



NORGE

(12) PATENT

(19) NO

(11) 302040

(13) B1

(51) Int Cl<sup>6</sup> C 22 C 21/12, 21/06, 21/00

## Patentstyret

(21) Søknadsnr	922877	(86) Int. inng. dag og søknadsnummer	09.01.91, PCT/US91/00185
(22) Inng. dag	20.07.92	(85) Videreføringsdag	20.07.92
(24) Løpedag	09.01.91	(30) Prioritet	26.01.90, US, 471299
(41) Alm. tilgj.	20.07.92		
(45) Meddelt dato	12.01.98		

(73) Patenthaver	Martin Marietta Corp, 6801 Rockledge Drive, Bethesda, MD 20817, US
(72) Oppfinner	Joseph Robert Pickens, Beltsville, MD, US Timothy James Langan, Baltimore, MD, US Frank Herbert Heubaum, Baltimore, MD, US Lawrence Stevenson Kramer, Baltimore, MD, US Alex Cho, Richmond, VA, US
(74) Fullmektig	Bryns Patentkontor AS, 0106 Oslo

(54) Benevnelse            Aluminiumbaserte legeringer med meget høy styrke

(56) Anførte publikasjoner    WO A1 89/01531

(57) Sammendrag

Aluminiumbaserte legeringer inneholdende Cu, Li, Zn, Mg og Ag har meget ønskelige egenskaper som relativt lav densitet, høy modul, både kombinasjoner av høy styrke og duktilitet, videre sterk naturlig aldringsrespons med og uten foregående kaldbearbeiding, og høy kunstig aldringsstyrke med og uten foregående kaldbearbeiding.

I tillegg er legeringene godt sveisbare, de er korrosjonsmotstandsdyktige, har kryogene egenskaper og gode egenskaper ved høye temperaturer.

Legeringene inneholder fra 1 til 7 vekt-% Cu, 0,1 til 4 vekt-% Li, 0,01 til 4 vekt-% Zn, 0,05 til 3 vekt-% Mg, 0,01 til 2 vekt-% Ag, 0,01 til 2 vekt-% kornraffineringsmiddel valgt blant Zr, Cr, Mg, Ti, Hf, V, Nb, B og TiB<sub>2</sub>, med resten Al sammen med tilfeldige urenheter.

Foretrukne legeringer inneholder fra 3,0 til 6,5 vekt-% Cu, 0,5 til 2,6 vekt-% Li, 0,05 til 2 vekt-% Zn, 0,1 til 1,5 vekt-% Mg, 0,05 til 1 vekt-% Ag, 0,05 til 0,5 vekt-% kornraffineringsmiddel og resten Al og tilfeldige urenheter.

Ytterligere elementer valgt blant Ge, Sn, Cd, In, Be, Sr, Sc, Y og Ca kan benyttes i tillegg til, eller i stedet for Zn i de beskrevne legeringer.

Oppfinnelsen angår aluminiumbaserte legeringer som omfatter kobber, litium, magnesium, sølv, og minst et element valgt blant sink, germanium, tinn, kadmium, indium, beryllium, strontium og kalsium, der legeringene er kjennetegnet ved en unik kombinasjon av mekaniske og fysikalske egenskaper. Mer spesifikt innehar legeringene i foreliggende oppfinnelse ekstremt ønskede egenskaper, slik som høy kunstig-eldet styrke med og uten kald bearbeiding, sterk naturlig eldingsrespons med og uten forutgående kald bearbeiding, høy styrke/duktilitetkombinasjoner, lav tetthet og høy modulus. I tillegg innehar legeringene god korrosjonsresistens, sveisbarhet, gode egenskaper ved lave temperaturer og ved forhøyede temperaturer. Disse legeringene er spesielt velegnet for romfart, luftfart, panser og pansrede kjøretøy-anvendelser der høy spesifikk styrke (styrke dividert med tetthet) er viktig og en god naturlig eldingsrespons er nyttig fordi det i mange tilfeller er upraktisk å gjennomføre en full varmebehandling. I tillegg tillater sveisbarheten av foreliggende legeringer at de anvendes i strukturer som er knyttet sammen med sveising.

De ønskede egenskapene til aluminium og dens legeringer slik som lave kostnader, lav tetthet, korrosjonsresistens og enkel fremstilling er velkjente.

25

En viktig måte for å forbedre styrke til noen aluminiumlegeringer er varmebehandling. Konvensjonelt blir det benyttet tre basistrinn i varmebehandlingen av aluminiumlegeringer: (1) løsningsvarmebehandling; (2) bråkjøling; og (3) elding. I tillegg blir et kaldbearbeidingstrinn ofte tilført forut for elding. Oppløsningsvarmebehandling består av temperaturutjevning av legeringen ved en temperatur som er tilstrekkelig høy og i et tidsrom som er lenge nok til å oppnå en nesten homogen fast oppløsning av utfellingsdannende elementer i aluminium. Bråkjøling innbefatter rask avkjøling av den faste oppløsningen som blir dannet under løsningsvarmebehandlingen, for å fremstille en supermettet

35

fast løsning ved romtemperatur. Eldingstrinnet innbefatter dannelsen av sterke utfellinger fra den raskt avkjølte supermettede faste løsningen. Utfellingene kan bli dannet ved å anvende naturlig (omgivelsestemperatur) eller kunstig (forhøyet temperatur) eldingsteknikker. Ved naturlig elding blir den bråkjølte legeringen holdt ved temperaturer i området fra  $-20$  til  $+50^{\circ}\text{C}$ , typisk ved romtemperatur i relativt lange tidsperioder. For visse legeringssammensetninger vil utfellingsherdingen som resulterer fra naturlig elding alene, fremstille nyttige fysikalske og mekaniske egenskaper. Når det gjelder kunstig elding, blir den bråkjølte legeringen holdt ved temperaturer typisk i området fra  $100$  til  $200^{\circ}\text{C}$  i perioder fra tilnærmet 5 til 48 timer, typisk for å gjennomføre utfellingsherding.

Graden som styrken i Al-legeringen kan bli øket til ved varmebehandling er relatert til type og mengde legeringstilsetninger som blir anvendt. Tilsetning av kobber til aluminiumlegeringer, opp til et visst punkt, forbedrer styrke og i noen tilfeller bedrer sveisbarheten. Videre tilsetning av magnesium til Al-Cu-legeringer kan forbedre resistens mot korrosjon, bedre naturlig eldingsrespons uten forutgående kaldbearbeiding og øke styrke. Ved relativt lave Mg-nivåer, dvs. 1,5%, avtar imidlertid sveisbarheten.

En kommersielt tilgjengelig aluminiumlegering som inneholder både kobber og magnesium er Aluminum Association registrert legering 2024, som har nominell sammensetning Al - 4,4 Cu - 1,5 Mg - 0,6 Mn. Legering 2024 er en vidt anvendt legering med høy styrke, god robusthet, gode varmetemperaturegenskaper og en god naturlig eldingsrespons. Dens korrosjonsresistens er imidlertid begrenset i noen tilstander, den skaffer ikke tilveie den meget høye styrken og eksepsjonelt sterke naturlig-eldingsrespons som kan oppnås med legeringene i foreliggende oppfinnelse, og den er bare marginalt sveisbar. Faktisk blir 2024-sveisede forbindelser ikke betraktet som kommersielt nyttige i de fleste situasjoner.

En annen kommersiell Al-Cu-Mg-legering er Aluminum Association registrert legering 2519 som har en nominell sammensetning Al - 5,6 Cu - 0,2 Mg - 0,3 Mn - 0,2 Zr - 0,06  
5 Ti - 0,05 V. Denne legeringen ble utviklet av Alcoa som en forbedring av legering 2219, som for tiden blir benyttet til forskjellige luftfartøyanvendelser. Selv om tilsetning av Mg til Al-Cu-systemet kan muliggjøre en naturlig-eldingsrespons uten forutgående kaldbearbeiding, har legering 2519 bare  
10 marginalt forbedret styrke i forhold til legering 2219 i den høyeste styrketilstand.

Arbeid som er oppsummert av Mondolfo på konvensjonelle Al-Cu-Mg-legeringer indikerer at hovedherdingsmidlene er  $\text{CuAl}_2$ -type  
15 utfellinger i legeringer der Cu til Mg-forholdet er større enn 8 til 1 (se Aluminum Alloys: Structure and Properties, L.F. Mondolfo, Boston; Butterworths, 1976, s. 502).

Polmear i US-patent 4.772.342 har tilsatt sølv og magnesium til Al-Cu-systemet for å øke egenskapene ved forhøyet  
20 temperatur. En foretrukket legering har sammensetningen Al-6,0 Cu - 0,5 Mg - 0,4 Ag - 0,5 Mn - 0,15 Zr 0,10 V - 0,05 Si. Polmear forbant den observerte økningen i styrke med "omega-fasen" som øker i nærvær av Mg og Ag (se "Development of an  
25 Experimental Wrought Aluminum Alloy for Use at Elevated Temperatures," Polmear, Aluminium Alloys: Their Physical and Mechanical Properties, E.A. Starke, Jr. og T.H. Sanders, Jr., editors, Volume I of Conference Proceedings of International Conference, University of Virginia, Charlottesville, VA, 15.-20. juni 1986, s. 661-674, Chemeleon Press, London).  
30

Tilsetning av litium til Al-Mg-legeringer og til Al-Cu-legeringer er kjent å senke tettheten og å øke den elastiske modul, og dette gir betydelige forbedringer i spesifikt  
35 stivhet og forbedring av den kunstige aldringsherderesponsen. Konvensjonelle Al-Li-legeringer innehar imidlertid generelt relativt lav duktilitet ved gitte styrkenivåer og seigheten

er ofte lavere enn ønskelig, og dette begrenser deres anvendelse.

Vanskeligheter i smelting og støping har begrenset akseptbarheten av Al-Li-legeringer. Fordi Li er ekstremt reaktiv, kan f.eks. Al-Li-smelten reagere med de ildfaste materialene i fôringene i ovnen. Atmosfæren over smelten må også bli regulert for å redusere oksidasjonsproblemet. I tillegg senker litium den termiske ledeevnen til aluminium, og gjør det mer vanskelig å fjerne varme fra en blokk under direkte-avkjølingsstøping, og dermed avtar støpehastigheten. Videre er det i Al-Li-smelter som inneholder 2,2 til 2,7% litium, typisk av de senere kommersialiserte Al-Li-legeringene, betydelig fare for eksplosjon. Pr. i dag har disse fordelaktige egenskapene som tilskrives disse nye Al-Li-legeringene ikke være tilstrekkelig til at man kan se vekk fra økningen i produseringskostnadene som er forårsaket av de ovenfor nevnte problemene. Som en konsekvens har de ikke hatt evne til å erstatte konvensjonelle legeringer slik som 2024 og 7075. De foretrukkede legeringene i foreliggende oppfinnelse skaper ikke disse smelte- og støpeproblemene i så stor grad på grunn av deres lave Li-innhold.

Al-Li-legeringer som inneholder Mg er velkjent, men de lider typisk av lav duktilitet og lav seighet. Et slikt system er lav tetthet, sveisbar Sovjet-legering 01420 som beskrevet i britisk patent 1.172.736, til Fridlyander et al., med nominell sammensetning Al - 5 Mg - 2 Li. Denne legeringen er rapportert å ha middels til høy styrke, lav tetthet, og en elastisitetsmodul som er høyere enn standard aluminium-legeringer.

En artikkel som fremkommer i Journal of Japan Institute of Light Metals opplyster Al-Li-Mg-baserte legeringer som har blitt tilsatt mindre mengder av en av elementene Ag, Cu eller Zn (se "Aging Phenomena of Al-Li-Mg Alloy Affected by Additional Elements", Hayashi et al, Journal of Japan

Institute of Light Metals, Vol. 32, nr. 7. juli 1982). Det er studert effekt av hver individuell legeringselement på eldingsoppførselen til ternære Al-Li-Mg-legeringer. Det ble ikke kombinert Ag, Cu eller Zn-legerende tilsetninger, heller ikke ble det tilsatt kornforfinende elementer til legeringene.

US-patent 3.346.370 til Jagaciak et al. beskriver Al-Mg-baserte legeringer som har blitt tilsatt mindre mengder Li i området fra 0,01 til 0,8%. Legeringene kan også inneholde opp til 0,72% Cu og opp til 0,35% Zn.

Al-Li-legeringer som inneholder Cu er også velkjente, slik som legering 2020, som ble utviklet i 1950-årene, men ble trukket ut av produksjon på grunn av prosesseringsvanskeligheter, lav duktilitet og lav bruddseighet. Legering 2020 faller innenfor området som er beskrevet i US-patent 2.381.219 til LeBaron, og denne beskriver at legeringene er "magnesium-frie", dvs. legeringene har mindre enn 0,01% Mg, og dette er tilstede bare som en urenhet. Legeringene som er beskrevet av LeBaron krever også tilstedeværelse av minst et element utvalgt fra Cd, Hg, Ag, Sn, In og Zn. Referansen beskriver at når sink blir anvendt, blir nivåer under 0,5% anvendt, med nivåer mellom 0,01 og 0,05% som det foretrukkede, på grunn av tendens for å sink til å øke sprøhet ved høyere nivåer.

For å oppnå høyeste styrker i Al-Cu-Li-legeringer, er det nødvendig å innføre et kaldbearbeidingstrinn forut for elding, typisk som innbefatter strekking og/eller valsing av materiale ved omgivelses- eller nær omgivelsestemperatur. Tøyingen som blir innført som et resultat av kaldbearbeidingsprosedyrer dislokalisierer i legeringen som tjener som et kjernesete for styrkende utfelling. Særlig må konvensjonelle Al-Cu-Li-legeringer bli kaldbearbeidet før kunstig elding for å oppnå høye styrker, dvs. som er større enn 70 ksi strekkstyrke (UTS). Kaldbearbeiding av disse legeringene er

nødvendig for å fremme høye volumfraksjoner av  $\text{Al}_2\text{CuLi}$ - ( $T_1$ ) og  $\text{Al}_2\text{Cu}$  ( $\theta$ -prime) utfellingene, som på grunn av deres høye overflate-til-volumforhold, kjernedanner ofte raskere på dislokasjoner enn i aluminiumfastoppløsningsmatriks. Uten kaldbearbeidingstrinnet vil dannelse av de platelignende  $\text{Al}_2\text{CuLi}$ - og  $\text{Al}_2\text{Cu}$ -utfellingene blir retardert, og det resulterer i betydelig lavere styrker. Videre vil utfellingene ikke kjernedannes homogent på grunn av den store energi-barrieren som må bli overvunnet på grunn av stort overflateareal. Kaldbearbeiding er også nyttig av de samme årsaker når det gjelder å fremstille de høyeste styrkene i mengde kommersielle Al-Cu-legeringer, slik som 2219.

Kravene for kaldbearbeiding for å fremstille de høyeste styrkene i Al-Cu-Li-legeringer er særlig begrenset i smiegods, der det ofte er vanskelig å uniformt innføre kaldbearbeiding til de smidde delene etter oppløseliggjøring og bråkjøling. Som et resultat er smidde Al-Cu-Li-legeringer typisk begrenset til ikke-kaldbearbeidede tilstander, og det resulterer generelt i utilfredsstillende mekaniske egenskaper.

I det siste har Al-Li-legeringer som inneholder både Cu og Mg blitt kommersialisert. Disse inkluderer legeringer 8090, 2091, 2090 og CP 276. Legering 8090 som er beskrevet i US-patent 4.588.553 til Evans et al, inneholder 1,0-1,6 Cu, 2,2-2,7 Li og 0,6-1,3 Mg. Legeringen ble utformet med følgende egenskaper til luftfartøysanvendelser: en god sjiktkorrosjonsresistens, god skadetoleranse og en mekanisk styrke som er større eller lik 2024 i T3 og T4 tilstander. Legering 8090 utviser en naturlig-eldende respons uten forutgående kaldbearbeiding, men ikke på langt nær så sterk som den til legeringen i foreliggende oppfinnelse. I tillegg har 8090-T6 smiegods funnet å inneha lav transvers forlengelse.

35

Legering 2091 med 1,8-2,5 Cu, 1,7-2,3 Li og 1,1-1,9 Mg ble utformet som en høystyrke, høyduktilitetslegering. Ved

varmebehandlingstilstander som produserte maksimal styrke, var imidlertid duktiliteten relativt lav i den korte transverse retningen. I tillegg er styrkene som er oppnådd med legering 2091 i ikke-kaldbearbeidet tilstander betydelig  
5 under de som ble oppnådd med legeringen i kaldbearbeidede tilstander.

I senere arbeid på legeringer 8090 og 2091, har Marchive og Charue rapportert betydelig høy langsgående strekkfasthet (se  
10 "Processing and Properties" 4th International Aluminum Lithium Conference, G. Champier, B. Dubost, D. Minnay, og L. Sabetay utgivere, Proceedings of International Conference, 10.-12. juni 1987, Paris, Frankrike, s. 43-49). I T6-tilstanden innehar 8090 en utbyttstyrke på 67,3 ksi og en  
15 strekkfasthet på 74 ksi, mens 2091 innehar en utbyttstyrke på 63,8 ksi og en strekkfasthet på 75,4 ksi. Styrkene til både 8090-T6 og 2091-T6 smiegoodsene er fremdeles imidlertid under de som ble oppnådd i T8-tilstand, f.eks. for 8090-T851 ekstrusjoner, strekkeegenskapene er 77,6 ksi YS og 84,1 ksi  
20 UTS, mens for 2091-T851-ekstrusjoner er strekkeegenskapene 73,3 ksi YS og 84,1 ksi UTS. Som kontrast innehar legeringene i foreliggende oppfinnelse meget forbedrede egenskaper sammenlignet med konvensjonelle 8090 og 2091 legeringer i kaldbearbeidede tilstander, og innehar selv større forbedringer i ikke-kaldbearbeidede tilstander.  
25

Legering 2090 omfatter 2,4-3,0 Cu, 1,9-2,6 Li og 0-0,25 Mg. Legeringen ble utformet som en lavtetthetserstatning for  
30 høystyrkelegeringer slik som 2024 og 7075. Den hadde imidlertid sveisestyrker som er lavere enn de i konvensjonelle sveisbare legeringer slik som 2219 som innehar typiske sveisestyrker på 35-40 ksi. Som sitert i følgende referanse kan ikke T6-tilstand legering 2090 konsekvent møte styrke, seighet og stress-korrosjonskrakkingsresistensen  
35 til 7075-T73 (se "First Generation Products - 2090", Bretz, Alithalite Alloys: 1987 Update, J. Kar, S.P. Agrawal, W.E. Quist, utgivere, Conference Proceedings of International

Aluminum-Lithium Symposium. Los Angeles, CA, 25.-26. mars 1987, s. 1-40). Som en konsekvens er egenskapene til nåværende Al-Cu-Li-legering 2090 smiegods ikke tilstrekkelig høy til å rettferdiggjøre deres anvendelse i stedet for eksisterende xxx smiegodslegeringer.

Det må bemerkes at tilsetning av Mg til Al-Cu-Li-systemet ikke på egenhånd forårsaker en økning i legeringsstyrke i høye styrketilstander. For eksempel vil legering 8090 (nominell sammensetning Al - 1,3 Cu - 2,5 Li - 0,7 Mg) ikke ha betydelig større styrke sammenlignet med nominell Mg-fri legering 2090 (nominell sammensetning Al - 2,7 Cu - 2,2 Li - 0,12 Zr). Videre vil Mg-fri legering 2020 med nominell sammensetning Al - 4,5 Cu - 1,1 Li - 0,4 Mn - 0,2 Cd være ennå sterkere enn Mg som inneholder legering 8090.

Europeisk patent nr. 158.571 til Dubost, tilegnet Cegedur Societe de Transformation de l'Aluminum Pechiney, angår Al-legeringer som omfatter 2,75 - 3,5 Cu, 1,9 - 2,7 Li, 0,1-0,8 Mg, balanse Al og kornraffinerere. Legeringene som er kommersielt kjent som CP 276, sies å inneha høy mekanisk styrke kombinert med en nedgang i densitet på 6-9% sammenlignet med konvensjonell 2xxx (Al-Cu) og 7xxx (Al-Zn-Mg) legering. Selv om Dubost opplyster høye utbyttstyrker på 498-591 MPa (72-85 ksi) for legeringene i T6-tilstanden, er forlengelsene som er oppnådd relativt lave (2,5-5,5%).

US-patent nr. 4.752.343 til Dubost et al, tilegnet Cegedur Societe de Transformation de l'Aluminum Pechiney, angår Al-legeringer som omfatter 1,5-3,4 Cu, 1,7-2,9 Li, 1,2-2,7 Mg, balansen Al og kornraffinerer. Forholdet mellom Mg og Cu må være mellom 0,5 og 0,8. Legeringene sies å inneha mekanisk styrke og duktilitetkaraktertrekk som er ekvivalent til konvensjonelle 2xxx og 7xxx legeringer. Selv om formålet til Dubost et al er å fremstille legeringer som har mekaniske styrker og duktiliteter som kan sammenlignes med konvensjonelle legeringer, slik som 2024 og 7075, er de virkelige

styrke/duktilitetskombinasjonene som er oppnådd under de som ble oppnådd ved legeringer i foreliggende oppfinnelse.

5 US-patent nr. 4.652.314 til Meyer, tilegnet Cegedur Societe de Transformation de l'Aluminum Pechiney, er rettet mot en fremgangsmåte for oppvarmingsbehandling av Al-Cu-Li-Mg-legeringer. Fremgangsmåten sies å bidra til et høyt nivå av duktilitet og isotropi i det endelige produktet. Den høyeste utbyttestyrken i den langsgående retningen som ble oppnådd av 10 Meyer er 504 MPa (73 ksi) når det gjelder en kaldbearbeidet, kunstig eldet legering, og dette er betydelig under styrkeutbyttene er oppnådd i legeringer i foreliggende oppfinnelse i kaldbearbeidet, kunstig eldet tilstand.

15 US-patent nr. 4.526.630 til Field, tilegnet Alcan International Ltd., angår en fremgangsmåte for varmebehandling av Al-Li-legeringer som inneholder Cu og/eller Mg. Fremgangsmåten som består i modifikasjon av konvensjonelle homogeniseringsteknikker, innbefatter oppvarming av en blokk til en 20 temperatur på minst 530°C og opprettholdelse av temperaturen inntil de faste intermetalliske fasene som er tilstede i legeringen trer inn i fast oppløsning. Blokken ble deretter avkjølt for å danne et produkt som er velegnet for videre termomekanisk behandling, slik som valsing, ekstrudering 25 eller smiing. Fremgangsmåten som er beskrevet sies å eliminere uønskede faser fra blokken, slik som den grove kobber-bærende fasen som er tilstede innenfor Al-Li-Cu-Mg-legeringer av kjent teknikk.

30 Europeisk patentsøknad nr. 227.563 til Meyer et al., tilegnet Cegedur Societe de Transformation de l'Aluminum Pechiney, angår en fremgangsmåte for oppvarmingsbehandling av konvensjonelle Al-Li-legeringer for å forbedre avskallingskorrosjonsresistens under opprettholdelse av høy mekanisk styrke. 35 Fremgangsmåten innbefatter trinnene med homogenisering, ekstrudering, oppløsningsvarmebehandling og kaldbearbeiding av en Al-Li-legering, etterfulgt av et endelig tilstandstrinn

der nevnte sies å bedre avskallingskorrosjonsresistensen til legeringen, under opprettholdelse av høy mekanisk styrke og god resistens mot skade. Legeringer som har vært utsatt for behandlingen har en sensitivitet til EXCO avskallingstest som er mindre eller lik EB (som korresponderer til god oppførsel i naturlig atmosfære) og en mekanisk styrke som kan sammenlignes med 2024-legeringer. Meyer et al. opplyser vide områder av legeringselementer som, når kombinert med Al, kan fremstille legeringer som kan bli utsatt for den endelige tilstandsbehandlingen som er beskrevet. Områdene som er opplyst inkluderer 1-4 Li, 0-5 Cu og 0-7 Mg. Selv om referansen opplyser meget vide områder for legeringselementer, er de virkelige legeringene som Meyer et al. utnytter konvensjonelle legeringer 8090, 2091 og CP 276. Meyer et al, beskriver således ikke dannelsen av nye legeringssammensetninger, men beskriver mer en fremgangsmåte for prosessering av kjente Al-Li-legeringer. De høyeste utbyttstyrkene som ble oppnådd ifølge fremgangsmåten til Meyer et al. er 525 MPa (76 ksi) for legering CP 276 (2,0 Li, 3,2 Cu, 0,3 Mg, 0,11 Zr, 0,04 Fe, 0,04 Si, balanse Al) i kaldbearbeidet, kunstig eldet tilstand. I tillegg sies den endelige tilstandsfremgangsmåten til Meuer et al. å forbedre avskallingskorrosjonsresistensen i Al-Li-legeringer, hvorved sensitivitet til EXCO avskallingskorrosjonstesten blir forbedret til en vurdering på mindre enn eller lik EB. I motsetning til dette vil legeringer i foreliggende oppfinnelse ikke kreve et endelig tilstandstrinn for å oppnå et gunstig nivå av avskallingskorrosjonsresistens.

UK-patentsøknad nr. 2.134.925, tilegnet Sumitomo Light Metal Industries Ltd., er rettet mot Al-Li-legeringer som har høy elektrisk resistivitet. Legeringene er velegnet til anvendelse i strukturelle applikasjoner, slik som lineære motorkjøretøyer og kjernefusjonsreaktorer, der store induserte elektriske strømmer blir utviklet. Den primære funksjonen til Li i legeringen til Sumimoto er å øke elektrisk resistivitet. Referansen opplyser vide områder av

legeringselementer som, når de er kombinert med Al, kan produsere strukturelle legeringer som har øket elektrisk resistivitet. De beskrevne områdene er 1,0-5,0 Li, en eller flere kornforfinere utvalgt fra Ti, Cr, Zr, V og W, og balansen Al. Legeringen kan videre innbefatte 0-5,0 Mn og/eller 0,05-5,0 Cu og/eller 0,05-8,0 Mg. Sumitomo beskriver særlig Al-Li-Cu- og Al-Li-Mg-baserte legeringssammensetninger som sies å inneha forbedrede elektriske egenskaper. Sumitomo beskriver også en Al-Li-Cu-Mg-legering med sammensetningen 2,7 Li, 2,4 Cu, 2,2 Mg, 0,1 Cr, 0,06 Ti, 0,14 Zr, balansen er aluminium som innehar den ønskede økte elektriske resistiviteten. Styrken som er beskrevet i Sumitomo er langt under de som ble oppnådd i foreliggende oppfinnelse. I Al-Li-Cu-baserte legeringer som var opplistet, gir f.eks. Sumitomo strekkfasthet på 17-35 kg/mm<sup>2</sup> (24-50 ksi). I de opplistede Al-Li-Mg-baserte legeringene beskriver Sumitomo strekkfastheter på 43-52 kg/mm<sup>2</sup> (61-74 ksi).

US-patent nr. 3.306.717 til Lindstrand et al. angår fyllstoffer for sveising av Al-Zn-Mg-baserte legeringer. Fyllstoffmetallet omfatter Al med 2-8 vekt-% Mg, 0,1-10 vekt-% Ag og opptil 8 vekt-% Si. I tillegg kan fyllstoffmetallet inneholde opptil 1,0 vekt-% hver av Mg og Cr, opp til 0,5 vekt-% hver av Cu, Ti og V, og opp til 0,1 vekt-% hver av Li, Zr og B. Det eneste eksemplet som er gitt i Lindstrand et al. opplister en fyllstoffmetallsammensetning av Al - 5 Mg - 0,9 Ag.

Det må bemerkes at Al-Cu-Li-Mg-legeringer med kjent teknikk har nesten uforanderlig begrenset mengden av Cu til 5 vekt-% maksimum på grunn av de kjente skadelige effektene av høyere Cu-innhold, slik som øket tetthet. Ifølge Modolfo vil mengder med Cu over 5 vekt-% ikke øke styrken, men har tendens til å bryte seigheten, og reduserer korrosjonsresistensen (Modolfo, s. 706-707). Disse effektene antas å fremkomme fordi i Al-Cu-engineering legeringer, er den praktiske fastoppløselighetsgrensen av Cu tilnærmet 5 vekt-%, og således

danner en hver Cu som er tilstede over ca. 5 vekt-% mindre  
ønskede primær theta-fase. Videre fastslår Mondolfo at i det  
kvaternære systemet Al-Cu-Li-Mg vil Cu-oppløseligheten bli  
videre redusert. Han konkluderer med følgende; "Fastløselig-  
5 heten av Cu og Mg blir redusert med Li, og fastoppløselig-  
hetene til Cu og Li ble redusert av Mg, reduserer således  
eldningsherdningen og den oppnåelige UTS". (Mondolfo, s.  
641). Ytterligere Cu bør således ikke bli tatt i fastløsning  
under løsningsvarmebehandling og kan ikke bedre utfellings-  
10 styrke, og tilstedeværelse av uoppløselig theta-fase senker  
seighet og korrosjonsresistens.

En referanse som beskriver anvendelse av mer enn 5% Cu er US-  
patent 2,915.391 til Criner, tilegnet Alcoa. Referansen  
15 beskriver Al-Cu-Mn-basislegeringer som inneholder Li, Mg og  
Cd med opp til 9 vekt-% Cu. Criner beskriver at Mn er  
essensielt for utvikling av høy styrke ved forhøyede  
temperaturer og at Cd, i kombinasjon med Mg og Li, er  
essensiell for styrke av Al-Cu-Mn-systemet. Criner oppnår  
20 ikke egenskaper som kan sammenlignes med de i foreliggende  
oppfinnelse, dvs. meget høy styrke, sterk naturlig eldings-  
respons, høy duktilitet ved flere teknologisk nyttige  
styrkenivåer, sveisbarhet, resistens mot trykk-korrosjons-  
krakking, etc.

25 De følgende referansene beskriver ytterligere Al, Cu, Li og  
Mg-inneholdende legeringer: US-patent nr. 4.603.029 til Quist  
et al.; US-patent nr. 4.661.172 til Skinner et al.; europeisk  
patentsøknad publikasjon nr. 0188762 til Hunt et al.;  
30 europeisk patentsøknad publikasjon nr. 0149193; japansk  
patent nr. J6-0238439; japansk patent nr. J6-1133358; og  
japansk patent nr. J6-1231145. Ingen av disse beskrevne  
referansene anvender sølv eller sink som legeringstil-  
setninger.

35 US-patent nr. 4.584.173 til Gray et al. angår Al-Li-Mg-  
baserte legeringer som inneholder mindre mengder Cu.

Legeringene omfatter 2,1-2,9% Li, 3,0-5,5% Mg og 0,2-0,7% Cu. I tillegg beskriver Gray et al. at Zn kan bli tilsatt til disse legeringene i området fra 0-2,0%.

5 US-patent nr. 4.758.286 til Dubost et al. angår aluminiumbaserte legeringer som omfatter 0,2-1,6% Cu, 1,8-3,5% Li og 1,4-6,0% Mg. Dubost et al. beskriver at opp til 0,35% Zn kan bli inkludert i legeringene. Ingen av Al-Cu-Li-Mg-legeringene som virkelig blir fremstilt av Dubost et al. inneholder sink.

10

US-patent nr. 4.626.409 til Miller beskriver aluminiumbaserte legeringer som omfatter 1,6-2,4% Cu, 2,3-2,9% Li og 0,5-1,0% Mg. Miller beskriver at opp til 2,0% Zn kan bli tilsatt til disse legeringene, men ingen av de spesifikke legeringene som er fremstilt av Miller inneholder sink.

15

US-patent nr. 4.648.913 til Hunt et al. tilegnet Alcoa, der beskrivelsen med dette er inkorporert med referanse, angår en fremgangsmåte for kaldbearbeiding av Al-Li-legeringer der løsningsvarmebehandlet og bråkjølte legeringer er utsatt for mer enn 3% strekk ved romtemperatur. Legeringen ble deretter kunstig eldet for å fremstille et endelig legeringsprodukt. Kaldbearbeidingen som er bidratt ved prosessen til Hunt et al. sies å øke styrken og forårsake lite eller ingen nedgang i bruddseighet i legeringene. De spesielle legeringene som ble utnyttet av Hunt et al. blir valgt slik at de er responsive til kaldbearbeiding og eldingsbehandling som er beskrevet. Det vil si, legeringene må utvise forbedret styrke med minimalt tap i bruddseighet når de blir utsatt for kaldbearbeidingsbehandling som er beskrevet (større enn 3 vekt-% strekk) i motsetning til resultatene som er oppnådd med den samme legeringen hvis kaldbearbeidingen er mindre enn 3%. Hunt et al. beskriver et vidt område med legerings-elementer som kombinert med Al, kan fremstille legeringer som er responsive på mer enn 3% strekk. De beskrevne områdene er 0,5-4,0 Li, 0-5,0 Mg, opp til 5,0 Cu, 0-1,0 Zr, 0-2,0 Mn, 0-7,0 Zn, balanse Al. Selv om Hunt et al. beskriver et meget

35

vidt område med flere legeringselementer, er det bare et begrenset område med legerings sammensetninger som virkelig vil utvise den nødvendige kombinasjon av forbedret styrke og opprettholde bruddseighet når den er gjenstand for mer enn 3% strekk. I motsetning er større strekkmengder ikke nødvendig for å fremstille gunstige egenskaper i legeringene i foreliggende oppfinnelse. I tillegg er utbyttstyrkene som var oppnådd i legeringene i foreliggende oppfinnelse vesentlig over de som ble oppnådd i legerings sammensetningene til Hunt et al. Videre indikerer Hunt et al. at det er foretrukket i deres fremgangsmåte med kunstig elding av legeringen etter kaldbearbeiding, heller enn naturlig elding. I motsetning til dette utviser legeringene i foreliggende oppfinnelse en ekstremt sterk naturlig eldingsrespons.

US-patent nr. 4.795.502 til Cho, tilegnet Alcoa, der beskrivelsen med dette er innbefattet med referanse, er rettet mot en fremgangsmåte for fremstilling av urekrystallisert smibearbeidet Al-Li-plateprodukter som har forbedrede nivåer på styrke og bruddseighet. I fremgangsmåten til Cho blir en homogenisert aluminiumlegeringsblokk varmevalset minst en gang, kaldvalset og utsatt for en regulert gjenoppvarmingsbehandling. Det gjenoppvarmede produktet blir deretter løsningsvarmebehandlet, bråkjølt, kaldbearbeidet for å indusere ekvivalenten av større enn 3% strekk, og kunstig eldet for å tilveiebringe et vesentlig urekrystallisert plateprodukt som har forbedrede nivåer av styrke og bruddseighet. Det endelige produktet er kjennetegnet med en høybearbeidet mikrostruktur som mangler velutviklede korn. Cho-referansen synes å være en modifikasjon av Hunt et al.-referansen som er opplistet over, ved at en regulert gjenoppvarmingsbehandling blir tilført før oppløsningsvarmebehandlingen som forhindrer rekrystallisering i det endelige produktet som blir dannet. Cho fastslår vidt at aluminiumbaserte legeringer med følgende sammensetningsområder er velegnet for den aktuelle prosessen: 0,5-4,0 Li, 0-5,0 Mg, opp til 5,0 Cu, 0-1,0 Zr, 0-2,0 Mn, og 0-7,0 Zn. Som

i Hunt et al.-referansen er de spesielle legeringene som blir utnyttet av Cho tilsynelatende valgt slik at de utviser en kombinasjon av forbedret styrke og bruddseighet når de blir utsatt for mer enn 3% kaldbearbeiding. Legeringene til Cho må  
5 videre være utsatt for gjenoppvarmingsbehandling. Selv om Cho tilveiebringer en fremgangsmåte som sies å øke styrken i kjente Al-Li-legeringer, slik som 2091, er styrkene som ble oppnådd vesentlig under de som ble oppnådd i legeringene i foreliggende oppfinnelse. Cho indikerer også at kunstig  
10 elding bør bli anvendt i prosessen for å oppnå fordelaktige egenskaper. I motsetning til dette vil legeringer fra foreliggende oppfinnelse ikke kreve kunstig elding. Foreliggende legeringer utviser heller en ekstremt sterk naturlig eldingsrespons og dette tillater anvendelse der kunstig  
15 elding er upraktisk.

US-patentsøknad nr. 07/327.66 til Pickens et al. inngitt 23. mars 1989, som er en continuation-in-part av US-patentsøknad serie nr. 07/233.705 inngitt 18. august 1988, og som med  
20 dette er innbefattet med referanse, beskriver Al-Cu-Mg-Li-legeringer som har sammensetninger innenfor følgende områder: 5-7 Cu, 0,1-2,5 Li, 0,05-4 Mg, 0,01-1,5 kornraffinerer utvalgt fra Zr, Cr, Mn, Ti, Hf, V, Nb, B og TiB<sub>2</sub> og balansen aluminium. US-patentsøknad serie nr. 07/327.666 beskriver  
25 også Al-Cu-Mg-Li-legeringer med lavere Cu-innhold som har sammensetninger innenfor følgende områder: 3,5-5 Cu, 0,8-1,8 Li, 0,25-1,0 Mg, 0,01-1,5 kornraffinerer valgt fra Zr, Cr, Mn, Ti, Hf, V, Nb, B og TiB<sub>2</sub>, og balansen aluminium. 07/327.666-søknaden beskriver videre at hjelpeelementer slik  
30 som Ge, Sn, Cd, In, Be, Sr, Ca og Zn kan bli tilsatt, enkle eller i kombinasjon, i mengder fra 0,01 til 1,5 vekt-%.

US-patentsøknad nr. 07/327.927 til Pickens et al., inngitt 23. mars 1989, som er en continuation-in-part av US-patentsøknad nr. 07/083.333 inngitt 10. august 1987, og som med  
35 dette er innbefattet med referanse, beskriver en Al-Cu-Mg-Li-Ag-legering med sammensetninger i følgende vide område: 0-

9,79 Cu, 0,05-4,1 Li, 0,01-9,8 Mg, 0,01-2,0 Ag, 0,05-1,0 kornraffinerer utvalgt fra Zr, Cr, Mn, Ti, B, V, Hf og TiB<sub>2</sub> og balansen Al. Det er ikke gjort noen beskrivelse i 07/327.927-søknaden på tilsetning av sink, eller noen av elementene germanium, tinn, kadmium, indium, beryllium, strontium, scandium, yttrium og kalsium til Al-Cu-Mg-Li-Ag-legeringene. Ifølge foreliggende oppfinnelse kan Zn-tilsetninger tilføres for å redusere nivåer av Ag som er tilstede i legeringene som er beskrevet i 07/327.927-søknaden. Zn kan således bli substituert for en porsjon av Ag, og dermed redusere kostnadene. Strekkeegenskapene blir forbedret i Zn-inneholdende legeringer i foreliggende oppfinnelse. Resistens mot trykk-korrosjonskrakking kan videre også bli forbedret.

Et mål med foreliggende oppfinnelse er å skaffe til veie en ny aluminium-basert legerings sammensetning.

Dette gjøres ifølge oppfinnelsen med en aluminiumbasert legering som er kjennetegnet ved at den inneholder fra 1 til 7 vekt-% Cu, fra 0,1 til 4 vekt-% Li, fra 0,01 til 4 vekt-% Zn, fra 0,05 til 3 vekt-% Mg, fra 0,01 til 2 vekt-% Ag, fra 0,01 til 2 vekt-% kornforfiner utvalgt fra gruppen som består av Zr, Cr, Mn, Ti, Hf, V, Nb, B, TiB<sub>2</sub> og kombinasjoner av disse, eventuelt 0,01 til 1,5 vekt-% av et element utvalgt fra gruppen som består av Ge, Sn, Cd, In, Be, Sr, Sc, Y, Ca og kombinasjoner av disse og balansen aluminium og tilfeldige urenheter.

Et annet mål med oppfinnelsen er å skaffe til veie en aluminium-basert legering med fremragende naturlig eldede egenskaper, både med (T3) og uten (T4) kaldbearbeiding, som inkluderer høy duktilitet, sveisbarhet, utmerkede egenskaper ved kalde temperaturer og gode egenskaper ved forhøyede temperaturer.

Et annet mål med foreliggende oppfinnelse er å skaffe til veie en aluminium-basert legering med vesentlig forbedrede egenskaper i ikke-kald bearbeidet, kunstig eldet T6-tilstand, slik som meget høy styrke i kombinasjon med høy duktilitet, sveisbarhet, utmerkede egenskaper ved lave temperaturer, og gode egenskaper ved høye temperaturer.

Et ytterligere med foreliggende oppfinnelse er å skaffe til veie en aluminium-basert legering med utmerkede T8-egenskaper, slik som meget høy styrke i kombinasjon med høy duktilitet, sveisbarhet, utmerkede egenskaper ved lave temperaturer, gode egenskaper ved høy temperatur og god resistens mot trykk-korrosjonskrakking.

Dersom annet ikke er angitt er alle sammensetningene i vekt-%.

Fig. 1 er en eldingskurve som viser styrke og forlengelse versus tid for en kaldbearbeidet legering fra foreliggende oppfinnelse. Legeringen har en sammensetning på 4,75% Cu, 1,3% Li, 0,5% Zn, 0,4% Mg, 0,4% Ag, 0,14% Zr og balansen aluminium.

Figur 2 er en eldingskurve som viser styrke og forlengelse versus tid for samme legering i ikke-kaldbearbeidet tilstand.

Legeringene i foreliggende oppfinnelse inneholder elementene Al, Cu, Li, Mg, Ag, og minst ett element utvalgt fra Zn, Ge, Sn, Cd, In, Be, Sr, Sc, Y og Ca, og en kornforiner i kombinasjon av kornforinere utvalgt fra gruppen som består av Zr, Ti, Cr, Mn, B, Nb, V, Hg og TiB<sub>2</sub>. Disse elementene er tilstede i følgende områder: 1-7 Cu, 0,1-4 Li, 0,05-3 Mg, 0,01-2 Ag, 0,01-4 X, 0,01-2 kornraffinerer, med balansen Al og tilfeldige urenheter, der X representerer Zn, Ge, Sn, Cd, In, Be, Sr, Sc, Y, Ca eller kombinasjoner av disse. Sink er den aller mest foretrukkede legeringstilsetningen av listen over av gruppen Zn, Ge, Sn, Cd, In, Be, Sr, Sc, Y og Ca.

Derfor vil foreliggende beskrivelse hovedsakelig fokusere på legerings sammensetninger som omfatter elementet Zn. Imidlertid er det å bemerke at anvendelse av Ge, Sn, Cd, In, Be, Sr, Sc, Y og Ca-legeringstilsetninger er innenfor omfanget av foreliggende oppfinnelse, og at delvis eller total erstatning av Zn med en eller flere av disse elementene er tilsiktet. I foreliggende oppfinnelse er de foretrukkede områdene fra 3,0 til 6,5 Cu, fra 0,5 til 2,6 Li, fra 0,05 til 2 Zn, fra 0,1 til 1,5 Mg, fra 0,05 til 1 Ag, fra 0,05 til 0,5 kornforfiner(e), og balansen i det vesentlige Al. Mer foretrukkede områder er fra 3,5 til 5,5 Cu, fra 0,8 til 2,0 Li, fra 0,2 til 1,5 Zn, fra 0,2 til 0,8 Mg, fra 0,1 til 0,5 Ag, fra 0,08 til 0,2 kornforfiner(e), og balansen i det vesentlige Al. De mest foretrukkede områdene er fra 4,0 til 5,0 Cu, fra 1,0 til 1,6 Li, fra 0,25 til 0,75 Zn, fra 0,3 til 0,5 Mg, fra 0,1 til 0,4 Ag, fra 0,08 til 0,2 kornforfiner(e), og balansen i det vesentlige Al.

Foretrukkede kornforfinere innbefatter Zr og Ti og det mest foretrukkede er Zr, siden Zr også kan tjene som en potent rekrySTALLISERINGSHEMMER. Hvis Ge, Sn, Cd, In, Be, Sr, Sc, Y og Ca ble anvendt i stedet for, eller i tillegg til Zn, vil den totale vekt-%-delen av disse elementene falle innenfor det ovenfor opplistede vide området fra 0,01 til 4%. Når Zn er tilstede i det foretrukkede området fra 0,05 til 2%, kan legeringene i foreliggende oppfinnelse videre omfatte et foretrukket område fra 0,01 til 1,5% av minst en av elementene Ge, Sn, Cd, In, Be, Sr, Sc, Y og Ca. Tabell I opplister sammensetningsområder for legeringer fra foreliggende oppfinnelse.

TABELL I  
Sammensetningsområder

	<u>Cu</u>	<u>Li</u>	<u>Zn</u>	<u>Mg</u>	<u>Ag</u>	<u>Korn- raffinerer</u>	<u>Al</u>
Vid	1-7	0,1-4	0,01-4	0,05-3	0,01-2	0,01-2	balanse
Foretrukket	3,0-6,5	0,5-2,6	0,05-2	0,1-1,5	0,05-1	0,05-0,5	balanse
Mer foretrukket	3,5-5,5	0,8-2,0	0,2-1,5	0,2-0,8	0,1-0,5	0,08-0,2	balanse
Mest foretrukket	4,0-5,0	1,0-1,6	0,25-0,75	0,3-0,5	0,1-0,4	0,08-0,2	balanse

Tilfeldige urenheter som er forbundet med aluminium slik som Si og Fe kan være tilstede, særlig når legeringen har blitt støpt, valset, smidd, ekstrudert, presset eller på annen måte bearbeidet og deretter varmebehandlet.

Ifølge foreliggende oppfinnelse resulterer anvendelse av Cu i relativt høye konsentrasjoner på 1-7%, og fortrinnsvis i mengder som er større enn 3,0%, gir øket strekkfasthet og konvensjonell flytgrense i forhold til konvensjonelle Al-Li-legeringer. Anvendelse av mer enn 3,5% Cu er nødvendig for å fremme sveisbarheten til legeringene, der sveisbarheten er ekstremt god over 4,5% Cu. Sveisbarheten er definert som resistens mot størknende varm-krakking. Cu-konsentrasjoner over 3,0% er også nyttige for å skaffe tilveie tilstrekkelige mengder Cu for å danne høyvolumfraksjoner av  $T_1$  ( $Al_2CuLi$ ) styrkende utfellinger i kunstig eldede tilstander. Disse utfellingene virker slik at de øker styrken i legeringene i foreliggende oppfinnelse vesentlig over styrkene som ble oppnådd i konvensjonelle Al-Li-legeringer. Selv om Cu-konsentrasjonene over 3,0% er foretrukkede, kan lavere mengder av Cu ned til 1% bli anvendt, f.eks. for å senke tettheten. Selv om Cu-konsentrasjoner opp til 7% er gitt i det vide sammensetningsområdet i foreliggende oppfinnelse, er det mulig å overskride denne mengden, selv om ytterligere kobber over 7% kan resultere i nedsatt korrosjonsresistens og bruddseighet, mens tettheten øker.

Anvendelse av Li i legeringer i foreliggende oppfinnelse tillater en betydelig nedgang i tetthet i forhold til konvensjonelle Al-legeringer. Li øker også styrken og forbedrer elastisk modulus. Fordelaktige fysikalske og mekaniske egenskaper kan bli oppnådd med Li-konsentrasjoner mellom 0,1 og 4%. Under 0,1% blir betydelig reduksjoner i tetthet ikke realisert, mens over 4% kan løselighetsgrensen av Li bli overskredet. Strekkfasthet ble maksimalisert med Li-nivåer mellom 0,9 og 1,6%, der styrken avtar under og

over dette området. Toppstyrker faller innenfor området på 1,1 til 1,4%.

5

Til tetthetsbegrensende anvendelser kan høyere nivåer av Li, dvs. 1,8 eller 2,0%, eller høyere bli anvendt til å senke tetthet, selv om lavere styrker blir realisert ved disse høyere nivåene.

10

Høy Cu til Li vekt-%-forhold kan bli utnyttet i legeringer i foreliggende oppfinnelse for å skaffe til veie forbedrede egenskaper. For eksempel kan Cu til Li vekt-%-forhold som er større enn 2,5 eller 3,0, bli anvendt i legeringer som inneholder mer enn 0,8% Li for å fremstille høyvolumfraksjoner av T<sub>1</sub>-styrkende utfellinger i T8-tilstand.

15

Anvendelse av Zn i legeringer i foreliggende oppfinnelse øker strekkfasthetsegenskapene betydelig. For eksempel blir styrke og kort transvers duktilitet øket i noen tilstander. Tilstedeværelse av Zn kan øke resistensen mot korrosjon.

20

Anvendelse av Ge, Sn, Cd, In, Be, Sr, Sc, Y og/eller Ca kan være til hjelp f.eks. i nukleering og forfining av utfellinger.

25

Anvendelse av Mg i legeringene i foreliggende oppfinnelse forbedrer nukleering, og øker dermed styrken. Mg forbedrer også naturlig eldingsrespons uten forutgående kaldbehandling. Strekkfastheten til foreliggende legeringer kan variere avhengig av Mg-innhold. Kunstige fysikalske og mekaniske egenskaper blir oppnådd med Mg-konsentrasjoner mellom 0,05 og 3%, med toppstyrker generelt fallende innenfor området fra 0,2 til 0,8%.

30

35

Anvendelse av Ag i legeringer i foreliggende oppfinnelse forbedrer sveisbarheten og kan øke styrken i noen grad. De høyeste styrkene kan bli oppnådd i foreliggende legeringer med Ag-konsentrasjoner mellom 0,1 og 0,4%.

Ifølge foreliggende oppfinnelse ble flere legeringer fremstilt med følgende sammensetning, som fremsatt i tabell II.

TABELL II

Nominell sammensetning av legeringer (vekt-%)

10

<u>Sammensetn.</u>	<u>Cu</u>	<u>Li</u>	<u>Zn</u>	<u>Mg</u>	<u>Ag</u>	<u>Zr</u>	<u>Al</u>
I	4,75	1,3	0,25	0,4	0,4	0,14	balanse
II	4,75	1,3	0,5	0,4	0,4	0,14	balanse
III	4,75	1,3	0,75	0,4	0,4	0,14	balanse
15 IV	4,75	1,3	1,0	0,4	0,4	0,14	balanse
V	4,75	1,3	1,5	0,4	0,4	0,14	balanse
VI	4,75	1,3	2,0	0,4	0,4	0,14	balanse
VII	4,75	1,3	0,75	0,4	0,2	0,14	balanse
VIII	4,75	1,3	0,75	0,4	0,1	0,14	balanse
20 IX	4,0	1,5	0,5	0,4	0,4	0,14	balanse
X	4,5	1,25	1,0	0,4	0,4	0,13	balanse
XI	4,5	1,25	1,0	0,4	0,25	0,13	balanse
XII	2,7	2,2	1,0	0,4	0,4	0,12	balanse
XIII	2,7	2,2	1,0	0,4	0,25	0,12	balanse
25 XIV	1,2	2,4	1,0	0,7	0,4	0,12	balanse

Legeringene I-IX som er opplistet over ble støpt og ekstrudert ved å anvende følgende teknikker. Elementene ble indukssjonssmeltet under en inert argonatmosfære og støpt til 30 160 mm diameter, 23 kg's finemner. Finemnene ble homogenisert for å påvirke sammensetningsuniformiteten i blokken ved å anvende en to-trinnshomogeniseringsbehandling. I det første trinnet ble finemnene oppvarmet i 16 timer ved 454°C for å bringe lavsmeltende temperaturfaser til fastløsning, og i det 35 andre trinnet ble de oppvarmet i 8 timer ved 504°C. Trinn I ble gjennomført under smeltepunktet til ikke-likevektslavsmeltende temperaturfaser som dannes i rågodsstrukturer, fordi smelting av slike faser kan fremstille en blokkporøsitet og/eller dårlig bearbeidbarhet. Trinn II ble

gjennomført ved høyest praktiske temperatur uten smelting for å forsikre rask diffusjon for å homogenisere sammensetningene. Finemnene ble kuttet og deretter ekstrudert ved en rammehastighet på 25 mm/s ved tilnærmet 370°C for å danne rektangulære staver som hadde 10 mm ganger 102 mm tverrsnitt. Legeringene ekstruderte meget godt uten noe krakking eller overflateriving. De rektangulære stavekstruderingsene ble deretter oppløsningsvarmebehandlet ved 504°C i 1 time og vannbråkjølt. Noen segmenter av ekstrusjonen ble strekkrettet tilnærmet 3%. Denne strekkrettingsprosessen retter ekstrusjonene og introduserer kaldbearbeiding. Noen av segmentene, både med og uten kaldbearbeiding, ble naturlig eldet ved tilnærmet 20°C. Andre segmenter ble kunstig eldet ved 160°C hvis de ble kaldbearbeidet, eller ved 180°C hvis de ikke ble kaldbearbeidet.

Legeringene X-XIV som er opplistet over, ble støpt og valset ved å anvende følgende teknikker. Elementene ble induksjonssmeltet under en inert argonatmosfære og støpt for å danne 13,6 kg blokker. Blokkene ble homogenisert ved 499°C i 24 timer ved å anvende en langsom oppvarmingshastighet på 50°C pr. time. De homogeniserte blokkene ble kuttet til tilnærmet 8,26 cm ganger 12,7 cm tverrsnitt valsede emne og deretter varmvalset til nominell 1,27 cm tykk dimensjonsplate ved en temperatur i området fra 482°C til 371°C. De valsede platene ble løsningsvarmebehandlet ved 504°C i 1 time og kaldvannbråkjølt. Noen av platene ble strukket 3% og kunstig eldet ved 160°C i 24 timer for å tilveiebringe T8 tilstandsplate. Andre plater ble kunstig eldet ved 177°C uten strekk for å tilveiebringe T6 tilstandsplate.

For enkel referanse er tilstandsbetegnelsene for de forskjellige kombinasjonene av eldingsbehandling og tilstedeværelse eller fravær av kaldbearbeiding oppsamlet i tabell III.

TABELL III  
Tilstandsbetegnelser

5

<u>Tilstand*</u>	<u>Beskrivelse</u>
T3	opløsningsvarmebehandlet kaldbearbeidet** naturlig eldet til vesentlig stabil tilstand
T4	løsningsvarmebehandlet naturlig eldet til vesentlig stabil tilstand
T6	løsningsvarmebehandlet kunstig eldet
T8	løsningsvarmebehandlet kaldbearbeidet kunstig eldet

10

15

20

25

30

35

\*Der det fremkommer ytterligere tall etter standardtilstands-  
betegnelsen, slik som T81, indikerer dette ganske enkelt den  
spesifikke T8-tilstand, f.eks. ved en viss eldingstemperatur  
eller i en viss tidsperiode.

\*\*Selv om en T4- eller T6-tilstand kan ha kald bearbeiding  
for å gjennomføre geometrisk integritet, vil denne kald-  
bearbeidingen ikke påvirke i betydelig grad de respektive  
eldede egenskapene.

Tabell IV viser naturlig eldede strekkeegenskaper for  
sammensetning II-legering i foreliggende oppfinnelse. Dersom  
annet ikke er fastslått er strekkeegenskapene opplistet i  
foreliggende beskrivelse tatt fra langsgående retning (L). I  
noen tilfeller er også egenskapene i lang tversgående retning  
(LT) også gitt og blir betegnet slik.

TABELL IV

Naturlig eldede strekkeegenskaper

5

<u>Legering- sammensetn.</u>	<u>Tilstand</u>	<u>Orientering</u>	<u>YS (ksi)</u>	<u>UTS (ksi)</u>	<u>Forlengelse (%)</u>
II	T3	L	57,6	77,4	17,0
	T3	LT	52,3	72,5	19,8
	T4	L	68,4	88,8	14,9
	T4	L	67,4	90,1	17,0

10

15

20

25

30

35

Som det er tydelig fra de ovenfor opplistede egenskapene, utviser sammensetning II legering i foreliggende oppfinnelse fenomenalt naturlig eldingsrespons. Strekkeegenskapene til sammensetning II i den naturlig eldede tilstanden uten forutgående kaldbearbeiding, T4-tilstand er ennå mer overlegen i forhold de i legering 2219 med kunstig eldet tilstand med forutgående kaldbearbeiding, dvs. i fullstendig varmebehandlet tilstand eller T81-tilstand. Det er tydelig at denne eksepsjonelle naturlige eldingsresponsen eksisterer uten forutgående kaldbearbeiding fordi den skaffer til veie en bærer for økende styrke av sveising og smiing der induksjonen av kaldbearbeiding ikke er praktisk. Håndboks-egenskapene for minimum ekstrusjon av 2219-T81, den nå værende standard for romlegering, er 44,0 ksi YS, 61,0 ksi UTS og 6% forlengelse. T81-tilstanden er den høyeste styrkestandardtilstanden for 2219-ekstrusjoner av tilsvarende geometri til sammensetning II-legering. Sammensetning II i naturlig eldede tilstander har også fordelaktige egenskaper i forhold til legering 2024 i høystyrke T81-tilstand, en av de ledende luftfartøylegeringer, som har 58 ksi YS, 66 ksi UTS og 5% elongering ifølge håndbok minimum. Legering 2024 utviser en naturlig eldingsrespons, dvs. T42, men det er mye mindre enn den i sammensetning II. De overlegne egenskapene i sammensetning II i forhold til konvensjonelle legeringer 2219 og 2024 er vist i tabell V. Det må understrekes at de naturlig eldede (T3 og T4) tilstandene for sammensetning II blir sammenlignet med optimum høy styrke T8-tilstander for

konvensjonelle 2219- og 2024-legeringer, så vel som T4-tilstand for legering 2024.

5

TABELL V  
Strekkegenskaper

	<u>Legering</u>	<u>Tilstand</u>	<u>YS</u> <u>(ksi)</u>	<u>UTS</u> <u>(ksi)</u>	<u>For-</u> <u>lengelse</u> <u>%</u>
10	Sammen- setn. II	T4	68,4	88,8	14,9
		T4	67,4	90,1	17,0
		T3	57,6	77,4	17,0
15	2219	T81 minima	44,0	61,0	6,0
		T81 typiske	51,0	66,0	10,0
	2024	T42 minima	38,0	57,0	12,0
		T81 minima	58,0	66,0	5,0

20 Eldingsstudier indikerer at nær-toppstyrker kan bli oppnådd i teknologisk praktiske tidsperioder som følger: ca. 160°C for strukkede materialer, eller ca. 180°C for ustrukkede materialer. Den laveste temperaturen blir valgt for det strukkede materialet fordi dislokasjon som er innført med  
25 kaldbearbeiding akselererer eldingskinetikken. Det må imidlertid bemerkes at disse temperaturene imidlertid kan bli variert.

I den kunstig-eldede tilstanden oppnår legeringene i  
30 foreliggende oppfinnelse meget høy styrke. Av spesiell viktighet er det faktum at toppstrekkfastheten (UTS) på godt over 100 ksi med forlengelse på 5% kan bli oppnådd i både T8- og T6-tilstandene. Dette indikerer at kaldbearbeiding ikke er nødvendig for å oppnå meget høye styrker i legeringene i  
35 foreliggende oppfinnelse, men dette er typisk i konvensjonelle 2xxx-legeringer. Faktisk oppnås Rockwell B hardhet (et mål på legeringshardhet som korresponderer tilnærmet til en-til-en med UTS for disse legeringene) vesentlig samme endelig verdi som foreliggende legeringer uavhengig av

mengden kaldbearbeiding (strek) etter tilstrekkelig  
eldingstid. Dette bør tilveiebringe betydelig frihet når det  
5 gjelder fremstillingprosessene som er forbundet med luftfart  
og romfartsmaterialer. I tillegg blir forlengelser opp til  
25% og høyere oppnådd i visse undereldede, dvs. reverterte  
tilstander. Høye duktilitetstilstander slik som dette kan  
være ekstremt nyttig i fremstilling av romfartsstrukturelle  
10 komponenter på grunn av omfattende kaldbearbeidings-  
begrensninger.

Tabell VI viser kunstig eldede strekkegenskaper for for-  
15 skjellige legeringer i foreliggende oppfinnelse.

20

25

30

35

TABELL VI  
Kunstlig eldede strekkegenskaper

<u>Legerings-</u> <u>sammensetn.</u>	<u>Til-</u> <u>stand</u>	<u>Tilstands-</u> <u>beskrivelse</u>	<u>Orientering</u>	<u>Eldings-</u> <u>tid</u> <u>(t)</u>	<u>Eldings-</u> <u>temp.</u> <u>(°C)</u>	<u>YS</u> <u>(ksi)</u>	<u>UTS</u> <u>(ksi)</u>	<u>For-</u> <u>lengelse</u> <u>(%)</u>
II	T8	reversjon	L	0,25	160	47,7	70,6	22,1
	T8	reversjon	L	0,5	160	49,0	73,2	20,1
	T8	under eldet	L	6	160	93,4	98,6	8,2
	T8	under eldet	L	6	160	91,6	98,4	8,1
	T8	under eldet	L	16	160	100,9	103,2	5,7
	T8	under eldet	LT	16	160	94,8	97,4	4,1
	T8	under eldet	LT	16	160	93,8	97,8	4,3
	T8	nær topp	L	18	160	104,3	107,1	6,0
	T8	nær topp	L	18	160	103,6	106,0	5,9
	T8	nær topp	L	20	160	102,9	105,5	5,4
	T8	nær topp	L	20	160	106,3	109,0	7,5
	T8	nær topp	L	20	160	94,9	98,2	4,1
	T8	over eldet	L	22	160	100,0	103,6	5,7
	T8	over eldet	L	22	160	106,7	108,6	6,7
	T8	over eldet	LT	22	160	95,1	98,2	3,7
	T8	over eldet	L	24	160	104,0	106,9	5,7
	T8	over eldet	L	24	160	102,6	105,3	7,0

TABELL VI (forts.)  
Kunstig eldede strekkegenskaper

<u>Legerings-</u> <u>sammensetn.</u>	<u>Til-</u> <u>stand</u>	<u>Tilstands-</u> <u>beskrivelse</u>	<u>Orientering</u>	<u>Eldings-</u> <u>tid</u> <u>(t)</u>	<u>Eldings-</u> <u>temp.</u> <u>(°C)</u>	<u>YS</u> <u>(ksi)</u>	<u>UTS</u> <u>(ksi)</u>	<u>For-</u> <u>lengelse</u> <u>(%)</u>	
II	T6	reversjon	L	0,25	180	40,2	70,2	22,8	
	T6	reversjon	L	0,5	180	39,3	69,4	25,3	
	T6	under eldet	L	6	180	93,2	101,0	6,2	
	T6	under eldet	L	6	180	89,5	97,5	7,8	
	T6	under eldet	L	16	180	104,0	107,1	3,5	
	T6	under eldet	L	16	180	102,6	106,1	4,5	
	T6	under eldet	LT	16	180	95,4	98,1	2,0	
	T6	under eldet	LT	16	180	95,0	97,9	2,6	
	T6	nær topp	L	20	180	106,0	110,0	2,8	
	T6	nær topp	L	20	180	107,8	110,0	2,9	
	T6	over eldet	L	32	180	103,8	106,5	1,7	
	T6	over eldet	L	32	180	104,0	106,8	2,6	
	X	T8	under eldet	L	8	160	89,0	93,7	6,0
		T8	nær topp	L	24	160	91,0	95,3	4,0
T6		under eldet	L	8	177	86,5	93,7	4,0	
T6		nær topp	L	24	177	96,7	97,01	2,5	
XI	T8	nær topp	L	24	160	90,0	94,6	8,0	
	T6	under eldet	L	8	177	72,5	82,5	6,0	
	T6	nær topp	L	24	177	91,8	95,1	2,5	

Fig. 1 illustrerer eldingsresponsen til sammensetning II legering i kaldbearbeidet tilstand. Endelig strekkfasthet, konvensjonell flytegrense og forlengelse er plottet versus eldingstid ved 160°C. Verdiene til venstre for grafen, dvs. ved tid = 0, representerer naturlig eldede (T3) egenskaper. Fig. 2 illustrerer eldingsresponsen av sammensetning II legering i ikke-kaldbearbeidet tilstand. Endelig strekkfasthet, konvensjonell flytgrense og forlengelse er plottet mot eldingstid ved 180°C. Naturlig eldede (T4) egenskaper er vist på venstre side av grafen.

Generelt har legeringer som er fremstilt ifølge foreliggende oppfinnelse sammensetninger i området fra 4,0 til 5,5 Cu, fra 0,9 til 1,6 Li, fra 0,2 til 1 Zn, fra 0,2 til 0,5 Mg, fra 0,1 til 0,5 Ag, fra 0,05 til 0,5 kornforfiner, og balansen Al, innehar ekstremt nyttige langsgående strekk og forlengelser. For eksempel i T3-tilstanden kan legeringer innenfor det ovenfor nevnte sammensetningsområdet utvise et langsgående YS-område fra 50 til 75 ksi, et langsgående UTS-område fra 65 til 88 ksi, og en langsgående forlengelse i området fra 8 til 25%. I T4-tilstanden kan legeringer innenfor dette sammensetningsområdet utvise et langsgående YS-område fra 55 til 77 ksi, et langsgående UTS-område fra 67 til 100 ksi, og et langsgående forlengelsesområde fra 8 til 25%. I tillegg kan i T6-tilstanden disse legeringene utvise et langsgående YS-område fra 70 til 110 ksi, et langsgående UTS-område fra 80 til 118 ksi, og et langsgående forlengelsesområde fra 1 til 10%. I T8-tilstanden kan legeringer med det ovenfor beskrevne sammensetningsområde utvise et YS-område fra 70 til 110 ksi, et UTS-område fra 80 til 118 ksi, og et forlengelsesområde fra 2 til 15%. Det må bemerkes at egenskapene som er opplistet over i naturlig eldede tilstander (T3 og T4) er teknologisk praktiske eldingstider, dvs. 600 til 1200 timer og at styrkene vil øke uendelig med langtids naturlig elding. Det kan også være mulig å øke konvensjonelle flytgrenser og endelige strekkfastheter som er opplistet over i kaldbearbeidede tilstander (T3 og T8) ved bearbeiding ved høye reduksjonsforhold, dvs. høye ekstrusjonsforhold.

Legeringene i foreliggende oppfinnelse kan raskt bli  
 fremstilt ved kommersielle skala-produksjonsteknikker. For å  
 5 illustrere ble en 4356 kg blokk støpt og valset ved å anvende  
 følgende fremgangsmåter. En aluminiumlegering som besto av  
 4,3 vekt-% Cu, 1,21 vekt-% Li, 0,56 vekt-% Zn, 0,37 vekt-%  
 Mg, 0,37 vekt-% Ag og 0,14 vekt-% Zr, og balansen i det  
 10 vesentlige er aluminium og urenheter ble støpt til en  
 tilnærmet 4356 kg blokk som har en 30,5 cm tykk ganger 114,3  
 cm bredt tverrsnitt. Blokken ble homogenisert i en ovn ved en  
 temperatur på 471°C i 8 timer etterfulgt av en temperatur på  
 499°C i 36 timer og luftavkjølt. Blokken ble kuttet og skåret  
 15 til 25,4 cm tykkelse, 101,6 cm bredde og 342,9 cm lengde.  
 Blokken ble deretter forvarmet i en ovn i 2 timer ved 482°C  
 og varmevalset til 1,27 cm dimensjonsplate. Platen ble  
 løsningsvarmebehandlet ved 504°C i 1,5 timer og umiddelbart  
 kaldvannsbråkjølt. Platen ble deretter strukket 6% i  
 20 valseretning ved romtemperatur. Strekkingen ble etterfulgt av  
 kunstig elding ved 154°C fire ganger i 4 timer og 8 timer.  
 Strekktestresultater og bruddseighetstestresultater ved  
 kompakt spenningsprøver er opplistet i tabell VII. De  
 mekaniske egenskapsverdiene som er gitt er gjennomsnitts-  
 25 verdier fra to paralleller.

TABELL VII

Eldings- tid (t)	Orientering	YS (ksi)	UTS (ksi)	Forleng- else (%)	Kr(maks)* (ksi-v inch)
4	L	81,8	86,7	12,2	---
	LT	78,0	85,4	11,4	59,2
8	L	89,4	92,5	9,3	---
	LT	85,5	90,9	7,8	32,1

\*W-6 Kompaktspenningsprøver ble anvendt.

Det må bemerkes at selv om visse prosesseringstrinn er beskrevet for fremstilling av legeringsproduktene i foreliggende oppfinnelse, kan disse trinnene bli modifisert for å oppnå forskjellige ønskede resultater. For eksempel kan kunstig eldingstider og/eller temperaturer bli variert, homogeniseringstider og/eller temperaturer kan bli endret, og mengden av kaldbearbeiding som blir benyttet kan bli variert. Trinnene som innbefatter støping, homogenisering, bearbeiding, og elding kan bli endret, eller ytterligere trinn kan bli tilført for å f.eks. påvirke de fysikalske og kjemiske egenskapene i de endelige produktene som blir dannet. Karaktertrekk slik som type, størrelse og fordeling av styrkeutfellingen kan således bli regulert i en viss grad avhengig av prosesseringsteknikkene. Kornstørrelse, korttrekkforhold og mengde rekrystallisering av de endelige produktet kan bli regulert i en viss grad. I tillegg kan, under fremstilling, eldingstemperaturer og eldingstider bli endret for å øke produksjonshastighetene. I tillegg til prosesseringsteknikkene som er beskrevet i foreliggende beskrivelse, kan derfor forskjellige modifikasjoner bli anvendt i fremstilling av legeringene i foreliggende oppfinnelse.

Selv om dannelse av blokker eller finemner med foreliggende legeringer ved støpeteknikker er foretrukket, kan legeringene også bli frembrakt i finemneform konsolidert fra fine partikler. Pulveret eller partikkelmaterialet kan bli fremstilt ved slike fremgangsmåter som atomisering, mekanisk legering og smeltespinning. I slike prosesseringsteknikker er det mulig å øke nivået av kornforfiner og/eller legeringselementer som er tilstede i legeringene. For eksempel kan nivåene av Zr bli øket til mengder fra 2 eller 3 vekt-% eller større.

35

I tillegg til de konvensjonelle metalledningssteknikker slik som ekstrudering, smiing, valsing, superplastdannelse og semi-fastdannelse, kan legeringene i foreliggende oppfinnelse være gjenstand for raske størkningsteknikker som innbefatter

spraydannelse, atominering, bråkjøling, smeltespinning og lignende. Velegnet spraydanningsteknikker innbefatter Osprey-  
5 prosessering og flytende dynamisk pressing.

Legeringene i foreliggende oppfinnelse innehar egenskaper som gjør dem ekstremt ønskelig til sveiseapplikasjoner. Deres evne til å oppnå høye styrker uten nødvendig kaldbearbeiding skaffer til veie fordeler i sveiseoperasjoner der bruk av kaldbearbeiding ofte ikke er praktisk. Den sterke naturlige eldingsresponsen i foreliggende legeringer tillater også anvendelse av sveiseapplikasjoner der kunstig elding etter sveiseoperasjonene ikke er mulig. Foreliggende legeringer er  
10 meget resistense mot varmkraeking som kan forekomme under sveising, og kan bli sveiset ved å anvende både konvensjonelle fyllstoffer og metallfyllstoffer eller modifikasjoner av disse. For å illustrere sveisbarheten til foreliggende legering, ble en sammensetning II plate sveiset med  
15 en aluminiumbasert fyllstoffwire med følgende sammensetning: 5,0 vekt-% Cu, 1,3 vekt-% Li, 0,4 vekt-% Mg, 0,4 vekt-% Ag, 0,14 vekt-% Zr, 0,1 vekt-% Ti og balansen aluminium. En meget reservert en-passeringsvariabel polaritetsplasmabue- (VPPA) sveising ble gjennomført ved en 160 A strøm og 20 V potensial  
20 ved en transporthastighet på 5,5 ipm og en wiretilførsel på 50 ipm. Sammensetning II legering ble raskt sveiset uten noe tegn på varm-kraeking til tross for den høye pålagte tvangen.

Konvensjonelle sveiseteknikker slik som VPPA, gasswolframbue, gassmetallbue, elektronstråle, friksjon etc., er velegnet for  
30 sveising av legeringer i foreliggende oppfinnelse.

Foreliggende legeringer, særlig de som inneholder over 4 eller 4,5% Cu, er velegnet for anvendelse som sveisefyllegeringer. Foreliggende legeringer kan således bli  
35 anvendt som sveisefyllegeringer for sammensveising av aluminiumbaserte legeringer, inkludert legeringer som er beskrevet i foreliggende oppfinnelse, så vel som konvensjonelle aluminiumbaserte legeringer. For å illustrere

anvendelse av foreliggende legeringer som sveiselegeringer, ble en sveisetest gjennomført ved å anvende sammensetnings-  
5 plate II. Testen som er kjent som den sirkulære flikketesten, innbefatter at man lager en sirkulær sveis på en legerings-plate og måler krakkmengden i sveisingen. Denne geometrien begrenser hensiktsmessig størkningssveisen i en stor grad, og dette forårsaker at størkningen varm-krakker. En 5,08 cm  
10 diameter sirkulær autogen sveis ble avsatt (perle på plate) på en 0,95 cm tykk plate med sammensetning II legering. Det resulterte ikke i noe krakking, dvs. krakklengde = 0, i sammensetning II fyllstoff, og dette indikerer at sammensetning II legeringen er meget velegnet som en sveise-  
15 legering. I motsetning til dette ble den samme flikketesten gjennomført ved å anvende kommersielle legeringer 2090 og 2091 og dette ga en krakklengde på 0,071 cm i en 2090 sveising, og en krakklengde på 1,63 cm i en 2091 sveising.

20 Når legeringene i foreliggende oppfinnelse ble utnyttet som sveisefyllegeringer, er sammensetningene i følgende områder velegnede: fra 4,0 til 6,5 vekt-% Cu, fra 0,5 til 2,6 vekt-% Li, fra 0,05 til 2 vekt-% Zn, fra 0,05 til 0,8 vekt-% Mg, fra 0,05 til 1 vekt-% Ag, fra 0,01 til 2  
25 vekt-% kornraffinerer utvalgt fra Zr, Cr, Mn, Ti, Hf, V, Nb, B, TiB<sub>2</sub> og kombinasjoner av disse, og balansen aluminium. Foretrukkede sveiselegeringssammensetninger inneholder fra 4,5 til 6 vekt-% Cu, fra 0,8 til 1,6 vekt-% Li, fra 0,25 til 0,75 vekt-% Zn, fra 0,2 til 0,5 vekt-% Mg, fra 0,1  
30 til 0,4 vekt-% Ag, fra 0,05 til 0,5 vekt-% kornraffinerer utvalgt fra Zr, Cr, Mn, Ti, Hf, V, Nb, B, TiB<sub>2</sub> og kombinasjoner av disse og balansen aluminium. Zirkonium er den mest foretrukkede kornraffinereren. Mindre mengder av ytterligere elementer utvalgt fra Ge, Sn, Cd, In, Be, Sr, Sc, Y og Ca kan  
35 også bli tilsatt de ovenfor opplistede sveiselegeringssammensetningene, f.eks. slik at de virker som kjernehjelp. Disse elementene kan bli tilsatt i et samlet område fra 0,1 til 1,5%.

Legeringene i foreliggende oppfinnelse innehar utmerkede egenskaper ved forhøyede temperaturer, beholder en stor del av deres styrke og nyttige mengder av forlengelse ved temperaturer på 149°C og over.

Legeringene i foreliggende oppfinnelse innehar også utmerkede egenskaper ved lave temperaturer. Styrker ved lave temperaturer øker i forhold til romtemperaturstyrker i foreliggende legeringer. I tillegg blir nyttige forlengelsesmengder holdt ved lave temperaturer. Lave temperaturer innbefatter -196°C og -68°C. De utmerkede egenskapene ved lave temperaturer som legeringene i foreliggende oppfinnelse innehar har viktige følger for romfartsanvendelser der legeringer ved lave temperaturer ofte er nødvendig til drivstoff- og oksiderings-tanker.

Høystyrke-aluminiumlegeringer har typisk lav resistens mot forskjellige typer korrosjon, særlig stress-korrosjonskrakking (SCC), og dette har begrenset nytte i mange høyteknologiske legeringer. I motsetning til dette innehar legeringene i foreliggende oppfinnelse utmerket resistens mot stress-korrosjonskrakking. I tillegg er foreliggende legeringer bare minimalt utsatt for avskallingskorrosjon. For å illustrere den høye resistens mot stress-korrosjonskrakking som foreliggende legeringer innehar, ble en korrosjonsstudie gjennomført på en sammensetning II legering. Ti prøver med ekstrudert sammensetning II legering i kaldbearbeidet, kunstig eldet tilstand (5 prøver eldet 6 timer ved 160°C og 5 prøver eldet 16 timer ved 160°C), fremstilt i overensstemmelse med ASTM-standard G49, blir belastet ved 70 ksi i langsgående tvers- (LT) retning. Prøvene ble utsatt for å alternerende senketest i overensstemmelse med ASTM-standard G44 som innbefatter alternerende 50 minutters tørr eksponering og 10 minutters våt eksponering i en 3,5% NaCl-oppløsning. Alle prøvene overlevde standard 40-dagers testen (ASTM-standard G64), og dette indikerer en ekstremt sterk resistens mot stress-korrosjonskrakking. Dette er viktig

fordi det demonstrerer utmerket SCC-resistens ved stress-  
nivåer som er over konvensjonelle flytgrenser til ekssi-  
sterende luftfartøylegeringer slik som 2024 og 2014.

Gitt de uventet høye egenskapene til legeringene i fore-  
liggende oppfinnelse, kan det være ønskelig å utføre Zn- og  
Ag-tilsetninger i mengder som er spesifisert i tabell I til  
kommersielle legeringer 2091 og CP 276. Det bemerkes at  
sammensetningene XII og XIII i foreliggende oppfinnelse  
representerer tilsetning av Zn, Ag og Mg til nylig kommersi-  
alisert aluminium-litium-legering 2090, og at sammensetning  
XIV representerer tilsetning av Zn og Ag til kommersiell  
legering 8090. På samme måte kan Zn- og Ag-tilsetninger bli  
gjort til legeringer 2091 og CP 276. Slike tilsetninger  
betraktes således å være innenfor omfanget av foreliggende  
oppfinnelse.

20

25

30

35

P a t e n t k r a v

5 1.

Aluminiumbasert legering, k a r a k t e r i s e r t v e d at den inneholder fra 1 til 7 vekt-% Cu, fra 0,1 til 4 vekt-% Li, fra 0,01 til 4 vekt-% Zn, fra 0,05 til 3 vekt-% Mg, fra 0,01 til 2 vekt-% Ag, fra 0,01 til 2 vekt-% kornforfiner utvalgt fra gruppen som består av Zr, Cr, Mn, Ti, Hf, V, Nb, B, TiB<sub>2</sub> og kombinasjoner av disse, eventuelt 0,01 til 1,5 vekt-% av et element utvalgt fra gruppen som består av Ge, Sn, Cd, In, Be, Sr, Sc, Y, Ca og kombinasjoner av disse og balansen aluminium og tilfeldige urenheter.

15

2.

Legering ifølge krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d at kornforfinerer omfatter Zr.

20

3.

Legering ifølge krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d at Cu omfatter fra 3,0 til 6,5 vekt-%.

4.

25 Legering ifølge krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d at Cu omfatter fra 3,5 til 5,5 vekt-%.

5.

30 Legering ifølge krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d at Cu omfatter fra 4,0 til 5,0 vekt-%.

6.

Legering ifølge krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d at Li omfatter fra 0,8 til 2,0 vekt-%.

35

7.

Legering ifølge krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d at Li omfatter fra 1,0 til 1,6 vekt-%.

8.

5 Legering ifølge krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d  
at Li omfatter fra 0,2 til 1,5 vekt-%.

9.

10 Legering ifølge krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d  
at Zn omfatter fra 0,25 til 0,75 vekt-%.

10.

Legering ifølge krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d  
at Mg omfatter fra 0,2 til 0,8 vekt-%.

11.

15 Legering ifølge krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d  
at Mg omfatter fra 0,3 til 0,5 vekt-%.

12.

20 Legering ifølge krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d  
at Ag omfatter fra 0,1 til 0,5 vekt-%.

13.

25 Legering ifølge krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d  
at Ag omfatter fra 0,1 til 0,4 vekt-%.

14.

30 Legering ifølge krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d  
at den inneholder fra 4,0 til 5,5 vekt-% Cu, fra 0,9 til 1,6  
vekt-% Li, fra 0,2 til 1 vekt-% Zn, fra 0,2 til 0,5 vekt-%  
Mg, fra 0,1 til 0,5 vekt-% Ag, fra 0,05 til 0,5 vekt-%  
kornforfiner valgt fra gruppen som består av Zr, Cr, Mn, Ti,  
Hf, V, Nb, B, TiB<sub>2</sub> og blandinger av disse, og balansen  
aluminium og tilfeldige urenheter.

35

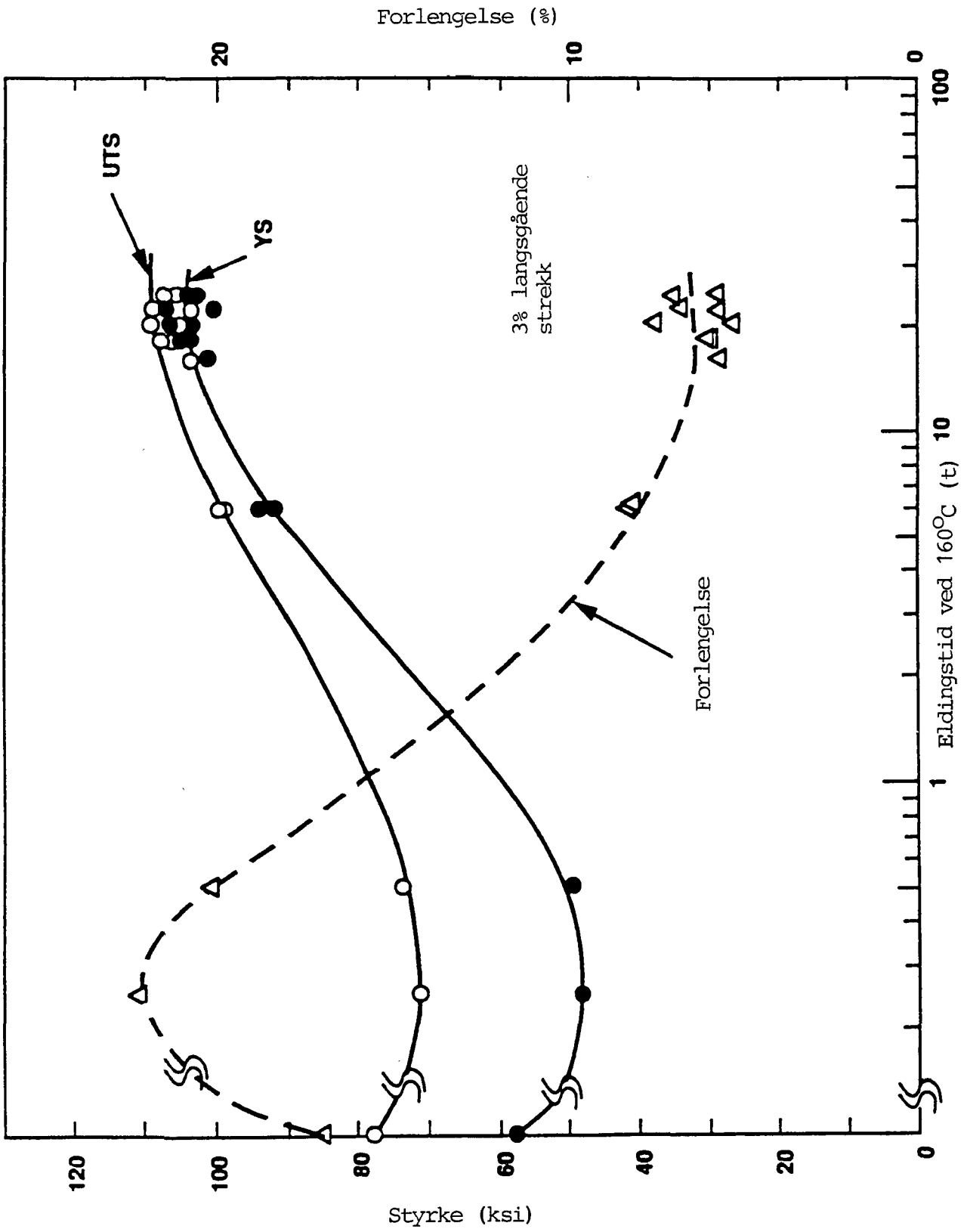


Fig. 1

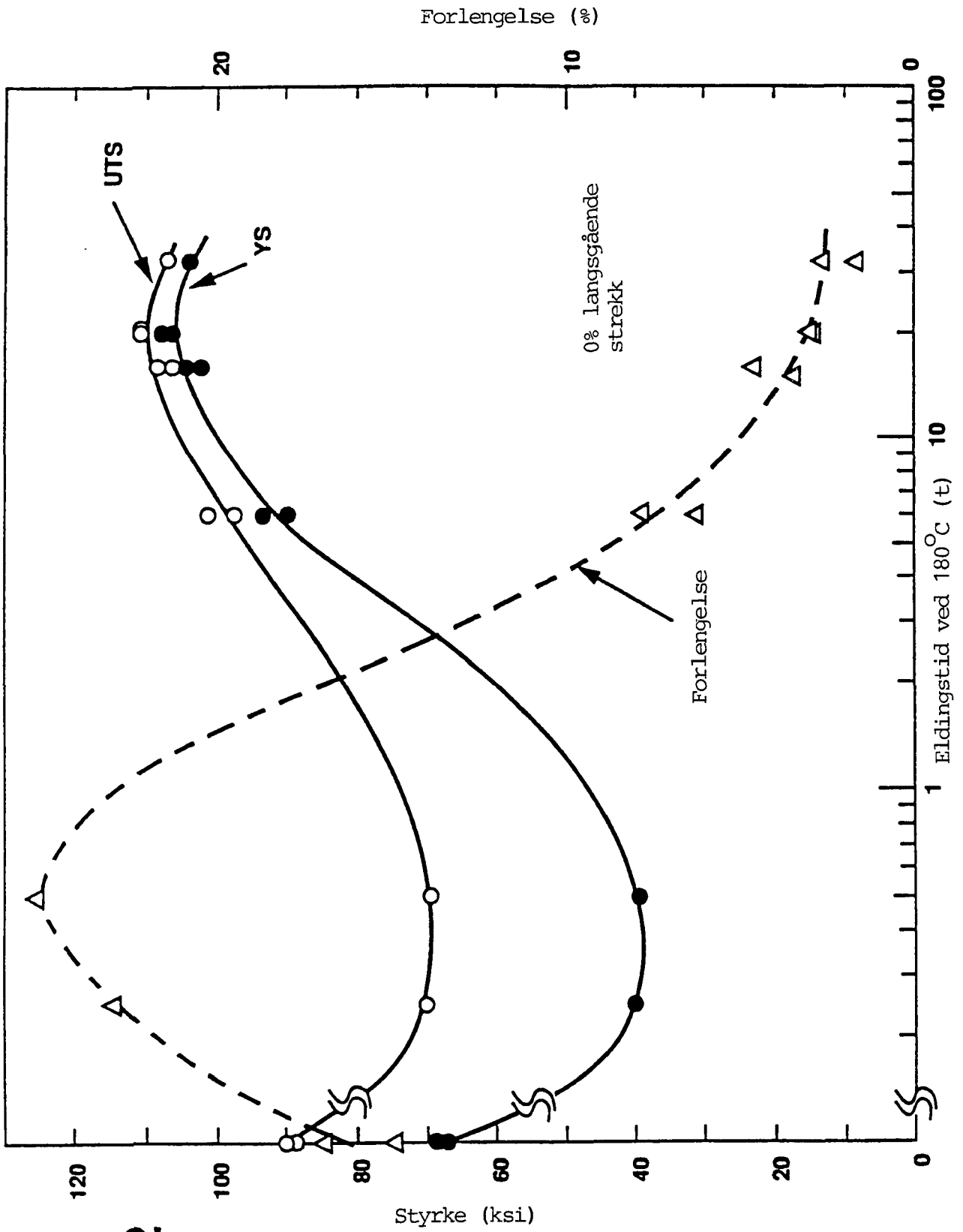


Fig. 2