DANSK METALLURGISK SELSKABS VINTERMØDE DEN 13-14 JANUAR 1969.

12. Letmetaller som konstruktionsmateriale.

A. Steffensen, Flyvematerielkommandoen.

Betegnelsen letmetal hæftes på de metaller, der har væsentlig lavere massefylde end stål. Heraf anvendes kun aluminium, magnesium og titanium samt deres legeringer i større målestok. Disse metaller er placerede langt nede i spændingsrækken, men har under de fleste forhold udmærkede korrosionsmæssige egenskaber og anvendes i store mængder alene af den grund. Derudover er styrke ~~korrosionsegenskaberne~~ af afgørende betydning for enhver konstruktion i letmetal.

De to mest anvendte, aluminium og magnesium, udmærker sig ved deres lave smeltepunkt. Det er ikke alene styrkeegenskaberne, der gør, at modelbiler, plæneklippere, karburatorer og skovsave trykstøbes i aluminium og magnesium. Men som ved ethvert andet materiale får man ikke noget billede af mulighederne uden at tage forarbejdningen i betragtning.

Disse førnævnte årsager tegner sig vel nok for kvantiteten af forbruget. Hvad man imidlertid kan kalde kvaliteten findes som ved næsten alle andre metaller indenfor transportteknikken. Der har her, lige siden Robert Fulton sejlede med sit dampskib og George Stephenson kørte sit lokomotiv, været efterspørgsel efter konstruktioner med større styrke i forhold til vægten, og jo mere avancerede transportmidlerne blev, jo større merpris har man været villig til at akceptere. Det bruges i passagerlinere og smuglerbåde, i buschassiser og for at spare den sidste kritiske ton i en kampvogn, men det bedste fodfæste har letmetallerne fået indenfor flyindustrien, hvor de har været absolut dominerende.

For at give et realistisk billede af mulighederne for at konstruere i letmetal, er de almindeligste data for en række legeringer angivet i tabellen sidst i manuskriptet. Hovedvægten er lagt på de valsbare al - legeringer, der også har den mest alsidige anvendelse, og der er søgt valgt en række legeringer, der er typiske for hvert styrkeniveau. De øvrige grupper letmetaller er blot repræsenteret ved en eller to typiske legeringer. Betegnelserne er Alcoa's, hvor de første ciffre angiver legeringen, medens tilstanden angives efter bindestreger. O angiver blødglødet tilstand, H betyder hårdvalset og T modningshærdet, og ciffrene angiver den anvendte fremgangsmåde. Der er anført de almindelige trækprøvedata samt udmattelsesstyrken for "rotating beam", hvilket kun

er et lille udpluk af de prøvningsdata, der er til rådighed for konstruktøren. Bukkeradius for kold bukning af 1/8" plade skulle give et håndgribeligt mål for muligheden af at forme metallet.

Nærmest som et kuriosum er anført brudstyrken af det stål, der har samme trækstyrke i forhold til vægten. Forholdet er ikke begrundet i nogen konstruktionsformel, her anvendes trækbrudstyrken sjældent, men som det vil ses, kan man gennem en sammenligning ligesom få et indtryk af al - legeringernes indbyrdes forhold. Da de angivne data kun beskriver metallerne ufuldstændigt, er det nødvendigt med en kort forklaring til hver af de viste metaller, og tilhøreren må så selv interpolere de ikke viste legeringer.

Al 1100 er kommercielt rent aluminium. Mod korrosion er det beskyttet af et oxydlag, der er yderst tæt og mekanisk og kemisk stabilt, som ikke ændres ved opvarmning og som gendannes, hvis det skulle ødelægges, øjeblikkeligt under de fleste forhold. Hertil kommer, at laget yderligere kan forstærkes ved chromatering eller anodisering. Dog skal det siges, at hvis det nedbrydes og på grund af omgivelserne ikke gendannes, foregår korrosionen hurtigt, og engang påbegyndt lader den sig kun med møje standse. Da plader og profiler leveres valset til acceptable styrker og er lette at forme og klippe, er det nærmest at betragte som al - industriens "handelsjern". Radiochassiser, luftkanaler, ikke bærende beklædning er eksempler på anvendelser.

Ved at legere med 1% Mn kan man honorere lidt større styrkekrav, naturligvis mod lidt tab i bearbejdelighed og korrosionsbestandighed. Ved endnu større legeringsindhold, i så fald gerne magnesium, samt tilstrækkelig koldvalsning, kan man opnå styrker over 30 kp/mm^2.

En meget anvendt legering er 5052, søvandsbestandig aluminium. Det er dog kun overfor søvand, at korrosionsbestandigheden er øget, generelt gælder, at større legeringsindhold og hårdhed gør mindre korrosionsfast.

Ved alle de valsehårde legeringer er konstruktøren bundet af, at de skal bearbejdes i deres fulde hårdhed, medens man på den anden side har en simpel arbejdsgang i værkstedet. Ligesom ved stål kan man i aluminium

fremstille legeringer, hvis hårdhed kan øges ved varmebehandling, blot øges hårdheden her ved modningsprocesser.

Opløsningsglødningen sker ved en temperatur tæt under soliduslinien, sædvanligvis nær 500°C og ofte i et snævert temperaturinterval, hvilket stiller store krav til ovnenes konstruktion og regulering. Efter bratkøling fra denne temperatur opnår legeringen enten sin styrke ved en varmmodning mellem 100 og 200°C eller ved at henligge en vis tid ved normal temperatur. I tidsrummet, inden hårdheden opnås, kan man foretage mindre bukke- og retteoperationer og derved undgå kastninger. Undertiden forlænger man dette tidsrum ved nedfrysning.

For legeringen 6061 er angivet styrken i O-tilstanden, i T4 tilstanden efter bratkøling og en vis modningstid, og endelig i T6 tilstanden, hvor den fulde hårdhed er opnået efter en varmmodning ved ca. 160°C. Hærdeforløbet er typisk for hærdbare al - legeringer.

6061 betegner overgangen til de hærdbare legeringer. Det har endnu gode korrosionsegenskaber og kan som de foregående legeringer smeltesvejses. Besynderligt nok falder det i styrke sammen med de svejsbare sejghærdningsstål, der jo ejheller viser store problemer.

Går vi derimod op til de større styrker, træder ulemperne klart frem, først og fremmest korrosionsproblemerne, der optræder under alle tænkelige former. Plader beskytter man ofte med et påvalset lag ren aluminium, ellers anvendes chromatering og maling af overfladen. Meget apropos brintskørhed i de stærke stål findes der problemer med spændingskorrosion i de stærke al - legeringer. Revnerne kan kun forhindres ved korrekt konstruktion og forarbejdning, brugeren må afvente resultatet. Det gælder også her, at man i stål samtidig får problemer med brintskørhed.

Ved konstruktioner i de stærkeste al- legeringer er man endvidere nødt til at tænke på brudsejgheden, der i den øverste ende falder så hurtigt, at man ofte ikke kan udnytte f.eks. 7075-T6 store styrke, men kan anvende 2024 med fordel.

Af støbelegeringer er medtaget to for at vise, at også her er der mange valgmuligheder for konstruktøren. Støbelegeringer finder man oftest i maskindele, hvor man kan udnytte den lette formgivning.

Et handicap for al - legeringerne er, at de med få undtagelser ikke tåler opvarmning over ca. 200°C uden at miste styrke. Til gengæld er der ingen problemer med koldskørhed, og al - legeringer anvendes gerne til beholdere for flydende luftarter.

Magnesium er det "letteste" af letmetallerne, også det mest uædle. Ligesom hos aluminium beskytter oxydlaget, men her skal det normalt forstærkes ved en bejtsning og maling. Spændingskorrosion forekommer også, således at f.eks. svejsning gerne følges af en spændingsfriglødning.

Magnesium skal på grund af sit hexagonale gitter helst varmdeformeres, og valseprodukterne har da ejheller nær samme anvendelse som for aluminiums vedkommende. Derimod anvendes det meget til støbte maskindele, hvor ulemperne ikke kommer så klart frem, og hvor vægtbesparelsen virkelig er mærkbar, vægten er en fjerdedel af støbejerns vægt. Der er udviklet legeringer, der beholder styrken til ca. 250°C, hvorved det også er muligt at anvende det i motorer.

Titanium skal kun kort omtales. Det er endnu ikke fuldt udviklet, men allerede nu er legeringerne så stærke som de bedste stål, og korrosionsbestandigheden er fremragende indtil ca. 600°C. Prisen er høj og bearbejdningen kostbar, så metallet konkurrerer ikke med de førnævnte letmetaller, snarere med "mar-aging" stålene, hvor det har sin lige i styrke. Derimod er det ikke lykkedes at udvikle højtemperaturlegeringer, hvilket var den oprindelige hensigt med Titaniumprogrammet.

De her omtalte karakteristiske træk for letmetallegeringer stammer alle fra erfaringer fra konstruktioner, hvor letmetallerne blev anvendt, fordi de gav den billigste løsning, også erfaringerne med den "dyre" ende af legeringerne. De firmaer, der har anvendt dem, har ved konstruktionen brugt tilgængelige materialedata og forsøg, og i hvert fald indenfor flyindustrien findes der ikke konkurrencedygtige producenter, der kan tillade

	Handels-betegnelse	Brudstyrke kp/mm²	0,2 - styrke kp/mm²	Forlængelse % på 2"	Udmattelsesstyrke Rotating Beam 5x10⁸ kp/mm²	Massefylde g/cm³	Bukkeradius i pladetykkelser	ækv. brudstyrke for stål
Al - 99%	1100-H12	11	10	25	4,2	2,7	0	31
Al - 1% Mn	3003-H14	15	14	16	9,8	-	0-1	43
Al - 2,5 Mg	5052-H34	27	21	14	12,7	-	1	78
Al - Mg Si	6061-0	13	6	30	6	2,7	0	
	6061-T4	24	14	25	10	-	1,5	
	6061-T6	31	28	17	10	-	2,5	90
Al - Cu	2024-T4	48	35	18	14	2,8	5	135
Al - Zn Mg	7075-T6	54	47	11	15	-	6	150
Silumin - 5% sandstøbt	43F	13	6	8	5	2,7		35
Al - Si-Cu kokillestøbt	A356-T6	29	21	10	9	2,8		80
Magnesium - 6% al smedet	AZ 61A	31	23	10	14	1,9		
Magnesium - 9% al sandstøbt	AZ 92A-T6	28	16	2	10	1,9		
Ti - 99%		60	50			4,4		
Ti - 6Al - 4V		125	115	6,5	55	-		

sig at "skrive af" efter naboen, materialekendskabet er en del af konstruktørens viden. Hvis man skal skønne om fremtidig anvendelse, må det behov for lettere og stærkere konstruktioner, der i årtier har været i flyindustrien, også vise sig andetsteds og medføre ny anvendelse af de allerede udviklede legeringer. Derimod spiller letmetaller ikke længere den altdominerende rolle i de mest avancerede fly.