450°C.

Slik det fremgår av tabell 1, kan folier som har en betydelig høyere styrke enn standard husholdsfolier (som vanligvis fremstilles av legeringer så som 1100, 1200 og 8111) fremstilles av visse for tiden tilgjengelige legeringer så som DC-støpt le-

gering 8006 og kontinuerlig støpt legering 8015. Dessverre er begge disse materialer forbundet med bestemte problemer. Slik det ble nevnt ovenfor, er DC-støpeprosessen som anvendes med legering 8006, relativt dyr. Imidlertid er kontinuerlig støpt 8015 meget vanskelig å valse og støpe. Utbyttet er dårlig, både under støping og valsing, grunnet problemer så som kantrevning. Det høye bearbeidningsherdingsforhold fører til en lavere valseproduktivitet på grunn av det økte antall passasjer som er nødvendig, hvilket øker kostnadene. Dette eliminerer de fleste, hvis ikke alle, kostnadsfordelene forbundet med kontinuerlig støping.

Det høye jerninnhold i både 8006 (1,2-2,0% Fe) og 8015 (0,8-1,4% Fe) er et ytterligere problem. Legeringer med denne mengde jern kan ikke resirkuleres med verdifulle lavt jernholdige legeringer - hvor det overveiende eksempel er drikkeboksplate - uten å blande inn primært lavt jernholdig metall for å nedsette den samlede jernmengde i det resirkulerte metall. Som et resultat er legeringer så som 8006 og 8015 iblant uakseptable for resirkulering. Hvis de i det hele tatt aksepteres, kan dette være forbundet med hevede kostnader. I tillegg gjør det høye jerninnhold det vanskelig å støpe og valse disse legeringer til folie.

Den japanske patentpublikasjon nr. 62 14 98 38, innlevert den 28. februar 1986 av Showa Aluminium Corporation of Japan, beskriver en aluminiumfolie som har en god formbarhet. Folien fremstilles ved å underkaste legeringer som inneholder bestemte mengder Fe og Mn, en homogeniserende behandling, varmvalsing og deretter kaldvalsinger med mellomliggende prosessvarmebehandlinger mellom kaldvalsetrinnene. Mellomvarmebehandlingen utføres ved 400°C i én time.

#### Beskrivelse av oppfinnelsen

I henhold til et trekk av foreliggende oppfinnelse tilveiebringes en fremgangsmåte ved fremstilling av aluminiumfolie som har dødfoldbarhetsegenskaper med en ikke-markert flytegrense på minst 90 MPa og en strekkfasthet på minst 103,4 MPa og en Mullen-verdi på minst 90 kPa ved en tykkelse på 0,0015 cm, hvor en aluminiumlegering støpes for å danne en ingot eller et kontinuerlig ark, ingoten eller det kontinuerlige ark kaldvals for å danne et kaldbearbeidet ark, det kaldbearbeidede ark mellomvarmebehandles, det mellomvarmebehandlede ark kaldvals til et ark med de endelige mål for folietykkelse, og arket med den endelige tykkelse varmebehandles, som er kjennetegnet ved at aluminiumlegeringen velges slik at den inneholder en mengde av mangan i området fra 0,05-0,15 vekt%, silisium i området fra 0,05-0,6 vekt%, jern i området fra 0,1-0,7 vekt% og opptil 0,25 vekt% av kobber,

idet resten er aluminium og tilfeldige urenheter, og det kaldbearbeidede ark mellomvarmebehandles ved en temperatur i området fra 200-260°C.

Foreliggende oppfinnelse tilveiebringer en fremgangsmåte ved fremstilling av en meget sterk aluminiumfolie med mekaniske egenskaper som kan sammenlignes med folier fremstilt av 8006- eller 8015-legering, uten vanskene og de hevede kostnader forbundet med fremstillingen og valsingen av 8006- og 8015-legeringene. Fremgangsmåten kan utføres med et antall legeringer som er relativt enkle å støpe og valse med godt utbytte (vanligvis er valseutbyttet ca. 80%). Oppfinnelsen utføres mest foretrukket med legeringer som har et lavt jerninnhold (dvs. mindre enn 0,8 vekt% og fortrinnsvis 0,1-0,7 vekt%), fordi høyere jerninnhold gjør støpingen og valsingen vanskeligere, og gjør det dannede avfall dyrere å resirkulere. Dermed kan folier som fremstilles ved denne fremgangsmåte, fremstilles relativt lett og resirkuleres uten hevede kostnader.

Oppfinnelsen krever at manganinnholdet av legeringen er mellom 0,05 og 0,15 vekt%, fortrinnsvis 0,1-0,12 vekt%. Vi har funnet at folier med egenskaper som tilsvare egenskapene av 8006- eller 8015-folier, kan fremstilles med høyere utbytte og andre driftfordeler, ved å begrense manganinnholdet til dette område og begrense temperaturen for mellomvarmebehandlingen og valgfritt for sluttvarmebehandlingen.

Slik som er tilfellet med tidligere fremgangsmåter ved fremstilling av folie, mellomvarmebehandles ark fremstilt ved fremgangsmåtene ifølge foreliggende oppfinnelse, vanligvis etter én til tre passasjer gjennom kaldvalsen. Fremgangsmåten ifølge foreliggende oppfinnelse skiller seg imidlertid fra konvensjonelle teknikker ved at varmebehandlingstemperaturen holdes relativt lav, hvorved manganmengden som felles fra legeringen, begrenses. Vi har funnet at manganfelningen kan begrenses ved å begrense mellomvarmebehandlingstemperaturen. Denne begrensede felning danner et mellomvarmebehandlet ark som kan vales til den endelige tykkelse med et godt utbytte, og danner en ferdig folie med overlegne mekaniske egenskaper.

Mellomvarmebehandlingstemperaturen holdes på et nivå som vil forårsake en i alt vesentlig fullstendig omkrystallisasjon av det kaldbearbeidede ark uten å forårsake noen uakseptabel felning av mangan. Mellomvarmebehandlingstemperaturen i fremgangsmåten ifølge foreliggende oppfinnelse er fortrinnsvis 200-260°C, mer foretrukket mellom 230 og 250°C. Det varmebehandlede ark vil inneholde minst 0,05%, fortrinnsvis minst 0,08% og enda mer foretrukket 0,09-0,12% mangan i

fast oppløsning, hvor det kan ha den største innvirkning på de mekaniske egenskaper av den ferdige folie.

Temperaturene for sluttvarmebehandlingen begrenses fortrinnsvis også, og tilpasses temperaturene for mellomvarmebehandlingen og manganinnholdet av legeringen for å oppnå den beste balanse mellom mekaniske egenskaper og bearbeidningsegenskaper. Slik det også er tilfellet med mellomvarmebehandlingstemperaturene, er temperaturene for sluttvarmebehandlingen betydelig lavere enn varmebehandlingstemperaturene som benyttes i konvensjonelle folieproduksjonsprosesser. I fremgangsmåtene ifølge foreliggende oppfinnelse er sluttvarmebehandlingstemperaturen fortrinnsvis 250-325°C, mer foretrukket mellom 260 og 290°C. Med den mengde av mangan som holdes i fast oppløsning etter mellomvarmebehandlingen, kan arket med den endelige tykkelse sluttvarmebehandles ved disse temperaturer for å fremstille en myk, formbar folie med dødfoldbarhetsegenskapene som er høyt ønskelige i en aluminiumfolie, mens man fortsatt beholder en styrke og andre mekaniske egenskaper som er likeverdige med 8015-folie.

#### Kort beskrivelse av tegningen

Fig. 1 har varmebehandlingskurver som illustrerer de kvalitative virkninger av forskjellige manganinnhold på en aluminiumlegering.

#### Beste måter å utføre oppfinnelsen

Fremgangsmåten ifølge foreliggende oppfinnelse kan utøves med et bredt utvalg av legeringssammensetninger, også modifikasjoner av legeringssammensetningene som for tiden benyttes for fremstilling av foliemateriale. Slik det ble nevnt ovenfor, inneholder legeringen 0,05-0,15 vekt% mangan for å oppnå fordelene ved foreliggende oppfinnelse. Sterke folier kan fremstilles med legeringer som har et høyere innhold av mangan, så som 8015, men disse legeringer har en tendens til å være meget vanskelige å valse på grunn av det høyere bearbeidningsherdingsforhold. Med manganinnhold under 0,05% nedsettes de mekaniske egenskaper skarpt idet sluttvarmebehandlingstemperaturen heves, hvilket gjør det meget vanskelig å oppnå en sterk folie. Dermed ligger manganinnholdet mellom 0,05 og 0,15%, fortrinnsvis mellom 0,095 og 0,125%.

Andre legeringsingredienser som ofte brukes i folielegeringer, så som silisium, jern, kobber og magnesium, virker ikke å påvirke forholdet mellom varmebehandlings-

temperaturer, formbarhet og de endelige mekaniske egenskaper på samme måte som mangan. Imidlertid vil det normalt være ønskelig å innlemme i det minste noen av disse ingredienser for å regulere visse andre egenskaper. Vanligvis kan legeringen inneholde fra 0,05-0,6% silisium, 0,1-0,7% jern og opptil 0,25% kobber, hvor resten utgjøres av aluminium og tilfeldige urenheter. Silisium er kjent for å påvirke overflatekvaliteten av folien, hvorved man unngår tilskitning under valseprosessen. Silisium, jern og kobber bidrar alle til å heve styrken av sluttproduktet.

Legeringer som er nyttige i fremgangsmåten ifølge oppfinnelsen, kan støpes ved hvilken som helst konvensjonell støpeteknikk, omfattende DC-ingotstøpeprosesser samt kontinuerlige støpesystemer. På grunn av behandlingsøkonomien som er oppnåelig med kontinuerlig støping, er denne fremgangsmåte imidlertid foretrukket. Flere kontinuerlige støpeprosesser og anordninger som brukes kommersielt i dag, er egnet, omfattende båndstøpeanordninger, blokkstøpeanordninger og valsestøpeanordninger. Disse støpeanordninger kan generelt støpe et kontinuerlig ark av aluminiumlegering som er mindre en 2,5 cm tykt og så bredt som konstruksjonsbredden av støpeanordningen, som kan være i området 170-220 cm. Den kontinuerlig støpte legering kan om ønsket vales til en tynnere tykkelse umiddelbart etter støpingen, i en kontinuerlig varm og middels varm valseprosess. Denne form for støping danner et endeløst ark som er relativt bredt og relativt tynt. Hvis arket varm- og middels varmvalses umiddelbart etter støpingen, kan det når det forlater støpe- og valseprosessen, ha en tykkelse på 0,13 til 0,25 cm når det rulles opp.

Arket kaldvales deretter til den endelige tykkelse i en rekke passasjer gjennom en kaldvalsemølle. Slik det er vanlig i denne type valseprosess, utføres en mellomvarmebehandling, vanligvis etter den første eller andre passasje, slik at arket kan vales til den endelige folietykkelse, og folien underkastes en sluttvarmebehandlingsbehandling når den er blitt valset til den ønskelige tykkelse, for å danne en myk, dødfoldbar folie med en ønsket grad av formbarhet. I fremgangsmåtene ifølge foreliggende oppfinnelse, er - til forskjell fra konvensjonelle prosesser - både mellomvarmebehandlingstemperaturen og sluttvarmebehandlingstemperaturen begrenset og koordinert med manganinnholdet i legeringen, for å oppnå overlegne mekaniske egenskaper i den endelige folie uten at bearbeidbarhetsegenskapene blir skadelidende.

Fig. 1 illustrerer kvalitativt forholdet mellom varmebehandlingstemperaturen og den ikke-markerte flytegrense ved forskjellige varmebehandlingstemperaturer for aluminiumlegeringene som brukes i folieproduksjonsprosessene ifølge foreliggende

oppfinnelse. Kurve A representerer en legering som har ca. 0,03% mangan i fast oppløsning. Figur B representerer en legering med ca. 0,15% mangan i fast oppløsning. På disse kurver, idet temperaturen av legeringen i utgangspunktet heves over det flate startparti av kurven, ofte benevnt restitusjonsområde, begynner en omorganisering av forskyvninger som ble forårsaket av den forutgående kaldbearbeidning. Det følger et omkrystallasjonsparti hvor den opprinnelige krystallinske struktur av legeringen før kaldbearbeidelsen gjenopprettes. Idet legeringen omkrystalliserer, nedsettes de mekaniske egenskaper mens forlengelsen øker. Bunnpartiet av kurven viser et omkrystallisert materiale hvis egenskaper holdes relativt konstante mens det finner sted noe kornvekst.

Konvensjonelle varmebehandlingstemperaturer forårsaker ofte en felning av legeringsingredienser så som mangan under omkrystallasjonen. Med manganinnhold mellom 0,05 og 0,15%, felles manganet raskt ut ved mellomvarmebehandlingstemperaturer som overskrider 260°C. Slik det fremgår av kurve A på fig. 1, gir dette en folie hvis egenskaper nedsettes raskt med en økende temperatur for sluttvarmebehandlingen, hvilket gjør det vanskelig, hvis ikke umulig, å oppnå mekaniske egenskaper som kan sammenlignes med 8015-folien. Kontrasten til folier som har ca. 0,15% mangan i fast oppløsning, representert ved kurve B, er åpenbar. Med det hevede manganinnhold, nedsettes de mekaniske egenskaper av folien langsomt med en økende temperatur for sluttvarmebehandlingen. Dette gjør det mulig å velge en varmebehandlingstemperatur som fører til både mekaniske egenskaper som kan sammenlignes med 8006- eller 8015-legering, og dødfoldbarhetsegenskaper.

Vi har funnet at folie som har mekaniske egenskaper som kan sammenlignes med egenskapene av 8015-legering, kan dannes uten den sterke bearbeidningsherding, kantrevning, dårlige restitusjon og andre problemer som normalt forbindes med fremstillingen av 8015-legering. Vi oppnår dette med legeringssammensetninger som inneholder mellom 0,05 og 0,15%, fortrinnsvis 0,095-0,125% mangan, og mellomvarmebehandling til en temperatur mellom 200 og 260°C, fortrinnsvis mellom 230 og 250°C. Dette funn er overraskende fordi mangan har en meget lav diffusjonskoeffisient og dens felningshastighet ved temperaturer under 300°C ikke forventes å være meget høy. Imidlertid, slik det vises i eksemplene som beskrives i det følgende, kan legeringer med et manganinnhold mellom 0,05 og 0,15% mellomvarmebehandles fremgangsrikt ved de lavere temperaturer som beskrives her, og det mellomvarmebehandlede ark kan ytterligere valsas og til slutt varmebehandles for å danne foliemateriale som har overlegne egenskaper.



Høyere mellomvarmebehandlingstemperaturer kan tolereres med hevede manganinnhold. F.eks. ved et manganinnhold på 0,2%, mengden som foreligger i legering 8015, gir en mellomvarmebehandlingstemperatur på 275°C de overlegne mekaniske egenskaper som vises i tabell 1. Imidlertid fører dette høye manganinnhold til en lavere produktivitet på grunn av en sterk bearbeidningsherding, kantrevning og andre problemer som i stor grad oppveier de overlegne egenskaper som oppnås med denne sammensetning.

Vi foretrekker å mellomvarmebehandle ved temperaturer som er noe under det punkt hvor mangan begynner å felles fra oppløsning. Med vanlige legeringssammensetninger så som hva som ble beskrevet ovenfor og et manganinnhold på ca. 0,1%, vil denne temperatur normalt være 240-250°C. De optimale betingelser for mellomvarmebehandling og sluttvarmebehandling for en viss bestemt legering, kan bestemmes empirisk ved å utføre tester ved forskjellige varmebehandlingstemperaturer. Mellomvarmebehandlingen utføres vanligvis i en konvensjonell batchoppvarmingsovn hvor varmebehandlingstemperaturen måles med et termoelement plassert nær midten av rullen. Varigheten av varmebehandlingen er vanligvis 4-8 timer, men 2-3 timer antas å være tilstrekkelig for enkelte legeringer. Lengre varmebehandlingsvarigheter ved den ønskede temperatur er nok ikke skadelig for egenskapene av arket, men er ikke til å foretrekke fordi de er mindre lønnsomme. Alternativt kan en kontinuerlig oppvarmingsprosess hvor arket varmebehandles før det rulles opp, også oppnå de ønskede resultater med såpass korte varmebehandlingstider som 30 sekunder.

Etter mellomvarmebehandlingen kaldvales arket til den endelige tykkelse på samme måte som i konvensjonelle prosesser. Vanligvis vil tykkelsen av arket nedsettes med 80-99%, i 3 til 5 passeringer, til en endelig tykkelse på 0,00075 til 0,00255 cm. Arket varmebehandles deretter til slutt for å oppnå de ønskede egenskaper i den ferdige folie.

Fremgangsmåtene ifølge foreliggende oppfinnelse tilveiebringer en regulerbar nedsettelseshastighet for egenskapene av folien med sluttvarmebehandlingstemperaturen. Dermed er det mulig å velge temperaturer for sluttvarmebehandlingen som tilveiebringer de ønskede egenskaper i den ferdige folie. Disse temperaturer, som kan være mellom 250 og 325°C, og mer foretrukket mellom 260 og 290°C, er vanligvis noe lavere enn temperaturene som brukes for høyt manganholdige legeringer så som 8015 eller 8006. Så lenge temperaturen overskrider kokepunktet for valse-smøremidlene som brukes i prosessen, kan man oppnå en tilfredsstillende fuktbar-

het av folien som er blitt varmebehandlet ved disse lavere temperaturer. Hvis fjernhastigheten for flyktige materialer i restoljen nedsettes med de lavere varmebehandlingstemperaturer, kan varigheten av sluttvarmebehandlingen forlenges for å kompensere.

- 5    Temperaturene for sluttvarmebehandlingen i fremgangsmåtene ifølge foreliggende oppfinnelse velges for å tilveiebringe en myk, dødfoldbar folie. Sluttvarmebehandlingsvarigheten velges for å sikre en fullstendig fjerning av valesmøremidlene. Den minste varighet for sluttvarmebehandlingen ved bruk av en batchvarmebehandlingsprosess er derfor avhengig av rullens størrelse og varmebehandlingstemperaturen. Større ruller, som har en lengre bane som valseoljedampen må bevege seg over, krever en lengre varmebehandlingsvarighet. En lavere varmebehandlingstemperatur nedsetter på lignende måte hastigheten av fjerningen av valesmøremidlet. For en 30 cm bred rull, er vanligvis varmebehandling ved 290°C i 18-24 timer akseptabelt. Den nøyaktige praksis for sluttvarmebehandlingen for hver rull-
- 10    størrelse kan bestemmes ved forsøk og feiling. Slik det fremgår av de følgende eksempler, blir sluttvarmebehandlingstemperaturen tilpasset mellomvarmebehandlingstemperaturen og manganinnholdet i legeringen for å tilveiebringe optimale betingelser.
- 15

#### Eksempel 1

- 20    En aluminiumlegering som inneholdt 0,1% mangan, 0,4% silisium og 0,6% jern ble støpt i form av et ark på en tvillingbåndstøpeanordning og varmvalset til en tykkelse på 0,145 cm. Arket ble kaldvalset til en tykkelse på 0,011 cm. Halvparten av dette materiale (rull A) ble mellomvarmebehandlet ved 275°C, og den andre halvpart (rull B) ble mellomvarmebehandlet ved 245°C. De to mindre ruller ble kaldval-
- 25    set til en tykkelse på 0,00145 cm. Prøver ble tatt fra hver rull og varmebehandlet i et laboratorium ved forskjellige temperaturer, hvilket gav de følgende resultater.

| Rull | Mellomvarme<br>behandlings-<br>temperatur °C | Sluttvarme-<br>behandlings-<br>temperatur °C | UTS<br>MPa | Ikke-markert<br>flytegrense<br>MPa | Mullen-<br>verdi<br>kPa |
|------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|------------|------------------------------------|-------------------------|
| A    | 275                                          | 245                                          | 107,63     | 94,04                              | 37,92                   |
|      |                                              | 255                                          | 71,36      | 71,36                              | 60,67                   |
|      |                                              | 270                                          | 66,05      | 66,05                              |                         |
|      |                                              | 290                                          | 68,81      | 68,81                              |                         |
| B    | 245                                          | 250                                          | 149,62     | 138,86                             | 127,55                  |
|      |                                              | 270                                          | 134,10     | 124,24                             | 110,32                  |
|      |                                              | 290                                          | 113,62     | 113,63                             | 68,95                   |

- 5 Dette eksempel illustrerer virkningen av mellomvarmebehandlingstemperaturen på de mekaniske egenskaper av folien etter sluttvarmebehandlingen ved forskjellige temperaturer. Slik det fremgår, svekkes når mellomvarmebehandlingstemperaturen er 275°C, de mekaniske egenskaper så som den ikke-markerte flytegrense eller UTS sterkt med økende temperatur for sluttvarmebehandlingen, hvilket gjør det ekstremt vanskelig å velge en sluttvarmebehandlingstemperatur ved hvilken man kan oppnå egenskaper som kan sammenlignes med 8015 (tabell 1). Når imidlertid mellomvarmebehandlingstemperaturen nedsettes til 245°C, vil hastigheten av
- 10 svekkelsen av den mekaniske styrke avhengig av den temperaturen for sluttvarmebehandlingen, nedsettes betraktelig, hvilket gjør det praktisk mulig å varmebehandle folien ved en temperatur ved hvilken det er mulig å oppnå egenskaper som kan sammenlignes med 8015.

### Eksempel 2

- 15 Rull B fra eksempel 1 ble behandlet ved sluttvarmebehandling til en temperatur på 330°C, og hadde de følgende egenskaper:

| UTS<br>MPa | Ikke-markert<br>flytegrense<br>MPa | Mullen-verdi<br>kPa | Forlengelse |
|------------|------------------------------------|---------------------|-------------|
| 82,53      | 57,85                              | 68,95               | 1,5%        |

De endelige egenskaper av dette materiale lå ikke innen det ønskede område fordi sluttvarmebehandlingstemperaturen var for høy.

Eksempel 3

En rull av aluminiumfolie som inneholdt 0,1% mangan, 0,4% silisium og 0,6% jern ble fremstilt ved den kontinuerlige støpeprosess som ble beskrevet i eksempel 1. Rullen ble kaldvalset til en tykkelse på 0,011 cm, mellomvarmebehandlet ved en temperatur på 230°C og valset til den endelige tykkelse 0,0015 cm. Rullen ble deretter behandlet ved sluttvarmebehandling på fabrikken ved en temperatur på 290°C. Egenskapene av folien var:

| UTS<br>MPa | Ikke-markert<br>flytegrense<br>MPa | Mullen-verdi<br>kPa | Forlengelse |
|------------|------------------------------------|---------------------|-------------|
| 111,70     | 88,25                              | 75,84               | 1,5%        |

Egenskapene av denne folie er ganske nær de ønskede nivåer, selv om Mullen-verdien er noe lavere. En lavere sluttvarmebehandlingstemperatur bør bringe dem på et nivå nær egenskapene av 8015-folien.

Eksempel 4

En annen rull av aluminiummark som inneholdt 0,1% mangan, 0,4% silisium og 0,6% jern ble støpt ved bruk av den samme båndstøpeprosess. Rullen ble kaldvalset til en tykkelse på 0,011 cm og varmebehandlet ved 245°C. Den varmebehandlede rull ble ytterligere kaldvalset til en tykkelse på 0,0015 cm og til slutt varmebehandlet ved 285°C. Egenskapene var:

| UTS<br>MPa | Ikke-markert<br>flytegrense<br>MPa | Mullen-verdi<br>kPa | Forlengelse |
|------------|------------------------------------|---------------------|-------------|
| 142,72     | 122,73                             | 170,30              | 2,1%        |

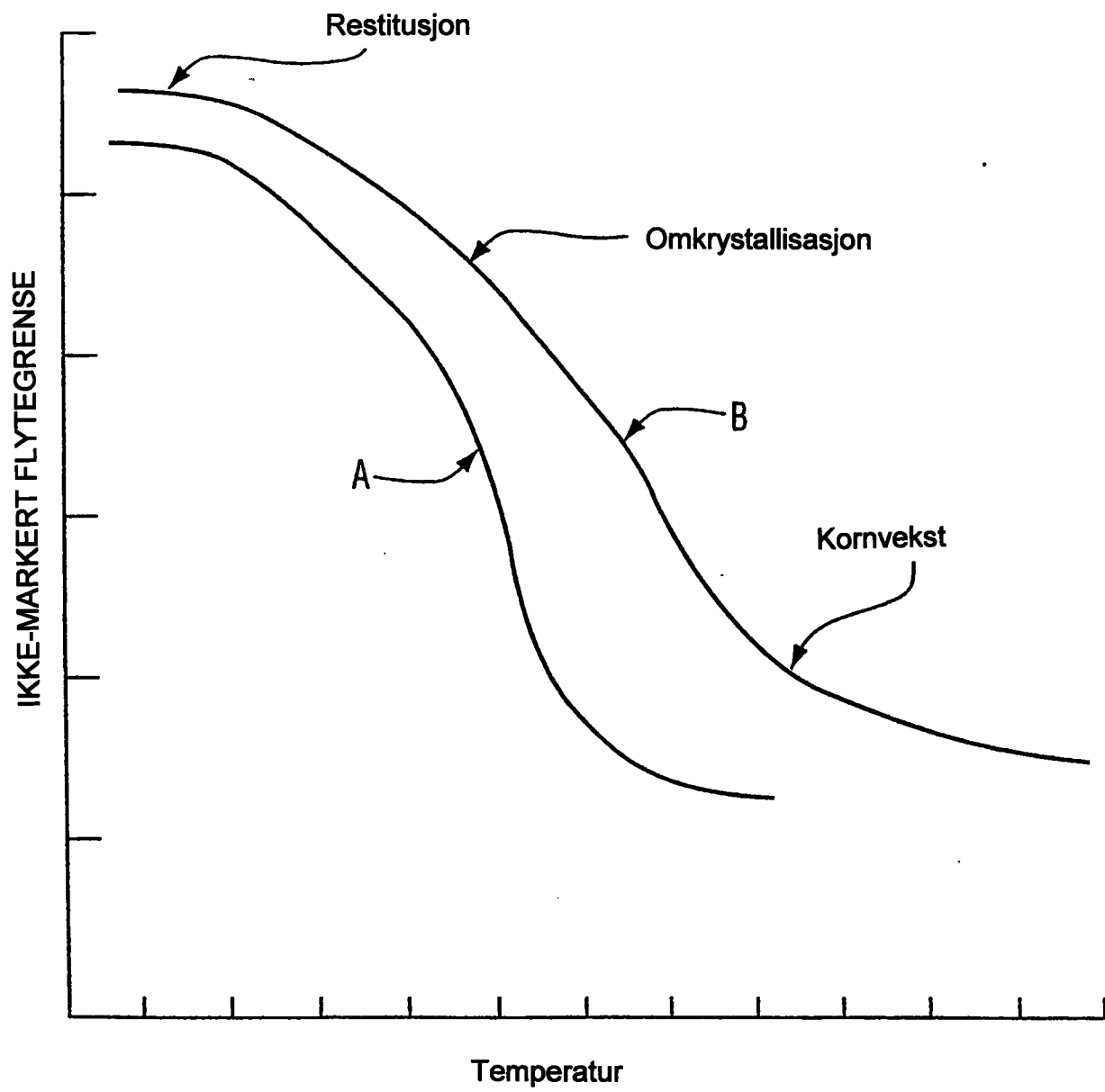
Disse eksemplene demonstrerer at ved å velge den riktige kombinasjon av manganinnhold, mellomvarmebehandlingstemperatur og sluttvarmebehandlingstemperatur, kan man oppnå en meget sterk folie med egenskaper som t.o.m. overtreffer egenskapene av 8015. Fremgangsmåtene ifølge foreliggende oppfinnelse danner disse overlegne folier uten den sterke bearbeidningsherding, kantrevning og andre problemer som er typiske ved fremstilling av 8015-folie.

## Patentkrav

1. Fremgangsmåte ved fremstilling av aluminiumfolie som har dødfoldbarhetsegenskaper med en ikke-markert flytegrense på minst 90 MPa og en strekkfasthet på minst 103,4 MPa og en Mullen-verdi på minst 90 kPa ved en tykkelse på 0,0015 cm, hvor en aluminiumlegering støpes for å danne en ingot eller et kontinuerlig ark, ingoten eller det kontinuerlige ark kaldvales for å danne et kaldbearbeidet ark, det kaldbearbeidede ark mellomvarmebehandles, det mellomvarmebehandlede ark kaldvales til et ark med de endelige mål for folietykkelse, og arket med den endelige tykkelse varmebehandles,  
5 k a r a k t e r i s e r t v e d at aluminiumlegeringen velges slik at den inneholder en mengde av mangan i området fra 0,05-0,15 vekt%, silisium i området fra 0,05-0,6 vekt%, jern i området fra 0,1-0,7 vekt% og opptil 0,25 vekt% av kobber, idet resten er aluminium og tilfeldige urenheter, og det kaldbearbeidede ark mellomvarmebehandles ved en temperatur i området fra 200-260°C.  
10
- 15 2. Fremgangsmåte ifølge krav 1,  
k a r a k t e r i s e r t v e d at det kaldbearbeidede ark mellomvarmebehandles ved en temperatur i området fra 230-250°C.
3. Fremgangsmåte ifølge krav 1 eller krav 2,  
k a r a k t e r i s e r t v e d at arket med den endelige tykkelse varmebehandles ved en temperatur fra 250-325°C.  
20
4. Fremgangsmåte ifølge krav 1 eller krav 2,  
k a r a k t e r i s e r t v e d at arket med den endelige tykkelse varmebehandles ved en temperatur i området fra 260-290°C.
5. Fremgangsmåte ifølge hvilket som helst av kravene 1 til 4,  
25 k a r a k t e r i s e r t v e d at den støpte aluminiumlegering har minst 0,05 vekt% mangan i fast oppløsning etter mellomvarmebehandlingen.
6. Fremgangsmåte ifølge hvilket som helst av kravene 1 til 4,  
k a r a k t e r i s e r t v e d at den støpte aluminiumlegering omfatter minst 0,1 vekt% mangan, og at det mellomvarmebehandlede ark inneholder  
30 minst 0,08% mangan i fast oppløsning.

7. Fremgangsmåte ifølge krav 6,  
k a r a k t e r i s e r t v e d at det mellomvarmebehandlede ark in-  
neholder minst 0,095 vekt% mangan i fast oppløsning.
8. Fremgangsmåte ifølge krav 1,  
5 k a r a k t e r i s e r t v e d at det kaldbearbeidede ark mellomvar-  
mebehandles ved en temperatur som gir et mellomvarmebehandlet ark som har  
minst 0,05 vekt% mangan i fast oppløsning, men er tilstrekkelig myknet for å gjøre  
det mulig å valse arket til en endelig tykkelse med en tykkelsesreduksjon på minst  
80%.
- 10 9. Fremgangsmåte ifølge krav 8,  
k a r a k t e r i s e r t v e d at det mellomvarmebehandlede ark val-  
ses fra en tykkelse på 0,05-0,005 cm til en endelig tykkelse på 0,0008-0,0025 cm.
10. Fremgangsmåte ifølge krav 9,  
k a r a k t e r i s e r t v e d at det mellomvarmebehandlede ark  
15 kaldvales til en endelig tykkelse på ca. 0,0015 cm.
11. Fremgangsmåte ifølge krav 8,  
k a r a k t e r i s e r t v e d at arket med den endelige tykkelse til  
slutt varmebehandles ved en temperatur fra 250-325°C.
12. Fremgangsmåte ifølge krav 1,  
20 k a r a k t e r i s e r t v e d at aluminiumlegeringen omfatter minst  
0,095 vekt% mangan.
13. Fremgangsmåte ifølge krav 1,  
k a r a k t e r i s e r t v e d at aluminiumlegeringen inneholder fra  
0,095 vekt% til 0,125 vekt% mangan, og at det kaldbearbeidede ark mellomvar-  
25 mebehandles ved en temperatur mellom 230°C og 250°C for å danne et mellom-  
varmebehandlet ark som inneholder minst 0,08 vekt% mangan i fast oppløsning.

1/1

**FIG. 1**