

# Punktschweissen von Aluminium und Aluminium-Legierungsblechen mit einer 60 kVA-Maschine

Autor(en): **Irmann, R.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **119/120 (1942)**

Heft 16

PDF erstellt am: **26.06.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-52452>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

INHALT: Punktschweissen von Aluminium und Aluminium-Legierungsblechen mit einer 60 kVA-Maschine. — Bau-Unfall als Folge eines plötzlichen Mauerbruches. — Wettbewerb für Bebauungsvorschläge und einfache Wohnbauten im Scheibenschachen, Aarau. — Eidg. Amt für Elektrizitätswirtschaft, 1941. — Eidg. Starkstromkontrolle, 1941. — Mitteilun-

gen: Eidg. Technische Hochschule. Druckverluste in Deckenheizspiralen. Volkshochschule des Kantons Zürich. Schweizerischer Werkbund. — Wettbewerbe: Wandbild am neuen Primarschulhaus Zürich-Fluntern. Die «Haute Ecole d'architecture», Genève. — Nekrolog: Hans Nabholz. — Literatur. — Mitteilungen der Vereine. — Vortragskalender.

Band 120

Der S. I. A. ist für den Inhalt des redaktionellen Teils seiner Vereinsorgane nicht verantwortlich  
Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet

Nr. 16

### Punktschweissen von Aluminium und Aluminium-Legierungsblechen mit einer 60 kVA-Maschine

Von Dr. R. IRMANN, Forschungsanstalt der AIAG

Der Zweck der vorliegenden Arbeit ist, die Anwendung der Punktschweissung an Aluminium darzulegen und besonders an einer gegenüber anderen Punktschweissmaschinen einfacheren Maschine schweizerischen Ursprungs zu zeigen, wie das Verfahren gehandhabt wird und was sich damit erreichen lässt.

Das Punktschweissen von Aluminium unterscheidet sich von dem des Eisens schon dadurch, dass Aluminium eine wesentlich höhere elektrische Leitfähigkeit, dagegen einen niedrigeren Schmelzpunkt als Eisen aufweist. Auch tritt bei den Aluminiumlegierungen bereits unterhalb des Schmelzpunktes ein Temperaturbereich auf, in dem sich der Werkstoff im teigigen Zustande befindet, das sogenannte Erstarrungsintervall.

Die höhere elektrische Leitfähigkeit bedingt beim Aluminium je nach Legierung einen viel grösseren Stromaufwand beim Schweißen. Da bei Aluminium und seinen Legierungen die elektrische Leitfähigkeit sehr verschieden ist und im Gegensatz zu Reinaluminium bei den Legierungen ein Schmelzintervall auftritt, müssen diese Unterschiede bei der Punktschweissung durch genaue Dosierung von Stromstärke und Schweißzeit berücksichtigt werden. Tabelle I gibt eine Uebersicht der elektrischen Leitfähigkeit und der Schmelzpunkte von Reinaluminium und seinen Legierungen.

Tabelle I

Legierung	Schmelzintervall		Elektrische Leitfähigkeit bei 20° m Ω · mm <sup>2</sup>
	von °C	bis °C	
Reinaluminium	—	658	34 ÷ 36
Aluman	640	650	22 ÷ 28
Peraluman 1	620	635	20 ÷ 26
Peraluman 3	580	640	20 ÷ 23
Peraluman 5	570	635	15 ÷ 18
Peraluman 7	540	610	13 ÷ 16
Anticorodal	590	645	24* ÷ 32**
Avional	530	650	19* ÷ 30**

\* vergütet, \*\* weich.

Sehr wesentlichen Einfluss beim Punktschweissen des Aluminiums übt der auf jeder Al-Oberfläche vorhandene Oxydfilm aus, der bei den vergüteten Legierungen Avional und Anticorodal besonders stark ist. Dieser Oxydfilm kann den Stromübergang zwischen Elektrode und dem zu schweisenden Aluminium erschweren und zu Erwärmung führen. Schliesslich ist zu berücksichtigen, dass die Festigkeit des Aluminiums an der Schweißstelle bei der Erwärmung während des Schweißvorganges sehr stark abfällt, was eine Regelung des Elektroden-drucks erforderlich macht.

Die vorliegenden Untersuchungen wurden mit einer Punktschweissmaschine Typ GPS-60 kVA der Firma Schlatter (Zollikon) ausgeführt, deren Transformator bis etwa 150 kVA abzu-

geben im Stande ist. Der elektrische Teil ist auf dem Schalt-schema Abb. 1 ersichtlich.

Der Schweisstransformator A ist vermittelt zweier Stufen-schalter E einer Grob- und einer Feinregulierung entsprechend 36-stufig regulierbar. Dadurch wird eine feinste Anpassung an die verschiedenen Stärken des Schweißgutes erreicht. Der Schweisstransformator besteht aus einer Primärwicklung P und einer Sekundärwicklung S, deren Enden einerseits an die Organe des oberen Elektrodenhalters H<sub>o</sub> und andererseits an diejenigen des unteren Elektrodenhalters H<sub>u</sub> angeschlossen sind.

Beim Schweißen wird das Schweißgut zwischen die beiden mit Kupfer-Elektroden versehenen Halter H-H gelegt, durch Druck auf die Pedale J wird durch den Hebel K das hintere Gestänge mit den Gegengewichten L-L gehoben und dadurch der Pressdruck, der durch die Feder O und das Handrad N regulierbar ist, auf das Schweißgut ausgeübt. Der Federdruck wurde neuerdings mit Vorteil durch pneumatischen Druck ersetzt. Durch diesen Vorgang betätigt die verstellbare Klinke M den Schalter G und betätigt den Steuerschalter, dadurch wird der Kontaktor C eingeschaltet.

Gleichzeitig erhält ein kleiner Transformator des Steuergerätes B Spannung, wodurch eine Glimm-Gleichrichterröhre gespeist wird. Diese Gleichrichterröhre lädt ihrerseits über Widerstände, die in ihrer Ohmzahl mittels zwei Knöpfen D einer Fein- und einer Grobregulierung entsprechend verändert werden können, einen Kondensator auf. Hat dieser die Glimmspannung der eingebauten Glimmröhre erreicht, dann entlädt er sich über diese Röhre, die in Serie mit einem Gleichstrom-Relais geschaltet ist. Infolge des Stromdurchganges zieht dieses an und unterbricht den Spulen-Stromkreis des Hauptschalt-Kontaktes, der dann den Hauptstromkreis unterbricht und damit die Schweißung beendet. Je nach dem vorgeschalteten Widerstand lädt sich der Kondensator rascher oder langsamer und es können so verschiedene Schweißzeiten zwischen 0,03 und 3 Sekunden eingestellt werden. Um nach jedem Schweißpunkt den Kondensator von der Spannung Null aufzuladen, ist noch ein kleines Relais im Zeitgerät eingebaut, das nach jeder Funktion den Kondensator kurz schliesst.

Entsprechend den besonderen Eigenschaften der Aluminiumlegierungen wird bei der Punktschweissung zu berücksichtigen sein: 1. Die Oberfläche des zu verschweisenden Materials; 2. Die Beschaffenheit der Elektroden und der Elektroden-druck; 3. Die Schweißstromstärke und die Schweißzeit.

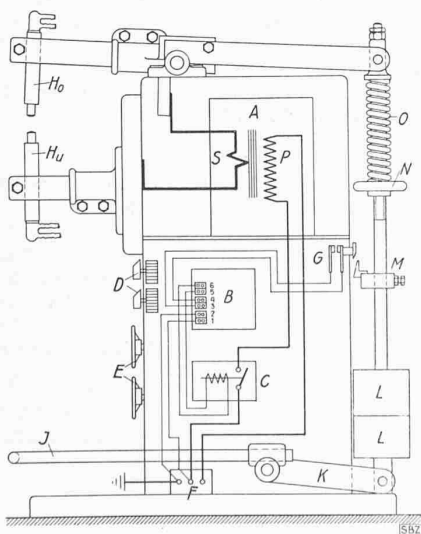


Abb. 1. Schaltschema der Punktschweissmaschine, Modell GPS der A. G. Schlatter, Zollikon

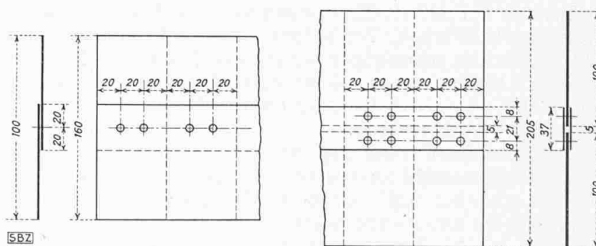


Abb. 2. Ausführung von Schweißproben, links A, rechts B

Die Güte der Schweißung kann sodann festgestellt werden durch: a) Bestimmung der mechanischen Eigenschaften; b) Bestimmung der Struktur der Schweißpunkte.

Die einfachste Art der Bestimmung der mechanischen Eigenschaften der Punktschweissung besteht im Zerreißen einer nach Abb. 2 ausgeführten Schweißung. Die einfach überlappten Proben nach Methode A werden mit einem Punktstab von z. B. 20 mm ausgeführt und jeweils Streifen mit einem, zwei oder mehr Punkten herausgeschnitten und zerrissen. Als Festigkeit wird die Bruchlast in kg pro Schweißpunkt bestimmt. Es ist nicht richtig, die Festigkeit auf den Querschnitt des Schweißpunktes zu errechnen, da der Querschnitt sich nicht genau be-

stimmen lässt und von den Schweissbedingungen stark abhängig ist. In gleicher Weise dient die Schweissmethode nach B, doppelt überlappt, zur Bestimmung der Festigkeit. Die erreichbare Festigkeit ist etwa doppelt so gross wie bei Methode A.

Der Bruch beim Zerreißen der Punktschweisverbindungen kann entweder derart erfolgen, dass das Blech rings um den Schweisspunkt ausreißt, was meist nur bei Blechen unter 1 mm und weichem Material der Fall ist, oder indem ein Abscheren mitten durch den Schweisspunkt zwischen den Blechen erfolgt.

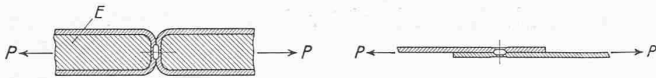


Abb. 3. Beanspruchung beim Zerreißen, links auf Zug, rechts Scherung

Es bedarf des Hinweises, dass je nach Legierung und Blechstärke die Festigkeit schon dadurch verschieden sein kann, dass bei der Methode A nicht immer die Schweisspunkte auf reine Scherung beansprucht sind, da die Bleche sich vor dem Zerreißen verbiegen und durch diese zusätzliche Biegebeanspruchung eine niedrigere Scherfestigkeit resultiert. Biegt man die geschweissten Bleche wie auf Abb. 3 rechtwinklig um und zerreisst sie mit Einlagen «E», so ergibt sich eine wesentlich geringere Festigkeit, da die Schweisspunkte nicht mehr auf Scherung, sondern auf Zug beansprucht sind. Die geringere Festigkeit ist erklärlich, da der Schweisspunkt Gussgefüge aufweist, dessen Zerreißfestigkeit geringer ist als die des Bleches, während bei reiner Scherbeanspruchung praktisch kein Festigkeitsunterschied zwischen Guss und Blech besteht. Es bedeutet dies, dass man die Punktschweissung so anordnen soll, dass sie wie auch die Nietung möglichst nur auf Scherung beansprucht wird.

Die Beurteilung der Schweissung nach dem Aussehen ist zunächst mehr subjektiv, indem die Blechoberfläche nicht einen ungeschönen tiefen Elektrodeneindruck oder Anschmorungen im Schweisspunkt aufweisen soll. Dieses Anschmören stellt jedoch nicht nur eine Verletzung der Blechoberfläche und der Elektrode dar, indem zwischen dem Al und der Cu-Elektrode eine Cu-Al-Legierung gebildet wird, sondern kann auch zu Korrosionserscheinungen an dem Schweisspunkt führen. Die gebildete Cu-Al-Legierung besitzt ein edleres Potential als das Al, sodass bei Hinzutreten von Feuchtigkeit das Al in Lösung gehen kann.

Genauer geschieht die Beurteilung der Schweissung dadurch, dass man einen Schliff durch den Schweisspunkt legt. Man kann hierbei die Grösse und Lage der Schweisszone ermitteln, sowie feststellen, ob der Schweisspunkt gesund ist oder Poren und Risse aufweist.

**Oberfläche des Materials**

Die das Al bedeckende Oxydschicht besitzt einen hohen elektrischen Widerstand und kann, wenn sie eine gewisse Dicke überschreitet, den Stromübergang von den Elektroden auf das Al sehr erschweren. Die mit einem gewissen Druck auf das Al gepressten Elektroden sind wohl imstande, die Oxydschicht teilweise zu durchbrechen, jedoch bewirkt der hohe Uebergangswiderstand eine starke Ueberhitzung des Al, sodass dieses an der Berührungsstelle der Elektroden, die aus Cu bestehen, sich mit dem Cu legiert. Dadurch wird nicht nur die Al-Oberfläche, sondern auch die der Cu-Elektroden verletzt und eine saubere Schweissung unmöglich. Auch hierin ist die Punktschweissung des Al wesentlich schwieriger als die des Eisens, da Eisen sich nicht mit Cu legiert. Andere Elektroden als solche aus Cu können jedoch nicht verwendet werden, da die Elektroden eine gute Leitfähigkeit haben müssen.

Die Oxydschicht muss also an den Schweissstellen entfernt werden. Dies geschieht am besten durch Bürsten mit einer Stahlbürste mit etwa 0,2 mm dickem Draht. Auch Behandlung mit Schmirgelpapier kann angewandt werden. Umständlicher ist die Behandlung durch Beizen. Es ist auch schon empfohlen worden, zwischen die Cu- oder Tombak-Elektrode und das Al einen nur wenige Zehntelmillimeter dicken Cu-Blechstreifen zu legen, der während des Schweissens automatisch fortbewegt wird, sodass bei jedem Schweisspunkt ein neues Stück des Cu-Streifens am Schweisspunkt liegt.

Die Entfernung der Oxydschicht soll nur auf der mit den Elektroden in Berührung kommenden Aussenseite des Al vorgenommen werden, da zwischen den zu verschweisenden Al-Teilen ein hoher Uebergangswiderstand eher erwünscht ist. Hierdurch tritt zwischen den Al-Teilen eine Verschmelzung, d. h. die Schweissung ein. Bei dünnen Blechen von unter 0,5 mm kann ein zu hoher Uebergangswiderstand zwischen den Blechen, wenn die Oxydhaut zu stark ist, dazu führen, dass Al in Form von Metalltropfen verspritzt. Hierdurch wird die Bildung eines

sauberen Schweisspunktes unmöglich gemacht und man ist in solchen Fällen gezwungen, auch zwischen den Blechen die zu verschweisende Zone zu bürsten. Bei Reinaluminium und Aluman, die nur eine dünne Oxydhaut an der Blechoberfläche aufweisen, ist dies nicht nötig, wohl aber bei allen Legierungen wie Peraluman, Anticorodal und Avional. Bei Anticorodal und Avional von 1 mm empfiehlt es sich, wenn diese vergütet sind, auch noch bei 1 mm Blechen die Innenseite zu bürsten, da durch das Vergüten eine verhältnismässig dicke Oxyd- und Nitridschicht entsteht.

**Beschaffenheit der Elektroden**

Da die Elektrode eine gute elektrische Leitfähigkeit aufweisen muss, wird diese meist aus Elektrolytkupfer, seltener aus Cu-Legierungen hergestellt. Am besten verwendet man hartgezogenes Kupfer, da dieses unter dem Elektrodendruck weniger verformt wird und die Elektrodenfläche eher ihre Form beibehält. Damit die Elektrode nicht während des Schweissens warm wird, wobei sie sich besonders leicht mit dem Al legieren würde, verwendet man hohle, wassergekühlte Elektroden. Neuerdings wurden auch mit einer Gefrierflüssigkeit gekühlte Elektroden vorgeschlagen.

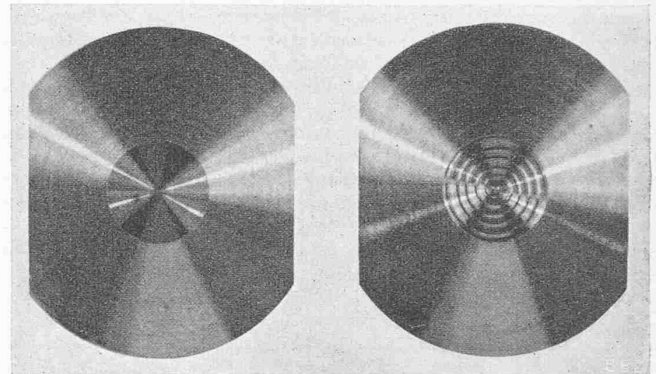


Abb. 4. Links gute, rechts schlechte Elektrodenoberfläche

Die Elektrode wird oft bombiert angewandt, jedoch ist die Bombierung weniger leicht herstellbar als eine konische oder flache Elektrodenfläche. Die konische Elektrode dringt tiefer in das Blech ein, bewirkt jedoch einen besseren Stromübergang. Der Konus wird gewöhnlich in einem Winkel von 7-11° ausgeführt. Da jedoch der Konus, wenn ein Putzen mit Schmirgelpapier während des Schweissens erforderlich wird, seine Form nicht beibehält, haben wir bei Blechen bis 1,5 mm eine Flachelektrode von 5 mm Ø verwendet, bei dickeren Blechen auch Flachelektroden von 8 mm Ø und mehr. Die Flachelektrode ist leicht herstellbar, es ist jedoch darauf zu achten, dass die Fläche sauber überdreht ist wie auf Abb. 4 links und nicht wie auf Abb. 4 rechts Drehriefen aufweist, da hierbei ein gleichmässiger Stromübergang nicht gewährleistet wird. Bei Flachelektroden ist die Stromdichte gleichmässiger als bei konischen Elektroden verteilt, was auch dazu beiträgt, dass ein Ankleben der Elektroden am Al weniger leicht auftritt.

Ein Ankleben der Elektroden am Blech wird vorteilhaft auch dadurch verhindert, dass man vor dem Schweissen die zu verschweisenden Stellen aussen an den Blechen mit einem Hauch von Oel oder Talg überstreicht. Wenn auch das Fett beim Schweissen verdampft, so bietet es doch einen ausreichenden Schutz.

Will man erreichen, dass an der sichtbaren Aussenseite einer Schweissung der je nach Material verschieden starke Elektrodeneindruck in der Blechoberfläche unsichtbar wird, so verwendet man auf dieser Seite eine Elektrode von z. B. 10-20 mm Ø, auf der anderen Seite die für die betreffende Blechstärke normale Elektrode von z. B. 5 mm. Allerdings muss man in diesem Falle eine längere Schweisszeit anwenden.

Abb. 5 zeigt in der Aufsicht (a) und im Schnitt (b) zwei 1 mm Anticorodal-B-Bleche, auf einer Seite mit 5 mm, auf der andern Seite mit 12 mm Elektrode geschweisst.

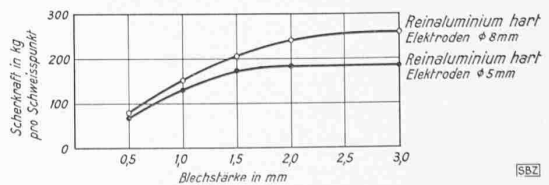


Abb. 6. Einfluss des Elektroden-Ø auf die Scherfestigkeit

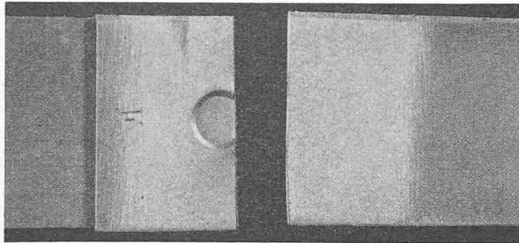


Abb. 5a. Anticorodal B 2 x 1 mm, geschweisst  
Links mit 5 mm, rechts mit 12 mm Elektrode

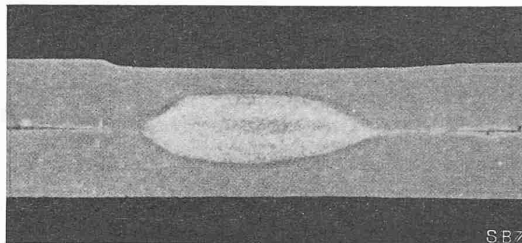


Abb. 5b. Schnitt durch die Schweissung (5a)  
Oben mit 5 mm, unten mit 12 mm Elektrode

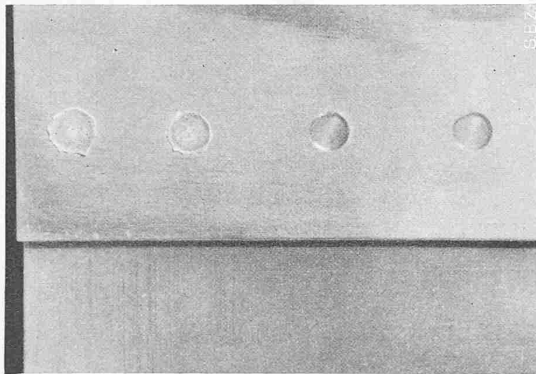


Abb. 7. Links leichte Anschmorungen unter 100 kg Elektroden-Druck;  
rechts saubere Punkte, 200 kg Elektroden-Druck

Den Einfluss des Elektroden-Durchmessers auf die Festigkeit zeigt Abb. 6 an Reinaluminium hart bis zu 3 mm Blechstärke. Man sieht, dass die Festigkeit bis zu 1,5 mm Blechstärke noch nicht sehr verschieden ist, je nachdem ob man eine 5 oder 8 mm Elektrode verwendet. Bei 2 bis 3 mm Blechstärke ist die Festigkeit bei Verwendung einer 8 mm Elektrode bereits wesentlich besser, allerdings sind dann längere Schweisszeiten erforderlich, da sonst die Energie der verwendeten Maschine nicht ausreichen würde. Generell ist zu sagen, dass der Elektrodendurchmesser mit zunehmender Blechstärke so zunehmen muss, dass die spezifische Stromdichte gleichbleibt, was jedoch nur mit sehr starken Maschinen möglich ist.

**Elektrodendruck**

Die Elektroden müssen mit einem gewissen Druck auf das Al gepresst werden, um einen guten Stromübergang zu erzielen.

Tabelle II

Legierung	Blechstärke mm	Oberfl.	Elektrodendruck		Elektroden-Ø mm	Transformierergrob		Zeit Schal-tung
			kg	atü			fein	
Rein-Al W — H Aluman	0,5	○	200	2,7	5	5	1	1—2
	1,0	○	200	2,7	5	5	6	1—2
	1,5	○	200	2,7	5	6	1	1—2
	2,0	○	300	4,0	8	6	6	8—12
	3,0	○	300	4,0	8	6	6	10—15
Peraluman 1, 3, 5 und 7 W — H	0,5	⊕	200	2,7	5	4	6	1
	1,0	○	200	2,7	5	5	1	1—2
	1,5	○	200	2,7	5	5	3	1—2
	2,0	○	300	4,0	8	6	6	2—4
	3,0	○	300	4,0	8	6	6	3—6
Anticorodal W/A/B	0,5	⊕	200	2,7	5	5	1	1
	1,0	□	200	2,7	5	5	6	1—2
	1,0	○	200	2,7	5	5	1	1—2
	1,5	○	200	2,7	5	5	6	1—2
	2,0	○	300	4,0	8	6	6	4—7
Avional W/D/M SK	0,5	⊕	200	2,7	5	4	6	1
	1,0	□	200	2,7	5	5	6	1—2
	1,0	○	200	2,7	5	4	6	1—2
	1,5	○	200	2,7	5	5	1	1—2
	2,0	○	300	4,0	8	6	6	2—5
	3,0	○	300	4,0	8	6	6	4—8

○ aussen gebürstet, ⊕ beidseitig gebürstet, □ beidseitig gebürstet bei ausgehärtetem Material

Der Druck wird meist durch einen Druckluftzylinder übertragen. Die von uns angewandten Drucke liegen zwischen 200 und 300 kg, gültig für Elektroden von 5 mm Ø. Dies entspricht etwa einem spezifischen Druck von 10 bis 15 kg/mm<sup>2</sup>. Diese Drucke haben sich bei zwei Blechen von 0,5 ÷ 1,5 mm als ausreichend für den Anpressdruck erwiesen und sind auch nicht so stark, dass sie bei einer 5 mm Elektrode, selbst bei weichem Reinaluminium, einen zu starken Eindruck hinterlassen. Für die 8 mm Elektrode genügt der Druck von 200 kg nicht, sondern nur ein solcher von 300 kg. Es wird auch empfohlen, den Druck je nach Blechstärke abzustufen oder je nach dem zu schweisenden Material, da Reinaluminium weicher ist als die Aluminiumlegierungen. Einfacher in der Handhabung jedoch ist die Maschine, wenn man den Druck nur nach der Grösse der verwendeten Elektroden abtufen muss und für alle Blechstärken und Materialien einen mittleren Druck verwenden kann.

Ein zu starker Elektrodendruck ruft je nach Material einen zu tiefen Eindruck hervor, andererseits ist aber ein zu niedriger Elektrodendruck noch weit ungünstiger, da hierbei ein hoher Uebergangswiderstand zwischen Blech und Elektrode und ein Anschmoren auftritt. Dies zeigt Abb. 7 an 1 mm-Blech. Bei den zwei oberen Punkten wurde 100 kg, bei den zwei unteren Punkten 200 kg Elektroden-Druck angewandt. Die oberen zwei Punkte zeigen leichte Anschmorungen, was bei den unteren nicht der Fall ist. Auch in der Festigkeit wirkt sich der zu niedrige Elektrodendruck aus.

**Stromstärke und Schweisszeit**

Wie eingangs erwähnt, wird sich je nach Blechstärke und je nach Leitfähigkeit des Materials, d. h. je nachdem ob man Reinaluminium oder eine Aluminiumlegierung schweisst, ein Unterschied in der aufzuwendenden Stromstärke ergeben. Prinzipiell muss also bei dickeren Blechen und bei Reinaluminium die höhere Stromstärke aufgewendet werden. Auch die Oberflächenbeschaffenheit bzw. Oberflächenbehandlung spielt eine Rolle. Wir haben mit der Maschine sämtliche in Frage kommenden Stromstärken und Schweisszeiten für verschiedene Blechstärken an Reinaluminium, Aluman, Peraluman 1, 3, 5, 7, sowie Anticorodal und Avional weich und vergütet ausprobiert und unter Berücksichtigung einer aussen und im Schweisspunkt einwandfreien Schweissung die geeigneten Stromverhältnisse und Schweisszeiten ermittelt, die eine optimale Festigkeit ergeben. Als Schweissart wurden die einfach überlappten Bleche nach Abb. 2 verwendet. Die Ergebnisse sind auf Tabelle II zusammengestellt und man sieht, dass für das Schweißen von zwei Blechen zu je 1,5 mm ein Elektroden-Druck von 200 kg bei einem Elektroden-Ø von 5 mm, bei Blechen über 1,5 bis 3 mm ein Druck von 300 kg mit 8 mm-Elektrode anzuwenden ist. Im letzten Falle muss allerdings die Schweisszeit, die bei Al möglichst kurz gehalten werden sollte, erhöht werden. Die Maschine würde für diese Blechstärken sonst nicht mehr ausreichen, da bei diesen Blechstärken schon mit der höchsten Stromstärke gearbeitet werden muss, d. h. Transformierergrob 6 und fein 6. Bei Verwendung langer Schweisszeiten ist naturgemäss die Herstellung gesunder Schweissung schwieriger und der Elektrodenverschleiss grösser.



Man ersieht aus der Tabelle, dass z. B. je nach Legierung und deren Leitfähigkeit verschiedene Stromstärken verwendet werden müssen. Ein 1,5 mm Reinaluminium-Blech lässt sich mit Transformerstellung grob 6, fein 1 schweißen, während Anticorodal bereits mit 5/6 und Avional mit 5/1 geschweisst werden kann. Bei Peraluman gibt die Tabelle 5,3 an, was für Peraluman 1/3/5/7 eine mittlere Stromstärke darstellt. Man wird Peraluman 3, das eine bessere Leitfähigkeit als Peraluman 7 aufweist, mit etwas höherer Stromstärke, etwa 5/6 schweißen müssen, während für Peraluman 7 mit der geringeren Leitfähigkeit bereits 4/6 genügen dürfte. Es ist selbstverständlich, dass die auf der Tabelle für die Stromstärke und Schweisszeit angegebenen Daten in gewissen Grenzen variiert werden können. Ebenso wird der Elektroden-Durchmesser und -Druck variiert werden können, denn die Einflüsse der Blechoberfläche können je nach Arbeitsweise, wie oben geschildert, die Schweissbedingungen verändern.

Es sei noch besonders darauf hingewiesen, dass die vorliegenden Untersuchungen mit etwa 350 mm Länge der Elektrodenarme ausgeführt wurden. Die Stromverluste sind umso grösser, je grösser die Ausladung ist, sodass bei kleinern Ausladungen günstigere Schweissbedingungen vorliegen und grössere Schweissleistungen erzielt werden können.

Trägt man die an Punktschweisverbindungen, einfach überlappt nach Abb. 2, erreichbaren Festigkeiten pro Schweisspunkt auf, so ergeben sich für die verschiedenen Legierungen und Blechstärken etwa die auf Abb. 8 dargestellten Verhältnisse. Man sieht, dass die Festigkeit eines Schweisspunktes bei 1 mm Blechen je nach Legierung zwischen 130 und 230 kg liegt. Allerdings ist bei zusätzlicher Biegebeanspruchung oder Verdrehung der Bleche, oder auch wie oben dargestellt bei Beanspruchung nach Abb. 3 auf Zug, die Festigkeit der Schweissung geringer als bei reiner Scherbeanspruchung. Auch bei Dauerbeanspruchung, die z. B. durch ständiges «Flattern» eines Verschaltungsbleches im Flugzeugbau auftreten kann, ist nach bisher bekannt gewordenen Untersuchungen die Festigkeit schlechter als die einer Nietung.

Bei den nach Abb. 2 verwendeten Proben haben wir einen Punktabstand von 20 mm angewandt und es bedarf eines Hinweises, dass die erreichbaren Festigkeiten vom Punktabstand abhängig sind. Schweisst man in den gewünschten Punktabständen, so geht ein Teil des Stromes durch den zunächst liegenden Schweisspunkt, sodass im Nebenschluss ein Teil des Schweissstromes verloren geht und sich nicht die ganze Schweissenergie im Schweisspunkt auswirken kann. Je näher die Schweiss-

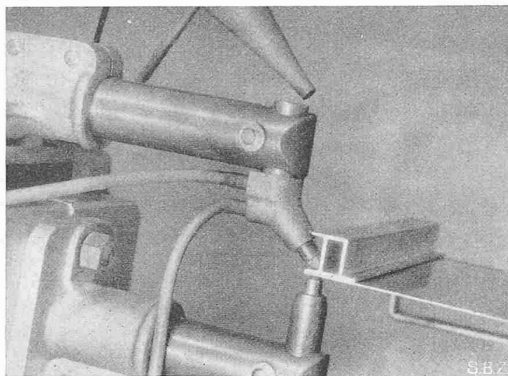


Abb. 13. Sonder-Elektrode für Schweissung von Profil mit Blech gemäss Abb. 12

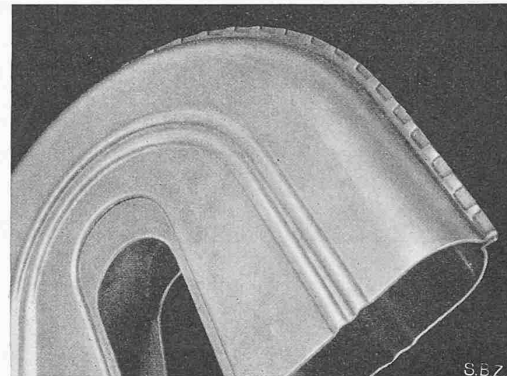


Abb. 15. Gehäuse aus Peraluman 3 mit rechteckiger Elektrode geschweisst

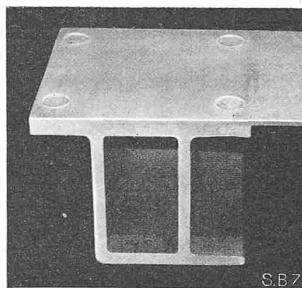


Abb. 12. Anticorodal B-Blech 2 mm mit Anticorodal-Profil 5 mm punktverschweisst

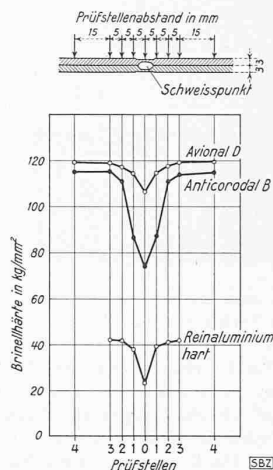


Abb. 11. Erweichung an der Schweisstelle

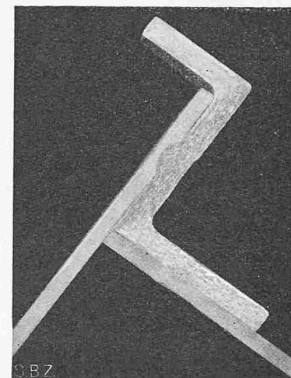
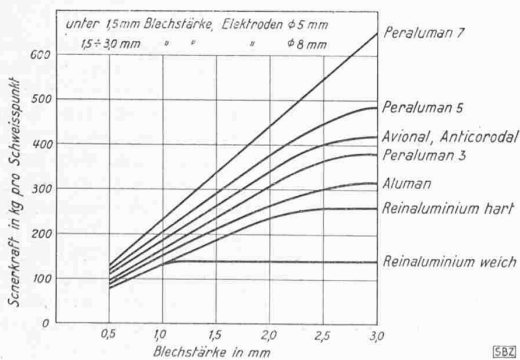


Abb. 14. Anticorodal-Profil 5 mm mit zwei Anticorodal-Blechen von 3 mm punktverschweisst



SBZ

Abb. 8 (links). Scherkraft in kg pro Schweisspunkt

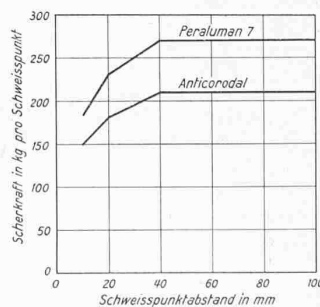


Abb. 9. Einfluss des Schweisspunkt-Abstandes

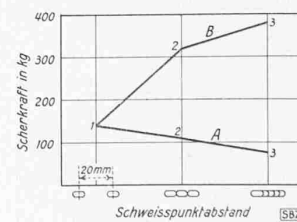


Abb. 10

punkte aneinander liegen, umso grösser ist dieser Stromverlust, was sich naturgemäss auf die Festigkeit der Punkte auswirken muss. Dies zeigt Abb. 9, auf der die Festigkeit pro Punkt an Peraluman 7 und Anticorodal B 1 mm in Abhängigkeit vom Punktabstand aufgetragen ist. Man sieht, dass mit zunehmendem Punktabstand bis zu etwa 40 mm die Festigkeit ansteigt. Allerdings ist die Festigkeit der ganzen Schweissung immer noch besser bei z. B. 10 mm Punktabstand, da z. B. bei Peraluman 7 bei 10 mm Abstand 4 Punkte  $4 \times 180 = 720$  kg und dementsprechend zwei Punkte mit 40 mm Abstand nur  $2 \times 270 = 540$  kg tragen würden.

Noch grösser ist der Unterschied, wenn man eine Schweissung mit rechteckiger Elektrodenform wie auf Abb. 10 vornimmt, indem man mit 20 mm Punktabstand (1), ohne Punktabstand (2) und mit übereinandergreifenden Punkten (3) arbeitet. Geschweisst wurde Anticorodal B 1 mm. Man sieht, dass die Festigkeit von 1 → 3 pro Punkt [Kurve B] etwa auf die Hälfte absinkt, während naturgemäss die Festigkeit der gesamten Schweissnaht [Kurve A] bei Schweissung 2 und 3 ansteigt. Diese Art der Schweissung ist einer Nahtschweissung ähnlich.

Bei der autogenen und elektrischen Schmelzschweissung tritt bekanntlich neben der Schweissnaht eine Erweichung des

## Punktschweissen von Aluminium und Aluminium-Legierungsblechen mit einer 60 kVA-Maschine Schlatter

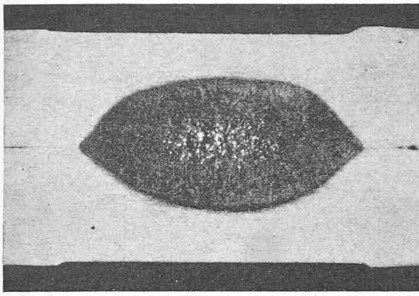


Abb. 16. Normaler, gesunder Schweisspunkt

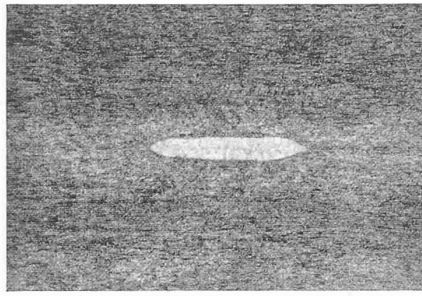


Abb. 17. Zu kleiner Schweisspunkt

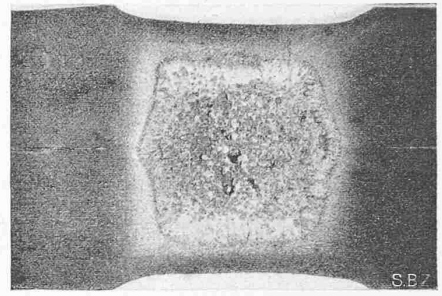


Abb. 18. Zu grosser Schw.-P. mit Poren u. Rissen

Materials auf, die sich mehrere cm beidseitig der Schweisstelle ausdehnt. Auch beim Punktschweissen von hartgewalzten oder vergüteten Legierungen, wie Anticorodal und Avional, ist direkt auf dem Schweisspunkt und neben diesem eine Erweichung feststellbar, da das Material zwischen den Blechen bis zum Schmelzen erhitzt wurde. Diese Erweichung ist jedoch sehr eng begrenzt und reicht nur bis etwa 5 mm beidseitig des Schweisspunktes. Naturgemäss ist die Erweichung bei einer Legierung mit hoher Warmfestigkeit wie Avional geringer als bei Reinaluminium hart oder Anticorodal B, wie Abb. 11 zeigt. Ein Nachvergüten von punktgeschweisstem Avional und Anticorodal, wie es bei der autogenen und elektrischen Schmelzschiessung erforderlich ist, muss also bei punktgeschweisstem Avional und Anticorodal nicht vorgenommen werden.

Fasst man die Arbeitsweise für das Punktschweissen mit der 60 kVA-Maschine für Reinaluminium und Aluminiumlegierungen zusammen, so ergeben sich etwa die folgenden

**Richtlinien:**

1. Reinaluminium und sämtliche Aluminiumlegierungen sind nach den in der Tabelle II angegebenen Daten für Elektroden-Druck und Durchmesser, sowie für Stromstärke und Schweisszeit bis zu 3 mm, d. h. 2 Bleche zu je 3 mm einfach überlappt schweisbar. Entsprechend der Leistung der Maschine müssen bereits bei Blechen über 1,5 + 1,5 mm längere Schweisszeiten angewandt werden, um optimale Festigkeit zu erreichen.  
Auch verschiedenen dicke Bleche, deren Dickeunterschiede nicht über 0,5 mm betragen, z. B. ein 3 mm- mit einem 2,5 mm-Blech, lassen sich nach den Daten der Tabelle verschweissen. Ist der Unterschied in der Blechdicke grösser, so besteht die Gefahr, dass das dünnere Blech überhitzt wird und Anschmörungen oder sogar Durchschmelzen auftreten. Die Einstellung der Maschine, d. h. Schweiss-Strom und -Zeit müssen sich also nach dem dünneren Blech richten. Ebenso auch Elektroden-Durchmesser und -Druck. In solchen Fällen muss man die günstigsten Bedingungen durch Versuche ausprobieren.
2. Die Bleche sind auf der Aussenseite, die mit den Elektroden in Berührung kommt, mit einer Stahlbürste zu behandeln. Bei Blechen, die eine starke Oxydhaut besitzen, d. h. bei allen Legierungen, muss bei 0,5 mm und geringerer Blechstärke auch die Innenseite gebürstet werden, da sonst leicht Ueberhitzung und Verspritzen von Metall zwischen den Blechen entsteht. Bei vergüteten Blechen in Anticorodal und Avional ist beidseitiges Bürsten auch noch bei 1 mm Dicke zu empfehlen, da durch das Vergüten eine besonders dicke Oxyd- und Nitridschicht vorhanden ist.
3. Die Schweisszone an den Aussenseiten der Bleche ist leicht mit Talg oder Oel zu fetten. Tritt ein Ankleben der Elektroden, d. h. Legieren des Cu mit dem Al auf, so muss die Elektrode mit feinem Schmirgelpapier OO gereinigt werden. Sind die Schweissbedingungen und die Oberflächenbehandlung der Bleche richtig, so kann man, ohne die Elektrode reinigen zu müssen, mehr als 50 Punkte hintereinander verschweissen.
4. In besondern Fällen sind auch Schweissungen von grösseren Materialdicken als 3 + 3 mm möglich, wenn der Elektroden-durchmesser grösser gewählt wird und bei der Maximalstromstärke die Schweisszeit noch vergrössert wird. Z. B. wurde ein 5 mm Anticorodalprofil nach Abb. 12 mit einem 2 mm Blech verschweisst, wofür eine in Abb. 13 ersichtliche besondere Elektrodenform benutzt wurde, da das Profil für senkrecht übereinanderstehende Elektroden nicht zugänglich ist. Abb. 14 zeigt ein mit zwei Anticorodal-Blechen (3 mm) verschweisstes Anticorodal-Profil (5 mm).

Als Sonderfall betreffend Elektrodenform zeigt Abb. 15 ein mit rechteckiger Elektrode geschweisstes Gehäuse.

5. Die Güte der Schweissung kann bestimmt werden durch Zerreißen eines Probestreifens mit einem, zwei oder mehr Punkten. Die ungefähre Festigkeit pro Schweisspunkt für einfach überlappte Schweissung ist aus Abb. 8 zu entnehmen. Am besten wird die Güte einer Schweissung durch die Ausföhrung eines Schliffes durch den Schweisspunkt bestimmt. Abb. 16 zeigt einen in der Grösse richtigen und gesunden Schweisspunkt, Abb. 17 einen wegen Verwendung von zu geringem Strom oder zu kurzer Schweisszeit zu kleinen, und Abb. 18 einen zu grossen, fast bis nach aussen durchgeschweissten Punkt, der wegen Ueberhitzung des Materials bereits Poren und Risse aufweist.
6. Die Festigkeit eines Schweisspunktes ist etwa einer Nietung gleichwertig, solange die Schweissung wie nach Abb. 3 rechts auf reine Scherung beansprucht wird. Gegen Biege- und Verdrehbeanspruchung, sowie gegen Zugbeanspruchung senkrecht zum Schweisspunkt und gegen Dauerbeanspruchung ist der Schweisspunkt weniger widerstandsfähig. Die Punktschweissung wird heute bereits für Sonderfälle (Verschalungen) im Flugzeugbau, ebenso auch für Eisenbahn-Güterwagentore anstelle von Nietung angewandt. Man darf also folgern, dass die Punktschweissung nicht nur für das Zusammenheften wenig beanspruchter Teile, sondern bei sinngemässer Berücksichtigung der Festigkeitseigenschaften auch für Konstruktionsteile anzuwenden ist.
7. Die vorliegenden Ergebnisse beziehen sich nur auf die angegebenen Schweissbedingungen, wie sie mit der verwendeten 60 kVA-Maschine ausgeführt wurden.

**Zusammengefasst:** Mit einer 60 kVA-Punktschweissmaschine schweizerischen Ursprungs wurden an Reinaluminium und Aluminiumlegierungen Punktschweissversuche durchgeführt. Es werden allgemeine Richtlinien für das Punktschweissen gegeben, besonders aber festgestellt, dass die verwendete Maschine bei 350 mm Ausladung zum Punktschweissen bis zu  $2 \times 1,5$  mm Blechstärke mit den für Al üblichen kurzen Schweisszeiten verwendet werden kann. Auch grössere Blechstärken lassen sich unter Verwendung längerer Schweisszeiten verschweissen, wobei naturgemäss die Lebensdauer der Elektroden infolge der stärkeren Erwärmung eine geringere ist.

Wenn auch die Entwicklung neuerer Punktschweissverfahren, besonders auf dem Gebiet der Stromsteuerung, noch nicht abgeschlossen erscheint, so gestattet diese vorstehend beschriebene Punktschweissmaschine die Herstellung einwandfreier Punktschweissverbindungen an Aluminium und Aluminiumlegierungen nach der angegebenen Arbeitsweise.

### Bau-Unfall als Folge eines plötzlichen Mauerbruches

Ein ungewöhnlicher Unfall ereignete sich im Sommer 1941 beim Bau einer Kellermauer in Bern. Es handelte sich um einen Fabrikneubau von  $13 \times 31$  m Grundfläche mit zwei Keller-geschossen; der Boden des zweiten Kellers kam rd. 5 m unter die Oberfläche des ursprünglichen Geländes zu liegen.

Zu Beginn der Bauarbeiten wurde die ganze Baugrube etwa 2 m tief ausgehoben und schräg abgeböschet, und darnach für die Grundmauer der Stirnfassade ein 2,5 m breiter Graben ausgeschachtet. Dieser Graben wurde mit horizontal liegenden Bohlen, vertikalen Kanthölzern und entsprechenden Querverstrebungen ausgezimmert (Abb. 1a). Nach der Abnahme des Schnurgerüstes wurde der 1,05 m breite Schlitz für das Fundament ausgehoben, sofort ausbetoniert (ohne Seitenschalung) und anschliessend die 55 cm starke Grundmauer (P 200) hochgeführt. Der Boden war