

# LÄTTMETALLERS ANVÄNDNING Å FÖRORTSBANE- VAGNAR, SPÅRVAGNAR OCH BUSSAR.

Föredrag av direktör *H. Ångström*,  
Uppsala spårvägar.

Ett så omfattande ämne och däremot svarande stora användningsområde kan givetvis icke behandlas allsidigt i ett enda föredrag. På grund härav skall jag i största möjliga utsträckning använda mig av litteraturhänvisningar samt av skioptikonbilder såsom förkortat och förtydligande framställningssätt. Jag begagnar också tillfället att få frambära mitt tack till olika fabrikanter och företagare, som beredvilligt ställt material till mitt förfogande samt sist, men icke minst till Svenska Spårvägsföreningen, vilken genom ett resebidrag berett mig tillfälle att vidga mina kunskaper inom föreliggande område.

Den världskris, som vi nyligen genomlevat och som drabbat alldeles särskilt svårt allt transportväsende, har framtingat såväl olika slag av rationalisering som helt nya tekniska uppslag, som bättre låta sig anpassas efter vår tids förhållanden och krav. Ett av de viktigaste momenten härvid torde vara de strävanden, som gått ut på att nedbringa dödvikten å det rullande materialet. Härvid kan förmärkas en mycket tydlig växelverkan mellan erfarenhetsrön, som gjorts inom olika grenar av transportindustrien till lands, å vatten samt icke minst i luften.

I detta sammanhang torde vara av intresse att påpeka hurusom de största ånglokomotiven byggas för 4 000 upp till 5 700 hk med en vikt pr hk å 60 till 75 kg under det att de stora elektriska loken som exempelvis trafikera Bern—Lötschberg—Simplon å 4 500 hk endast väga 31 kg per hk, vilket inom järnvägstekniken innebär ett betydande tekniskt och även driftekonomiskt framsteg. Under senaste åren bygges även motorvagnar där vikten nedbringats till 20 kg per hk och vid förbränningsmotorer för flygmaskiner har man t. o. m. i vissa fall lyckats komma ned till en vikt av endast 0,4 kg per hk.

Vidare finna vi i våra dagars järnvägsdrift lyxtåg (Union Pacific) försedda med sovvagnar med en vikt motsvarande 1 200 till 1 800 kg per sittplats. Union Pacifics äldre ångtåg för lyxtrafik och utrustade med Pullman-sovvagnar väga över 3 000 kg per sittplats. Vid sidan

härav finna vi mellertid lätta hastigtgående rälsbussar eller motorvagnar med en vikt av endast 150 kg per plats och släpvagnar, vilkas dödvikt t. o. m. understiger den maximalt tillåtna levande vikten.

Dessa resultat ha nåtts genom ändamålsenliga konstruktioner och genom användning av högvärdigt specialstål med ihåliga, bärande konstruktioner och genom att i största möjliga utsträckning begagna lättmetaller och lättmetallegeringar. De lättmetallegeringar, som industrien numera ställer till vagnkonstruktörernas förfogande utgöra ett direkt resultat av teknikens framsteg inom den kommersiella luftfarten och då särskilt vid utvecklingen av systemet lättare än luft.

*Några uppgifter rörande förekomsten av utgångsmaterialet för aluminium samt dess förädling.*

Den viktigaste lättmetallen aluminium framställes numera på elektrolytisk väg framför allt ur bauxit. De viktigaste fyndplatserna för bauxiten äro Frankrike, Ungern, Dalmatien, Istrien, Ryssland, Bortre Indien, Arkansas och Gyana. Världskonsumtionen av aluminium har under de senaste 10 åren ökat från omkring 176 000 ton år 1925 till omkring 300 000 ton år 1935 med ett försäljningsvärde som överstiger 1 milliard kronor. I Sverige tillverkas aluminium på elektrolytisk väg vid Månsbo tillhörande A.-B. Svenska Aluminiumkompaniet, Nordisk Aluminiumindustri och med en tillverkning av omkring 1 500 ton per år. I Norge är tillverkningen av aluminium omkring 10 gånger större. Förädlingsverk inom Sverige äro bl. a. A.-B. Svenska Metallverken och Finspongs Metallverk samt i Norge A.-S. Nordisk Aluminiumindustris anläggningar i Holmestrand.

*Några uppgifter rörande lättmetallegeringarnas sammansättning och egenskaper samt deras praktiska användning.*

Vidstående tabell I a visar aluminiums och de viktigaste aluminiumlegeringarnas kemiska sammansättning och mekaniska egenskaper i den utsträckning vari materialet enligt tysk erfarenhet kommer till användning vid olika slag av vagn tillverkning.

För att svenska förbrukare skola kunna finna sig till rätta med motsvarande material och beteckningar, som tillhandahålles av Svenska Aluminium Companiet, Nordisk Aluminiumindustri, hänvisas även till vidstående tabell I b, omfattande aluminiumlegeringar för sandgjutning, tabell II omfattande aluminiumlegeringar för kokillgjutning, tabell III rörande smid- och valsbara aluminiumlegeringar (Wrought alloys) tabell IV rörande mekaniska egenskaper hos »valsade aluminiumlegeringar». Slutligen framgår av tabell V metoden för värmebehandling, härdning och »åldring» av några viktigare aluminiumlegeringar. De olika tal som ingå i tabellerna utgöra endast genomsnittsvärden.

Man skiljer i ovanstående tabeller mellan gjuterilegeringar d. v. s. sådana legeringar, som icke behöva genomgå någon mekanisk bearbetningsprocess efter gjutningen såsom valsning, smidning etc., och *smid- och valsbara legeringar*, vari inbegripas alla sådana legeringar, som efter gjutningen genomgå en eller annan mekanisk bearbetningsprocess.

### *Gjuterilegeringar.*

Av dessa äro följande tre mycket kända:

- 1) Alloy n:o 12 (amerikansk legering) innehållande 12 % koppar som härdningsmedel.
- 2) Alloy n:o 6, L.5 (europeisk eller tysk legering) innehåller 10—13 % zink och 2—3 % koppar.
- 3) Kisellegeringar såsom
  - a) n:o 43 innehållande 5 % Si.
  - b) n:o 45 » 11 % Si.
  - c) n:o 47 (Alpax eller silumin) 13 % Si.

Dessa legeringar äro t. o. m. något lättare än koppar- och zinklegeringarna, vilka äro 10 % tyngre än ren aluminium. — Kisellegeringarna ha utmärkta gjuteriegenskaper. De hålla sig tunnflytande ända till stelningspunkten och krympningsprocenten är liten. Godset blir porfritt och homogent samt lämpar sig särskilt för komplicerade gjutningar. Förf. har själv använt silumin för att helgjuta den permanenta hjälpkontakthylsan i den s. k. Å-bygeln, vilken har en vikt som endast obetydligt överstiger 2 kg. Vidare användes silumin bl. a. till luftfiltren för motorer vid de s. k. Målarvagnarna i Uppsala (fig. 28) och till fönsterbågarna till de nya motor- och släpvagnarna vid Köpenhamns spårvägar.

*Övriga gjuterilegeringar.* Förutom de nämnda legeringarna finnas en hel rad gjuterilegeringar för speciella ändamål, t. ex. legeringar för kolvar till motorer och liknande som kräva stor styrka och seghet samt hård slityta. Härtill äro mest lämpliga legering n:o 122 med koppar, järn och magnesium, legering n:o 132 med kisel, järn, koppar, magnesium och nickel samt legering n:o 142 (även kallad »Y-legering») med koppar, nickel och magnesium. Dessa få ofta genomgå en speciell värmebehandling för att ernå största hårdhet och styrka. Det finnes även legeringar speciellt avsedda för pressgjutning (die casting) innehållande enbart kisel, eller kisel och koppar, eller med nickel som beståndsdel. För gjutgods, som skall utsättas för särskilt stora påkänningar och samtidigt vara så lätt som möjligt användes numera härdbara legeringar. Den mest kända av dessa är n:o 195, som innehåller 4 % koppar som härdningsmedel. Med denna legering har man i gjutgods efter lämplig härdning och värmebehandling uppnått ända till 35 kg/mm<sup>2</sup> brotthållfasthet vid en brinellhårdhet av 100.

Tabell I a. Tabell över de vanligast

Aluminiumlegering (Ursprungsland)	Sammansättning i % av andra metaller utan aluminium							Fysikalisk
	Si	Cu	Zn	Mg	Mn	Fe	Andra	tillstånd utglödgat kallbearbetat
Ren aluminium (99,8 % Al) i alla länder.....	—	—	—	—	—	—	—	utglödgat kallbearbetat
<i>A. Smid- och Valsbara legeringar:</i>								
Manganlegering (Aluman).....	—	—	—	—	1,5	—	—	utglödgat kallbearbetat
Anticorodal <sup>1</sup> (Schweiz, Italien) .....	1,0	—	—	0,6	0,7	—	—	utglödgat härdat A » B
Duraluminium <sup>1</sup> (Tyskland, Frankrike)	0,6	4,5	—	0,5	0,6	—	—	härdat
25S <sup>1</sup> (U.S.A., Kanada, England, Norge)	1	4	—	—	0,6	—	—	härdat
Hydronalium (Tyskland).....	—	—	—	7	0,45	—	—	utglödgat kallbearbetat
Birmabright (legering B. A.) (England)	—	—	—	3,5	0,5	—	—	utglödgat kallbearbetat
Hiduminium R.R. <sup>1</sup> (England).....	0,7	2,0— 2,3	—	0,8— 1,6	—	1,4	Ni 1,3 Ti 0,1	härdat
Peraluman (Schweiz).....	—	—	—	2,2	1,4	—	—	utglödgat kallbearbetat
Elektron (Magnesiumlegering) (Tyskland).....	—	—	0,5	84— 99	0,1— 0,7	—	Al O— 10	— —
<i>B. Gjutbara legeringar:</i>								
Alpax-Silumin (Frankrike, Tyskland).	13	—	—	—	—	—	—	sand-, kokillgjutet
Legering med 4 % Cu (Frankrike)....	—	4	—	—	—	—	—	— —
Amerikansk legering (Tyskland, Frankrike).....	—	8	—	—	—	—	—	sand-, kokillgjutet
Tysk legering (Tyskland).....	—	2	12	—	—	—	—	sand-, kokillgjutet
Alufont 2 <sup>2</sup> (Schweiz).....	2	4	—	0,2	0,6	—	Ti 0,15	sandgjutet » (härdat) kokillgjutet (härdat)
Legering Y <sup>2</sup> (England).....	—	4	—	1,4	—	—	Ni 2	sandgjutet » (härdat) kokillgjutet (härdat)
K. S. Seewasser (Tyskland).....	0,7	—	—	2	1,4	—	Sb 0,2	sand-, kokillgjutet
Duralite (Italien).....	0,7	3	—	0,5	—	1,5	Ni 0,5 Ti 0,2	sand-, kokillgjutet

<sup>1</sup> Hårdbar legering.<sup>2</sup> Legeringar, vilka även med fördel kunna härdas.

Anm. 1. Legeringar, vilka särskilt äro avsedda till kolvar, förbränningsmotorer äro här icke särskilt omnämnda.

## Örekommande lättmetallegeringarna:

Mechaniska egenskaper:				Beteckning å motsvarande legeringar Ursprungs- och konsumtionsland
Elasticitetsgräns $\sigma = 0,2$ kg/mm <sup>2</sup>	Brotthållfasthet kg/mm <sup>2</sup>	Töjning L = 11,3 VF %	Brinellhårdhet kg/mm <sup>2</sup>	
3,5—4,5 15—17	7,5—9 16—18	30—40 5—7	18—24 45—55	2 S (U.S.A., Kanada, England, Norge).
4,5—6 18—22 6—7 16—21 27—30 24—28	10—12 19—23 11—13 25—29 32—36 39—42	30—40 4—6 20—27 18—22 10—14 18—22	27—32 50—60 30—38 65—75 90—100 115—120	A.W. 15, Mangal (Tyskl.); 3S (U.S.A.; Aluman Schweiz); Aluma (Belgien). Almsilium (Frankrike); A.W. 160, Pantal (Tyskl.); All. 215, 51 S (U.S.A.). Avional (Schweiz, Italien); 2.L.1. (England) Bondur (Tyskl.) 17 S (U.S.A.). Lautal, Aéron (Tyskl.). Dural H (Frankrike); M.G. 7 (England); B.S.-Seewasser, Duraluminium (Tyskland); Supermagaluma (Belgien); Magnalium (Schweiz, Tyskl.) Birmal (England).
20—24 15—18 30—36	38—42 31—36 38—43	18—25 16—22 4—9	90—120 — 100—115	Studal (Frankrike); 4S (U. S.A., Kanada, England, Norge).
10—13 30—35	22—25 32—38	20—25 2—5	50—60 85—95	Dow-Metal (U.S.A., Kanada, England, Norge).
30—38 10—15 33—40	35—45 22—25 36—42	6—20 16—20 2—5	120—160 50—65 85—100	Birmasil, Wilmil, M. V. C. (England); Legering 47 (U. S. A.); Italsilfi Silicalfa (Italien; Silical Skandinavien). Legering 195 (U.S.A., Kanada, England, Norge).
5—12	23—34	1—18	40—70	Legering n:o 12 (U.S.A., All. L11 et 3L11 (England); All. 119 (Schweiz). L5 o. 2L5 (England); All. 645 u, 31 (U.S.A.); Alufont H. (Schweiz). A 334 (Kanada, U.S.A., England, Skandinavien).
7—9 7—12 —	16—23 18—25 22—25	5—10 3—5 8	55—60 60—70 70	L 24. L 23 (England); All. no. 142 (U.S.A., Kanada, England, Norge).
7—10 8—13 6—9 7—10 10—13 18—30 12—15 22—32	11—15 14—20 12—19 14—22 15—18 24—34 18—22 25—36 16—19	1—2,5 2,5—6 1—3 2—4 1,0—2,5 0,8—3,0 1,0—2,0 0,8—2,0 0,3—0,6	55—65 55—65 60—80 60—80 55—65 85—105 65—75 90—100 85—95	Thalassal (Frankrike).
18—22	23—27 21—25	0,3—0,8 0,3—0,1	90—100 95—105	
20—23	24—30	0,5—1,5	95—105	
6—8	13—16	1—2,8	55—68	
7—10	15—19	1,5—3,6	55—70	
22—27	25—32	1—4 (halvhård)	100—130	
26—30	28—35	= 0—5—4)	110—135	

Anm. 2. De valsbara legeringarna Antricrodal och R. R. äro även mycket lämpliga såsom gjutbara legeringar.

3. För närmare studium hänvisas till följande verk »Technologie des Aluminiums und seiner Leichtlegierung» av Dr. Ing A. v. Zeerleder, Akad. Verlagsges. Leipzig, och »La Fonderia d'Alluminio» av Dr. Ing. C. Pauserie, Utgivare U. Hoepfi.

Tabell I b. Aluminiumlegeringar för sandgjutning.

Lege- ring n:o	Legeringens sammansättning %							Fysikaliska och mekaniska egenskaper			
	Cu	Fe	Si	Zn	Mg	Ni	Al (min)	Spec. vikt	Brott- gräns kg/mm <sup>1</sup>	Tänj- barhet i %	Brinell- hårdhet
12... 43... 45... 47... 112... 122 <sup>1</sup> ... 142 <sup>1</sup> ... 195 <sup>1</sup> ... 355... 356 <sup>1</sup> ...	8,0 — — — 7,5 10 4,0 4,0 1,2 —	— — — — 1,2 1,2 — — — —	— 5,0 10 13 — — — — 5,0 7,0	— — — — 1,5 — — — — —	— — — — — 0,2 1,5 — 0,5 0,3	— — — — — — 2,0 — — —	90,0 92,5 88,0 81,0 86,0 87,0 90,0 93,0 92,0 91,0	2,85 2,69 2,67 2,66 2,85 3,00 2,80 2,78 2,71 2,68	12—16 12—16 13—16 17—22 13—17 ca 15 17 11—16 12—16 13—16	1—2,5 3—7 1—3 5—15 1—2,5 0—1 0—1 5—8 3—5 4—6	65 40 45 50 70 90 85 65 70 65

<sup>1</sup> Kan härdas, varvid betydligt högre värden på brottgräns och hårdhet erhålles.

Tabell II. Aluminiumlegeringar för kokillgjutning.

Lege- ring n:o	Legeringens sammansättning %						Fysikaliska och mekaniska egenskaper			
	Cu	Fe	Si	Zn	Mg	Ni	Spec. vikt	Brott- gräns kg/mm <sup>1</sup>	Tänj- barhet i %	Brinell- hårdhet
43... 108... 112... 113... 122... 132... 142... 144... 144 <sup>1</sup> ... 122 <sup>1</sup> ... 132 <sup>1</sup> ... 142 <sup>1</sup> ... 144 <sup>1</sup> ... 195 <sup>1</sup> ...	— 4,5 7,5 7,5 10 0,9 4,0 10 10 0,9 4,0 10 4,5 5,5	— — 1,2 1,2 1,2 1,0 — — 1,2 1,0 — — — —	5,0 5,5 — 1,5 — 14 — 4,0 — — 14 — 2,8 0,7	— — — 1,5 — — — — — — — — — —	— — 1,5 — 0,2 1,0 1,2 0,2 — 0,2 1,0 1,5 0,2 —	— — — — — 2,5 2,0 — — — 2,5 2,0 — —	2,69 2,78 2,85 2,85 2,90 2,72 2,77 2,90 3,00 2,72 2,72 2,80 2,90 2,78	ca 15 » 17 » 16 17 18 18 18 18 19—24 20—21 ca 21 » 22 23—25	2,5 0,5 0,5 0,5 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,5 4—5	45—55 65—80 70—90 70—90 85—110 85—110 90—115 85—110 95—150 90—120 90—120 100—130 70—90

<sup>1</sup> Undergått härdning.

I detta sammanhang torde det vara av intresse att taga del av vidstående tabell VI som anger de mekaniska egenskaperna hos några värdefulla gjuterilegeringar som patenterats av High Duty Alloys Ltd, England, vilken firma inom vårt land representeras av Ing. W. Bergman, Södertälje. Ett flertal svenska verkstäder, däribland ASEA, använder sålunda med framgång »Hiduminium» R. R. 53 B å sådana maskindelar, såsom exempelvis fläktar till banmotorer, vilka äro utsatta för svåra påkänningar till följd av komplicerad gjutform och på grund av ofjädrad vikt (se fig. 31).

Tabell III. Smid- och valsbara aluminiumlegeringar (wrought alloys).

Legering n:o	Legeringens sammansättning %					Al (min)	Spec. vikt
	Cu	Si	Mn	Mg	Andra be- ståndsdelar		
2S.....	—	—	—	—	—	99,0	2,70
3S.....	—	—	1,25	—	—	97,0	2,71
4S.....	—	—	1,25	1,0	—	96,0	2,70
43S.....	—	5,0	—	—	—	92,5	2,69
17S.....	4,0	—	0,5	0,5	—	92,0	2,79
24S.....	4,2	—	—	1,5	—	—	2,78
25S.....	4,5	0,8	0,8	—	—	92,0	2,79
51S.....	—	1,0	—	0,6	—	96,5	2,69
53S.....	—	0,7	—	1,25	Cr. 0,25	—	2,69

Tabell IV. Mekaniska egenskaper hos »valsade aluminium-legeringar».

Legering och hårdhets- beteckning <sup>2</sup>	Brottgräns kg/mm <sup>2</sup>	Sträckgräns <sup>3</sup> kg/mm <sup>2</sup>	Töjning % <sup>4</sup> vid 5 cm. mätlängd	Brinellhårdhet <sup>5</sup>
2 So.....	9	3	35	21
2 S½H.....	12	10	7	32
2 SH.....	17	15	5	38
3 SO.....	11	3,5	30	28
3 S.½H.....	15	12,0	6	45
3 SH.....	20	18,0	4	55
4 SO.....	18	7,0	20	45
4 S.½H.....	25	22,0	5	65
4 SH.....	40	27,0	3	80
17 SO.....	18	7,0	20	45
17 ST.....	41	25,0	20	100
17 SRT.....	44	32,0	13	110
24 SO.....	18,7	7	20	45
24 ST.....	45,5	30,1	20	105
24 SRT.....	47,6	37,6	13	116
25 SO.....	18	7,0	20	45
25 SW.....	33	17,5	18	80
25 ST.....	41	24,5	20	100
51 SO.....	11	4,0	30	28
51 SW.....	24	14,0	24	64
51 ST.....	34	27,0	14	95
53 S.....	15	10	21	—
			pressat, ohärdat	
53 S-T5.....	19	15	14	—
53 ST.....	27	22	12	—

<sup>1</sup> Youngs elasticitetsmodul c:a 7 000 kg/mm<sup>2</sup>.

<sup>2</sup> O = glödgat, H = hårdvalsat, W = hårdat utan åldring, T = fullhårdat, RT = kallvalsat i tillståndet T.

<sup>3</sup> Sträckgränsen angiver belastningen, då avvikelser från elasticitetskurvan blivit 0,2 %.

<sup>4</sup> För större tvärsnitt är i allmänhet töjningen större.

<sup>5</sup> 500 kg. 10 mm. kula.

Tabell V. Värmebehandling av aluminiumlegeringar.

Lege- ring n:æ	Härkning utan åldring (Solution)				Åldring (Precipitation)		
	Tempera- tur °C	Tid	Avkyllt i <sup>2</sup>	Härknings- gradens beteckn.	Tempera- tur °C	Tid	Härknings- gradens beteckn.
17S...	500—510	<sup>1</sup>	kallt vatten	—	rums-temp.	4 dygn <sup>3</sup>	17ST
25S...	515—525	<sup>1</sup>	d:o	25SW	140—145	12 tim	25ST
51S...	515—525	<sup>1</sup>	d:o	51SW	160—165	18 »	51ST

<sup>1</sup> I ett bad av smält salpeter varierar tiden från 10—60 min. beroende på kvantitet och grovlek. I luftbad får man beräkna längre tid, tills genomvärmning inträtt. Speciellt gäller detta för tunga material.

<sup>2</sup> Det är av största vikt att överföringen från ugn eller bad till kylvattnet sker så hastigt som möjligt.

<sup>3</sup> Över 90 % av de maximala mekaniska egenskaperna ha utbildats redan under loppet av första dygnet.

Tabell VI. Sandgjutna Al-legeringar &amp; elektron-legeringar.

Legering	Grupp	Sträckgr. 0,2 %	Brottgr. kg/mm <sup>2</sup>	Förlängn. %	Brinell H.	Utmattn.	Krymp- mån
Silumin . . . . .	A	7—8	18—23	5—10	55	4—5	1,1—1,25
Al-Si-leg. . . . .	B	7—8	17—5	6	55	4	
87/13 . . . . .	C	7	16,5	5	55	4	
	D	6—7	14	3	55	3—4	
Hiduminium.	A	16—18	17—20,5	3	72	7—8	1,20—1,25
R.R. 50 . . . . .	B	13—14	19,5	2—3	70		
åldrad . . . . .	C	13	17,5	2,5	70		
	D	11	15	1	65		
Hiduminium.	A	28—31	33—36	2	129—138	13	1,20—1,25
R.R. 53B . . . . .	B	25—28	28—31	1—1,5	110—120		
	C	20	25	0,5	105		
	D	18	22	0,5	105		
Elektron . . . . .	A	9—10,5	16—20	3—6	53—57	7—8	1,0—1,30
AZG . . . . .	B	8	17	5	55	6	
	C	7	16	3,5	50		
	D	6	13	2,0	50		
Elektron . . . . .	A	10,5—11	24—27	8—12	50—55	9—11	1,0—1,30
A9V . . . . .	B	14	27	7	70		
värmebeh. . . . .	C	12	24	4	50		
	D	11	20	3	50		

## Gruppindelning:

A = Katalogvärden.

B = Uppnådda genomsnittsvärden (O = 14 mm., mätlängd 70 mm).

C = Garanterade värden på separat gjutna provstavar (O = 14 mm mätlängd 70 mm).

D = Garanterade värden å vidgjutna provstavar.

### *Smid- och valsbara legeringar.*

Till denna grupp höra legeringar, som genomgått en mekanisk bearbetning efter gjutningen, såsom valsning, pressning, hamring, smidning etc., i varmt eller kallt tillstånd (s. k. »wrought alloys»). Inom dessa legeringar skiljas på två olika typer: den ena karakteriseras därav, att dess maximala hårdhet och styrka uppnås genom kallbearbetning (kallhärdning), den andra typen kännetecknas, av att dess framstående mekaniska egenskaper vinnas genom en härdningsprocess (varmhärdning) d. v. s. genom uppvärmning med åtföljande hastig avkylning.

#### *Kallhärdade legeringar.*

Till den första typen hör 3S-legeringen, som innehåller ca 1,25 % mangan och som uppnår ca 25 % högre brotthållfasthet än handelsaluminium (2S). Legeringen 3S har också ett stort korrosionsmotstånd och är alltså bättre lämpad till alla slags föremål, som kräva något större styrka än som uppnås med 2S. Till denna typ hör också en ny legering 4S med mangan och magnesium, som kan uppnå en hållfasthet av ända upp till 30 kg/mm<sup>2</sup>. 4S har i sitt hårdaste tillstånd, härvid benämnd 4SH en sträckhållfasthet, som ligger till och med över legeringen 17ST och därtill ett högt brinelltal.

#### *Varmhärdade legeringar.*

Inom denna grupp av härdbara aluminiumlegeringar möta vi först och främst Alfred Wilms epokgörande upptäckt, duraluminium, som för aluminiumtekniken betyder lika mycket som härdat stål för järnindustrien. Duraluminium eller därmed besläktade legeringar föras i handeln av olika aluminiumproducenter under varierande namn. De ha alla det gemensamt, att deras mekaniska egenskaper förbättras genom en härdningsprocess. Vi ha sålunda legeringen 17ST, som innehåller c:a 4 % koppar, 0,5 % mangan och 0,5 % magnesium, samt legeringen 24S, vilka härdas genom upphettning till c:a 500° C och avkylas i vatten, varefter lagring (åldring) i 4—5 dygn efter härdningen. Legeringen får härvid sin maximala styrka med en brottgräns av c:a 40 kg/mm<sup>2</sup>, vid en tånjbarhet av ca 20 %.

Av nyare legeringar kan särskilt nämnas 53S, som nu användes inom arkitekturen och såsom beklädnadsmaterial å vagnskorgar på grund av sina korrosionsbeständiga egenskaper. Denna legering kan även anskaffas i olika härdningsgrader. De olika härdade aluminiumlegeringarna kunna erhållas i alla vanliga standard halvfabrikat såsom plåt, skenor, tråd, stänger, bult, rör, profiler etc. Sålunda kunna vinklar och T-, U-, H-, I- och Z-balkar av dimensioner upp till 300 mm och längder upp till 25 m framställas. Profiler, som icke kunna valsas, framställas genom pressning i praktiskt taget varje önskad form och

tvärsnitt upp till 250 mm diameter och i maximala längder på 6—10 m beroende på tvärsnittens area.

Närmare detaljer rörande bearbetning av aluminiumlegeringar och lämpliga böjningsradier för Al-plåt återfinnas i aluminiumbolagens prospekt rörande dessa saker.

För att tillfredsställa kravet på en stark legering, som samtidigt är så motståndskraftig som möjligt mot korrosion, har man framställt den s. k. 17ST Al cl a d. Detta är en 17ST-legering, som på ytan är beklädd med ett tunt skikt ren aluminium. Härvid förenar man alltså

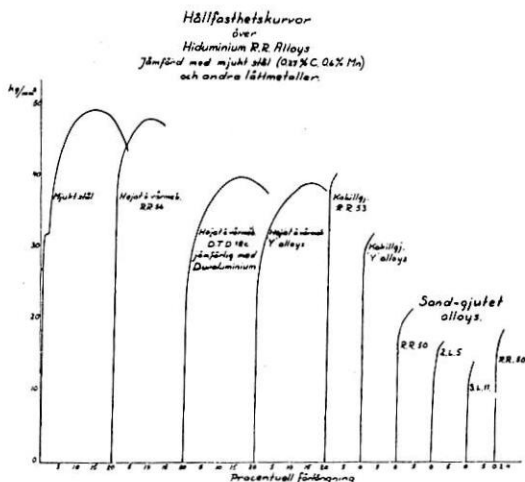


Fig. 1 Jämförande hållfasthetskurvor för Hiduminium å olika »Alloys».

duraluminiumets styrka med renaluminiums korrosionsbeständighet. »Alclad» framställes t. v. endast såsom plåt.

Vidstående hållfasthetskurvor (fig. 1) för olika slag av pressat, valsat eller gjutet Al-material samt för vanligt handelsstål visa på ett överskådligt sätt de olika materielens hållfasthetsegenskaper i förhållande till varandra.

#### Allmänna synpunkter.

(gemensamma för järnvägar, spårvägar och bussar).

*Materialets egenskaper tillvaratages bäst genom speciella konstruktioner.*

För att åskådliggöra förhållanden mellan lättmetaller och stål som konstruktionsmaterial vid vagnkonstruktioner hänvisar jag till vidstående fig. 2 (Alt. I och Alt II) varigenom åskådliggöras två elementära konstruktionsprofiler, vilka var för sig eller gemensamt i stor utsträckning ingå såsom bärande element i en vagnkonstruktion. I ne-

danstående överläggning förutsattes att den tillåtna sträckgränsen för det vanliga handelsstålet är densamma som för den värmebehandlade Al-legeringen. Profilen till vänster enligt Alt. I utgöres av en plåt, ett balkliv eller en vertikal fläns av stål som utsättes för en böjande påkänning kring en axel parallell med profilens kortsida. Profilen till höger är av Al med samma tjocklek, men med höjden ökad 2,88 d. v. s. med förhållandet mellan spec. vikten å Fe och Al (7,7: 2,7) varigenom Al-profilen erhåller samma vikt som Fe-profilen. Inträffar icke knäck-

Förhållandet mellan tillåtna belastningar vid samma konstruktionsvikt och tillåtna påkänning för såpa Al ö Fe vid plåtar eller skenor utsatta för böjning kring några olika symmetriaxlar.

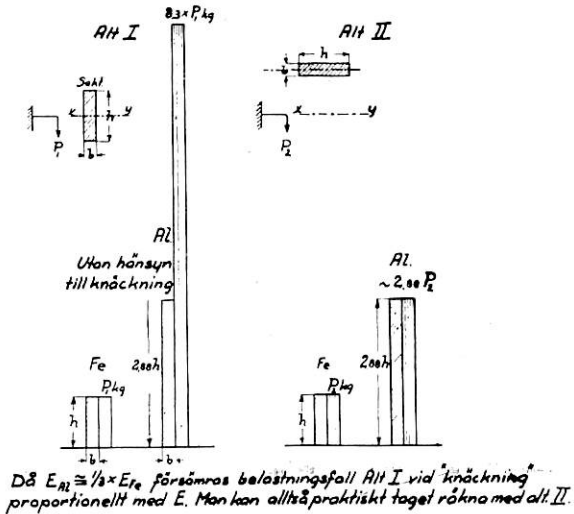


Fig. 2. Jämförelse mellan tillåten belastning vid samma konstruktionsvikt för Fe och Al.

ning ökas profilens styrka vid oförändrad vikt med nära 8,8 då Al kommer till användning i stället för Fe. Uppstår risk för knäckning reduceras styrkan för Al-profilen till 3 ggr motsv. styrka för Fe-profilen (vid samma vikt). Profilen till vänster enligt Alt. I utgöres av en fläns eller plåt av stål, som utsättes för ett böjande moment kring en axel, som är parallell med profilens längdaxel. Profilen till höger enligt Alt. II utgöres av en Al-profil med samma tjocklek, som vid motsvarande stålprofil, men med längden ökad 2,88 d. v. s. så att vikten för Fe- och Al-skenorna bli densamma. I detta fallet blir Al-profilen nära 2,9 gånger så stark. (Obs.! jmfv vanligt konstruktionsstål med »dural», se fig. 3.)

Fig. 3 A är en praktisk jämförelse mellan hållfastheten vid kvadratisk profil med varierande dimension för Fe av något högre stålqualität än

ovan samt Al av typ Hiduminium R. R. 56. Härav framgår att om risk för knäckning föreligger erhålles med samma styvhet för Fe och Al en viktbesparing på 40 % vid användning av aluminiumlegeringen i stället för stål. Enligt fig. 3 B visas en motsvarande jämförelse mellan skenor eller plåtar med samma bredd, men med varierande tjocklek. Härav framgår att om risk för knäckning eller bockning föreligger inbespa-

**A**

Jämförelse mellan stål och aluminium  
Alloy Hiduminium R.R. 56

Kvadratisk profil med varierande dim.

	Stål	RR56	RR56	RR56
$a$	= 1	1	13	167
Vikt	= 100	354	60	100
Hållfasthet	= 100	83	265	388
Styvhet	= 100	35	100	278

**B**

Jämförelse mellan stål och aluminium  
Alloy Hiduminium R.R. 56

med samma bredd och varierande tjocklek exempelvis såsom band eller plåt.

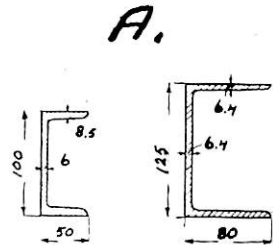
	Stål	RR56	RR56	RR56
$d$	= 1	1	14	231
Vikt	= 100	354	50	100
Hållfasthet	= 100	83	164	660
Styvhet	= 100	35	100	790

**C**

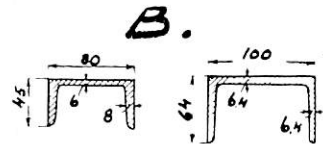
Jämförelse gjord under följande förutsättning

	Stål	Hiduminium R.R. 56
Spec. vikt	79	2,8
Brötthållfasthet	57 $\frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$	16 $\frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$
Elasticitetsmodul	22000 $\frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$	7700 $\frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$

Fig. 3. Jämförelse mellan vikt, hållfasthet och styvhet för RR-56 och Fe.



U-profil utsatt för böjning  
(Rambalk)  
till vänster: NP 100 (stål)  
till höger: Dural-profil



U-profil utsatt för knäckning  
(Gärbalk i vagnskorg)  
till vänster: NP80 (stål)  
till höger: Dural-profil

Fig. 4. Några vanliga konstruktionsprofiler av Fe och Al med samma hållfasthet.

ras under den givna förutsättningen 50 % av vikten vid användning av aluminiumlegeringen i stället för stål.

Under hänvisning till ovanstående praktiska exempel bör en god konstruktör vid övergång från ett ganska gott konstruktionsstål till aluminium inbespara en vikt som motsvarar omkring  $\frac{1}{3}$  gånger den aluminiumvikt som kommer till användning.

Exempel:

En stålkonstruktion i en vagn väger 10 ton. Härav skall 5 ton stål ersättas av lättmetaller. För att ernå samma styrka erfordras ungefär:

$$\frac{5 \text{ t}}{7,8} = 0,64 \text{ m}^3$$

$$0,64 \text{ m}^3 \times \frac{57}{38} = 0,96 \text{ m}^3 \text{ lättmetall}$$

eller

$$0,96 \text{ m}^3 \times 2,7 = 2,6 \text{ T.}$$

I stället för den äldre vikten 10 t uppgår den nya vikten till ca  $5 + 2,6 = 7,6$  t. Viktbesparingen uppgår i detta fallet till 2,4 ton motsvarande 25 % av totalvikten och omkring 92 % av den lättmetallvikt som kommit till användning. Detta exempel gäller givetvis icke gene-

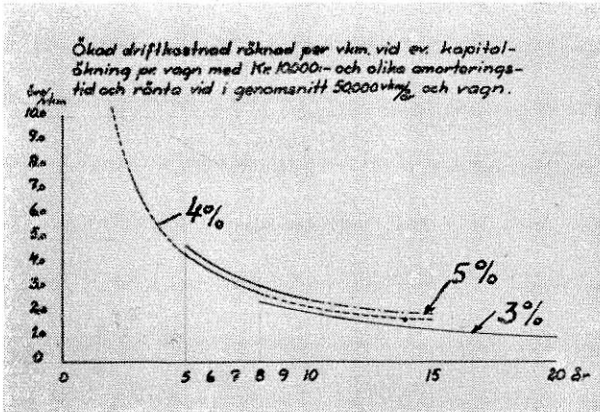


Fig. 5. Förhållande mellan driftkostnad och kapitalökning.

rellt utan det är tydligt att värdena kunna variera starkt beroende på olika förhållanden.

Såsom ett närmare praktiskt exempel hänvisas till följande två jämförande beräkningar å två stål- och duraluminium-profiler avsedda för samma ändamål, vilka beräkningar utförts av ing. Hug, Zürich, nämligen:

1. U-formad rambalk (enligt fig. 4 A), utsatt för böjning:

	Stålprofil N. P. 100	Duraluminiumprofil 125 × 80 mm
Vikt per löpmeter i kg.....	10,6	4,95
Tröghetsmoment i cm <sup>3</sup> .....	206	436
Motståndsmoment i cm <sup>4</sup> .....	41,2	69,9

$$\text{Förhållandena mellan påkänningarna: } \frac{41,2}{69,9} = 0,59.$$

$$\text{Förhållandet mellan nedböjningarna: } \frac{206}{436} \times \frac{20\,000}{7\,500} = 1,26$$

$$\text{Viktbesparing} = 53 \text{ \%}.$$

## 2. Golvbalkar till vagnskorg (enligt fig. 4 B) utsatt för knäckning:

	Stålprofil N. P. 80	Duraluminprofil $\frac{100 \times 64}{6,4}$ mm
Vikt per löpmeter i kg.....	8,66	3,91
Tröghetsmoment.....	19,4	51,7

$$\text{Förhållandet mellan elasticitetsmodulerna} \frac{20\,000}{7\,500} = 2,67$$

$$\text{Förhållandet mellan tröghetsmomenten} = 1:2,67$$

Således nedböjningen för knäckning densamma

$$\text{Viktbesparing} = 55 \%$$

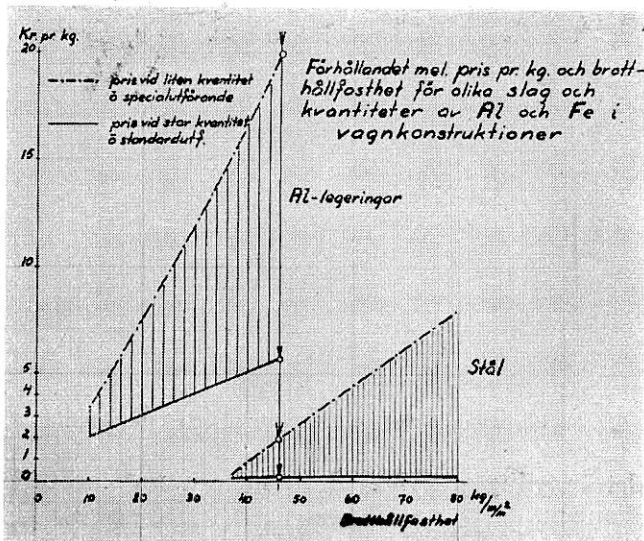


Fig. 6. Förhållande mellan pris per kg. för olika slag och kvantiteter av Fe och Al-lageringar.

I detta sammanhang torde dock vara av intresse att erinra om, att de amerikanska vagnfabrikanterna genom samarbete med United Steel Company numera bygga lätta stålspårvagnar av en Fe-legering benämnd Cor-Ten där vikten reducerats med ända till omkring 6 500 kg per vagn i jämförelse med äldre vagn typer.

Under dessa omständigheter är lätt förklarligt att aluminium och dess legeringar kommit till stor användning inom olika områden icke blott för traktionär drift i det rullande materialet för järnvägar, spårvägar samt olika slag av bussar utan jämväl för byggnadsändamål (exempelvis de övre våningarna i Chrysler-skyskrapan i New York).

Lättmetallerna och deras legeringar medföra dock vissa nackdelar. Priset är betydligt högre än för stål och de flesta specialstål. Det pris

eller rättare den merkostnad per vagn, som förorsakas genom användning av lättmetaller kan endast försvaras genom motsvarande inbesparing i driftkostnaden. Ökas kapitalkostnaden per vkm eller per vagn och år över en viss gräns uppslukas inbesparingen i driftkostnaden genom minskat underhåll. För att åskådliggöra kapitalkostnadens variationer beroende på olika avskrivnings- och utnyttjningstid samt vid varierande bankränta hänvisas till vidstående kurvor (fig. 5). Kapitalkostnaden är härvid för enkelhets skull uträknad per vkm vid ett

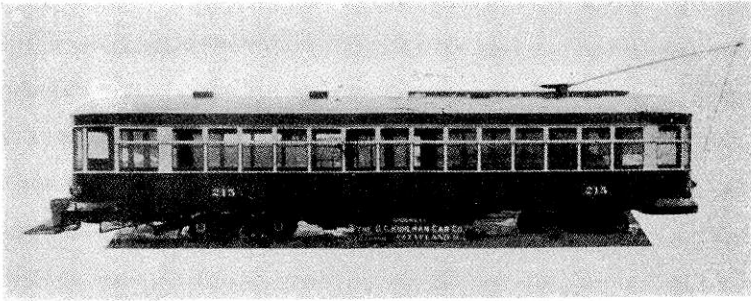


Fig. 7. Al-vagn (partiell) i drift i Erie U. S. A. 1920.

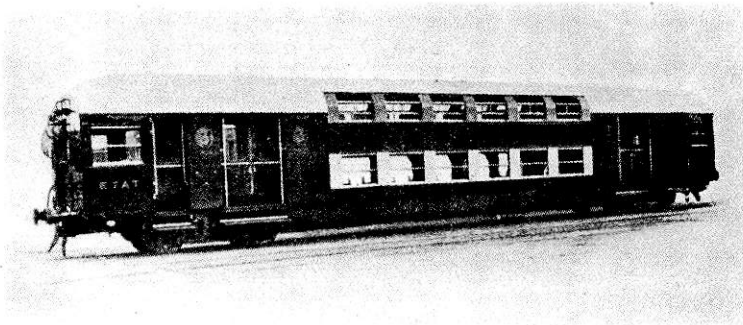


Fig. 8. 4,9 t. lättmetall som ersättning för 13,5 t. stål.

beräknat vkm-tal av 50 000 per år, vilket torde motsvara genomsnittliga drifttiden för en vagnpark med 25 % vagnreserv och i tät inomstadstrafik. Ökas vagnkm-talet, såsom i förortstrafik med stora hållplatsavstånd och vid stark järnvägstrafik, kan vkm-talet, bortsett från vagnreserven, ökas ända upp till 100 000 å 150 000 vkm per år och vagn. Härvid extrapoleras kapitalkostnaden lätt vid varierande vkm genom den angivna kurvan. Ju större livslängd å det rullande materialet desto mindre blir även kapitalkostnaden per vkm. Ifrågasvarande kapitalkostnad blir givetvis högst för vanliga bussar där livslängden är 7 å 8 år samt minst vid spårvagnar, trolleybussar och järnvägs-

vagnar. Å andra sidan måste räknas med att besparingen i driftkostnad per tonkm till följd av reducerad vikt är större för olika slag av bus-sar och spårvagnar i inomstadstrafik än för järnvägsvagnar, dels på grund av det större antalet accelerationer per vkm i det förra fallet och dels på grund av att luftmotståndet och i mindre grad vagnvikten vid järnvägarnas snabbtrafik är av dominerande betydelse för krafttå-gången och underhållet av det rullande materieleet samt för banans över-byggnad. Ävenså måste hänsyn tagas till kravet på ökad hållfasthet

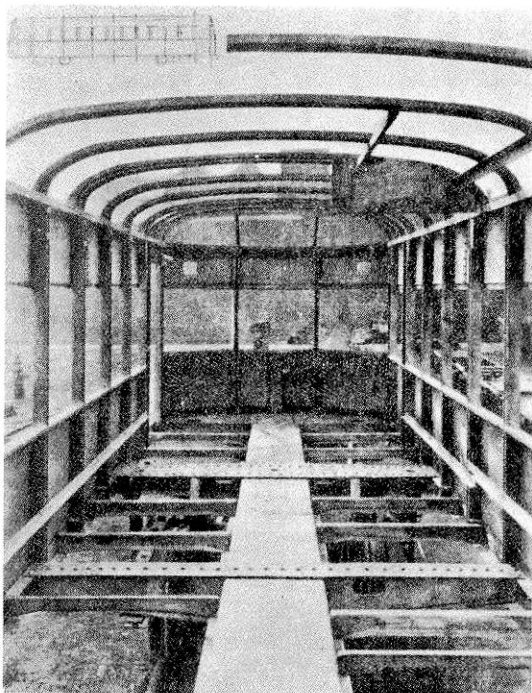


Fig. 9. »Indian Railroad» byggde 1925 35 st. Al-vagnar.

vid järnvägsdrift för att begränsa risk och skador vid kollision eller urspårning. För att åskådliggöra förhållandet mellan pris pr kg material samt brotthållfastheten för olika slag och kvantiteter av Al och Fe, hänvisas till fig. 6. Härav framgår att stålet står utanför all konkurrens då visst krav på hög brotthållfasthet uppställes.

#### *Den lätta vagnviktens inverkan på driftkostnaden.*

Amerikanarna ha redan tidigt visat vägen för de lätta vagnkonstruktionerna. Pionärer på detta område voro Birney och Peter Witt. Tvåaxliga lättviktsvagnar voro sålunda i drift redan år 1920 i bl. a. Terra Haute samt Gary i U. S. A. Fig. 7 visar en motorboggivagn med alumi-



Besparingen i driftkostnad vid reducerad vagnvikt i spårvägsdrift med samma kostnad och livslängd å det rullande materialet samt vid relativt små hållplatsavstånd beräknar jag utgöra omkring 50 öre per kg reducerad vikt och år beroende på strömkostnadspris m. m. Drives hastigheten upp och ökas samtidigt stationsavståndet såsom vid förortsbanedrift och järnvägsdrift blir luftmotståndet av avgörande betydelse för kraftåtgången och motsvarande underhållskostnader. Besparingen per kg reducerad tågvikt blir härvid mindre än vid mera lokal trafik och torde ligga mellan 15 och 25 öre per kg och år vid samma inköps-

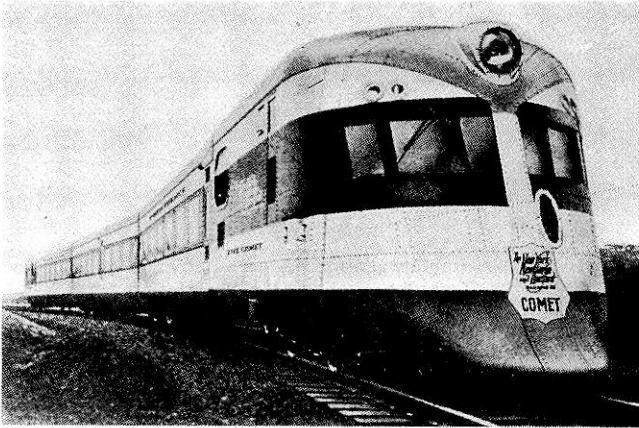


Fig. 11. »Comet» mellan Boston och Providence, 160 sittplatser, vikt ca 116 t. Hastighet omkring 166 km. /tim.

pris, livslängd samt körlängd för det rullande materialet. Specialfall kunna tänkas då äldre motorvagnar moderniseras genom anv. av lättmetaller, varvid traktionskraften och hastigheten ökas varigenom inbesparingen per kg kan ökas utöver den angivna siffran. Då emellertid en järnvägsvagn ofta går ända upp till 3 gånger så lång sträcka per år som en spårvagn blir inbesparingen per kg och år vid järnvägsdrift i vissa fall t. o. m större än vid spårvägsdrift. Då amerikanerna under åren 1915—1920 grep sig an detta problem inom lokaltrafiken uppställdes först mycket hårda villkor för konstruktörerna. Man pressade ned vagnvikterna med hänsyn till maximibelastningen och det använda materialet långt under säkerhetsgränsen (sträckgränsen för resp. material) och följden härav blev att vagnarnas livslängder blevo otillfredsställande, visserligen med som vanligt obetydligt underhåll vid

första driftåret, men med ökat underhåll senare, vilket krävde snabbare förnyelse än vid de äldre vagnarna. Vidare åstadkoms viktredaktionen på bekostnad av passagerarnas krav på komfort samt utrymme. Vid de amerikanska spårvägarna rörde det sig till en början i allmänhet om en viktminskning på omkring 40, ja, ända upp till 50 %, vilket motsvarade 5 à 6 ton per 2-axlig spårvagn. Livslängden sänktes emellertid samtidigt med 50 % och i vissa fall ända upp till 30 %, vilket motsvarade en ökad kapitalförlust vid 3 % ränta å den nya vagntypen med resp. 20 och 30 öre per kg och år vid jämförelse med de äldre



Fig. 12. Interiör.

vagn typerna. (Vid ett likartat inköpspris av kronor 30 000:— per vagn.) Under vissa förhållanden försvann härvid tydligen den beräknade vinsten genom viktredaktionen. Ovanstående visar att man redan tidigare pressat ned dödvikten å spårvagnar till ett värde, som understiger 120 kg per plats.

Under senare år har emellertid konstruktörerna i U. S. A. och särskilt även i Norge inriktat sig på att göra vagnkonstruktionerna mera hållbara och motståndskraftiga samtidigt som den tidigare komforten och utrymmet för passagerarna bibehållits. A/S Strømmens Værksted har härvid särskilt utfört ett pionjärbete vid utarbetandet av lätta, ända målsenliga och hållbara aluminiumkonstruktioner för olika slag av vagnmaterial i järnvägs-, spårvägs- och bussdrift.

#### *Användning av lättmetaller å rullande material.*

##### *A. Förortsbanedrift.*

Den första och viktigaste användningen av lättmetaller i större om-

fattning vid förortsbanedrift här i Europa ägde rum vid franska Nordbanan år 1924 då 12 förortsvagnar<sup>1</sup> sattes i drift. Vid denna vagn-typ användes 2,9 t lättmetaller. Vidare torde vara av intresse att erinra om den försöksvagn,<sup>1</sup> som byggdes 1931 för Deutsche Reichsbahns räkning och som insattes i trafik å en förortslinje till »Berliner Stadt-, Ring. u. Vorortbahnen». De franska statsbanorna insatte i trafik under åren 1930—31 efter varandra följande stora vagnpark av lättviktsutförande:

1. 300 släpvagnar typ A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>yfp, var och en försedd med 1 500 kg lättmetaller såsom ersättning för 3,7 ton stål,<sup>2</sup>
2. 80 liknande vagnar ehuru lättare; c:a 6 ton stål ersattes med 2 840 kg lättmetallegeringar,<sup>3</sup>
3. 8 st. dubbeldäckade vagnar sattes i drift i juni 1933 å sträckan Paris—Argenteuil (fig. 8) och ingick 4,9 ton lättmetaller i var och en av dessa vagnar som ersättning för 13,5 ton stål.<sup>4</sup> Dessa vagnar medgiva en betydligt ökad transportförmåga (2 040 pers. med 8 vagnar mot 1 508 med 9 vagnar tidigare) varigenom dödvikten minskades från 233 till 186 kg per sittplats.

Franska Nordbane-bolaget bygger ett länkakaxeltåg vari en vagn är helt och hållet utförd av svetsad Al-legering. Endast den mittersta långsgående bärbalken är utförd av stål.

Lättmetaller förekommer även vid motorvagnståg å spanska nordbanan »Norte» och i övriga världsdelar i förortsbanedrift vid Bombay, Baroda och Central India Railway (Indian State Railways Mainline electrification) i Bombay och dessutom sedan 1929 vid New South Wales Government Railways & Tramways i Sydney (spårvägar).

Ifrågavarande uppgifter skola fullständigas genom att uppräknas några exempel då lättmetaller kommit till användning i U. S. A.

1. 280 vagnar varav 140 motorvagnar vid Illinois Central RR försedda med omkring 3 t lättmetaller per styck och motsvarande en viktminskning varierande mellan 4 och 5 1/2 ton per styck beroende på vagnstyp; ifrågavarande bana hade redan under år 1923 satt i drift 25 släpvagnar med en viktminskning på 10 %.<sup>5</sup>
2. Indian Railroad System hade redan 1925 byggt 35 elektriska motor-

<sup>1</sup> Se Revue de l'Aluminium, Paris, nr 6, Årg. 1925, s. 88—94.

<sup>2</sup> Se studier av överingenjör Dr. G. Wagner vid tyska Riksbanorna i tidskr. Glasers Annaler, Berlin, nämligen Leichtmetall-Stadtbahnwagen i nr 1307, 1921 och »Die neuen elektrischen Stadtbahnwagen unter besonderer Berücksichtigung ihrer Massenherstellung».

<sup>3</sup> Se »Monatschrift der Intern. Eisenbahn-Kongress-Vereinigung, Brüssel», Mars 1932, s. 212—217, 17 fig.

<sup>4</sup> Revue de l'Aluminium, Paris, nr 55, 1933, s. 2090—2091.

<sup>5</sup> Revue Générale des Chemins de fer, juni 1933, s. 505—518, 17 fig., och Revue de l'Aluminium, Paris, nr 56, 1933, s. 2156—2070, 9 fig.

<sup>6</sup> Se Transit Journal (tidigare Electric Railway Journal), New York, 10 nov. 1923, 7 febr. 1925, 31 dec. 1927.

vagnar (N:o 50—80), vilka satts i drift på linjen mellan Louisville—Fort-Wayne 1931. Dessa vagnar,<sup>6</sup> vilka framgå av vidstående avbild fig. 9 ha konstruerats i verkstäderna i Jefferson tillhörande American Car and Foundry samt Pullman Car & Manufacturing Corpo-

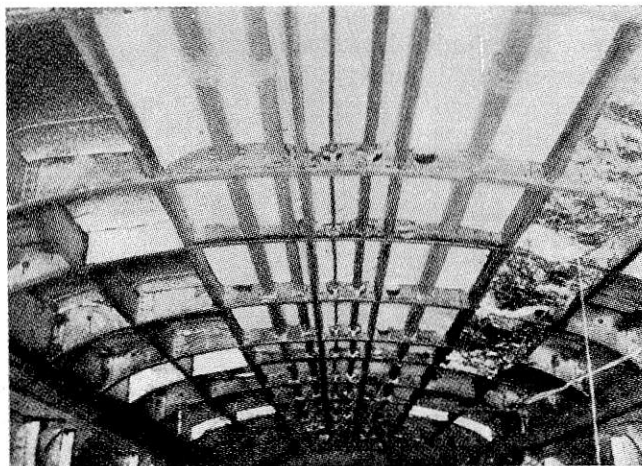


Fig. 13.

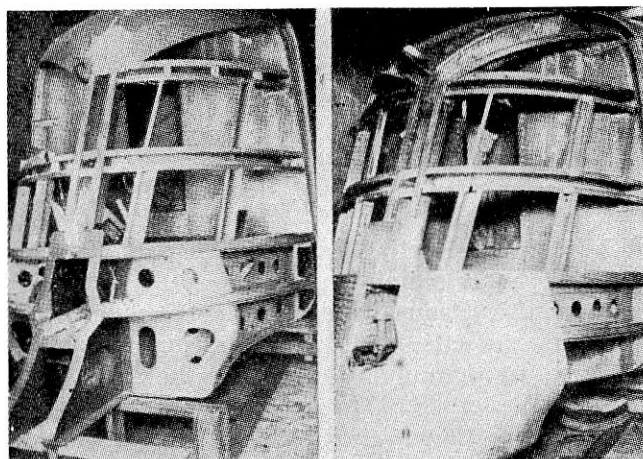


Fig. 14.

ration. Här rör det sig om elektriska motorvagnar för 40 sittplatser och med en hastighet av 110 km/tim. Ifrågavarande vagnars dödvikt fördelar sig på följande sätt:

<sup>6</sup> Se viktminskning i Transportväsendet, Luzern, nr 1—2, 1933, s. 24.

Vagnskorgen utförd av aluminiumlegering samt fullständigt utrustad (dock utan elektrisk utrustning) .....	9,9
Vikt av truckarna utan elektrisk utrustning $3,95 \times 2$ .....	7,9
Elektrisk utrustning .....	5,9

Summa vikt 23,7

Dessa vagnar tillverkades huvudsakligen av den amerikanska aluminiumlegeringen 51SW och 17ST.

3. 120 vagnar vid Chicago & North Western Railway Co (2 t lättmetaller per vagn till beklädnad m. m.).<sup>1</sup>
4. Ett antal motor- och släpvagnar vid de olika spårnäten i Detroit,

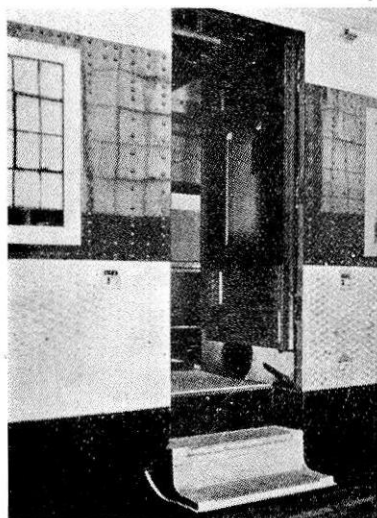


Fig. 15.

Toledo & Ironton och North Wester Pacific R. R. (inredning, kabelkanaler och dörrar av aluminiumlegering).<sup>2</sup>

5. Ett antal vagnar vid Pennsylvania Railroad Company (New-York—Washington) ha försetts med vagnskorgarna fullständigt utförda av lättmetaller (9 t aluminiumlegering per vagn).<sup>3</sup>
6. Philadelphia & Western R. R. ha ävenså anskaffat elektriska motorvagnar (med tredje skena) med strömlinjeform för stor hastighet upp till 130 km/tim.). Vid dynamiska tunnelförsök, vilka företagits, ha visats att strömlinjeformen innebär en stor kraftbesparing, vilken starkt stegrats med ökade hastigheter. Denna besparing uppgår till 17 % vid 32 km/tim., 37 % vid 80 km/tim. och  $42\frac{1}{2}$  % vid 145

<sup>1</sup> Se Transit Journal, New York (tidigare Electric Railway Journal), 8 jan. 1927.

<sup>2</sup> Se samma tidskrift 9 mars 1919.

<sup>3</sup> Se Modern-Transport, London, 5 mars 1927; jämte amerikanska tidskrifterna av 1926—1927.

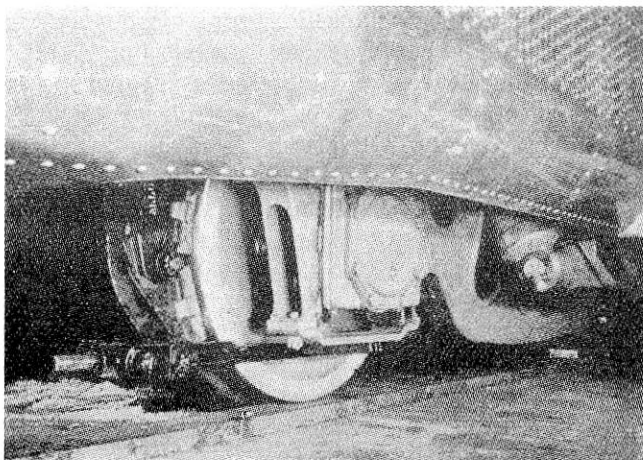


Fig. 16.

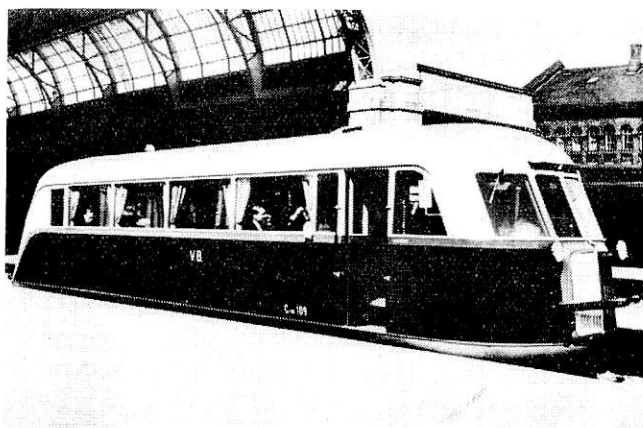


Fig. 17. Rålsbuss. 45 sittplatser + 30 ståplatser, vikt 9,7 t.

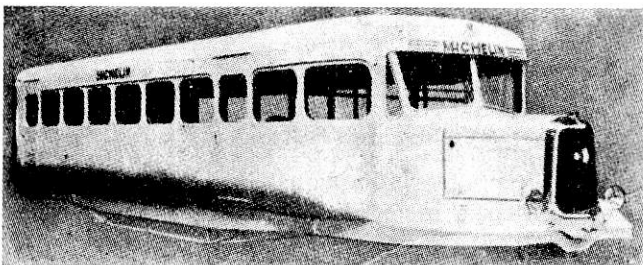


Fig. 18.

km/tim. På grund av den erfarenhet, som gjordes av Cincinnati & Lake Erie Railroad byggdes ifrågavarande vagnar fullständigt av högvärdig aluminiumlegering och pressades vagnarnas tyngdpunkt så långt ned som möjligt över r. ö. för att härigenom möjliggöra så hög körhastighet som möjligt genom de talrika kurvorna utan att behöva riskera driftsäkerheten. Ifrågavarande motorvagnar, som ha en bruttolängd av 17 meter äro försedda med all tänkbar komfort samt avsedda för 56 sittplatser och ha en vikt av endast  $23\frac{1}{2}$  t (4 motorer à 100 hk).

I detta sammanhang torde vara av visst intresse att omnämna ett par vagnbyggnader som A/S Strømmens Værksted för närvarande äro sysselsatta med för Norges statsbanor och vilka vagnar huvudsakligen äro avsedda att insättas i trafik av förortsbanekaraktär

3 st. Dieselmotorvagnar, se bifogade schematiska fig. 10 a

Spårvidd .....	1 435 mm.
Längd över buffertar .....	21 600 »
Vagnskorgens längd .....	20 300 »
Vagnskorgens utvändiga bredd .....	3 100 »
Vagnskorgens invändiga höjd .....	2 380 »
Golvets höjd över r. ö. ....	1 100 »
Takets höjd över r. ö. ....	3 550 »
Avståndet mellan boggicentra .....	14 500 »
Hjulbas per boggi .....	2 600 »
Egen vikt .....	24 000 kg.
Antal sittplatser .....	79 st.
Största körhastighet .....	100 km/tim

Maskinell utrustning:

Motorkraft: (2×150, 6 cyl. man. dieselmotorer) 300 hk

Växel: 8 hastigheter, mekanisk, tryckluftmanövrerad.

4 st. Släpvagnar (fig. 10 b) till ovanstående motorvagnar

Längd över buffertar .....	19 500 mm.
Vagnskorgens längd .....	18 200 »
Vagnskorgens utvändiga bredd .....	3 100 »
Vagnskorgens invändiga höjd .....	2 380 »
Golvets höjd över r. ö. ....	1 100 »
Takets höjd över r. ö. ....	3 550 »
Avståndet mellan boggicentra .....	13 000 »
Hjulbas per boggi .....	2 000 »
Egen vikt .....	17 000 kg.
Antal sittplatser .....	69 st.
Aluminiumvikten utgör för ovanstående vagnar 10 % exkl. den elektriska utrustningen.	

Av stort intresse torde även vara att omnämna ett sammansatt trevagns dielelektriskt motorvagnståg, som byggts av Goodyear-Zeppe-

lin Corporation, Akron, Ohio, i samarbete med järnvägsbolaget New York, New Haven & Hartford. Ifrågavarande förortståg, som benämnes »Comet» sattes i drift under förra hälften av år 1935 och går i trafik mellan städerna Boston och Providence. Körtiden mellan dessa städer utgör 44 minuter och är avståndet 69,6 km. Vagnarnas plankonstruk-

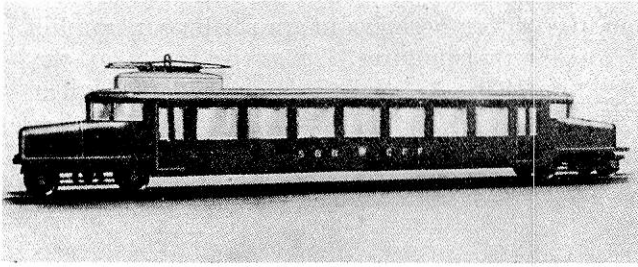


Fig. 19.

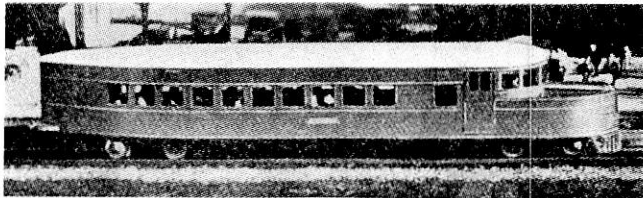
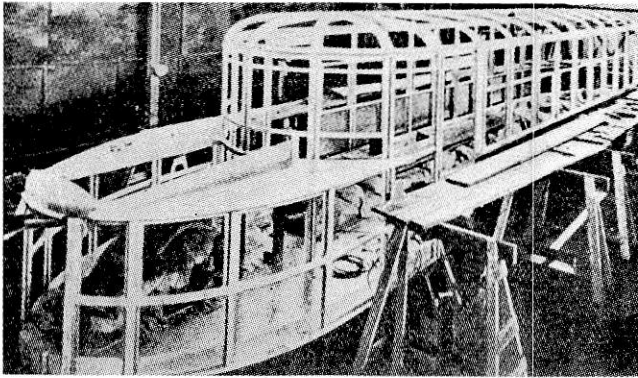


Fig. 20.

tioner och dimensioner framgå av bilagda planskiss samt sidovy (fig. 11). Totala vikten av tåget utgör omkring 116 t med ett totalt sittplatsantal motsvarande 160 personer. Maximihastigheten å vagnarna utgör omkring 166 km/tim. Tåget framdrives av 2 st. 60-cyl. Westinghouse dieselmotorer å vardera 400 hk. Motorvagnarna äro utrustade med 2 st. 2-axliga motortruckar samt 2 st. 2-axliga släpvagnstruckar, varav de förra ligga under dieselmotorutrustningen och de 2 senare ligga i skar-

varna mellan resp. vagnar. Endast truckarna och hjulsatserna äro utförda av stål under det att hela vagnskorgarna äro utförda komplett av duraluminium levererad av Aluminium Co i Amerika. Vidstående fig. 12 visar de bekväma och med avseende på utrymmet rikligt tilltagna sittplatserna. Några intressanta detaljer av vagnskonstruktionerna framgå av bifogade avbildningar (fig. 13 t. o. m. 16).

Jag går nu över till att beskriva några rälsbussar, särskilt sådana försedda med förbränningsmotorer. En av de första av dessa typer utfördes under åren 1926—27. Det rörde sig här om Halberstadt—Blankenburger järnvägen i Tyskland, som byggde en lättmotorvagn<sup>1</sup> nästan

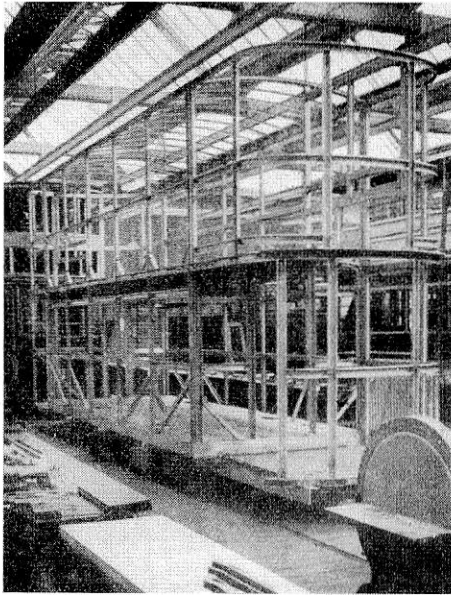


Fig. 21.

fullständigt utförd av aluminiumlegering. Denna vagn byggdes i vagnfabriken Urdingen. Ett klassiskt exempel på en lättmotorvagn utgör den exceptionellt lätta motorvagnen »Pauline», som byggdes av Entreprises Industrielles Charentaises år 1931 och som sattes i drift på den franska Midibanan.<sup>2</sup> Vikten på denna dieselmotorvagn, som byggdes fullständigt av aluminium (med undantag av axlar, vilka äro vanliga järnvägsaxlar) utgör endast  $6\frac{1}{2}$  t vid 61 sittplatser. Den nyttiga lasten är härmed vid fullbesatt vagn ca 85 % av dödvikten, under det

<sup>1</sup> Se »Verbrennungs-Motor-Lokomotiven und Triebwagen», från Franco & Labrijn, Haag, 1935, s. 154—159. Se även »Verkehrstechnik» 1928, häfte 28 a.

<sup>2</sup> Se Bulletin des Arbeitgeber-Verbandes schweizerischer Transport Anstalten, Aarau, nr 24, 1932; Gewichtsersparnis im Transportwesen, Luzern, nr 9—10 1932, s. 83—84. Se även Revue de l'Aluminium, Paris, nr 46, 1931, s. 1565—1572 (11 fig.).

att vid normala vagnar för förortsbanedrift den nyttiga lasten knappast uppgår till 15 % av dödvikten. Med hänsyn till medelfrekvensen av passagerare blir den nyttiga lasten i detta senare fall sålunda endast omkring 5 % av dödvikten. Sedan dess har Entreprises Charentaises under hösten 1933 byggt ytterligare 20 mera fullkomnade lättskenmotorvagnar av typ »Pauline», vilka vagnar äro försedda med 4 tvillingaxlar. Vid tillverkningen av dessa gjordes fortfarande stora ansträngningar att

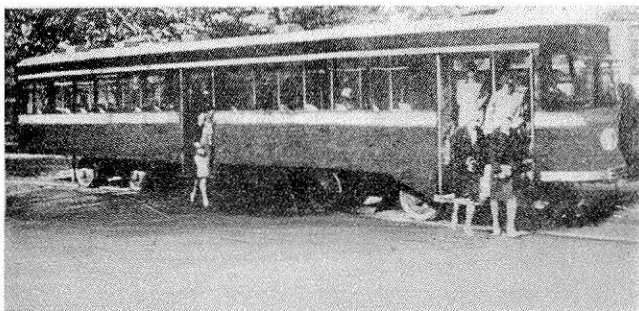


Fig. 22.

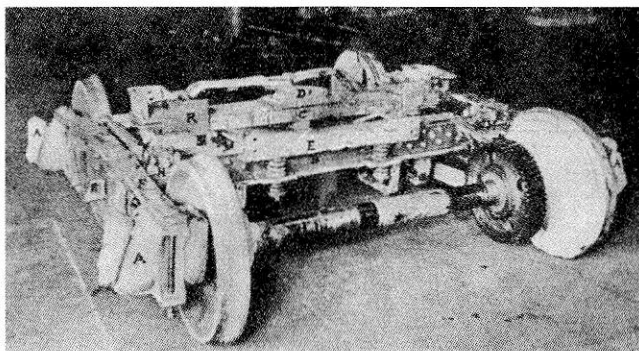


Fig. 23.

nedbringa egenvikten så mycket som möjligt genom användning av lättmetaller inom de gränser som ansågos nödvändiga för säkerheten vid järnvägsdrift. Dessa nya »Paulines» väger tomma 10 till 11 t vid 55 till 60 sittplatser.<sup>1</sup>

Fig. 17 visar en rälsbuss, som nyligen tillverkats av A/S Strømmens Værksted och gäller följande data för denna vagn:

Längd över stötbalkar .....	12 800	mm.
Bredd, utvändig .....	3 100	»
Höjd till taköverkant .....	3 100	»
» invändig .....	2 200	»

<sup>1</sup> Se Revue de l'Aluminium, Paris, nr 56, 1933, s. 2171—2177, 10 fig.

Antal sittplatser . . . . .	45 st.
» ståplatser . . . . .	30 »
Egenvikt . . . . .	9 700 kg.
Motorstyrka (6 cyl. Bensin-motor) . . . . .	120 hk
Körhastighet (6 st. fram 2 st. bak max.) . . . . .	100 km/tim.
Bagageutrymme: golvarea 3,0×2,2 m.	

Den nya lättskenmotorvagnen »Michelines» med pneumatiska gummiringar är likaså konstruerad med en vagnskorg som är fullständigt utförd av lättmetall. Fig. 18 visar en kaross av en sådan lättmotorvagn för ett smalspårigt kolonialnät.

Alla olika konstruktioner kunna här icke uppräknas, men det torde vara av visst intresse att omnämna lättmotorvagnarna vid Schweizer

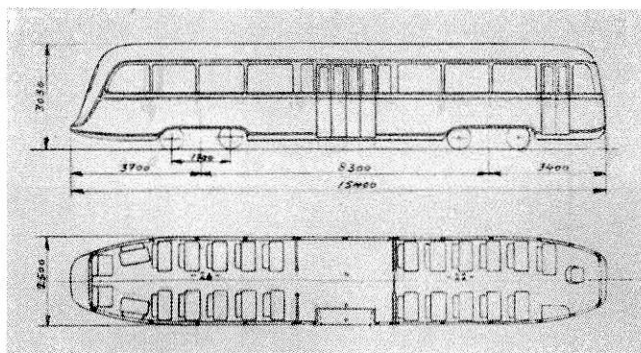


Fig. 24. Lättspårvagn för A/S Oslo Sporveier. 46 sittplatser. Egenvikt inkl. elektrisk utrustning 13,6 t.

Bundesbahnen S. B. B.—C. F. F. (1-fas växelström  $16\frac{2}{3}$  per. 15—17 kV se fig. 19) och för vilka lättmetaller kommit till mycket stor användning. Detsamma gäller även för lättmotorvagnarna vid Bern—Lötschberg—Simplon i Schweiz. Den yttre beklädnaden, speciellt S. B. B. lättmotorvagnarna, förblir omålade varvid vagnarna behålla metallens silverglänsande färg. Härigenom räknar man att uppnå viss besparing i underhållskostnaden. Vidare hänvisar undertecknad till vidstående fig. 20 från en amerikansk skenbuss, vilken utförts av Clark Equipment Company i Battle Creek, Mich. Motorvagnen är strömlinjeformad och avsedd för en maximihastighet av 140 km. Denna motorvagn är utrustad med 2-axliga truckar. Truckarna och hjulcentra äro av stål under det att korgen jämte den mittersta stödbalken uteslutande äro utförda av lättmetall. Denna buss har en egenvikt av endast 13,6 t samt är avsedd för ett sittplatsantal motsvarande 42. Trots att förbränningsmotorernas vikt är medräknad utgör vagnens totala vikt per sittplats endast  $\frac{1}{3}$  av motsvarande vikt vid en vanlig järnvägsvagn.

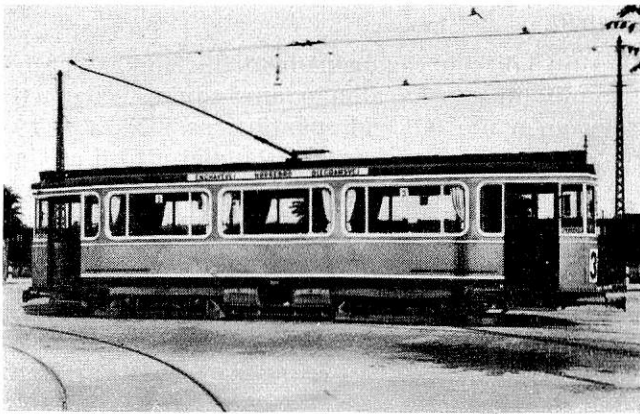


Fig. 25. Lättspårvagn för Köpenhamns spårvägar. 59 platser  
(28 + 31). Vikt = 17,7 t.

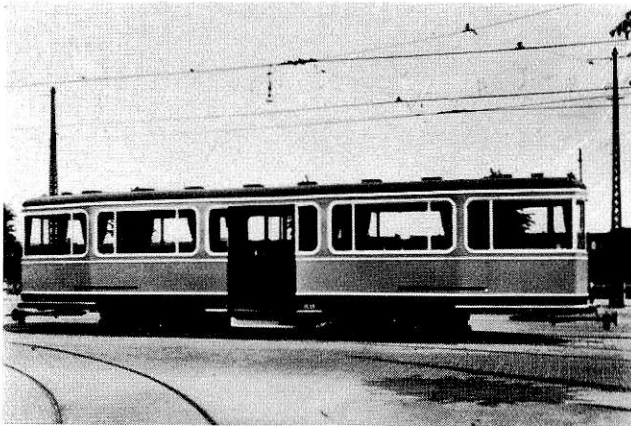


Fig. 26. Släpvagn för Köpenhamns spårvägar. 69 platser  
(26 + 42). Vikt = 13,7 t.

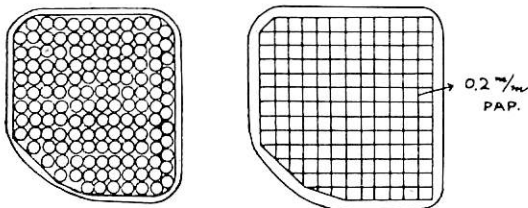


Fig. 27.

### B. Spårvagnsdrift.

Lättmetaller till tak och väggbeklädnad till bänkar och olika beslag ha redan kommit till ganska allmän användning sedan ett flertal år tillbaka. Provvagnen n:o 901 vid spårvägarna i Neapel,<sup>1</sup> typ Peter Witt är utrustad med en vagnskorg fullständigt utförd av dural. Denna vagn byggdes i jan. 1930 i verkstäderna vid Officine Ferroviarie Meridionali i Neapel. Truckarna med tillhörande vagnsaxlar äro utförda av stål. Hjulcentra däremot äro utförda av gjutlegeringen »elektron» (magnesiumlegering). Totala viktminskningen å dessa motorvagnar, genom användning av lättmetaller, utgör ca 20 %. Vid en officiell be-

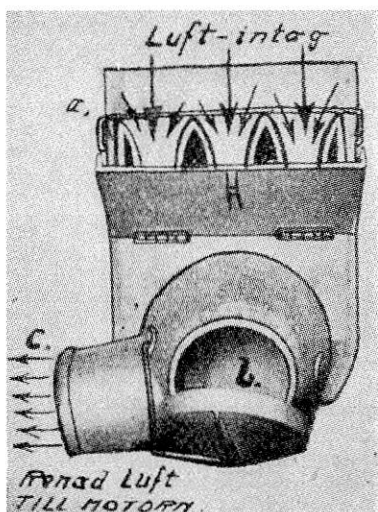


Fig. 28. Filteranordning för kylluft till spårvagnsmotor.

siktning, som ägde rum 1934 av dessa vagnar, visade sig dessa vara i mycket gott stånd. Inga korrosioner hava förekommit. År 1930/31 har spårvägarna i Sheffield satt i trafik en 2-däckig försöksvagn (fig. 21) vars korgstomme och utvändiga vagnsbeklädnad uteslutande äro utförda av lättmetaller.<sup>2</sup> Erfarenheten med denna försöksvagn har utfallit till belåtenhet. Likaså har år 1931 spårvägarna i Birmingham (Birmingham Corporation) på försök byggt en lättmetall-motorvagn, som väger nära 4 t mindre än äldre motorvagnar; den viktbesparing, som härigenom uppstår uppgår till omkring  $\frac{1}{4}$ .<sup>3</sup> Av de amerikanska spårvägarna erinras även om några klassiska försök, som kommit till

<sup>1</sup> Se Bulletin des Arbeitgeber-Verbandes schweizerischer Transport-Anstalten, Aarau, nr 13—14, 1931, »Vetture Tramviarie in metalli leggeri».

<sup>2</sup> Se Alluminio, Milano, nr 4, 1932, s. 245—246, »L'Aumento della Capacità dei mezzi di trasporto con l'impiego dei metalli leggeri».

<sup>3</sup> Se The Tramway & Railway World, London, 1929.

utförande under de sista 10 till 12 åren. I okt. 1926 demonstrerade Cleveland Railway Co, Ohio, en försöksvagn, som praktiskt taget uteslutande var byggd av lättmetall.<sup>1</sup> Endast fjädrarna äro av stål. Jag erinrar vidare om Springfield Street Railway Co försöksvagn i Massachusetts och motsvarande vagn byggd av Chi-

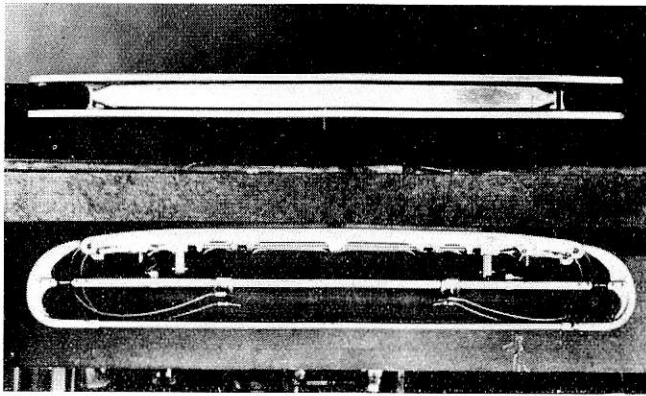


Fig. 29. Å-bygel med gjuten hjälpkontakthylsa av »silumin».

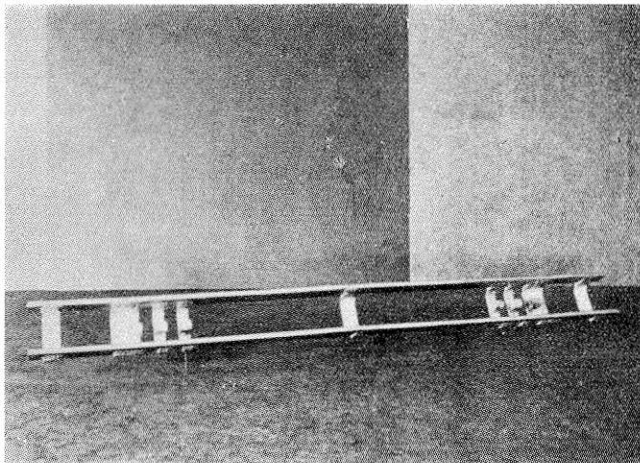


Fig. 30. Hjälpkontakthylsa av svetsade Al-rör.

cago & Joliet Electric Ry Co. benämnd »The Blackhall Car». Den sistnämnda vagnen hade en dödvikt av endast 215 kg per sittplats mot 410 kg vid motsvarande äldre motorvagnar. I Pittsburgh, Pa., sattes i drift en lätt motorvagn, som i det närmaste full-

<sup>1</sup> Se Transit Journal, New York (Electric Railway Journal) 4 dec. 1926, 9 april 1927.

ständigt var utförd av aluminium, se fig. 22. Denna vagn var även försedd med aluminiumtruckar (typ Timken-Detroit).<sup>1</sup> Vidare utfördes en försökstruck av en annan typ i enlighet med fig. 23. Försöksvagnen vid

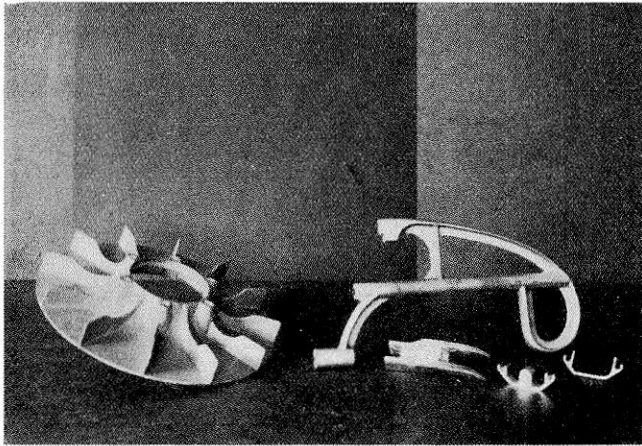


Fig. 31. Till vänster fläkt av »Hidumin» för el-motor. Till höger detaljer till bygel av »silumin».

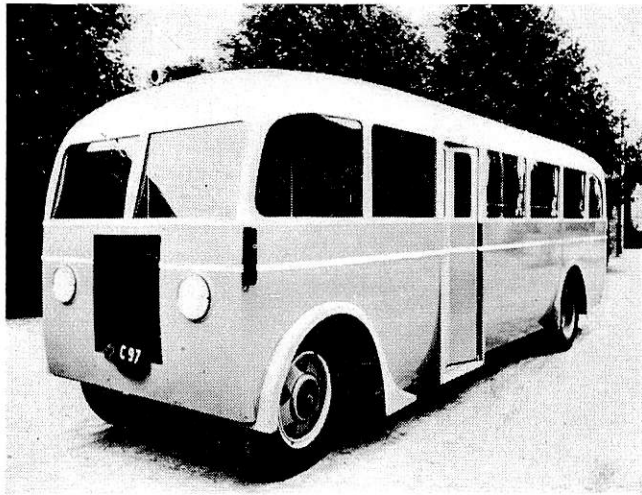


Fig. 32. Buss tillhörande Uppsala Spårvägs A-B., partiellt utförande av Al.

spårvägen i S:t L o u i s<sup>2</sup> är ävenså mycket intressant. Ett flertal andra exempel skulle även kunna uppräknas. J. G. Brill Co och American Car

<sup>1</sup> Se Aera Monthly Magazine, New York, jan. 1930.

<sup>2</sup> Se Transit Journal, New York, 24 dec. 1927.

& Foundry hava även nedlagt mycket arbete vid studiet och arbetet med normalisering av lättvagnar för spårvägar, trådbussar samt vanliga bussar. Slutligen må omnämnas en synnerligen anmärkningsvärd

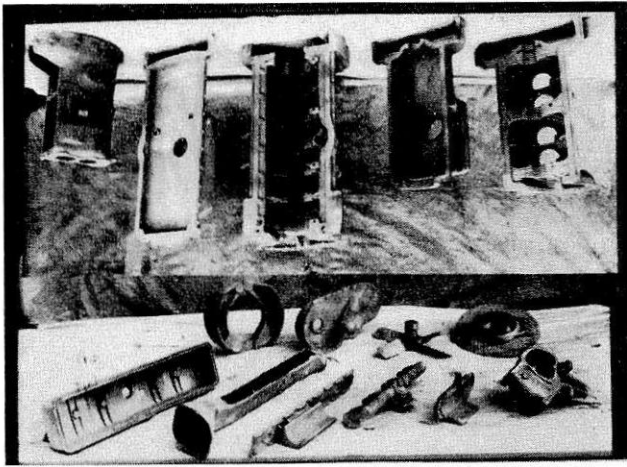


Fig. 33. Olika detaljer till bussmotor, utf. av Al vid »Scania-Vabis».

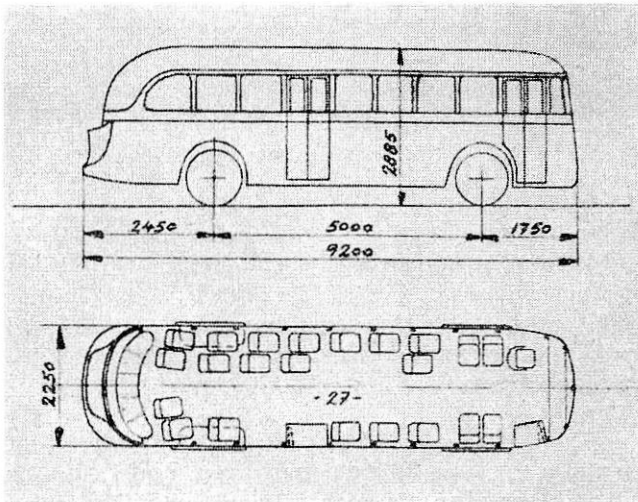


Fig. 34. Lättviktbuss, typ SV-800, vid A/S Oslo Sporveier.  
56 platser (27 + 29). Egenvikt = ca 5 t.

konstruktion av underställ utförd av smidd dural. Spårvägarna i Bordeaux hava under år 1932 satt i drift 2 motorvagnar, vilkas underställ äro fullständigt utförda av dural.<sup>1</sup> Varje underställ omfattar 242

<sup>1</sup> Se Revue de l'Aluminium, Paris, nr 55, 1933, s. 2091—2093, 3 fig.

kg lättmetall innehärande en viktminskning å 260 kg d. v. s. ungefär halva vikten.

I detta sammanhang kan även vara av intresse att erinra om några spårvagnar tillverkade vid A/S Strømmens Værksted, Oslo (fig. 24).

6 st. Spårvagnar avsedda för A/S Oslo Sporveier

Spårvidd .....	1 435 mm.
Vagnskorgens utvändiga längd .....	15 400 »
Vagnskorgens utvändiga bredd .....	2 500 »
Vagnskorgens invändiga höjd .....	2 270 »
Golvets höjd vid plattformen över r. ö. ....	610 »

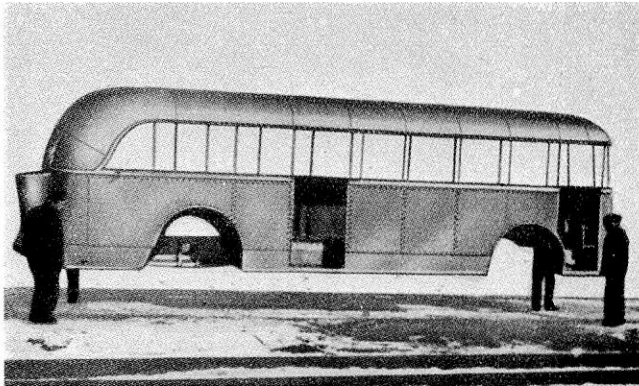


Fig. 35. Al-Kaross till buss, typ SV-800.

Takets höjd över r. ö. ....	3 030 »
Avstånd mellan boggicentra .....	8 300 »
Hjulbas per boggi .....	1 700 »
Egen vikt exkl. elektrisk utrustning .....	8 300 kg
Egen vikt inkl. elektrisk utrustning .....	13 600 »
Motorkraft: 4×50 .....	200 hk
Antal sittplatser .....	48 st.

Köpenhamns spårvägar har även under de senaste åren satt i drift ett stort antal motor- och släpvagnar, vilkas utseende framgår av vidstående fig. 25 och 26. Motorvagnen har 28 sittplatser och 31 ståplatser d. v. s. tillsammans 59 platser och motorvagnens vikt är 17,7 t med fullständig elektrisk utrustning. Släpvagnarna äro avsedda för 26 sittplatser och 42 ståplatser eller tillsammans 69 platser och utgöra deras vikt 13,7 t. Totalvikten å lättmetaller i dessa vagnar utgöra för motorvagnarna 600 kg och för släpvagnarna 500 kg per styck. Aluminium ingår endast partiellt i vagnkonstruktionerna och omfattar

fönsterramar, sidoplåtar, kugghjulskåpor, sandbehållare och ventilatorer m. m.

Vid svenska spårvägar ha lättmetaller endast partiellt kommit till användning och erinrar jag härvid om att de flesta svenska



Fig. 36. Al-buss, typ SV-800, sedd bakifrån med avgasning upptill och skidställ nedtill.

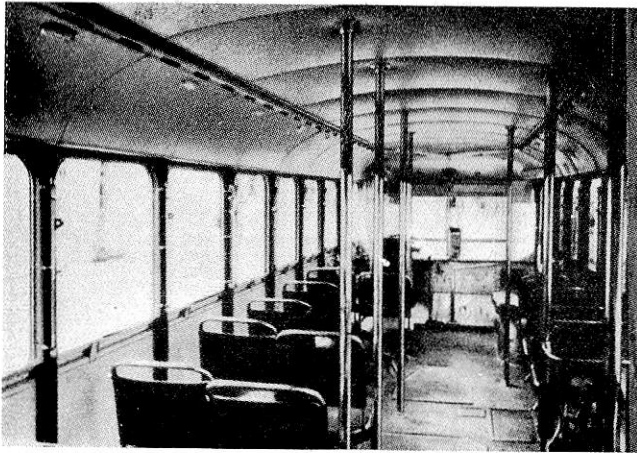


Fig. 37. Interiör av Al-buss, typ SV-800.

spårvägar använda aluminium i sina strömvagnar. Vidare ha ett flertal svenska spårvägar på försök använt aluminium såsom magnetpoler och hänvisas härvid till fig. 27. Genom att exempelvis å motor typ GE-58 använda aluminium i stället för kopparspoler inbesparas icke mindre än omkring 60 kg per motor eller per motorvagn 120 kg. Den tekniska utvecklingen har på detta område gått framåt och upp-

giver A/S Elospol i Oslo att driftsäkerheten för magnetfält utförda av aluminium numera är säkerställd genom fabriken nya konstruktioner. Vid M a l m ö s t a d s s p å r v ä g a r har sedan ett 15-tal år på försök vissa lagerlock och motordetaljer utförts av lättmetaller. Vid U p s a l a S p å r v ä g a r har vissa kåpor samt dammfilteranordningar för

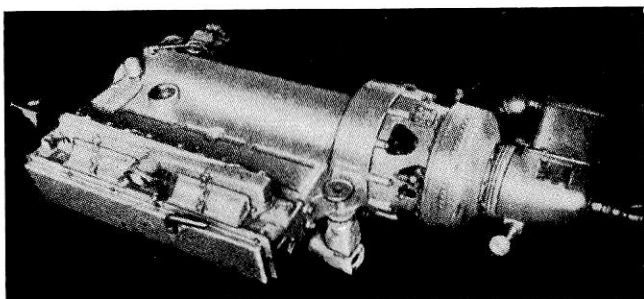


Fig. 38. Hall-Scott pannkaksmotor 120 hk. V. 3000 v/min. Vikt = (inkl. Lysholm-Smits hydrauliska växel) 800 kg. med omkring 9 % Al.

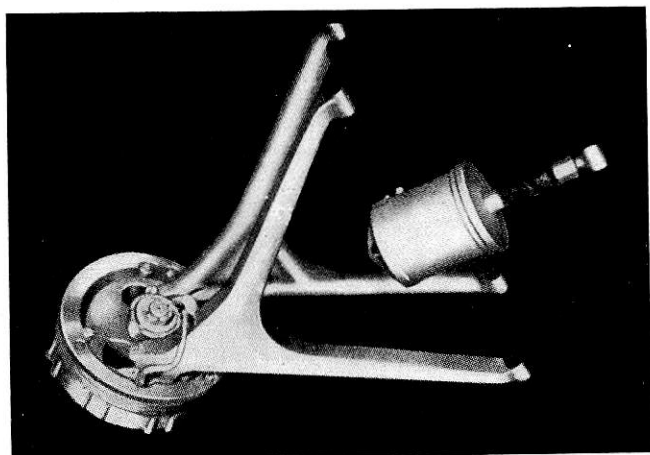


Fig. 39. Individuellt avfjädrad framaxel med successivt verkande fjäderbox.

motorerna å de s. k. Mälarvagnarna gjutits av silumin, se fig. 28. Vidare har hjälpkontakthylsan vid den s. k. Å-bygeln gjutits i ett stycke av silumin, se fig. 29, och utgör vikten 2,3 kg per stycke trots att längden utgör 1 300 mm. En liknande hylsa ehuru svetsad av aluminium (se fig. 30) har även utförts. Dess vikt utgör endast omkring 1,8 kg.

ASEA tillverkar numera fläktar för banmotorer, vilka äro utsatta för svårare påkänningar av »hidumin» (fig. 31). Denna bild visar även

några olika detaljer till olika svenska spårvagnar gjutna av silumin eller dragna av ren aluminium.

### C. Buss- och tråd-bussdrift.

Med hänsyn till allt mer stegrade krav på ökad körhastighet och med hänsyn till konkurrensen med andra transportmedel har lättmetaller kommit till stor användning vid byggande av bussar. Häröver föreligger redan mycket utförliga redogörelser.<sup>1</sup>

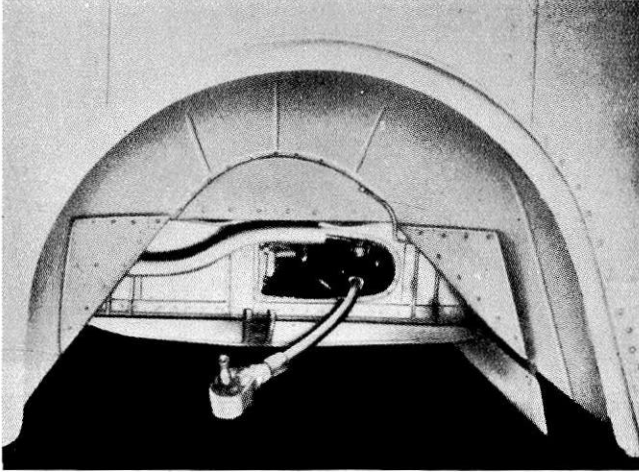


Fig. 40. Fästnanordning för framaxel och styrstag för frambjulet.

I vårt land använder ett flertal buss- och spårvägsförvaltningar lättmetaller i sina bussar. Sålunda har exempelvis Upsala Spårvägs Aktiebolag i sin senaste buss, som framgår av vidstående fig. 32 använt aluminium till beklädnad av övre delen av karossen och utgör tjänstevikten 3 550 kg med ett sittplatsantal motsvarande 27 personer. Vidare hänvisas till vidstående fig. 33, som visar en del detaljer till bussmotorer, som Scania Vabis utfört av lättmetaller. Vikten av lättmetallerna å ett modernt busschassi tillverkat vid Scania Vabis uppgår för närvarande till omkring 9 % av motorvikten. Det är omöjligt att här uppräknat alla de förvaltningar, som begagna lättmetaller i sina bussar. Det må endast hänvisas till nedanstående jämförande tabell över vikterna å några olika lättmetallbussar och sådana utförda på traditionellt sätt av trä samt järn.

<sup>1</sup> Se Gewichtsparnis im Transportwesen, Luzern, 1932—1933, som innehåller talrika konstruktionsuppgifter och anvisningar särskilt i nr 5—6 och 11—12, årgång 1933. Se även talrika utredningar, som förekommit under senaste året i Revue de l'Aluminium, Paris, och Alluminio Mailand. Se även en rapport av Poncet, framlagd på den 7:e tekniska generalförsamlingen i Strassburg, juni 1933.

E u r o p a	Sittpl.	Total	Vikt å karosseri		Total vikt av bussar utan utrustning och verktyg
			Total kg	pr Sittpl. kg	
Personbuss tillhörande Schweiz postförvaltning (1931—32): Typ AD, karosseri av Anticorodal och Aluminium.	25	25	1930	170	4 450
Ombyggd typ nytt karosseri av Anticorodal.....	25	25	1385	55	4 411
Gammal kaross av trä och järn för samma busstyp	17	17	2217	130	ca 5 250
Buss i Palermo med karosseri fullständigt utförd av Anticorodal.....	30	—	2250	75	ca 5 250
Buss tillhörande P.L.M.-Ges. (Frankrike) karosseriet utfört fullständigt av lättmetall (1931).....	17	17	1420	83,5	4 330
Föregående karosseri av trä samt stål.....	17	17	2200	129	5 050

U, S. A.,	Total vikt utan utrustning och verktyg kg	Viktminskning genom användning av lättmetaller kg
Lätt normaliserad auto-buss tillhörande American Car & Foundry (i drift vid olika företag)		
Vagnstyp med 32 sittplatser.....	5 900	635
Vagnstyp med 40 sittplatser.....	7 200	900

Ovanstående viktreduktion vid användning av lättmetaller är emellertid icke av någon större betydelse då vi jämföra dem med våra egna vagnsvikter där icke lättmetaller kommit till användning i någon större utsträckning. Jag skall därför övergå till att beskriva utvecklingen av några olika bussar vid Oslo Sporveier, tillverkade vid A/S Strømmens Værsted. Härvid har denna spårvägsförvaltning åstadkommit en viktreduktion vid användning av lättmetaller med icke mindre än  $2\frac{1}{2}$  t per buss eller från 7 500 kg vid stålbuss till omkring 5 000 kg vid Al-buss. Ifrågavarande bussar äro av typ SV 600 ST av stål och vägande 7 500 kg samt två olika aluminiumbussar av typ SV 600 Al och SV 800 Al vägande resp. 6 000 och 5 000 kg. Ifrågavarande bussar äro avsedda för 27 sittplatser samt 29 ståplatser eller tillsammans 56 platser. För den nyaste motorvagnstypen SV 800 (se fig. 34 t. o. m. 40) lyder följande tekniska data:

Vagnskorgens längd .....	9 200 mm
Vagnskorgens utvändiga bredd .....	2 250 »
Vagnskorgens invändiga höjd .....	2 085 »
Höjd till takets överkant .....	2 885 »
Egen vikt .....	5 000 kg
Antal sittplatser .....	27 st
Antal ståplatser .....	29 »
Motor: Hall-Scott 6-cyl. liggande 120 hk vid 3 000 v/min.	
Motorvikt exkl. växel utgör .....	540 kg samt
inkl. hydraulisk växel .....	800 »
Ungefärliga lättmetallvikten (dural) å såväl motor som växel utgör omkring .....	10 %.

Av vidstående fig. 41 a och b framgår lättmetallbussarnas accelerationsförhållande i jämförelse med den tyngre stålbussen och äro dessa uppgifter hämtade ur en utredning, som gjorts av ingenjör Isdahl vid Oslo Sporveier. Såsom komplement till denna jämförelse har jag även anförat motsvarande acceleration för en tråd-buss (ob-buss) med motsvarande trafikkapacitet (se även fig. 42). Totala aluminiumvikten å den senaste duralbussen utgör omkring 1 350 kg, vilket motsvarar omkring 28 % av bussens totala dödvikt.

Enligt erfarenhet vid svenska spårvägar ökas driftkostnaden per kg dödvikt något vid minskad vagnvikt (varvid samtliga variabla kostnader såsom personalens trafik kostnad, pensioner jämte andra liknande kostnader frändragits). En jämförande kostnadsberäkning för de rörliga kostnader, som vid en och samma förvaltning äro beroende av vagnvikten framgår enligt nedanstående tabell tillämpad på svenska förhållanden:

	SV600ST	SV600Al	SV800Al
Skatt. ....	1,9	1,5	1,3
Gummi. ....	3,6	3,0	2,7
Mekaniskt underhåll. ....	7,2	6,0	5,2
Olja. ....	0,3	0,3	0,3
Bensin, Alkohol. ....	6,0	5,0	4,8
Summa rörliga driftkostnad. ....	19,0	15,8	13,8 öre per kvm.

Numera torde emellertid icke möta något hinder att bygga en motorstålvagn med en vikt, som obetydligt överstiger motsvarande vikt av Al-buss typ SV 600. Emellertid framgår av tabellen att med ett måttligt pris å aluminiumvagnen är det god affär med en lättare vagn. Driftekonomin blir bättre med enbart lättmetaller än med stål under förutsättning att priset å Al håller sig under en viss gräns.

Kurvor utvisande acceleration för olika vagnstyper vid 36% belastning.

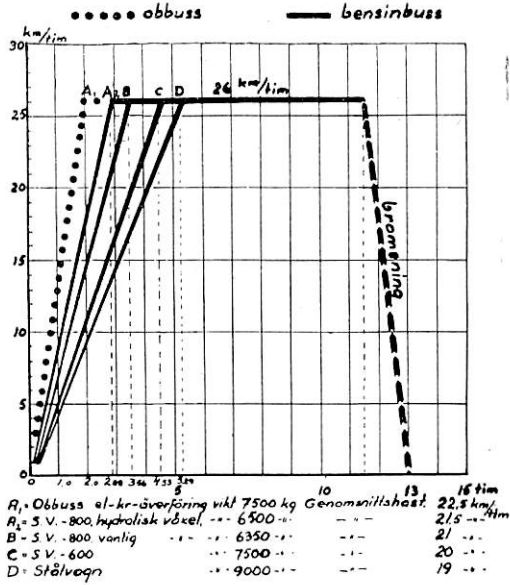


Fig. 41 a.

Fördelning av dygnets 18 drifttimmar på drifttiden för olika slag av bussar med samma belastning och trafikkapacitet.

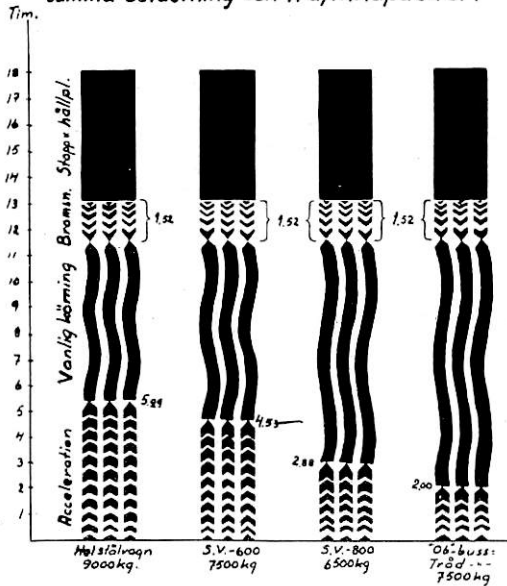


Fig. 41 b.

Slutligen visar jag ett par bilder av trådbussar (fig. 43 och 44), vilkas korgar utförts av lättmetall: nämligen:

30 st. dubbeldäckade tråd-bussar för Kapstaden avsedda för 62 sittplatser, samt  
20 st. enkeldäckade tråd-bussar avsedda för 39 sittplatser.

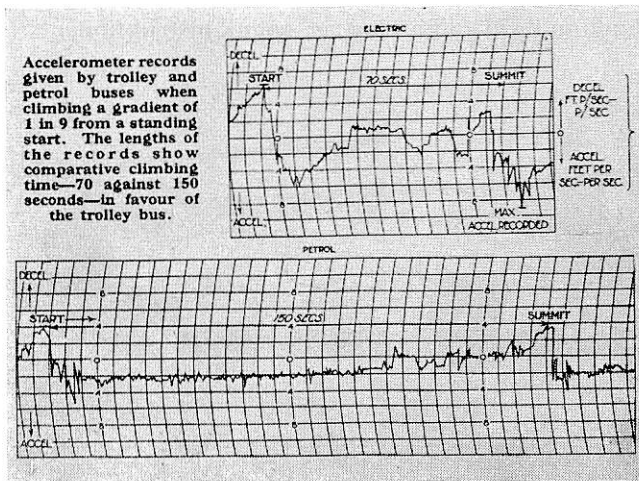


Fig. 42. Jämförande acceleration för trådbuss (praktisk tillämpning se fig. 41 b).

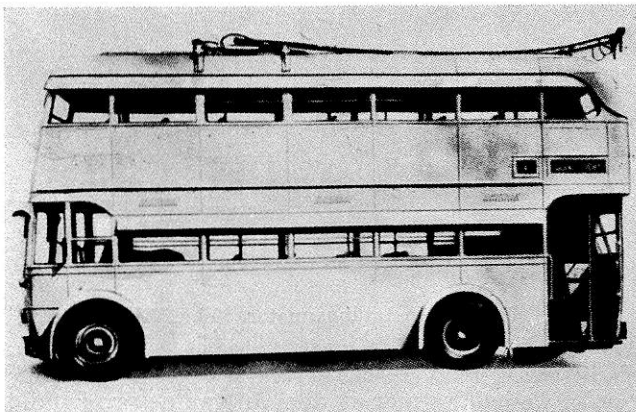


Fig. 43. Dubbeldäckad lättvikts-trådbuss för Kapstaden, 62 sittplatser.

Båda dessa busstyper ha korgarna försedda helt och hållet av aluminium av typ Weymanns Motor Bodys 1925 Ltd och i enlighet med M. C. W. patenterade metallkonstruktion. Båda dessa vagnar äro tillverkade vid Ransomes Sims- & Jefferies, Ipswich, England. Ävenså visar jag en bild av en lättviktsmotor från ifrågavarande vagnfabrik

å 80 hk vägnande endast omkring 405 kg motsvarande omkring 5,1 kg per hk. Samtliga lock och skyddskåpor äro här utförda av lättmetaller.

### SAMMANFATTNING.

Lättmetallerna och i synnerhet de härdade aluminiumlegeringarna, vilkas hållfastegenskaper höjas genom härdning, användas för de mest skiftande ändamål vid olika slag av vagnkonstruktioner.

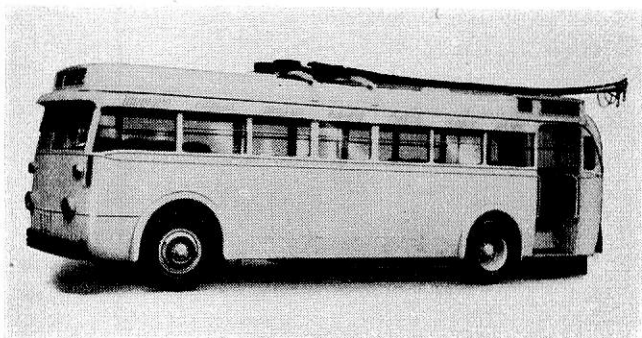


Fig. 44. Enkeldäckad lättviktsbuss för Kapstaden, 39 sittplatser.

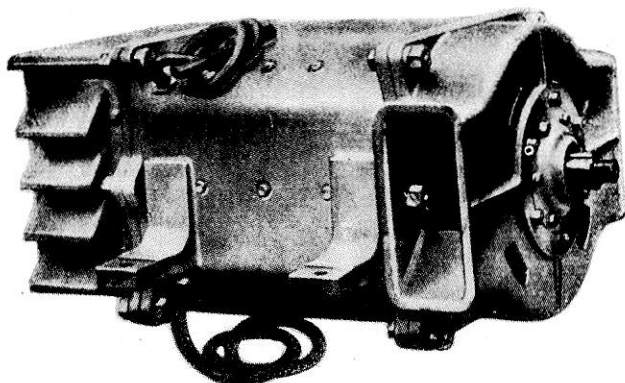


Fig. 45. »Ransomes» trådbussmotor. 80 hk. Vikt 5,0 kg/hk.

Det är av stor vikt att göra sig förtrogen med de olika legeringarnas egenskaper och icke begära mer av dem än vad de äro i stånd att bjuda. En undersökning rörande deras mekaniska, fysiska och kemiska egenskaper, så att de komma till användning på rätt ställe, synes utgöra en garanti gentemot missbruk (samma förhållande även för andra olika slag av metaller). På grund av den relativt korta tid som lättmetalllegeringarna kommit till användning vid konstruktioner av rullande material, är det svårt att med bestämdhet uttala sig om lättmetallvagnarnas livslängd i förhållande till sådana av stål; å andra sidan är erfarenheten av de äldsta lättmetallvagnarna så goda att det icke före-

ligger något skäl att icke i detta avseende ställa dem jämsides med motsvarande vagnar av stål. Det höga priset å lättmetallerna och den härigenom uppstående ökade avskrivningskostnaden utgör ett visst hinder för en ökad användning. Trots detta är deras användning i många fall ekonomiskt berättigad och visar det sig vid en ekonomisk överläggning, att de av vikten beroende driftskostnaderna per vagn och år minskas med ett större värde än sammanlagda merkostnaden i kapital och ränta jämte övrig kostnadsökning per vagn och år, som förorsakas genom användning av lättmetaller, uppstår tydligen en minskning av de totala driftkostnaderna per vagn och år, som innebär ett bättre ekonomiskt utbyte av driften. Samtidigt bör framhållas att det är önskvärt att priset å lättmetallerna måtte kunna sänkas jämsides med en ökad användning.

### Diskussionsinlägg:

Direktören *C. A. Reuterswärd*, Göteborg.

Detta ämne är ju så viktigt, att man bör diskutera det så mycket som möjligt för att få fram alla synpunkter som inverka. Av siffrorna, som direktör Ångström nämnde, voro många synnerligen intressanta. Särskilt för bussdriften är det av stor betydelse, att man pressar ner vagnsvikten på grund av de höga skatter vi ha i Sverige. Men hur långt kan man gå ned i vagnsvikt, innan det blir ekonomiskt ofördelaktigt genom den ökade anskaffningskostnaden. Direktör Ångström sade, att man kommit ner från 6,8 till 4,8 ton i Oslo. Då får jag emellertid säga, att 6,8 ton är taget i överkant. Vi ha i Göteborg inte mera vikt än 5,7 ton på motsvarande vagnar med karosserna utförda av stål och trä. Skillnaden blir endast 900 kg och hava vi kommit ned till 5,7 ton eller med 1 100 kg genom dessa konstruktioner, är ju redan en stor del vunnet. Driftskostnaderna kunna beräknas minskas med 50 öre per år för varje kg som vagnsvikten minskas och gör således 1 000 kg minskning i vikt 500 kr. per år i minskade omkostnader. Direktör Ångström sade, att lättmetallvikten kostar 5 000 kr. per 1 000 kg sparad vikt. Om vagnarnas livslängd är 7—8 år, blir det 3 500—4 000 kr. i besparing, men vi ha kostat på 5 000 kr. Vi få sålunda försöka att spara ännu mera för att täcka denna kostnad eller också måste man räkna med, att materialet är så hållbart, att vagnen håller 10 år, för att merutgiften skall motiveras. Det är ju ofta så, att när det framkommer något nytt, också priserna hålla sig höga. Jag hoppas, att en reduktion av priset även beträffande lättmetallerna rätt snart skall kunna göras.

Spårvägschefen *Otto Lange*, Hälsingborg:

I Transit Journal för april 1936 finnes intagen en artikel över ämnet:

### Huru aluminium begagnas vid byggandet av rullande materiel i U. S. A.

Huvudinnehållet är följande:

I och med det påträngande kravet på viktminskning av det rullande materialet framträder aluminium som ett viktigt konstruktionsmateriel.

Den första kompletta *spårvagnen av aluminium* byggdes av Cleveland Ry. år 1926, vid vilken denna metall användes för samtliga konstruktionsdelar inklusive stommen och underreden. Plåtbeklädnaden, sitsar, dörrar och de inre armaturerna och detaljerna voro samtliga tillverkade av aluminium.

Sedan denna start har ett betydande antal vagnar byggts vid vilka använts aluminium i större eller mindre utsträckning (jämför vidstående tabell).

En av 100 stycken vagnar, som f. n. byggas för Brooklyn & Queens Transit Corporation kommer praktiskt sett att uteslutande bestå av aluminium. Den är resultatet av ett samarbete mellan Aluminium Cy of America och Clark Equipment Cy. Third Avenue Ry. of New-York håller på att i egna verkstäder bygga 25 st. nya spårvagnar praktiskt taget helt av aluminium i samarbete mellan spårvägen och Aluminiumkompaniet. Genom byggandet av dessa vagnar hoppas man kunna exemplifiera önskvärdheten av att använda aluminium för konstruktion av rullande materiel och kommer det att bliva ett tillräckligt stort antal vagnar för att erhålla ett genomsnittresultat.

För två år sedan beställde Brooklyn-Manhattan Transit Corporation två tåg, vardera bestående av 5 st. sammanbyggda genomgångsvagnar för högbanetrafik. Det ena tåget bestod av helaluminiumkonstruktion medan det andra tillverkades av rostfritt stål och aluminium. Båda tågen äro nu i trafik i Brooklyn, men föreligger inte ännu tillräckliga driftsresultat för jämförelse.

Å snabbtrafikvagnarna vid the Board of Transportation of New York City, som f. n. uppgå till 1 300 stycken, inkl. de vagnar, som f. n. hålla på att levereras, användes aluminium för många delar, t. ex. sitsar, dörrar, dörrapparater, dörrkontrollapparater, värmeelement, diverse beslag samt alla plåtar med undantag av ytterbeklädnaden. Vid många andra vagnar användes aluminium för olika ändamål, men kunna dessa knappast kallas aluminiumvagnar.

Under de senare åren har gjorts stora framsteg i användningen av *aluminium för busskonstruktioner*. Praktiskt taget använda f. n. samtliga busstillverkare aluminium i viss utsträckning. Under bussarnas tidigare utvecklingskede, då de byggdes på lastvagnschassier, som voro mycket tunga, fann man, att aluminium erbjöd ett medel att göra detta fordon lättare. Denna vikt-reduktion ansågs vara ytterst önskvärd med hänsyn till belastningen av vägbanan samt av luftringarna, som vid den tiden började komma till användning i stor utsträckning i stället för massiva gummiringar. Till att börja med kom aluminium vid busstillverkningen huvudsakligast till användning för plåtbeklädnaden.

Vid tillkomsten av bulldoggstypen infördes en fullständig ändring i metoderna vid tillverkningen av karossens stomme. Chassiet bortföll såsom utgörande en särskild konstruktion och sammanbyggdes med karosseriet. Sedan, när motorn placerades bak i karosseriet eller under golvet, uppstodo med hänsyn till den ändrade viktfördelningen nya problem vid konstruktionen av karosserierna.

Särskilt för detta ändamål lämpliga aluminiumlegeringar framställdes och kommo härför i allt större utsträckning i bruk.

Övergång till aluminium för bussarnas inre utrustning, såsom dörrapparater, sittbänkar och beslag har skett i samma utsträckning som vid spårvagnar. I ett tidigare skede användes denna metall för motorernas vevhus. Lättme-

## Sammanställning över amerikanska lättmetallvagnar.

Trafikföretag	Tillverkningsår	Antal vagnar	Typ	Vikt i ton		Viktbesparing	
				Total	Aluminium	Ton	Procent
<i>Stomme, underreden och ramen.</i>							
Cleveland Railway.....	1926	1	D. T. City	13,73	3,01	5,84	29,8
Pittsburg Railways.....	1929	1	D. T. Sub'n	11,42	1,506	3,56	23,8
Louisville Railway.....	1929	1	D. T. City	13,20	1,041	1,13	7,9
Louisville Railway.....	1929	1	D. T. City	10,87	1,087	2,02	15,6
Third Avenue Railway, New York.....	1929	1	S. T. City	12,23	0,77	1,36	10,0
Chicago & Joliet Electric Ry.....	1930	1	S. T. City	7,92	3,11	5,58	41,3
Chicago Surface Lines.....	1934	1	D. T. City	13,41	7,20	7,25	35,1
New York Rapid Transit Corp.....	1934	1	5-body L	77,29	38,00	—	—
Third Avenue Railway, New York....	1936	25	D. T. City	—	—	—	—
Brooklyn & Queens Transit Corp.....	1936	1	D. T. City	—	—	—	—
<i>Korgstomme, bottenramen och beslag.</i>							
Montreal Tramways.....	1927	10	D. T. City	15,13	1,03	1,68	10,9
Chicago & Joliet Electric Ry.....	1927	1	D. T. City	10,75	4,53	6,12	36,9
St. Louis Public Service Co.....	1927	1	D. T. City	14,50	1,67	2,42	14,2
United Traction Co., Albany.....	1929	1	D. T. City	14,70	1,04	1,13	7,2
St. Louis Public Service Co.....	1929	1	D. T. City	16,39	1,85	3,33	16,8
Indiana Railroad System.....	1931	35	D. T. Int'n	23,56	2,59	3,62	13,3
Philadelphia & Western Ry.....	1931	10	D. T. Int'n	23,74	2,36	3,44	12,6
Fonda, Johnstown & Gloversville R. R.	1932	5	D. T. Int'n	19,13	1,83	2,70	12,3
Phila. & West Chester Traction Co....	1932	5	D. T. Int'n	19,12	1,83	2,70	12,3
<i>Sidobalkarna, plåtbeklädnaden och beslag.</i>							
Pennsylvania Railroad.....	1926	8	D. T. M-U	50,42	3,91	5,95	10,9
Springfield Street Ry.....	1927	1	D. T. City	10,62	0,33	—	—
Twin City Rapid Transit Co., Minneapolis	1927	25	D. T. City	12,53	0,62	1,19	8,6
<i>Plåtbeklädnad, paneler och beslag.</i>							
Delaware, Lackawanna & Western R. R.	1930	141	D. T. M-U	67,04	2,27	5,44	7,5
Brooklyn & Queens Transit Corp.....	1930	100	D. T. City	15,40	0,32	0,54	3,4
Board of Transportation, New York....	1930	800	Subway	38,41	1,72	3,62	8,6
Reading Company.....	1931	70	D. T. M-U	56,80	2,29	4,26	7,0
Reading Company.....	1934	20	D. T. M-U	56,80	2,29	4,26	7,0
Board of Transportation, New York....	1936	500	Subway	38,45	1,72	3,62	8,6
<i>Inre utstyrelsen och diverse.</i>							
Interborough Rapid Transit Co., New York	1904	300	Subway	39,86	—	—	—
Manila Electric Co.....	1905	15	D. T. City	14,50	—	—	—
Illinois Central R. R.....	1923	260	D. T. M-U	40,18	2,26	4,06	9,2
Delaware Electric Power Co., Wilmington	1928	10	D. T. City	16,60	0,54	1,08	6,2
Delaware Electric Power Co., Wilmington	1929	22	D. T. City	16,60	0,54	1,08	6,2
Calgary Municipal Ry.....	1928	3	D. T. City	17,12	0,32	0,60	3,4
Calgary Municipal Ry.....	1929	6	D. T. City	17,12	0,32	0,60	3,4
Department of Street Rys., Detroit....	1929	130	D. T. City	14,72	0,26	1,81	11,0
Northwestern Pacific Ry., San Francisco	1929	10	D. T. M-U	49,83	1,62	3,01	5,7
Northwestern Pacific Ry., San Francisco	1929	10	Trailer	35,79	1,46	2,74	7,1
British Columbia Elec. Ry., Vancouver	1929	15	D. T. City	17,67	0,29	0,60	3,3
Monongahela-West Penn P. S. Co., Fairmount.....	1929	3	D. T. City	15,85	0,32	0,54	3,3
Youngstown Municipal Ry.....	1930	13	D. T. City	12,68	0,50	1,00	7,3
Allegheny Valley St. Ry., New Kensington	1930	12	D. T. Int'n	14,54	0,32	0,64	4,2
United Rys. & Elec. Co., Baltimore....	1930	150	D. T. City	17,67	0,32	0,54	3,0
New York Rapid Transit Corp.....	1936	15	5-body L	—	0,27	—	—
Delaware River Bridge Comm., Philadelp.	1936	26	Subway	—	—	—	—

tallkannor minska vikten av de rörliga delarna och hava blivit standard vid ett antal fabrikat. Metallen har även tagits i bruk vid konstruktionen av ett antal andra maskindelar.

Bland senare bussbeställningar, i vilka ingå användning av aluminium som konstruktionsmaterial i betydande utsträckning, nämnes 100 st. helaluminium-tvåvåningsbussar för the Fifth Avenue Coach Cy. och en liknande beställning för the Chicago Motor Coach Cy. Utom förestående äro c:a 400 st. förortsbussar i trafik eller leveransfärdiga för de nya hjälplinjerna av the Fifth Avenue Coach Cy's i New York och 600 st. äro under arbete för diverse mindre företag.

Ren aluminium har fördelen av att vara lätt men äger för liten hållfasthet för vanligt förekommande konstruktionsändamål. Denna nackdel har för en del år sedan övervunnits genom framställning av en rad legeringar, som uppvisa betydligt överlägsna fysikaliska egenskaper jämförda med ren aluminium. Den olegerade metallen har en specifik vikt motsvarande c:a tredjedelen av stålets under det att al-legeringarna äro endast obetydligt tyngre. De hållfasta legeringarna hava ungefär samma hållfasthet som stål av liknande sektionensarea, som användes i fordonskonstruktioner och väga inte mera än 40 à 50 % jämförda med stål.

*Lätt vikt är en avgörande faktor.* Av anförda skäl kan legerad aluminium användas för stomme, dörrar, plåtbeklädnad och diverse delar utan att man är tvungen att ändra dimensionerna, som äro brukliga vid utförande i stål. Metallen har icke endast blivit framställd i form av valsade ämnen utan även som dragna profiler, vilka skulle varit svåra att valsa. Dessa hava möjliggjort framställning av inuti varandra passande profiler samt att öka hållfastheten ytterligare.

Legeringar med stor brotthållfasthet hava även utexperimenterats för gjutna delar som äga ungefär samma egenskaper som stålgjutgods av samma sektion men uppvisa betydligt mindre vikt. I teknisk terminologi menas, när det är tal om »aluminium», i regel förädlade legeringar av denna metall.

Storleken av viktbesparingarna, som kunna uppnås, äro huvudsakligast beroende på i vilken utsträckning aluminium kommer till användning samt vilken omsorg, som nedlagts på konstruktionen. Som framgår av nedanstående sammanställning kan man med helaluminiumkonstruktion uppnå en viktred-sättning så hög som 36 %. Denna förutsätter givetvis användning av aluminium såväl för chassiramen som även för alla större detaljer av karosseriet. Hitintills har användningen av aluminium för chassier befunnit sig i experimentstadiet. Den viktbesparing av 41,3 %, som anges för den fyrahjuliga Chicago-Jolietvagnen, är synnerligen stor med hänsyn till typens konstruktion, där chassiramen har bortfallit och motorerna jämte axlarna uppbäras av en ram, som är gemensam med vagnskorgen.

Där aluminium användes endast för vagnstommen, sidoramen och beslagsdelar och icke för underreden, kan ingen större viktminskning påräknas. Denna har hållit sig mellan 12—16 % i de flesta typer, som ha byggts.

När aluminium tagits i bruk för sidobeklädnaden, paneler och beslag, har en besparing av 7—8 % av vagnens totala vikt möjliggjorts, trots att en relativt ringa mängd aluminium använts. Även där användningen av denna me-

tall inskränkts till den inre utstyrelsen och diverse smådelar kan omkring 3—6 % av den totala vikten inbesparas.

Det är betecknande, att vid alla dessa användningsformer av aluminium *viktbesparingen* i regel är ungefär den dubbla av metallens vikt, som kommit till användning. Med andra ord, aluminium har ersatt stål, som har ungefär samma dimensioner, som väger ungefär tre gånger så mycket.

De praktiska resultat, som genom användning av aluminium kunna uppnås, äro ingalunda begränsade till besparingen av energi, även om denna är avsevärd. Reduktionen av energiförbrukningen för framdrivandet av vagnarna varierar i det närmaste i direkt proportion till viktminskningen. Ett bolag har funnit, att en viktbesparing av 23,1 % motsvarade en energibesparing av 15,7 %, medan en viktreduktion av 33,3 % resulterade i 46,2 % lägre energiförbrukning. En följd härav är, att den minskade strömförbrukningen gör det möjligt att reducera storleken av de behövliga motorerna, vilket å sin sida tillåter att minska dimensionerna av de konstruktioner, som hava att uppbära dessa delar.

Vad angår bussar möjliggör viktminskningen användandet av klenare ringdimensioner och mindre underhållskostnader, under det att beträffande spåragnar slitningen av spåren blir motsvarande mindre.

Ordföranden direktören *G. Hellgren*, Stockholm:

Frågan om användning av lättmetaller är av synnerligen stor betydelse. Den har prövats på många håll. Givetvis är det också för oss nödvändigt att söka finna bästa möjliga lösning, och jag hoppas, att dagens föredrag och diskussion skola i sin mån bidra till ökat användande av lättmetaller i våra vagnar. Det gäller emellertid att inte gå för långt. Man måste även i detta fall ha den goda ekonomien för ögonen.