Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens

Herausgeber: Association suisse des électriciens

Band: 34 (1943)

Heft: 19

Artikel: Relations entre l'intensité du courant de soudage, le temps du soudage, la consommation d'énergie, le nombre d'électrodes utilisées ainsi que le coût d'une soudure

Autor: Müller, R.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1057749

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

ASSOCIATION SUISSE DES ÉLECTRICIENS

BULLETIN

RÉDACTION:
Secrétariat de l'Association Suisse des Electriciens
Zurich 8, Seefeldstrasse 301

ADMINISTRATION:
Zurich, Stauffacherquai 36 ♦ Téléphone 5 17 42
Chèques postaux VIII 8481

Reproduction interdite sans l'assentiment de la rédaction et sans indication des sources

XXXIVe Année | N° 19 | Mercredi, 22 Septembre 1943

Bericht über die Tagung des SEV für elektrisches Schweissen

vom 5. Mai 1943, in Basel

Bei einer Beteiligung von rund 250 Personen wurden folgende Vorträge gehalten:

A. Schweissen mit Lichtbogen

1. Lichtbogenschweissgeräte und ihre Grundlagen. Die Gleichstromschweissung. Referent: H. Hafner, Zürich-Oerlikon.
2. Beziehungen zwischen Schweißstrom, Schweisszeit, Energiekonsum, Elektrodenverbrauch und Schweisskosten. Referent: R. Müller, Zürich-Genf.
3. Das «Elin-Hafergut»-Verfahren für die Dünnblechschweissung. Referent: Dr. H. Hauser, Zürich-Oerlikon.
4. Erfahrungen und Diskussion:
   a) Erfahrungen beim Schweissen von Wasserturbinen. Referent: Dr. H. Oertli, Bern.
   b) Die elektrische Reparaturschweissung von Gusseisen. Referent: H. Zwicky, Kriens.
   c) Erfahrungen bei der Ausbildung von Elektroschweissern. Referent: A. Kindschi, Basel.

B. Widerstandsschweissen

5. Die Grundlagen der Widerstandsschweissung. Referent: P. Vögeli, Baden.
6. Anwendungsgebiete und Maschinenarten der elektrischen Widerstands-Schweissung und -Erhitzung. Referent: H. A. Schlatter, Zollikon.
7. Ueber das Punktschweissen von Aluminium und Aluminiumlegierungen. Referent Dr. R. Irmann, Neuhausen.

Es ist beabsichtigt, in absehbarer Zeit in einer besonderen Versammlung die Frage der Rückwirkung der Schweissmaschinen und -apparate auf das Netz zu behandeln.

Im folgenden beginnen wir in zwangloser Reihenfolge mit der Veröffentlichung einzelner Vorträge; alle Vorträge und die Diskussion werden als Sonderdruck herausgegeben. Bestellungen nimmt die Gemeinsame Geschäftsstelle des SEV und VSE, Seefeldstr. 301, Zürich 8 (Tel. 4 67 46) jetzt schon entgegen. Der genaue Preis wird später bekanntgegeben; er dürfte etwa 5 bis 6 Fr. betragen.

Der Präsident des SEV, Herr Prof. Dr. **P. Joye**, begrüsste die Mitglieder und Gäste, ferner die Referenten und Herrn G. L. Meyfarth, Generaldirektor der S. A. des Ateliers de Sécheron, Genf, dem er als einem der bedeutenden Förderer des elektrischen Schweissens den Tagesvorsitz übergab.

Herr **G. L. Meyfarth**, Tagesvorsitzender, dankt für die Ehrung und leitet die Tagung folgendermassen ein:

Meine Herren, wir dürfen im Zusammenhang mit der heutigen Schweisstagung vielleicht daran erinnern, dass wir an der Generalversammlung des SEV in Genf im Jahre 1930 erstmals in einem Vortrag die revolutionäre Umwälzung aufgezeigt haben, welche sich damals durch die aufstrebende Elektroschweissung in den Fabrikationsmethoden der Elektroindustrie anbahnte [1]). Ich habe bei diesem Anlass speziell auf die grossen technischen und wirtschaftlichen Vorteile der Elektroschweissung hingewiesen, nämlich: bedeutende Gewichtsersparnis bei gleichzeitiger Erhöhung der mechanischen Festigkeit der geschweissten Konstruktionen gegenüber den herkömmlichen Konstruktionsarten. Damals und noch längere Zeit standen der neuen Entwicklung hauptsächlich Vorurteile ästhetischer Natur entgegen. Die neue Fabrikationsmethode setzte neue Konstruktionsformen voraus, die zum Teil erst noch gesucht und gefunden werden mussten, und an welche sich die Kundschaft nicht leicht gewöhnen konnte oder wollte. Die seitherige Entwicklung beweist einmal mehr, dass sich das Neue, wenn es wirtschaftliche Vorteile bietet, durchzusetzen vermag. Die Aesthetik passt sich in diesem Falle der Formel an: «Schön ist, was gut ist.»

Meine Herren, die heutigen Vorträge vermitteln uns ein voll gerüttelt Mass von anregendem und zum Teil neuem technischem Wissen und Erfahrungen. Ich bitte die Herren Referenten und Diskussionsredner, sich möglichst kurz und bündig zu fassen. Erinnern wir uns des Spruches: «In der Kürze liegt die Würze.» Und dieser alten Weisheit meinen persönlichen Tribut zollend, eröffne ich die Schweisstagung des SEV. (Es folgen die Vorträge.)

[1]) Bull. SEV 1930, Nr. 16, S. 533.

Relations entre l'intensité du courant de soudage, le temps de soudage, la consommation d'énergie, le nombre d'électrodes utilisées ainsi que le coût d'une soudure

Communication faite le 5 mai 1943, à Bâle, en séance de l'ASE

par *R. Müller*, Zurich-Genève

621.791.7.003

Présentation de diagrammes, basés sur des essais et des expériences, qui permettent de déterminer les éléments entrant en ligne de compte pour le calcul du prix de revient d'un travail de soudure: nombre d'électrodes utilisées, temps de soudage et consommation d'énergie en courant continu et en courant alternatif. D'autres diagrammes indiquent les frais occasionnés par le dépôt d'un kilogramme de soudure en tenant compte des conditions de travail dans les petites et les grandes entreprises. Application de ces données aux alternateurs de l'Usine du Verbois.

Auf Grund von Versuchen und Erfahrungen werden Kurven angegeben, die gestatten, die Elemente für die Kostenberechnung einer Schweissarbeit zu ermitteln, nämlich: Elektrodenzahl, Schweisszeit, Energieverbrauch bei Gleichstrom und bei Wechselstrom. Weitere Kurven geben die Kosten für das Aufschmelzen von 1 kg Schweissgut im Kleinbetrieb und im Grossbetrieb. Diese Angaben werden schliesslich auf das Beispiel der Verbois-Generatoren angewendet.

(Traduction)

Les questions qui nous sont le plus souvent posées se résument à peu près aux suivantes:

Quel est le prix de revient d'une soudure électrique?

Combien d'électrodes sont-elles nécessaires?

Quelle est la consommation d'électricité?

De quels éléments le prix de revient d'une soudure se compose-t-il et quelle influence ce prix exerce-t-il sur le coût de l'ensemble d'une construction?

En ces temps de restrictions d'électricité, on nous demande fréquemment si une économie sensible de courant ne pourrait pas être réalisée en

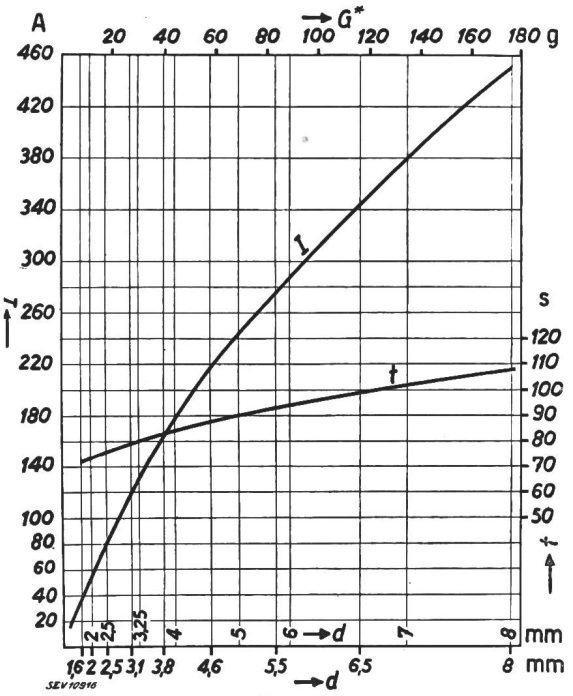

Fig. 1.

Courant de soudage (*I*) et temps de soudage (*t*) pour la fusion d'une électrode

*G** poids des électrodes en g.
d diamètre des électrodes en mm.

opérant avec les courants de soudage plus faibles que l'on obtient si l'on branche sur les prises inférieures de l'appareil à souder.

Tout récemment aussi, on nous a demandé combien de temps devrait tourner un alternateur de l'Usine de Verbois pour produire l'énergie employée à la soudure de ses différentes parties. Ces unités sont en effet constituées par des assemblages d'éléments soudés électriquement.

La réponse à cette question n'offre pas de difficultés particulières. Toutefois, étant donné le nombre de facteurs susceptibles d'influencer le résultat, il n'est guère possible d'y répondre sans un examen approfondi.

Nous avons donc recherché les relations qui existent entre le courant de soudage, le temps de soudage, l'énergie consommée, le nombre d'électrodes utilisées, ainsi que le coût de la soudure électrique, en établissant des graphiques appropriés. Au moyen des indications données par les différentes courbes il est possible de répondre sans difficulté aux questions posées ci-dessus.

Le diagramme fig. 1 montre, en fonction du poids des électrodes, le courant normal de soudage et le temps nécessaire pour faire fondre une baguette. Sur l'ordonnée de gauche sont reportées les intensités du courant de soudage; sur celle de droite, les durées. Sur l'abcisse du haut figurent les poids des électrodes; sur celle du bas, les diamètres correspondants, les électrodes étant supposées avoir toutes la même longueur de 45 cm. Les diamètres sont inscrits sur deux lignes superposées: celle du haut concerne les désignations anglaises, l'autre, les dimensions des électrodes Sécheron selon normes

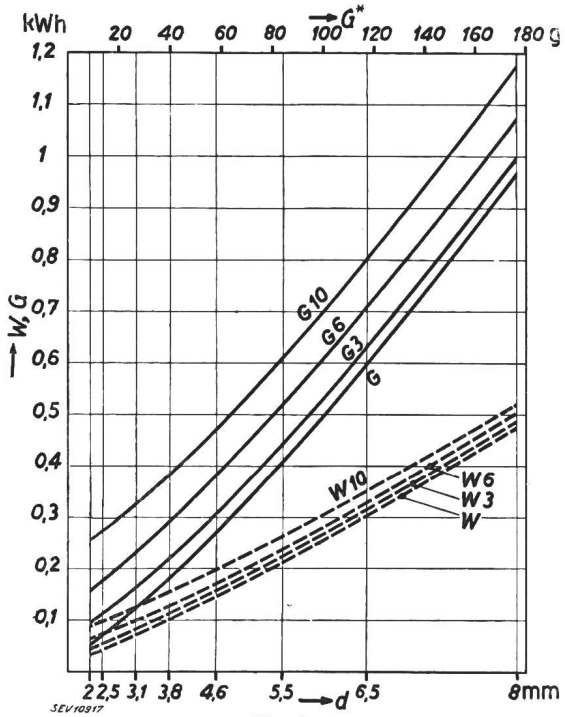

Fig. 2.

Consommation d'énergie pour la fusion d'une électrode en fonction de son diamètre et de son poids

G soudage sans interruptions avec du courant continu.
G_3, G_6, G_{10} soudages avec du courant continu au régime de 3, 6 et 10 minutes.
W, W_3, W_6, W_{10} soudages avec du courant alternatif exécutés dans les mêmes conditions.

DIN. Pour les diagrammes suivants, nous avons simplifié en n'inscrivant que les diamètres Sécheron, la transposition en d'autres systèmes de grandeurs étant facilitée par les poids correspondants inscrits sur l'abscisse supérieure.

La courbe d'intensité *I* permet donc de déterminer le courant de soudage pour les différents diamètres d'électrodes. Il s'agit évidemment d'une moyenne courante, l'intensité pouvant varier selon le travail accompli et le type d'électrode utilisé. Toutefois, une fois que les intensités de soudage sont choisies, les durées nécessaires pour faire fondre une électrode sont alors bien déterminées.

La courbe *t* donne le temps de fusion en fonction du diamètre des électrodes. Il est établi que pour un diamètre d'électrode donné, les durées, dans les limites de la pratique, sont inversément proportionnels aux courants de soudage. Si donc

les courants de soudage augmentent d'un tiers, par exemple, les temps de soudage diminuent d'un tiers également et vice-versa. Ceci nous permet de déterminer les courants de soudage montre en mains, ce qui peut être utile lorsqu'il s'agit de contrôler des soudeurs.

Les valeurs obtenues peuvent être considérées comme indépendantes du genre de courant avec lequel on soude.

Le diagramme fig. 2 donne l'énergie nécessaire pour la fusion d'électrodes de différentes dimensions.

On sait que le régime de la fusion est très irrégulier et de ce fait une lecture exacte des instruments de mesure offre de grandes difficultés, particulièrement en ce qui concerne la mesure de la puissance. Pour ces raisons, nous avons effectué ces mesures avec un compteur. Cette méthode présente l'avantage de donner directement la somme intégrée de toutes les valeurs et non pas des valeurs momentanées. Toutes les mesures furent faites dans le circuit primaire de façon à tenir compte du rendement de toute l'installation.

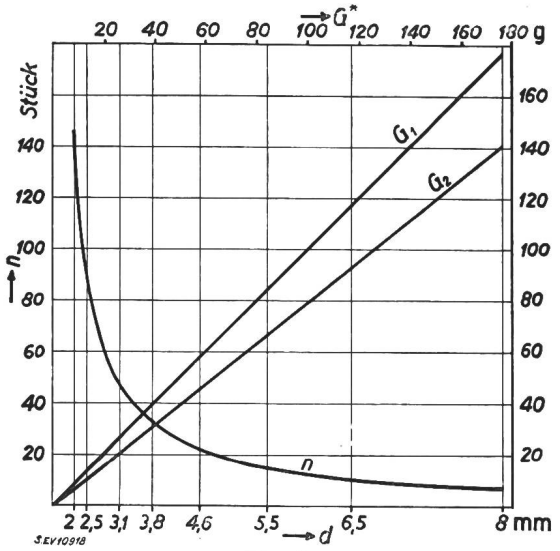

Fig. 3.
Nombre d'électrodes (n) nécessaire pour déposer 1 kg de matière
G_1 poids de fil métallique d'une électrode.
G_2 poids de soudure déposée par la fusion d'une électrode.

Théoriquement, les courbes obtenues devraient être des droites, puisque l'énergie consommée devrait être proportionnelle au poids de matière déposée. La pratique donne cependant d'autres valeurs, car la consommation d'énergie est également fonction du rendement de l'appareil à souder, rendement qui n'est pas le même pour toutes les touches du réglage.

Tous les essais furent faits avec des postes de soudure modernes.

Pour un diamètre d'électrode donné, la consommation d'énergie est indépendante de l'intensité du courant de soudage.

A l'aide de la courbe W, nous pouvons déterminer la consommation d'énergie pour faire fondre une électrode, lorsqu'on soude de façon ininterrompue avec du courant alternatif. La courbe G donne la consommation dans le cas du courant continu.

La comparaison de ces deux courbes fait tout de suite apparaître une consommation d'énergie deux fois plus grande dans le cas du courant continu. Ceci résulte du fait qu'un transformateur possède un rendement supérieur à celui d'un groupe convertisseur.

Lors du fonctionnement d'un poste de soudure, le régime de courant est extrêmement variable et oscille constamment entre la marche en pleine charge et la marche à vide. Afin de caractériser ce régime de marche irrégulier et difficilement appréciable, on a eu recours à une notion spéciale: l'intervalle moyen de temps qui est employé, en tenant compte des interruptions de travail, pour faire fondre une électrode. C'est ainsi qu'un régime de deux minutes signifie la consommation d'une électrode toutes les deux minutes, soit 30 électrodes par heure. Ceci représente un régime très chargé, puisqu'il correspond à une consommation annuelle de plus de 75 000 électrodes pour un seul poste de soudure. Aussi choisirons-nous pour nos études des régimes plus faibles, soit de 3, 6 et 10 minutes.

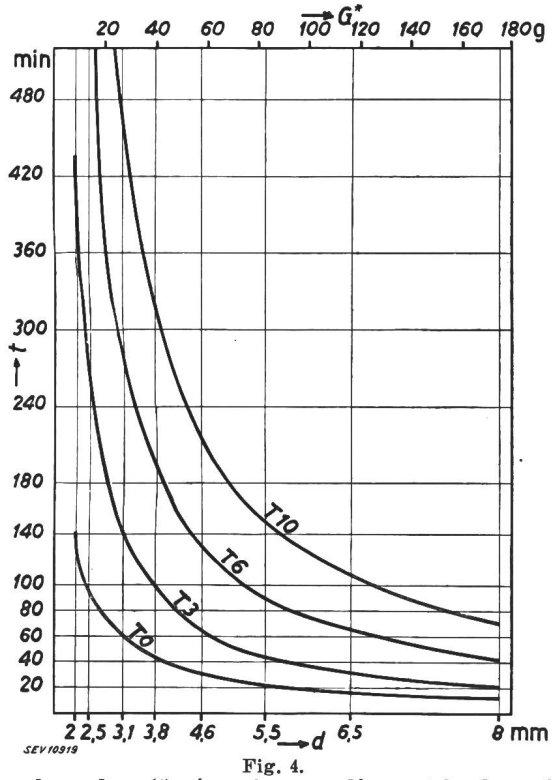

Fig. 4.
Temps de soudage (t) nécessaire pour déposer 1 kg de matière
T_0 durée de soudage proprement dite.
T_3, T_6, T_{10} durée de soudage au régime de 3, 6 et 10 min.

Dans le cas du soudage au courant alternatif, la consommation d'énergie électrique au régime de 3, 6 ou 10 minutes peut être déterminée au moyen des courbes W_3, W_6 et W_{10}.

Les courbes G_3, G_6 et G_{10} donnent ces consommations lorsque le soudage a lieu avec du courant continu.

L'écart de consommation entre le courant continu et le courant alternatif est plus fort pour les régimes moins chargés, en raison des pertes à vide

plus élevées des appareils à souder à courant continu. En effet, les pertes à vide des groupes convertisseurs sont environ 4 fois plus grandes que celles des appareils à courant alternatif.

Le diagramme fig. 3 donne le nombre d'électrodes nécessaire pour déposer 1 kg de soudure. Les pertes occasionnées par les bouts d'électrodes inutilisés ainsi que par les éclaboussures de matières en fusion ou les évaporations de fer, correspondent aux 20 % environ du poids de fil métallique des électrodes. Le genre de courant utilisé n'a pratiquement aucune influence sur ces pertes. Par contre, celles-ci sont plus grandes si l'appareil est de caractéristique mal approprié et provoque beaucoup d'éclaboussures.

La courbe n démontre nettement la grande influence du diamètre de l'électrode. Pour déposer 1 kg de soudure avec des électrodes de 8 mm, il faut 7 électrodes. Il en faudrait 145 avec des électrodes de 2 mm. Ces deux exemples représentent évidemment des cas extrêmes, mais même pour des dimensions intermédiaires très rapprochées, les différences peuvent être fort sensibles. Nous voyons par là combien le choix du diamètre des électrodes est important pour la suite de nos calculs.

Le diagramme fig. 4 indique le temps de travail nécessaire pour le dépôt de 1 kg de matière. Nous constatons à nouveau la grande influence du diamètre de l'électrode, mais aussi celle du régime de soudage, qui sont les deux éléments prépondérants. La courbe T_0 représente les temps de travail

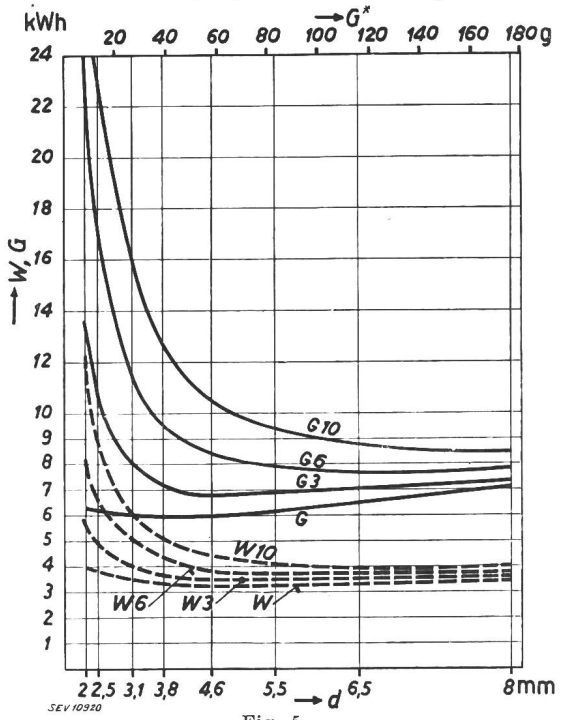

Fig. 5.
Consommation d'énergie pour déposer 1 kg de matière
G avec du courant continu.
W avec du courant alternatif.

proprement dit, c'est-à-dire sans interruptions; les courbes T_3, T_6 et T_{10} sont établies pour les différents régimes de 3, 6 ou 10 minutes. Selon les circonstances, il faut ainsi, pour déposer 1 kg de soudure, moins de 20 minutes ou plus qu'une journée de travail.

Le genre de courant électrique n'a aucune influence sur ces valeurs.

Le diagramme fig. 5 donne la consommation d'énergie nécessaire pour le dépôt de 1 kg de soudure, en fonction du diamètre des électrodes. La courbe W nous permet de déterminer cette consom-

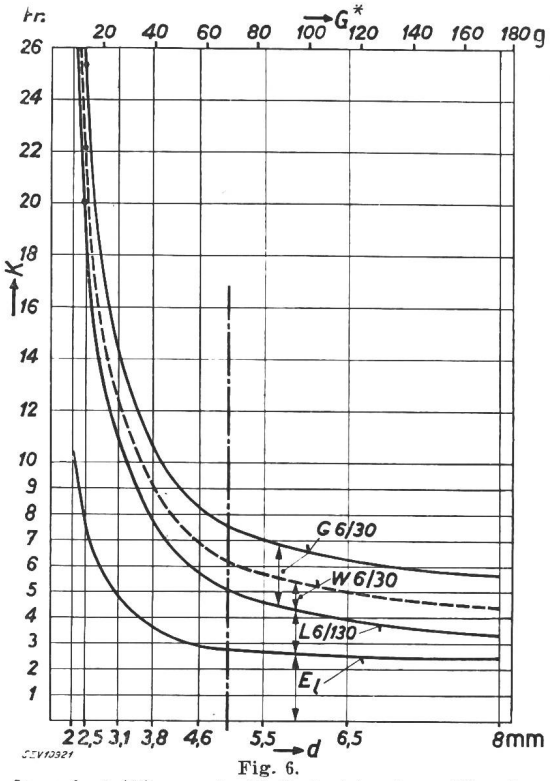

Fig. 6.
Prix de revient (K) pour le dépôt de 1 kg de matière dans le cas d'une petite entreprise (artisan)
E_1 Prix des électrodes.
L 6/130 Montant de la main d'œuvre + E_1.
W 6/30 Prix du courant + L 6/130 + E_1 = Prix total avec du courant alternatif.
G 6/30 Prix du courant + L 6/130 + E_1 = Prix total avec du courant continu.

mation dans le cas du courant alternatif et du régime de travail continu. La courbe G donne la consommation dans les mêmes conditions, mais pour le courant continu.

Nous retrouvons à nouveau une grande différence, suivant que l'on opère avec le courant alternatif ou le courant continu. Toutefois, on constate que les courbes sont presque indépendantes du diamètre des électrodes. Après réflexion, nous devons admettre que cela est bien naturel, puisque l'énergie nécessaire pour fondre 1 kg de fer est toujours la même, quelle que soit la grandeur des morceaux de fer contenus dans ce kilogramme. Théoriquement donc, ces courbes devraient être des droites parallèles à l'axe des abscisses; ceci n'est toutefois pas le cas, à cause du rendement différent selon les positions de réglage.

Les courbes W_3, W_6 et W_{10} donnent les consommations d'énergie lorsque l'on utilise le courant alternatif pour souder aux différents régimes de 3, 6 ou 10 minutes. Les courbes G_3, G_6 et G_{10} s'appliquent à la soudure au courant continu, dans les mêmes conditions. Ces courbes présentent une forme plus cintrée et varient davantage avec le diamètre des électrodes, à cause de l'influence des pertes à vide. Lorsqu'on dépose 1 kg de soudure à l'aide

d'électrodes de faible diamètre, il faut davantage d'électrodes, ce qui cause de nombreux arrêts en cours de soudage. L'écart de consommation entre les courants continus et alternatifs devient ainsi de plus en plus prononcé à cause de l'influence des pertes à vide.

Pour déposer 1 kg de soudure, il faut, en utilisant des électrodes d'un diamètre de 4,6 mm et en travaillant au régime de 6 minutes, 3,8 kWh de courant alternatif ou 8,4 kWh de courant continu. Par l'emploi d'électrodes de 2,5 mm, la consommation serait portée à 6,5 kWh pour le courant alternatif et à 16,5 kWh pour le courant continu. Par cet exemple, nous croyons donc avoir répondu clairement à la question posée au début de cet exposé: on ne peut réaliser aucune économie d'énergie quand on soude avec des courants de faible intensité.

Les graphiques établis jusqu'ici nous permettent maintenant de déterminer le coût des soudures. Les valeurs reportées au diagramme fig. 6 se rapportent à une petite installation de soudure d'une maréchalerie de campagne.

Nous avons admis que le prix du courant s'élève à fr. 0.30 le kWh et le salaire du soudeur à fr. 1.30 l'heure. Les électrodes du type SCW ont été comptées au prix d'avant-guerre et le régime de travail a été fixé à 6 minutes.

Toutes les valeurs se rapportent à 1 kg de soudure déposée. Quoiqu'il soit d'usage de faire les calculs pour un nombre donné d'électrodes consommées, ou pour une longueur donnée de cordons de soudure, nous avons pensé qu'il serait intéressant de baser notre étude sur le poids de soudure déposé. Cette méthode de calcul nous semble plus souple tout en étant plus claire et plus sûre.

Si nous connaissons le poids des cordons de soudure d'une ensemble soudé ainsi que le diamètre des électrodes employées, nous pouvons déterminer, à l'aide du diagramme de la fig. 6, le prix total de la soudure, ainsi que la façon dont il se compose.

Si nous exécutons par exemple un travail avec des électrodes de 3,8 mm, le prix du kilogramme de soudure déposée se décompose comme suit:

Coût total de la soudure	Fr. 9.—	en courant alternatif
ou	Fr. 10.60	en courant continu
Coût des électrodes	Fr. 3.60	
Salaire	Fr. 4.10	
Energie électrique	Fr. 1.30	en courant alternatif
ou	Fr. 2.90	en courant continu

Le graphique de la fig. 6 permet de constater facilement la grande différence qui peut se produire dans le prix d'une soudure; si, au lieu d'être exécutée avec une électrode donnée, elle est réalisée avec une électrode d'une dimension immédiatement supérieure ou inférieure.

Pour les petites installations, qui ne consomment guère des électrodes de plus de 5 mm, seule la partie du graphique située à gauche de la ligne mixte entre en ligne de compte.

D'une façon générale, on peut dire que pour les travaux exécutés par les artisans le coût de la main-d'œuvre et le coût des électrodes se tiennent à peu près la balance. Quant à l'énergie électrique, elle représente environ le 1/3 du prix des électrodes dans le cas du courant alternatif et environ les 3/4 dans le cas du courant continu.

La fig. 7 illustre les conditions prévalant dans les entreprises plus importantes. Pour celles-ci, le prix des électrodes est inférieur de 17,5 % aux prix indiqués précédemment, car leur grand débit leur permet d'obtenir des rabais de quantité plus élevés. Le salaire du soudeur peut être fixé à fr. 1.70. Cependant, lorsque l'ouvrier dispose d'un aide, comme cela est souvent le cas, il faut faire la somme des deux salaires horaires. L'énergie est comptée au prix de fr. 0.08 le kWh.

En faisant les mêmes hypothèses que dans le cas de la fig. 6, nous obtenons pour le prix du kilogramme de soudure déposée les résultats suivants:

Coût total de la soudure	Fr. 8.60	en courant alternatif
ou	Fr. 9.10	en courant continu
Coût des électrodes	Fr. 2.90	
Salaire	Fr. 5.30	
Energie électrique	Fr. 0.40	en courant alternatif
ou	Fr. 0.90	en courant continu.

Il résulte du graphique de la fig. 7, que pour un travail exécuté avec des électrodes de grand diamètre, le salaire et le prix des électrodes sont à peu près équivalents. Pour un travail exécuté avec de petites électrodes, la part du salaire est en re-

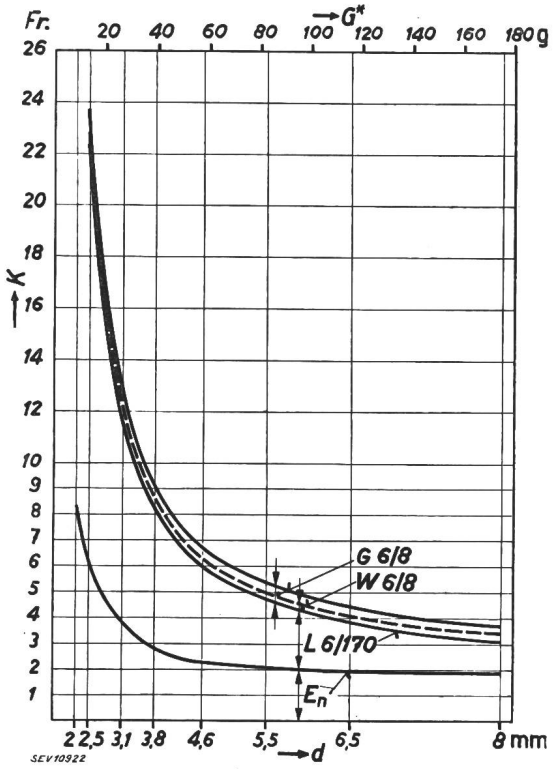

Fig. 7.
Prix de revient (K) pour le dépôt de 1 kg de matière dans le cas d'une grande entreprise

E_n Prix des électrodes
L 6/170 Montant de la main d'œuvre + E_n.
W 6/8 Prix du courant + L 6/170 + E_n = Prix total avec du courant alternatif.
G 6/8 Prix du courant + L 6/170 + E_n = Prix total avec du courant continu.

vanche plus considérable. Le prix de l'énergie électrique n'influence que faiblement le coût total de la soudure; néanmoins, une entreprise importante utilisant annuellement environ 500 000 électrodes et payant fr. 0.06 le kWh dépensera, pour l'énergie de soudure seule, environ fr. 5500.— si elle

soude au courant alternatif, ou environ fr. 12 000.— si elle soude au courant continu.

Les grosses soudures s'exécutent par couches successives au moyen d'électrodes de différentes dimensions; dans ce cas, il faut déterminer séparément pour chaque diamètre d'électrode le coût du kilogramme de soudure déposée et additionner ces résultats partiels pour obtenir le prix total.

Les deux graphiques des fig. 6 et 7 ne sont valables que pour des cas bien déterminés, mais chaque entreprise a la possibilité d'établir des graphiques semblables en tenant compte des conditions qui existent chez elle. En général, le prix du courant, le prix des électrodes et le salaire sont connus et il ne reste donc qu'à préciser le régime de travail, en minutes.

Il faudrait naturellement tenir compte encore des amortissements. Ceux-ci sont cependant tellement petits, si on les calcule par kg de soudure déposée, qu'ils ne modifient presque pas les courbes que nous avons établies. Il est plus simple de les inclure dans les frais généraux.

Exemple d'application

Les alternateurs de l'Usine hydro-électrique du Verbois

Pour terminer notre exposé, nous donnons quelques renseignements sur les alternateurs de l'Usine du Verbois qui ont été construits par la Société Anonyme des Ateliers de Sécheron à Genève.

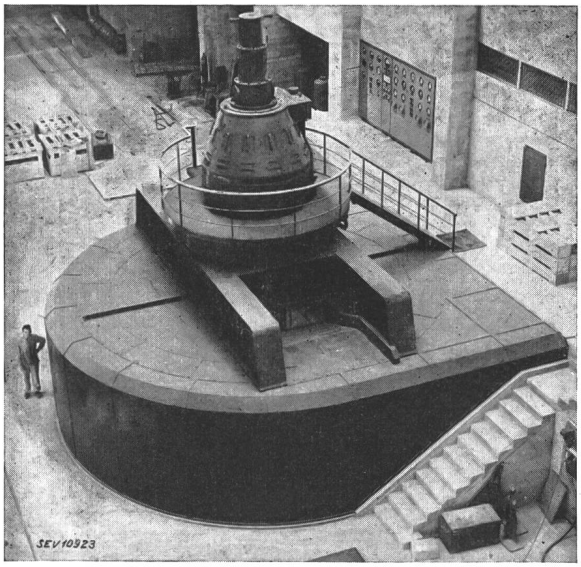

Fig. 8.
Vue du premier alternateur Sécheron installé à Verbois
(27 500 kVA, 18 kV, 136 t/min.)

La fig. 8 montre le premier alternateur du Verbois en service depuis le milieu de janvier 1943[1]). Sa puissance est de 27 500 kVA, sa tension de 18 000 V, sa vitesse de 136 tours/min. La machine complète pèse 282 t; elle mesure 8 m de haut et a un diamètre maximum de 8,8 m. Toute la construction est soudée électriquement. Les parties soudées pèsent ensemble environ 170 t, soit env. 60 % du poids total de l'alternateur.

[1]) Bull. ASE 1943, No. 2, p. 55.

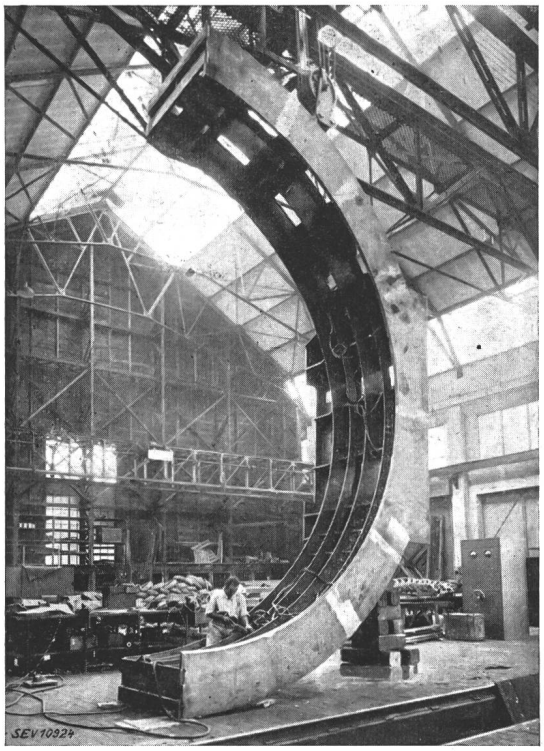

Fig. 9.
Demi-carcasse de stator

La carcasse du stator (fig. 11) pèse 23 t et le poids des cordons de soudure s'élève à 415 kg, soit le 1,8 % du poids de cet ensemble (fig. 9).

La fig. 10 montre la roue polaire chargée sur un char spécial et prête à être transportée à Verbois. Cette roue pèse 15,6 t et le poids de ses cordons de soudure s'élève à 380 kg, soit les 2,45 % du poids total de la pièce.

La fig. 12 montre une partie de la couronne polaire en cours de montage. La couronne entière est composée de 6 paquets d'anneaux et chacun de ceux-ci de 5 anneaux simples en tôle de 40 mm d'épaisseur. Ces anneaux eux-mêmes sont constitués de 9 segments assemblés entre eux par des soudures en forme de X. Ces soudures, qui constituent un

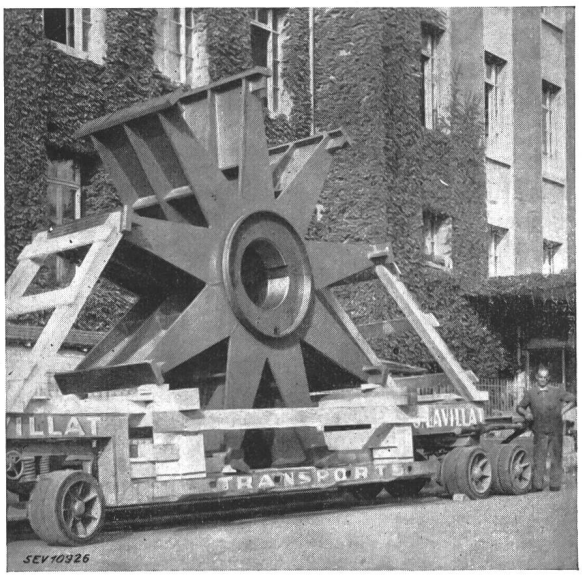

Fig. 10.
Roue polaire

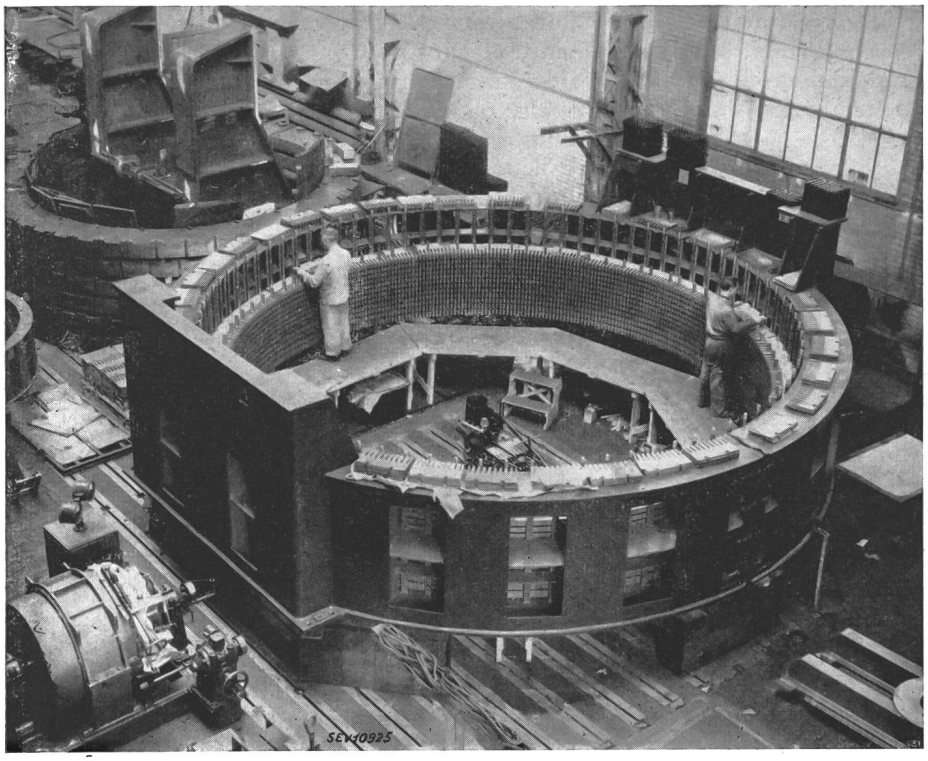

Fig. 11.
Empilage du stator

cordon d'une longueur totale de 154 m, ont toutes été examinées au moyen d'une installation de rayons X pouvant déceler les moindres défauts de soudure.

A notre connaissance, cette construction est nouvelle et constitue une innovation parfaitement réussie. Autrefois, la couronne aurait été exécutée en acier coulé et aurait dû être subdivisée en segments, pour faciliter le transport. Avec la solution adoptée, il a été possible de transporter par route et d'un bloc les paquets entiers d'anneaux; la distance de Sécheron à Verbois est de 17 km.

La couronne polaire complète pèse 84 t et le poids des soudures s'élève à 825 kg, soit le 0,98 % du poids de la pièce.

On aperçoit au premier plan de la fig. 13 le rotor terminé comportant l'arbre, la roue et la couronne polaire avec les pôles montés. Au centre du cliché on aperçoit le stator et, dans le fond, le bâti de fondation avec le croisillon destiné à supporter le palier inférieur. Ce bâti pèse 21 t, dont 560 kg pour les soudures, soit le 2,66 % du poids de la construction.

La fig. 14 montre le pont supérieur. Cette pièce supporte les parties tournantes, c'est-à-dire le rotor de l'alternateur, ainsi que la roue de la turbine, soumise à la pression hydraulique; cela représente une charge totale d'environ 560 t au milieu de la portée de 7 m. Les calculs préalables faisaient prévoir une flèche de 3,2 mm, alors que les essais en charge ont donné 2,98 mm seulement. Le poids du pont est de 20 t et celui des soudures de 650 kg, ce qui représente le 3,25 % du poids de la pièce.

Enfin, l'enveloppe extérieure de l'alternateur pèse 5300 kg et comporte environ 60 kg de cordons de soudure.

L'ensemble des parties soudées représente un poids global de 170 t comprenant 2900 kg de soudures, c'est-à-dire le 1,7 % du poids des pièces soudées ou encore le 1,03 % du poids de l'alternateur.

Le travail de soudure fut réalisé au régime moyen de 6 minutes. La consommation d'électrodes se répartit à peu près comme suit sur les différents diamètres:

460 kg avec des électrodes SCW No. 38
590 kg avec des électrodes SCW No. 46
1840 kg avec des électrodes SCW No. 55

Ces données nous permettent maintenant de déterminer au moyen des graphiques donnés précédemment les autres éléments qui nous intéressent. Nous trouvons ainsi:

Le nombre d'électrodes employées: 14 700 électrodes SCW 38, 13 000 SCW 46 et 27 500 SCW 55, soit en tout 55 200 électrodes.

Le prix de ces électrodes: Fr. 6700.—, valeur d'avant-guerre, ce qui ne représente pas même le 1 % du prix de l'alternateur. Même si les prix avaient aujourd'hui doublé, la dépense pour l'achat des électrodes resterait très supportable.

Le montant de la main-d'œuvre: Fr. 9500.— pour 5510 heures de travail. Ces chiffres ne comprennent toutefois pas le salaire des aides.

La dépense pour la consommation de l'énergie (courant alternatif): Fr. 560.—, avec un prix de base de fr. 0.05 le kWh.

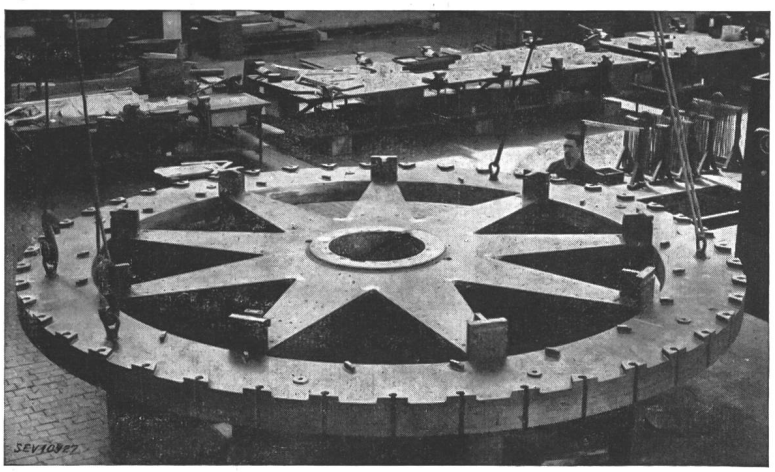

Fig. 12.
Montage des anneaux polaires

Nous pouvons également répondre maintenant à la question qui nous fut posée: «Combien de temps l'alternateur doit-il marcher pour qu'il produise le courant qui a été nécessaire pour souder ses diverses parties?»

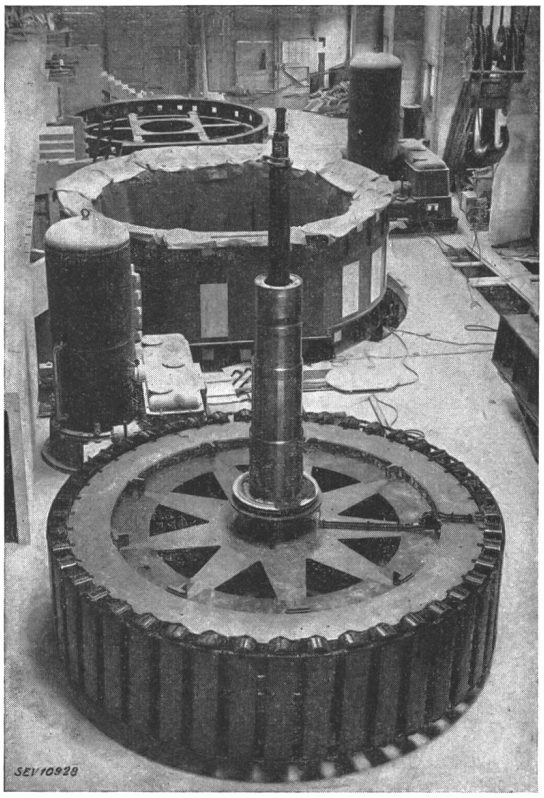

Fig. 13.
Diverses parties de l'alternateur au cours du montage

Nous savons que l'alternateur donne 22 000 kWh à l'heure et nous pouvons d'autre part déterminer à l'aide des graphiques ci-dessus l'énergie qui fut nécessaire pour ces travaux, soit 11 060 kWh. Donc 30 minutes de fonctionnement suffisent pour produire l'énergie employée.

A titre de comparaison, nous pouvons déterminer aussi le temps de fonctionnement nécessaire pour produire l'énergie qu'il aurait fallu pour souder la

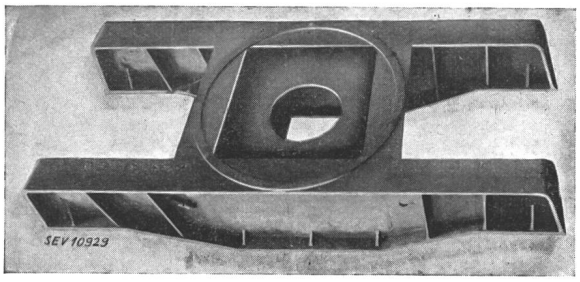

Fig. 14.
Pont supérieur

machine au moyen du courant continu. On obtient dans ce cas une consommation de 23 000 kWh et une durée de marche de 65 minutes.

En additionnant toutes les dépenses afférentes aux travaux de soudures exécutés sur cette machine, on arrive à une dépense totale d'environ fr. 17 000, ce qui ne fait pas même le 2 % de son prix de vente. Si l'on considère le rôle prépondérant qu'a joué la soudure à l'arc dans la réalisation de cet alternateur, on doit reconnaître que ce procédé d'assemblage constitue un grand progrès et qu'il est remarquablement bon marché.

Das „Elin-Hafergut"-Verfahren für die Dünnblechschweissung

Referat, gehalten an der Diskussionsversammlung des SEV vom 5. Mai 1943 in Basel,
von *H. Hauser*, Zürich-Oerlikon

621.791.75

Das «Elin-Hafergut»-Schweissverfahren, im folgenden kurz «EHV» genannt, ist eine Erfindung der Elin A.-G., Wien. Die Lizenz für die Schweiz ist von der Werkzeugmaschinenfabrik Oerlikon, Bührle & Co., Abt. Elektrodenfabrik, erworben worden. Nach längeren Versuchen, die zur Entwicklung einer Spezialelektrode sowie einer Standardeinspannvorrichtung führten, wurde das Verfahren in der Schweiz eingeführt, wo es in steigendem Masse in der Industrie Anwendung findet.

Le procédé Elin-Hafergut est une découverte de la S. A. Elin, de Vienne. La licence pour la Suisse a été acquise par la Fabrique de Machines-Outils d'Oerlikon, Bührle & Co., département de la Fabrique d'électrodes. Après de longs essais en vue de mettre au point une électrode spéciale et un dispositif de serrage standard, le procédé a été introduit en Suisse, où il est de plus en plus appliqué par l'industrie.

Das Verfahren besteht im Prinzip darin, dass die zu verschweissenden Bleche (Dicke 1...3 mm) stumpf aneinandergestossen, zwischen zwei Kupfer-

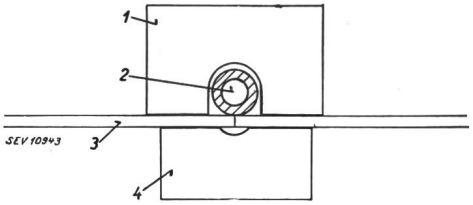

Fig. 1.
Das Prinzip des Elin-Hafergut-Verfahrens
1 Obere Kupferschiene.
2 Dickumhüllte Pressmantelelektrode.
3 Bleche stumpf zusammengestossen und geheftet.
4 Untere Kupferschiene.

schienen eingespannt werden, deren obere eine Nute zur Aufnahme einer dickumhüllten Pressmantelelektrode, die untere eine kleinere Rille zur Aufnahme des abgeschmolzenen Schweissmaterials zur Bildung der sog. Gegenraupe enthalten (Fig. 1).

In dem durch die Bleche und die obere Cu-Schiene gebildeten Kanal brennt die Elektrode automatisch ab.

Diese Anordnung hat folgende wesentliche Vorteile gegenüber der Handschweissung:

1. Richtung des Lichtbogens und damit Erzielung einer absolut gleichmässigen Naht.
2. Durchschweissung und Bildung einer Gegenraupe.
3. Das Verziehen der Bleche wird infolge der starken Pressung durch die Cu-Schiene auf ein Minimum beschränkt und eine nachträgliche Richtung der geschweissten Werkstücke ist deshalb meistens nicht erforderlich.
4. Die Schweissung erfolgt in dem Kanal unter fast vollkommenem Luftabschluss, somit unter Ausschluss von Stickstoff und Sauerstoff; deshalb sind die statischen und dynamischen Festigkeiten als hervorragend zu bezeichnen.

Das Verfahren wurde von der deutschen Erfinderfirma zuerst mehreren grossen Industrien in