Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens
Herausgeber: Association suisse des électriciens
Band: 31 (1940)
Heft: 10

Artikel: Aluminium in der Elektroindustrie
Autor: Brunner, J.U.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1058001

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 22.08.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

dungen so ausgeführt werden, dass der Zutritt von Feuchtigkeit an die Berührungsstelle zuverlässig vermieden ist oder dass eine Korrosion nur dort auftreten kann, wo sie nichts schadet. Eine einfache Lösung besteht darin, dass man über den Kupfer-

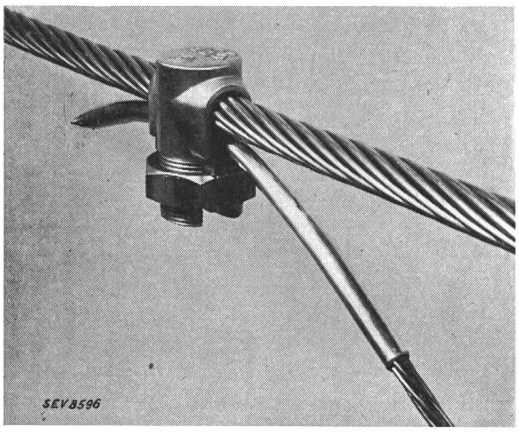

Fig. 7.
Korrosionsfreie Verbindung Aluminium auf Kupfer mit über Kupferseil geschobenem, weichem Aluminiumröhrchen.

leiter ein weiches Reinaluminiumröhrchen schiebt und die Verbindung so ausführt, wie bei Aluminium-Aluminium. Die Enden des Röhrchens müssen nach unten gebogen sein, damit kein Wasser eintreten kann. Günstig ist, den Kupferleiter vor Einschieben mit Vaseline zu fetten. Auf dem Markt sind auch spezielle Cu-Al-Verbindungsklemmen erhältlich.

Für Telephonleitungen eignet sich besonders die Al-Legierung Aldrey. Sie wird in Form eines einzelnen Drahtes oder eines 3drähtigen Seiles angewendet. Aus den erwähnten Gründen befriedigen die für Eisen- oder Bronzedraht üblichen

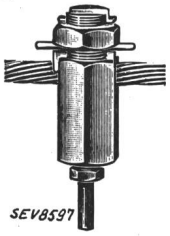

Fig. 8.
Korrosionsfrie Verbinder Aluminium auf Kupfer.

Bünde zur Befestigung an Stützisolatoren nicht. In eingehenden Draht-Schwingungsversuchen, die vom Bureau International pour l'Application de l'Aluminium angeordnet worden sind, wurden verschiedene Bünde für Aldreydrähte untersucht und der brauchbarste festgestellt.

Allgemein muss gesagt werden, dass Aluminium sich sehr gut als Leiter für jede Art von Freileitungen eignet. Man darf aber die Montagemethoden und Armaturen, welche sich für das schwere Kupfer gut eignen mögen, nicht kritiklos für Aluminium anwenden. Genau so, wie ein Bauwerk, etwa eine Brücke aus Holz, Eisen oder Stein, ganz verschieden aussieht, so muss man auch bei der Verwendung von Aluminium im Leitungsbau den besonderen Eigenschaften dieses Metalles Rechnung tragen. Heute sind die Bedingungen bekannt, die der Verwendung von Aluminium im Leitungsbau vollen Erfolg garantieren.

Aluminium in der Elektroindustrie.

Von *J. U. Brunner*, Zürich-Oerlikon.

621.315.53

Das Aluminium wird als wichtiger Werkstoff für den Bau elektrischer Maschinen und Apparate beschrieben. Auch die werkstattechnische Behandlung (Schweissen, Nieten, Schrauben) wird kurz erläutert. Zahlreiche Anwendungsbeispiele werden angegeben.

L'aluminium est une matière première importante pour la construction des machines et des appareils. L'auteur en traite brièvement l'usinage (soudure, rivetage, vis) et cite un grand nombre d'applications pratiques.

Einleitung.

Wie aus der Aluminiumschau an der Schweizerischen Landesausstellung hervorging, sind die wechselseitigen Beziehungen zwischen Aluminium und Elektroindustrie mannigfaltig und fruchtbar. Die Aluminium-Erzeugung hat ihrerseits auf die Entwicklung grosser Gleichstrom-Maschinen, in letzter Zeit auch der Grossgleichrichter, und der Apparate für grosse Stromstärken fördernd eingewirkt. Bereits im Jahre 1888 baute die Maschinenfabrik Oerlikon eine 6polige Gleichstrom-Dynamo, die für damalige Begriffe als «Riesendynamo» von 120 kW Leistung bei 6000 A und 16 ... 20 V Spannung gebührend bewundert wurde. Sie gelangte in der Anlage Neuhausen der Schweizerischen Metallurgischen Gesellschaft, der späteren Aluminium Industrie AG. Neuhausen, zur Herstellung von Aluminium zur Aufstellung. Anderseits hat die Elektroindustrie im Aluminium einen Baustoff zur Verfügung, der in manchen Fällen die Lösung schwieriger Probleme ermöglicht. Aluminium und seine Legierungen werden sowohl für die Herstellung elektrischer Leiter, als auch für mechanische Bestandteile elektrischer Maschinen und Apparate verwendet.

Reinaluminium, wie auch verschiedene Aluminiumlegierungen sind genormt. Es sei auf die entsprechenden Normblätter des Vereins Schweizerischer Maschinenindustrieller, auf die Deutschen Industrie-Normen, diejenigen der englischen BESA und Air Ministry-Specifications hingewiesen, ferner auf die Regeln des SEV für Aluminium. Erwähnung verdienen ferner die Richtlinienblätter der Aluminium-Industrie AG. Neuhausen für die Verwendung von Aluminium und dessen Behandlung während der Weiterverarbeitung.

Eigenschaften des Aluminiums.

Die elektrische Leitfähigkeit des Aluminiums beträgt ca. 60 % derjenigen des Kupfers und ist stark

vom Reinheitsgrad beeinflusst. Aluminium von 99,96 % Reinheit hat einen spezifischen Widerstand von ca. 0,027, solches mit einem Reinheitsgrad von 99,5 % ca. 0,029 (Kupfer 0,0172 ... 0,0185). Das spezifische Gewicht des Aluminiums beträgt ca. 2,7, dasjenige des Kupfers 8,9. Aluminium ist also mehr als dreimal leichter als Kupfer; seine Leitfähigkeit ist jedoch nur 1,5mal kleiner. Hieraus ergeben sich im Maschinenbau, besonders bei rotierenden Teilen, viele Anwendungsmöglichkeiten.

Schweissen, Nieten, Schrauben.

Die Verbindung von Aluminiumleitern innerhalb der Spulen erfolgt vorteilhaft durch sog. Gießschweissen. Es wird hiebei um den Leiter eine eng schliessende Form gelegt, die mit Lötlampe oder Schweissbrenner bis zum Schmelzpunkt des Aluminiums erhitzt wird und in die man flüssiges Aluminium nachgiesst. Die Ausführung bietet keine Schwierigkeiten.

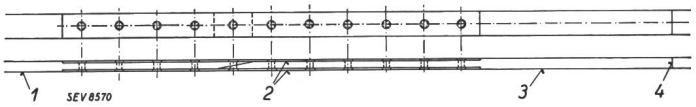

Fig. 1.
Anschluss von Kupferverbindungen an Aluminium-Rotor-Wicklung.
1 Kupferband. *2* Messingblech hart. *3* Aluminiumband. *4* Schweißstelle.

Bei Ausführung von Verbindungsstellen durch Gasschmelzschweissungen kann sowohl mit Azetylen und Sauerstoff, als auch mit Leuchtgas und Sauerstoff gearbeitet werden. Der Brenner wir hiebei etwas kleiner gewählt als bei Stahlschweissung. Zur Vermeidung einer Oxydschicht ist ein Flussmittel nötig, das jedoch sparsam angewendet werden soll. Man benützt hiebei mit Vorteil Flussmittel, die von den Herstellern von Aluminium empfohlen sind. Die Aluminium-Flussmittel haben die unerwünschte Eigenschaft, Wasser anzuziehen. Aus diesem Grunde muss für Aufbewahrung in geschlossenen Büchsen an trockenem Ort gesorgt werden. Das Reinigen von Schweißstellen erfolgt durch Spülen mit schwacher Salpetersäure und nachherigem gründlichen Nachspülen mit Wasser.

Bei Verwendung von Lichtbogenschweissung wird mit Gleichstrom geschweisst. Das Anlegen des positiven Poles an die Elektrode hat gute Ergebnisse gezeitigt. Schweissen in mehreren Lagen gibt feineres Gefüge als dicke Nähte. Verschiedentlich wurden mit dem Arcatom-Schweissverfahren gute Resultate erzielt, da die Bildung der Oxydschicht durch die Schutzgas-Atmosphäre verhindert oder wenigstens stark reduziert wird.

Der Anschluss von Kupferkabeln usw. an die Aluminiumleiter der Wicklungen erfolgt meistens durch Vernietungen unter zuhilfenahme von Hartbronzebändern. Die Kupferbänder können mit Kupferkabeln, Schleifringen usw. in bekannter Weise verlötet, vernietet oder verschraubt werden. Die Verbindung Kupfer-Aluminium liegt vorteilhaft im Innern der Spulen. Diese Verbindungen erheischen grosse Vorsicht und peinliche Gewissenhaftigkeit in der Ausführung. Jede allfällig auf dem Aluminium vorhandene Oxydschicht ist sorgfältig zu entfernen. Zutritt von Luft und Feuchtigkeit muss vermieden werden und die Verbindungsstellen sind durch Lackanstrich und Einbinden zu schützen. Fig. 1 zeigt eine Verbindung von Aluminium- und Kupferleitern im Innern von Turbo-Rotorspulen. Solche Verbindungen, die sich bei laufender Maschine unter starkem Druck der Wicklungen befinden und in der Nute vor Feuchtigkeit und Luftzutritt geschützt sind, haben sich in jahrelangen Betrieben bewährt.

Wenn irgend möglich, besonders wenn Luft und Feuchtigkeit zu der Verbindungsstelle Zutritt haben, sollten beim Nieten von Aluminium und Aluminiumlegierungen die Niete und die verbindenden Teile aus dem gleichen Material bestehen. Es wird kalt genietet. Die Nietlöcher werden nicht gestanzt, sondern gebohrt und nachgerieben. Die Niete soll das Loch satt ausfüllen. Gute Oberflächenbeschaffenheit sowohl beim Nietenschaft, als auch beim geriebenen Loch ist nötig, da Leichtmetallnieten, im Gegensatz zu Stahlnieten, die zusätzlich durch Schrumpfkräfte wirken, nur auf Scherfestigkeit beansprucht werden. Wo immer angängig — bei dickeren Blechen ist es Bedingung — sollen am Nietenkopf weiche Uebergänge angebracht werden, zur Vermeidung des Abspringens der Nietenköpfe. Beim Nieten ist vorerst die Verbindung an einigen Stellen zu heften.

Für Aluminium-Verschraubungen gilt sinngemäss das unter «Nieten» gesagte. Da die Festigkeit und Härte von Aluminium und dessen Legierungen gegenüber Schwermetallen geringer ist, sind die Einschraublängen bei Aluminium um etwa $^1/_3$ grösser zu wählen. Feingewinde sind zu vermeiden, um ein Festfressen der Schrauben zu verhindern. Gut gerundete Formen und Trapezgewinde bei grösserem Durchmesser haben gute Resultate ergeben. Die Gewinde werden leicht eingefettet. Wenn Eisen- oder Stahlschrauben zur Verwendung gelangen, werden diese mit Vorteil verzinkt oder cadmiert.

Anwendungsbeispiele.

Das geringe spezifische Gewicht des Aluminiums lässt die Verwendung von Aluminium besonders für die *Wicklung rotierender Teile* als wünschenswert erscheinen. Gleiche Erwärmung vorausgesetzt, ist die zulässige Strombelastung der Aluminiumleiter ungefähr im umgekehrten Verhältnis des spezifischen Widerstandes, also etwa 1,5mal kleiner als bei Kupferleitern. Dies führt zu grösseren Nutendimensionen oder grösserem Platzbedarf bei freiliegenden Spulen (Magnete, Transformatorenspulen, Polspulen usw.). Es ist Sache der rechnerischen Untersuchung, festzustellen, ob die Ersetzung von Kupfer durch Aluminum einen Vorteil für die Wirtschaftlichkeit der Konstruktion als Ganzes ergibt. Unter anderem wird Aluminium mit Erfolg für Polspulen von Turbogeneratoren verwendet. Fig. 2 zeigt einen Turbo-Rotor mit Aluminiumspulen. Die bei Aluminiumwicklungen

auftretenden Fliehkräfte sind nur ein Bruchteil derjenigen von Kupferwicklungen. Dadurch kann bei gleichen mechanischen Beanspruchungen des Rotorkörpers der Rotordurchmesser grösser gehalten werden, als bei Verwendung von Kupfer, ein

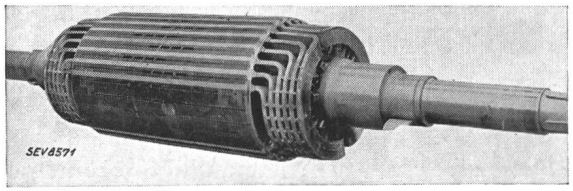

Fig. 2.
Turborotor.

Umstand, der höhere Grenzleistungen der Maschinentypen ermöglicht. Grössere Nutendimensionen, hauptsächlich grössere Nutentiefe, gegenüber Kupferwicklungen sind nicht zu umgehen. Die in grössere Nuten eingebetteten Aluminiumwicklungen gestatten jedoch bessere Wärmeabfuhr infolge vergrösserter Oberfläche. Hieraus ergeben sich für das Aluminium etwas verbesserte Verhältnisse hinsichtlich zulässiger Stromdichte.

Für *Transformatorenwicklungen* wurde das Aluminium schon verschiedentlich verwendet, besonders in Zeiten von Kupferknappheit. Die gegenüber Kupfer geringere Leitfähigkeit führt zu etwas grösseren Transformatorendimensionen. Fig. 3 stellt einen kleineren Einphasen-Transformator dar, dessen Primär- und Sekundärwicklungen aus Aluminium bestehen. Aus dem Bild sind die verschraubten

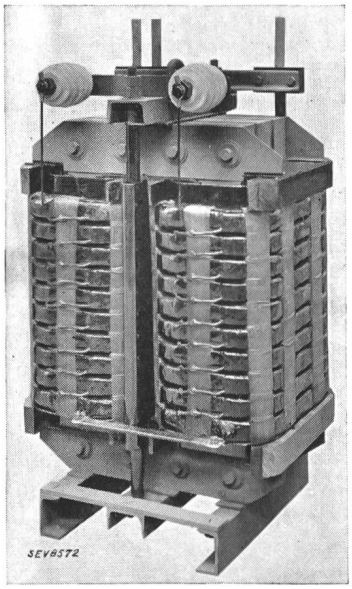

Fig. 3.
Einphasen-Transformator.

Verbindungen der Hochspannungsspulen zu ersehen. Fig. 4 zeigt einen aus Aluminiumwicklungen bestehenden Transformator für hohe Stromstärken. Beide Transformatoren wurden gegen Ende des Weltkrieges, 1914—1918, erstellt und haben jahrelang ihren Dienst zur vollen Zufriedenheit erfüllt.

Für *Statorwicklungen* von Wechselstrommaschinen und für Rotorwicklungen von Gleichstrommaschinen wurde bis jetzt Aluminium seltener angewandt. Die zahlreichen Verbindungen der Spulenköpfe unter sich, die immerhin etwelche Schwierigkeiten verursachen, hindern vorläufig dessen allgemeine Verwendung. Sobald es gelingt, die Löt-

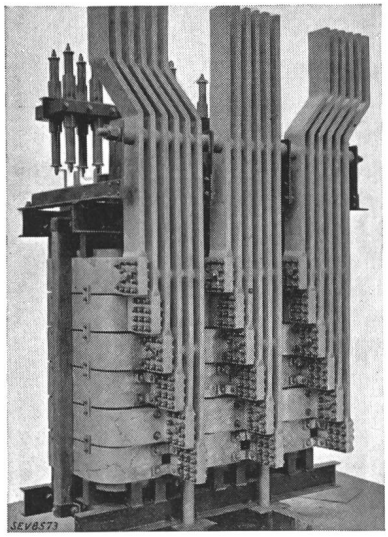

Fig. 4.
Hochstrom-Transformator.

verfahren für Aluminium weiter zu vervollkommnen, kann Aluminium in vermehrtem Masse zur Herstellung von Wicklungen elektrischer Maschinen und Transformatoren Verwendung finden.

Aluminium lässt sich durch elektrolytische Verfahren oxydieren, so dass der einzelne nackte

Fig. 5.
Lasthebemagnet. Die Windungsisolation besteht aus Aluminium-Oxyd.

Leiter gegenüber dem andern isoliert ist. So isoliertes Aluminiumband wird mit Erfolg für Polspulen von Gleichstrommaschinen und für grosse *Magnetspulen* verwendet. Fig. 5 zeigt einen Lasthebemagnet mit einer derartigen Aluminiumwicklung.

Beim Oxydieren von Aluminiumleitern lässt man diese über Kontaktrollen, die der Stromzuleitung dienen, durch ein Oxydationsbad laufen. Die Ableitung des Stromes erfolgt durch das Bad. Sofern es sich um ein Oxydationsbad mit stark verdünnter Natronlauge handelt, ist das Bad auf ca. 90° vorzuwärmen. Die Oxydationsstromstärke variiert zwischen 4...7 A/mm² bei Aluminiumdrähten unter 8 mm Durchmesser. Als Elektrolyt kommen auch Säurelösungen, z. B. Chrom- oder Schwefelsäure mit verschiedenen Zusätzen in Betracht.

Mit grossem Erfolg finden Aluminium oder Aluminiumlegierungen als Wicklungsmaterial für

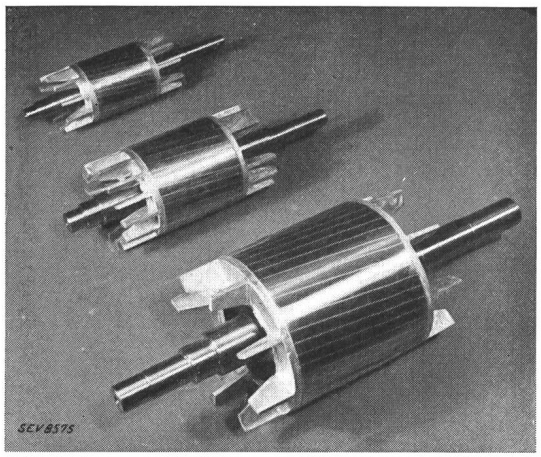

Fig. 6.
Kurzschlussrotore von Drehstrommotoren.

Kurzschlussrotoren von Drehstrom-Motoren Verwendung. Die geblechten Rotoren werden in Coquillen gesetzt und die Aluminiumwicklung mittels Spezialmaschine unter Druck eingespritzt. Fig. 6 zeigt eine Anzahl solcher Rotoren.

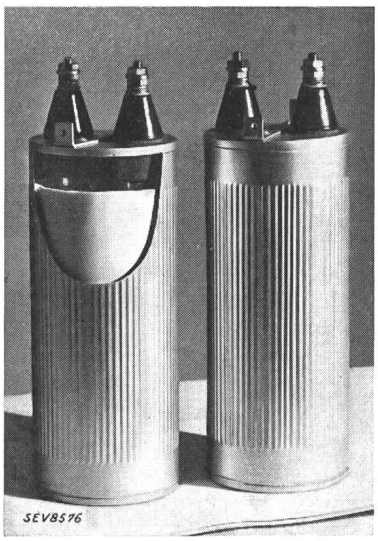

Fig. 7.
Kondensatoren.

Aluminium, das durch Kaltwalzen in dünnsten Folien hergestellt werden kann (hinunter bis zu 0,004 mm Dicke) ist ein ideales Material zur Herstellung elektrischer *Kondensatoren*. Fig. 7 zeigt einen solchen Kondensator in aufgeschnittener Form.

Ausserordentlich vielseitig ist die Verwendung von Aluminium und besonders seiner Legierungen für *mechanische Bestandteile* elektrischer Maschinen und Apparate. Es findet Verwendung für Lagerschilder und Gehäuse bei kleineren elektrischen Maschinen und Generatoren, für Ventilatoren, Bürstenhalter usw. Da Aluminium nicht magnetisch ist, werden Verschalungen für Grossmaschinen ebenfalls mit

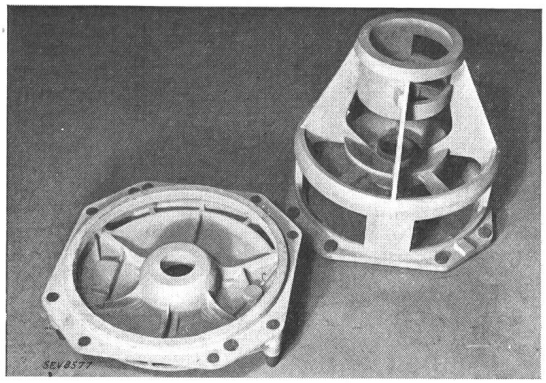

Fig. 8.
Lagerschilder von Trolleybus-Motoren.

Vorteil aus Aluminium oder seinen Legierungen hergestellt. Die elektrischen Verluste durch Streufelder in Aluminiumverschalungen sind wegen der geringen Leitfähigkeit niedrig. Das Gleiche gilt für Eisenkern-Endbleche von Transformatoren.

Fig. 8 bis 11 zeigen die Verwendung von Aluminiumlegierungen im Kleinmaschinenbau, während in Fig. 12 ein Beispiel aus dem Bau grosser

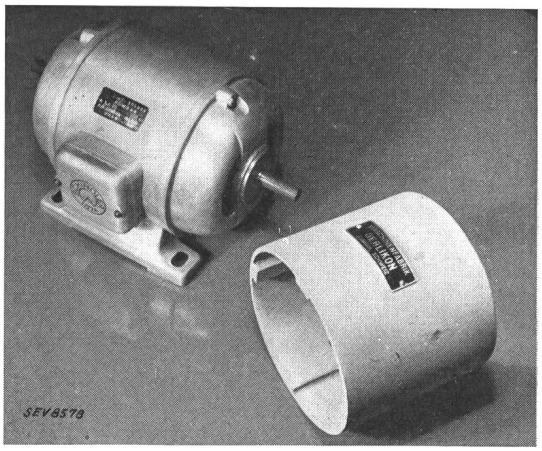

Fig. 9.
Lagerschilder und Gehäuse von Kleinmotoren.

Turbogeneratoren darstellt. Fig. 13 zeigt einen Ventilator aus Aluminiumguss für elektrische Maschinen.

Sehr reichhaltig ist die Verwendung von Aluminium und Aluminiumlegierungen für Bestandteile des grossen und kleinen *Apparatebaues*. Aus der Fülle der Anwendungsgebiete seien erwähnt: Verschalungen aller Art, Kontrollerdeckplatten,

Funkenabreisshörner, Schaltertraversen, Stecker, Steckdosen, Schaltkörper usw.

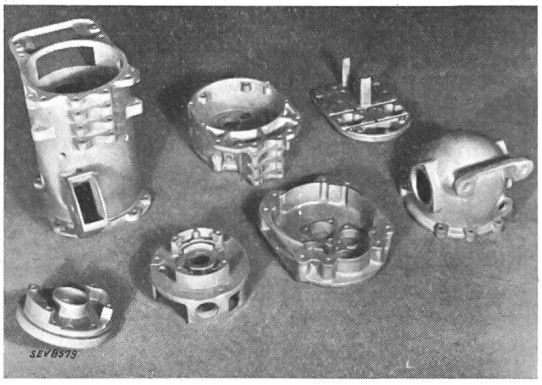

Fig. 10.
Bestandteile aus Aluminium oder Aluminiumlegierungen für Kleinmotoren.

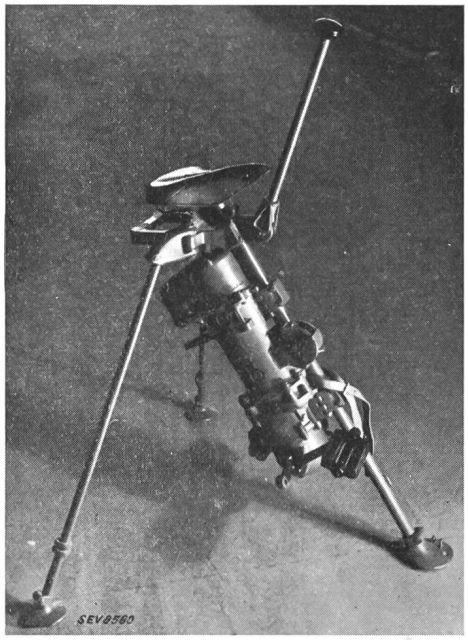

Fig. 11.
Tretgenerator.

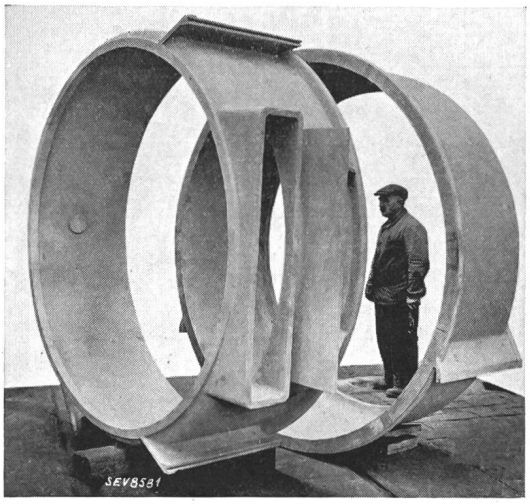

Fig. 12.
Zwischenverschalungen für Turbogeneratoren.

Fig. 14 zeigt Bestandteile eines Oelstrahlschalters, bestehend aus Mechanismusgehäuse, Mittelstück,

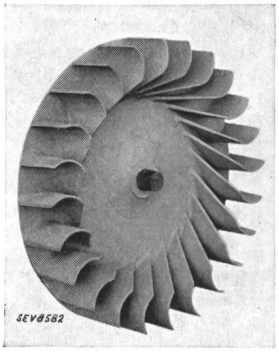

Fig. 13.
Ventilator.

Deckel zur Schaltkammer und Löschkammerträger aus Aluminiumlegierungen, Fig. 15 die Bestandteile aus Aluminiumlegierungen für einen Staubsauger, Fig. 16 Steckdosen aus Aluminiumlegierungen, Fig. 17 eine Schaltkastenbatterie, deren Gehäuse und ein Teil der Innenbestandteile aus

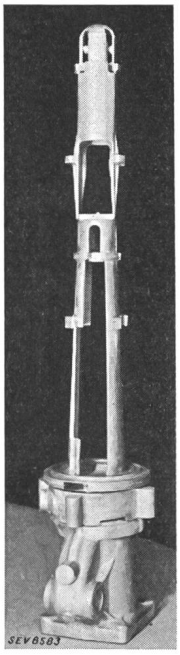

Fig. 14.
Bestandteile für Oelstrahlschalter.

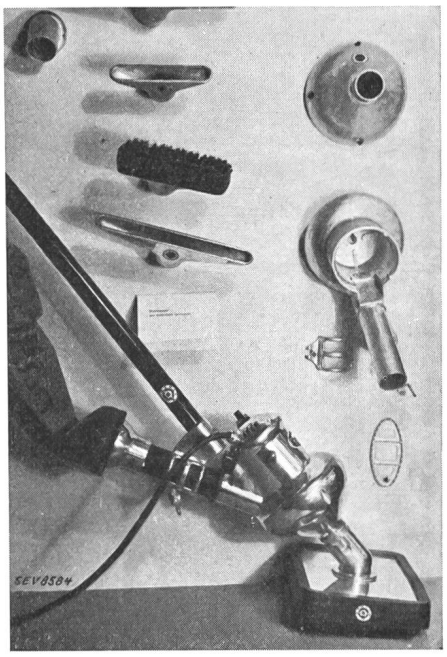

Fig. 15.
Bestandteile für Staubsauger.

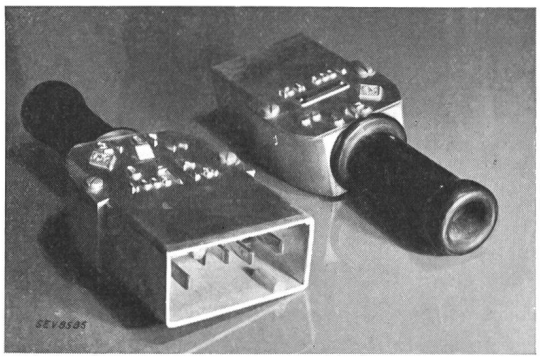

Fig. 16.
Industriesteckkontakt.

Aluminiumlegierungen bestehen, Fig. 18 einen Zähler, in welchem eine grosse Anzahl Einzelbestandteile aus Aluminium und Aluminiumlegierungen hergestellt sind.

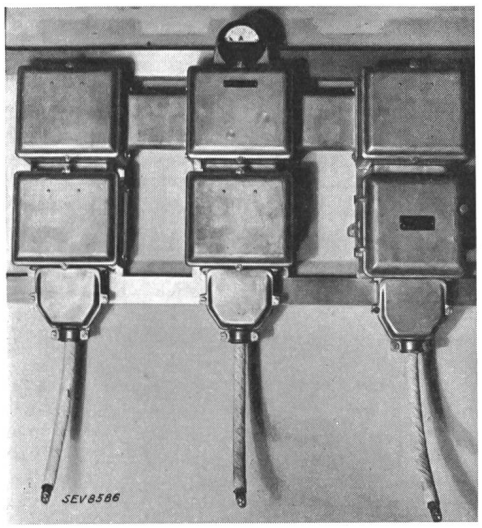

Fig. 17.
Schaltkastenbatterie.

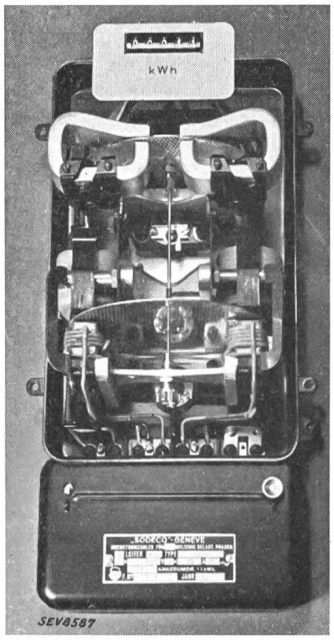

Fig. 18.
Zähler.

In der *Schwachstrom-Technik* und im Radiobau wird Aluminium und seine Legierungen ebenfalls in ausgedehntem Masse verwendet. Fig. 19 zeigt einen Drehkondensator, Fig 20 die verschiedenen Bestandteile einer Telephonanlage aus Aluminium und seinen Legierungen.

Wie man sieht, gestattet die Verwendung von Aluminium und seiner Legierungen der Elektro-

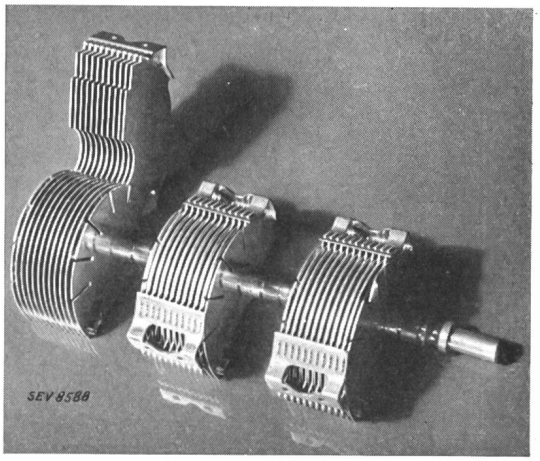

Fig. 19.
Drehkondensator.

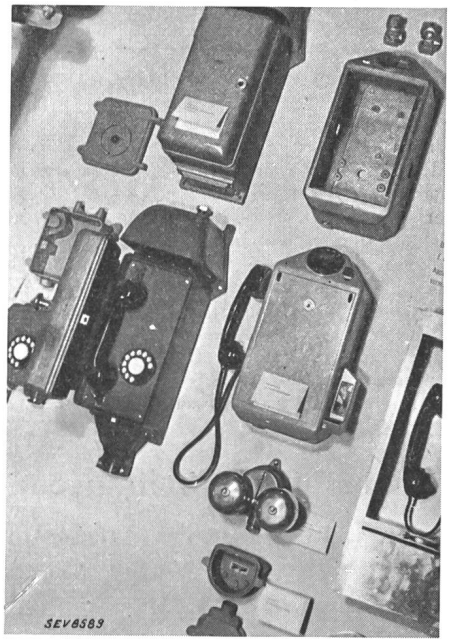

Fig. 20.
Telephonbestandteile.

industrie in ausgedehntem Masse die Lösung konstruktiver Aufgaben, die mit andern Materialien in nicht annähernd gleich günstiger Art und Weise gelöst werden können. Die Aluminiumschau im Aluminium-Pavillon der LA gab in dieser Beziehung wertvolle Fingerzeige.

Hochfrequenztechnik und Radiowesen — Haute fréquence et radiocommunications

RCA und Patente. 347.77 : 621.396

Die erstaunliche Entwicklung der Elektronentechnik, die durch Radio und Fernsehen ihren populärsten Ausdruck findet, wurde von verschiedenen Faktoren begünstigt. Die grosszügige Lösung der Patentfrage durch die RCA (= Radio Corporation of America) darf in diesem Zusammenhang genannt werden. Die RCA entstand 1919 auf Anregung der Regierung mit dem Patentbesitz der General Electric Co.