c) Testing of welded joints

Objekttyp: **Group**

Zeitschrift: **IABSE congress report = Rapport du congrès AIPC = IVBH Kongressbericht**

Band (Jahr): **1 (1932)**

PDF erstellt am: **24.05.2024**

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.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

c) Contrôle des soudures.
Prüfung der Schweissnähte.
Testing of Welded Joints.

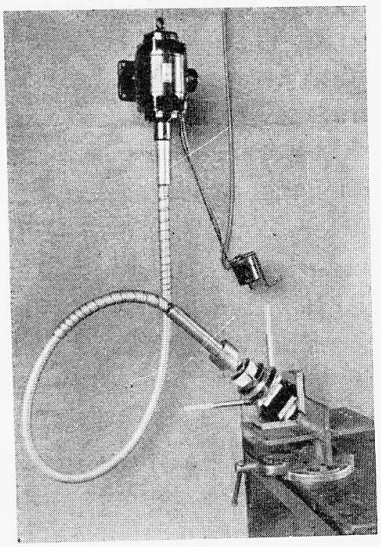
Dr. Ing. e. h. H. SCHMUCKLER,
Beratender Ingenieur, Berlin.

Prüfung der Schweissverbindungen am fertigen Stück.

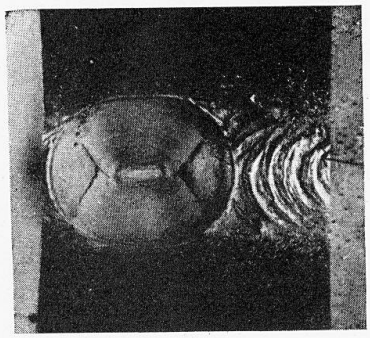
Prof. Godard erwähnt in seinem Referat als Prüfmethoden nur die durch Röntgenstrahlen und das Verfahren von Roux mit Hilfe von Eisenfeilspänen und einem zweiarmigen Elektromagneten.

Das letztere Verfahren hat sich im Stahlbau nicht eingeführt; im Kesselbau wird es mit mehr oder weniger Erfolg zur Vorprüfung benutzt.

Auch die Röntgenprüfung hat für den Stahlbau bisher nur geringe Bedeutung gewonnen. In erster Linie wegen der hohen Anschaffungs- und Betriebskosten,



1



2

Fig. 1. — Appareil pour le contrôle des cordons de soudure.
Prüfgerät für Schweissnähte. (D. R. P. a., Auslandspatente.)
Apparatus for testing welded joints.

Fig. 2. — Cordon de soudure fraisé et soumis à l'attaque, accusant de graves défauts de pénétration de la fusion.
Angefräste und geätzte Kehlnaht mit groben Einbrandfehlern.
Milled and etched fillet weld with bad penetration defects.

zum andern, weil es wegen der erforderlichen Vorkenntnisse nicht von jedermann benutzt werden kann. Schliesslich auch, weil es die Einbrandfrage nicht klarlegt.

Die Frage des Einbrandes ist aber viel wichtiger als Poren und kleine Schlackeneinschlüsse, die für die Festigkeit der Verbindung geringere Bedeutung haben.

Das gleiche wie für die Röntgenprüfung gilt auch für die von Herrn Lebrun erwähnten Gammastrahlen.

Die Versuche mit dem Stethoskop, die in Amerika Erfolg gehabt haben sollen, führten in Deutschland zu keinem Ergebnis.

Auch das Preisausschreiben der Zeitler-Stiftung Berlin auf ein Prüfgerät, hat keine neue Lösung des Prüfproblems gebracht.

Im Gegensatz zu Herrn Kopeček möchte ich darauf hinweisen, dass der äussere Befund einer Naht nicht genügt und leicht zu falschen Schlüssen führt, z. B. dann, wenn eine äusserlich gut erscheinende Naht keine Bindung und keine Durchschweissung in der Nahtwurzel zeigt.

Mein einfaches Prüfverfahren mit Anfräsung der Nähte und Aetzung der angefrästen Stellen, kann von jedem Ingenieur oder Meister zur Prüfung von Schweissnähten jeder Form angewendet werden. Hierzu dient der Spezialfräsapparat. (Abb. 1.)

Schon die Anfräsung an sich, die etwa 1/2 mm tief in den Mutterstoff eindringen soll, lässt die mehr oder weniger gute Bindung und die Durchschweissung in der Wurzel erkennen.

Ein deutlicheres Bild wird durch Aetzung mit einem makroskopischen Aetzmittel, z. B. Kupfer-Ammonium-Chlorid erreicht, da die verschiedene Färbung von Muttermaterial und Schweisstoff, die Verbindungslinie zwischen beiden klar hervortreten lässt. (Abb. 2.)

Das Verfahren ist, wie fast alle Verfahren der Technik, ein Stichprobenverfahren. Es genügt aber in der Praxis vollkommen.

Der Hauptzweck einer Prüfung ist es nicht, Fehler am fertigen Stück zu suchen, sondern sie bei der Ausführung zu verhüten. Dies geschieht, indem die Schweisser durch Stichproben dauernd unter Kontrolle gehalten werden.

Als Beispiele hiefür verweise ich auf die Dauerkontrolle der Schweisser bei der Schlachthofbrücke in Dresden, durch Herrn Stadtamtsbaurat Dr. Reinhold, mit meinem Prüfgerät, wodurch eine vorzügliche Schweissarbeit erreicht wurde und von 200 Prüfstellen nur 3 kleine Fehler aufwiesen. (Dr. Reinhold, « Die Elektroschweissung » 1932.)

Eine Zerstörung oder unzulässige Schwächung stellen die Anfräsungen in keinem Falle dar ; sie sind bei der Schlachthofbrücke offen geblieben und können zum Zwecke dauernder Ueberwachung mit durchsichtigem Lack überzogen werden. Im übrigen macht die Zuschweissung keinerlei Schwierigkeiten. Das Verfahren ermöglicht auch eine bessere Ausbildung der Schweisser und auf Grund der durch die Anfräsungen gewonnenen Erkenntnisse, eine Verbesserung der Arbeitsmethoden.

Traduction.

Dans son rapport, le Professeur Godard ne signale, comme méthodes de contrôle, que la méthode d'observation au moyen des rayons X et le procédé de Roux, qui fait appel à un électro-aimant à deux bras et à la limaille de fer.

Cette dernière méthode n'a pas été adoptée en construction métallique ; dans la construction des chaudières, elle est utilisée avec plus ou moins de succès à titre de contrôle préliminaire.

Le contrôle par les rayons X lui-même n'a pris que peu d'extension dans le domaine de la construction métallique. Ceci est dû, tout d'abord, au prix élevé

des installations et aux frais d'exploitation également élevés, puis au fait qu'il ne peut pas être utilisé par quiconque ne possède pas les connaissances préalables nécessaires. Enfin, il ne permet pas d'obtenir des renseignements précis en ce qui concerne la question de la pénétration de la fusion.

Cette dernière question est cependant beaucoup plus importante que celle des porosités et des petites inclusions de scories, qui ne présentent qu'une influence faible sur la résistance des assemblages.

Ce que nous venons de remarquer au sujet de la méthode d'examen par les rayons X s'applique également à l'examen par les rayons γ, signalée par M. Lebrun.

Les essais au stéthoscope, qui paraissent avoir eu quelque succès en Amérique, n'ont abouti en Allemagne à aucun résultat satisfaisant.

La mise au concours d'un appareil de contrôle, par les soins de la fondation Zeitler, à Berlin, n'a pas permis non plus d'apporter une solution neuve à ce problème du contrôle.

Contrairement à ce que pense M. Kopeček, je ne suis pas d'avis que l'aspect extérieur d'un cordon de soudure soit suffisant ; j'estime au contraire qu'il peut conduire à des conclusions erronées ; c'est le cas, par exemple, lorsqu'une soudure ayant un bon aspect extérieur ne présente pas un bon accrochage à la racine.

Ma méthode d'essai, d'ailleurs simple et qui consiste à fraiser les cordons et à faire une attaque à l'endroit du fraisage, peut être employée par tout ingénieur ou tout contremaître pour le contrôle des cordons de soudure de toute nature. On emploie à cet effet un appareil de fraisage spécial (figure 1).

Le fraisage, qui doit pénétrer dans le métal de base sur environ 1/2 mm, doit déjà par lui-même permettre de se rendre compte du plus ou moins bon accrochage dans la racine de la soudure.

On obtient enfin une indication sûre par attaque avec un réactif d'examen macroscopique, par exemple le chlorure de cuivre ammoniacal, car on peut ainsi mettre en évidence des teintes différentes caractérisant le métal de base, le métal d'apport et la zone d'accrochage entre les deux (figure 2).

Comme dans presque tous les procédés employés dans la pratique, il s'agit évidemment là d'un essai localisé. Il est toutefois parfaitement suffisant en pratique.

Le but principal d'un contrôle n'est pas de déterminer les défauts sur les pièces une fois terminées, mais surtout de permettre de les éviter en cours de fabrication. Ceci sera réalisé en soumettant le travail des soudeurs à un contrôle permanent pendant toute la durée de leur travail.

A titre d'exemple, je signalerai le contrôle permanent des soudeurs au cours de la construction du pont des Abattoirs de Dresde, contrôle qui a été effectué par le Dr Reinhold, Conseiller de la ville en matière de construction, au moyen de mon appareil ; on a pu obtenir ainsi un travail remarquable, dans lequel, sur 200 essais, on n'a constaté que 3 défauts de peu d'importance (Dr Reinhold, « Die Elektroschweissung », 1932).

Le fraisage ne provoque en aucun cas une destruction des pièces, pas plus qu'un affaiblissement inadmissible. Sur le pont de Dresde, les endroits fraisés n'ont pas été rebouchés ; pour permettre un contrôle permanent, on peut d'ailleurs les recouvrir d'un vernis transparent. Par ailleurs, le bouchage à la sou-

dure ne fait aucune difficulté. Le procédé permet également de pousser davantage la formation des soudeurs eux-mêmes et, grâce aux connaissances qu'il permet d'acquérir, d'améliorer également les méthodes de travail.

M. LEBRUN,

Administrateur-Délégué de la Société Secrom, Paris.

La question de l'examen interne des métaux sera toujours une des préoccupations majeures des constructeurs employant, soit de l'acier moulé, soit des pièces soudées, tant que l'on n'aura pas trouvé le moyen d'éviter les soufflures dans l'acier moulé, et tant que l'on ne sera pas sûr d'avoir des soudures absolument saines, exemptes de collages ou de porosités.

Le perfectionnement constant de la technique en matière de soudure autogène a donné de sérieux apaisements quant à la valeur de ce procédé d'assemblage

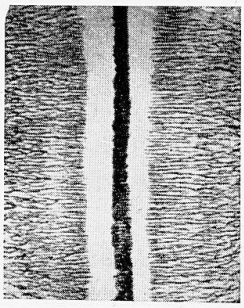


Fig. 1.

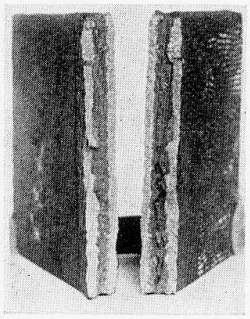


Fig. 2.

des métaux, mais l'acier moulé est resté sujet à caution. Des moyens de contrôle sont donc toujours nécessaires, ne serait-ce que pour ce métal.

Nous rappellerons brièvement ceux qui sont déjà en usage avant d'en arriver à la description d'une nouvelle méthode qui utilise le radium ou ses émanations.

Examen magnétographique.

L'examen magnétographique, imaginé il y a quelques années par M. Roux, Chef du Laboratoire de la Société « La Soudure Autogène Française », et Chef des Travaux pratiques à l'École Centrale des Arts et Manufactures, n'a encore reçu qu'assez peu d'applications.

Il consiste essentiellement à placer la pièce à essayer sur un électro-aimant. La pièce est ensuite saupoudrée de limaille de fer, et l'on arrive ainsi à déceler facilement certains défauts du métal.

La méthode de M. Roux n'est pas applicable à des pièces de très forte masse, tout au moins quand on utilise des électro-aimants facilement transportables. Telle qu'elle est, elle pourrait cependant rendre de très bons services pour la formation des soudeurs.

Ceux-ci ont tendance à croire que leur travail ne peut être contrôlé qu'en

cassant des éprouvettes dont ils soignent l'exécution d'une façon toute spéciale.

Il conviendrait peut-être qu'on les détrompât en leur enseignant l'existence d'essais « non destructifs » que l'on peut faire, non seulement sur des éprouvettes, mais aussi sur des pièces destinées à servir.

L'efficacité de la méthode magnétographique peut être mise particulièrement en valeur par l'examen d'une soudure double, c'est-à-dire exécutée sur un chanfrein en X.

La soudure a été mal faite intentionnellement. Elle n'intéresse pas toute l'épaisseur du métal, mais son aspect extérieur est parfait.

Soumettons-la à l'action de la limaille de fer. Nous voyons immédiatement apparaître au milieu de la soudure une ligne noire qui caractérise un grave défaut.

En cassant l'éprouvette, on vérifie que la partie centrale de la pièce n'a pas été soudée.

Il n'était pas besoin d'une rupture pour s'en convaincre. La limaille avait indiqué d'une façon précise l'étendue de la malfaçon.

D'autres exemples n'ajouteraient rien à la valeur d'une méthode de contrôle, que nous nous bornons simplement à rappeler à l'attention des techniciens.

Examen du métal au moyen des rayons X.

L'emploi des rayons X est antérieur à celui du spectre magnétique. Mais l'appareillage relativement compliqué qu'il exige, et l'impossibilité où l'on se trouve de le déplacer, en ont limité les applications.

En outre, les rayons X ont mauvaise réputation. L'exemple de nombreux radiologues qui ont dû subir amputations sur amputations n'est pas fait pour développer l'enthousiasme en faveur de cette méthode de contrôle.

Elle a, cependant, donné des précisions intéressantes sur certains défauts des soudures ou des pièces d'acier moulé, mais son application est limitée pratiquement à des pièces de 100 mm. d'épaisseur. Encore faut-il, pour arriver à les traverser, pouvoir disposer d'appareils extrêmement puissants.

Il est nécessaire pour ces fortes masses d'avoir des tubes de Coolidge à 200.000 volts et même davantage.

La longueur d'onde des rayons X est fonction inverse de la différence de potentiel aux bornes du tube de Coolidge. Elle varie, pour les applications industrielles, entre 1/1.000.000 et 1/10.000.000 de mm.

La perméabilité des métaux aux rayons X dépend de leur poids atomique et de leur épaisseur.

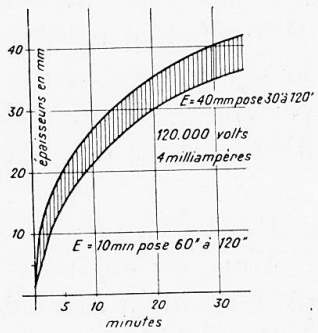


Fig. 3.

Il n'est, cependant, pas possible de fixer des limites de temps absolument précises pour l'examen d'un métal de densité et d'épaisseur connues. Le défaut que l'on cherche peut être plus ou moins accentué, et par suite faire augmenter ou diminuer la durée de la pose.

Il y a encore d'autres variables, comme la qualité des plaques photographiques destinées à enregistrer ce défaut, et dont l'influence est capitale.

Nous avons cherché à résumer entre deux courbes des résultats d'expériences.

L'examen d'une tôle de 10 mm. peut durer de 1 à 2', celui d'une tôle de 40 mm. de 30 à 120'.

Ces courbes correspondent à un courant de 4 milliampères sous 120.000 volts.

L'augmentation de la tension diminue la longueur des ondes et la durée d'examen des pièces à contrôler.

Des essais entrepris dans un laboratoire américain, dont nous allons parler, ont montré qu'avec 200.000 volts au lieu de 120.000, il suffisait de 40″ pour traverser 60 mm. d'acier. Mais, quelle que soit la tension adoptée, l'examen des pièces épaisses reste très difficile, car nos deux courbes tendent à devenir parallèles à la ligne des abscisses.

Même avec 200.000 volts, il faut 20 heures pour examiner une pièce de 100 mm d'épaisseur.

Examen au moyen du radium et des rayons Gamma.

Les difficultés pratiques résultant de temps d'exposition aussi longs pour les tôles épaisses et l'impossibilité où l'on se trouve de déplacer les appareils de contrôle, ont conduit le Capitaine de Vaisseau Oberlin, de la Marine Américaine, à faire entreprendre dans le Naval Research Laboratory, des essais d'examen des métaux au moyen des rayons Gamma, émanés du radium.

Ces essais ont été conduits par M. Mehl, Directeur de la Section de Physique de ce laboratoire, assisté par MM. Barrett et Doan.

On pourrait croire, en lisant la relation qui en a été faite dans le « Journal of the American Society on Naval Engineers », que l'emploi des rayons Gamma en métallurgie était, jusqu'ici, entièrement inconnu, Il n'en est rien. Mme Curie en avait déjà parlé, et avait même réalisé des expériences intéressantes. Le mérite des Américains est, cependant, réel. Il consiste surtout à avoir réalisé des choses pratiques, et établi des chiffres précis pour l'examen des métaux en fonction de leur épaisseur et de la distance de la source des rayons Gamma à la pièce à examiner.

Il nous a été tout particulièrement agréable de retrouver le nom du Capitaine de Vaisseau Oberlin dans cette affaire. Cet officier est d'origine alsacienne, Mme Oberlin est française, et nous n'avons eu qu'à nous louer de leur accueil lorsque nous avons visité, il y a près de deux ans, le chantier naval de Newport-News, où le Capitaine de Vaisseau Oberlin remplissait les fonctions d'Inspecteur des Machines.

Physique du radium.

Tous les éléments radioactifs, parmi lesquels le radium est le plus connu, présentent la caractéristique suivante :

Ils subissent une décomposition atomique et se transforment en d'autres éléments, dont les propriétés physiques et chimiques sont différentes.

Durant le passage d'élément à élément, des rayons divers sont émis, parmi lesquels on trouve les rayons Gamma qui ne diffèrent des rayons lumineux ordinaires ou des rayons X que par une longueur d'onde extrêmement courte et de l'ordre de 0,008 angström. Ils sont beaucoup plus courts que les radiations extrêmes du rayonnement X, réalisés industriellement, qui atteignent 1 angström (1/10.000.000 de mm.).

On a, cependant, construit des ampoules à 400.000 volts, dans lesquelles la

longueur d'onde des rayons X, si elle n'atteint pas encore celle des rayons Gamma, tend cependant à s'en rapprocher.

Cette émission de rayons Gamma s'effectue d'après le cycle suivant :

Le radium se transforme d'abord en une émission appelée radon, en émettant des rayons α constitués par des atomes d'hélium à charge positive double, se déplaçant très rapidement.

Le radon se transforme à son tour en radium B, puis en radium C, en émettant des rayons β et des rayons γ, les rayons β étant composés d'électrons très rapides.

Les rayons α et β sont inutilisables au point de vue radiographique et dangereux physiologiquement. On peut, heureusement, s'en préserver sans difficultés.

La vie du radium est presque illimitée, puisqu'au bout de 1600 ans le radium n'a perdu que la moitié de sa force d'émission en rayons α, β et γ.

Il n'en est pas de même du radon, pour lequel cette force d'émission a diminué de moitié en 4 jours environ.

On ne peut pas indiquer un temps total pour la conservation du radium ou de ses dérivés, car le décroissement de puissance s'effectue d'une façon logarithmique.

Quand le radium lui-même est utilisé comme source de rayons Gamma, il est enfermé dans des capsules en forme d'aiguilles, et l'on utilise un sel de radium, généralement le sulfate insoluble.

Le radon est un gaz se dégageant du radium. Quand on désire le préparer, le radium mère est mis sous forme de sel soluble dans une solution aqueuse. Le récipient contenant cette solution est relié au moyen de tubes à un dispositif de pompage et d'emmagasinement.

Chaque gramme de radium fournit de 150 à 180 millicuries par jour, suivant l'efficacité du pompage.

Le millicurie est la force d'émanation d'un milligramme de radium, duquel on n'a extrait aucune émanation.

L'opération de pompage ne présente aucune difficulté.

Quand l'émanation de radium a été extraite du radium, ce dernier est privé de son activité en rayons Gamma jusqu'au moment où il libère spontanément une nouvelle émanation.

En d'autres termes, la radioactivité du radium est transférée aux séries de capsules dans lesquelles on renferme le radon.

Le volume occupé par l'émanation de radium est très petit. Mille millicuries occupent seulement 0,6 mm^3. Le gaz peut donc être contenu dans des capsules très petites, ce qui est avantageux pour la radiographie.

Le radium et le radon émettant tous deux les rayons Gamma dont nous allons avoir besoin, quelle source d'émission convient-il de choisir ?

Si l'on dispose d'une certaine quantité de radium, la production journalière de radon sera suffisante pour tous les travaux à exécuter.

Si, au contraire, on ne dispose que d'une petite quantité de radium, 1/4 de gramme par exemple, on ne pourrait en extraire chaque jour que 45 millicuries, ce qui limiterait par trop les dimensions des pièces à examiner, comme le montre le tableau suivant :

Milligrammes de radium ou millicuries nécessaires pour l'examen d'une pièce en fonction de la distance de la source de rayons Gamma à la pièce.

Épaisseur à examiner	Distance en mm.							
	300		450		600		750	
	Ra m/mgr.	Radon millicuries	Ra m/mgr.	Radon millicuries	Ra m/mgr.	Radon millicuries	Ra m/mgr.	Radon millicuries
25	5,3	5,6	12,0	12,7	21,3	22,5	33,3	35,2
50	12,6	13,3	28,3	29,9	50,3	53,1	78,6	83
75	29,3	31,0	66,0	69,7	117,3	123,8	183,3	193,6
100	63,0	66,6	141,6	149,6	251,6	265,8	393,1	415,3
125	132,5	140,0	298,2	315,0	530,0	560,0	828,1	875,0
150	296,5	313,0	666,6	704,0	1185	1252	1852	1956

Temps d'exposition : 15 heures.

Le temps de pose est constant dans notre tableau, seule la quantité de radium en milligrammes, ou de radon en millicuries, a varié suivant l'épaisseur et suivant la distance de la source de rayons gamma à la pièce à examiner.

A puissance égale, il faudrait 45 fois plus de temps pour inspecter, avec les rayons gamma, une pièce de 150 mm qu'une pièce de 75 mm d'épaisseur.

Dans les mêmes conditions, dans le cas des rayons X, ce temps de pose serait 5.000 fois plus élevé pour 150 mm que pour 75 mm.

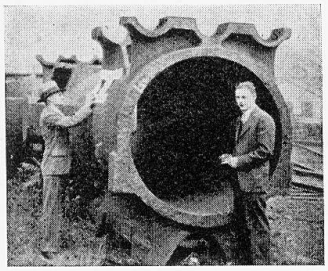


Fig. 4.

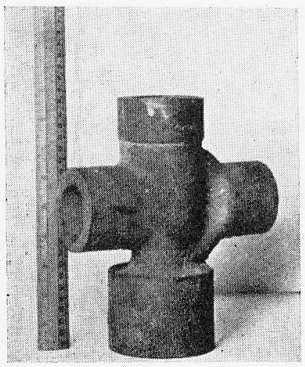


Fig. 5.

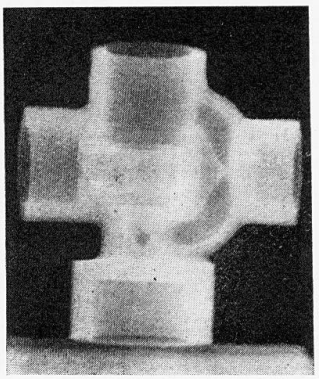


Fig. 6.

Exécution des radiographies.

Le radium ou le radon peuvent être indifféremment employés, comme nous venons de le dire. Le choix dépend uniquement de la quantité de radium dont on dispose.

Quand on se sert de radon, il est enfermé dans une capsule ayant les dimensions d'une cartouche de calibre 22. Dans le but d'absorber les rayons α et β, dangereux physiologiquement, et sans utilité pour la radiographie, la capsule est enfermée dans une enveloppe de cuivre, d'argent ou de platine, ces

métaux empêchant le passage des rayons nocifs, tout en laissant passer les rayons Gamma.

L'avantage d'une aussi petite source d'émission de rayons Gamma n'a pas besoin d'être expliqué.

Les photographies peuvent être faites en plaçant la capsule à l'intérieur d'une pièce.

L'émission des rayons Gamma étant sphérique, on peut aussi faire plusieurs photographies à la fois.

Sur la photographie qui représente une coulisse de canon en acier moulé

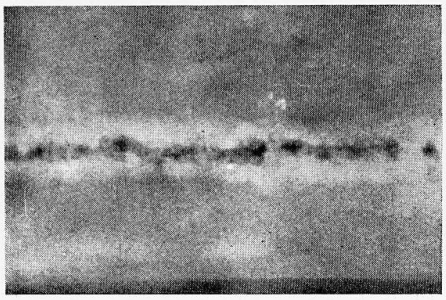


Fig 7.

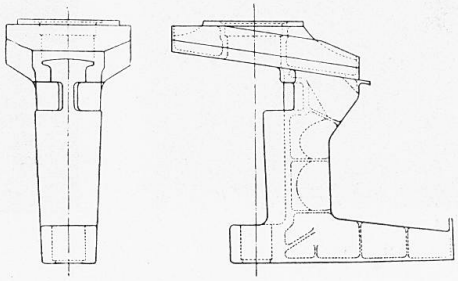


Fig. 8.

d'une épaisseur de 100 mm, on a pu impressionner 50 films d'un seul coup. Les images obtenues sont parfaitement nettes.

Voici maintenant une pièce de 250 mm de hauteur, avant et après radiographies.

Puis une soudure de 25 mm.

La soudure est poreuse, et tous ses défauts sont mis en évidence.

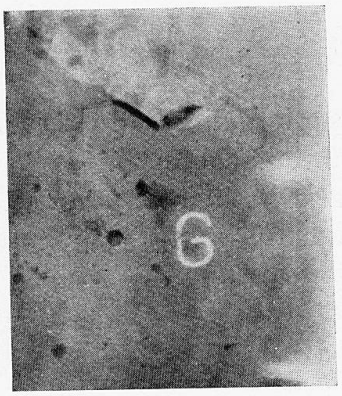


Fig. 9.

Fig. 10.

Fig. 11.

Le travail le plus intéressant qui ait été fait sous la direction du Capitaine de Vaisseau Oberlin est l'inspection de l'étambot en acier moulé du croiseur « Chester ». Cette pièce pesait 9 tonnes. Elle avait la forme de la *figure 8*. Des défauts s'étant révélés, on les avait réparés par soudure, mais un doute restait sur la qualité générale de la pièce.

Une inspection au moyen des rayons Gamma fut décidée et réalisée au moment du passage du « CHESTER » en cale sèche à Norfolk.

Nous donnons quelques-unes des 24 photographies qui ont été prises à ce moment-là et qui ont amené l'Amirauté Américaine au remplacement de la pièce.

Les photographies nos 10 et 11 sont continues, la même criqure s'y retrouve. Elle avait une longueur totale de 500 mm. Les points noirs correspondent à des soufflures. Les sections examinées avaient 37,5 mm. d'épaisseur.

La *figure 12* correspond à la radiographie de la figure 9. Elle représente la

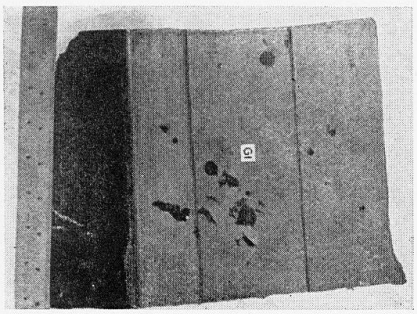


Fig. 12.

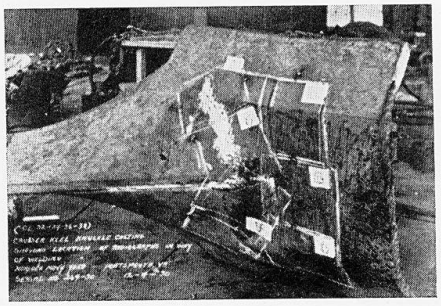


Fig. 13.

Fig. 14.

pièce coupée et confirme toutes les indications données par les rayons Gamma.

Les rayons Gamma furent également appliqués sur le même croiseur à l'examen d'une pièce de quille.

L'épaisseur de cette pièce variait de 62,5 mm. à 175 mm. La radiographie a été prise à l'endroit le plus épais. Elle indique la présence d'une crique très importante.

D'autres exemples n'ajouteraient rien à cet exposé.

H. MICHEL,

Directeur de la Soudure Électrique Autogène S. A. Arcos, Bruxelles.

La sécurité d'une construction soudée dépend en première ligne de la qualité des soudures et celle-ci, à son tour, dépend de nombreux facteurs.

Un certain nombre de ces facteurs peuvent être mesurés mathématiquement ; d'autres, au contraire, sont du domaine psychologique. Ce serait donc une erreur que de vouloir contrôler les soudures par une épreuve unique.

L'objet de la présente étude est d'établir une séparation entre les deux ordres de facteurs et de préciser pour chacun d'eux une méthode de contrôle indépendante.

Tout autre procédé empêche de déterminer l'origine d'un défaut éventuel.

1) Éléments dont les caractéristiques peuvent être déterminées mathématiquement.

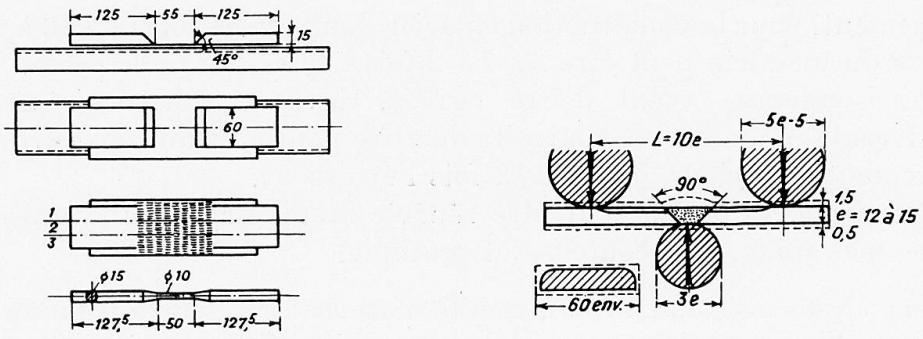
On peut déterminer par des moyens scientifiques et avec une grande précision, les caractéristiques propres des matériaux mis en œuvre, c'est-à-dire des soudures.

Remarque : Le matériau que nous avons à considérer n'est pas l'électrode, mais la soudure obtenue au moyen de cette électrode ; or, pour passer de l'électrode à la soudure, il faut faire intervenir l'ouvrier, c'est-à-dire, un élément dont les variations ne sont pas mathématiquement mesurables. Il en résulte que pour connaître vraiment les caractéristiques d'une soudure, il faut faire exécuter celle-ci par le meilleur soudeur possible et dans les meilleures conditions possibles sans aucune considération relative à la pratique industrielle. On obtiendra de la sorte la meilleure soudure possible, c'est-à-dire, un maximum maximorum, donnant véritablement les caractéristiques de la soudure dans les meilleures conditions possibles. Les ouvriers chargés de faire des éprouvettes seront des spécialistes. L'éprouvette ainsi obtenue sera une éprouvette de Laboratoire.

On procédera donc sur les électrodes à une épreuve d'agréation donnant les caractéristiques propres de la soudure obtenue dans les meilleures conditions.

1. Essai de traction :

La résistance à la traction doit se mesurer sur une éprouvette entièrement



1 2

Fig. 1.
Éprouvette de traction, type Arcos, avec prise d'allongement dans le métal de soudure.
Zug-Versuchskörper, Typus Arcos, Messung der Dehnung im Schweissgut.
Tensile piece, Arcos type ; measurement of elongation in the weld metal.

Fig. 2.
Éprouvette de pliage = Biegungs-Versuchskörper = Bending-test piece.

en métal déposé exécutée suivant le croquis ci-contre. La charge de rupture devra être comprise entre 45 et 52 kg/mm².

L'allongement entre les repères écartés de 50 mm. ne sera pas inférieur à 22 %.

Le produit AR ne sera pas inférieur à 1.000.

2. Essai de résilience :

On peut aisément réserver dans l'éprouvette ci-dessus une éprouvette de résilience qui, avec l'entaille Charpy doit donner au moins 7 kgm/cm².

2) Éléments dont les caractéristiques ne peuvent pas être déterminées mathématiquement :

Mise en œuvre :

Si les essais répondent aux prescriptions ci-dessus, les électrodes destinées au travail seront agréées et pourront être mises en œuvre. Il y aura lieu, à ce

moment, de procéder à une série d'essais pour contrôler les capacités des soudeurs.

Ces épreuves n'auront point pour but d'établir les caractéristiques mécaniques des électrodes, mais seulement de préciser dans quelle mesure les capacités des soudeurs s'approchent du maximum.

A cet effet, le soudeur démonstrateur exécutera une éprouvette de flexion suivant la fig. 2, en ayant soin d'utiliser des tôles d'acier à chaudière, de bonne qualité.

La pièce sera pliée sur un manchon cylindrique jusqu'à ce que les deux branches du pli soient parallèles.

Le diamètre du mandrin sera déterminé par l'expérience du soudeur-démonstrateur, selon la sévérité que l'on veut imposer à l'essai, mais toujours de manière à faire le pliage à 180°. Cet angle est, en effet, facilement mesurable. Il n'est d'ailleurs pas nécessaire de l'observer avec une précision mathématique attendu qu'il est démontré qu'à partir de 120° ce n'est plus la soudure mais seulement la tôle qui subit l'allongement.

Pratiquement, pour la construction en acier doux et des tôles de 10 à 15 mm., le diamètre du mandrin peut être égal à 2 fois l'épaisseur de la pièce.

Tous les soudeurs, avant d'être agréés, devront pouvoir répéter cette épreuve. Éventuellement, on pourrait admettre pour eux un diamètre de mandrin légèrement supérieur, soit 2-1/2 fois l'épaisseur.

L'épreuve susmentionnée peut être répétée inopinément au cours des travaux : elle est rapide, peu coûteuse et pratique.

Remarque : Nous insistons sur la nécessité d'usiner les soudures avant de faire cet essai de pliage. Nous rappelons, une fois de plus, qu'en effet nous n'essayons pas dans cette épreuve les caractéristiques des soudures, mais uniquement les capacités des ouvriers. En conséquence, il faut éliminer tous les éléments de variabilité dans les soudures, c'est-à-dire, les ramener à une épaisseur et à une surface uniformes.

Contrôle de l'exécution.

Tant qu'il n'existe pas d'appareil capable d'indiquer mathématiquement si une soudure est bonne ou mauvaise, il faut se garder d'employer, comme méthode de contrôle, un procédé dont les résultats ne seraient pas péremptoires. On pourrait, en effet, être entraîné ainsi à des conclusions tout à fait fallacieuses. A l'heure actuelle, le seul procédé efficace, justifié par dix ans de pratique, consiste à faire peser lourdement la responsabilité sur le constructeur. En conséquence, il faut tenir un journal de soudage, dans lequel on enregistrera systématiquement, les conditions d'exécution de chaque filet (date, nom du soudeur, électrodes et courant employé, observations diverses et toutes les conditions qui pourraient avoir une influence sur la soudure).

Outre que ce journal peut éventuellement servir à retrouver l'origine d'un défaut, il a sur l'ouvrier un effet moral très appréciable.

Le journal de soudage oblige en outre l'entrepreneur à faire un plan d'exécution très soigné en indiquant chaque soudure, son numéro d'ordre et ses dimensions. De cette manière, on astreint le personnel du bureau de calcul et de dessin à travailler avec précision et méticuleusement ; c'est encore une garantie de bonne exécution.

Résumé.

Les méthodes d'agréation pour les matériaux de soudure et pour leur mise en œuvre doivent être distinctes.

Pour les matériaux, on procédera à des essais mécaniques sur des soudures exécutées dans les meilleures conditions possibles, par le meilleur soudeur possible, de manière à préciser les meilleurs résultats mécaniques auxquels on peut arriver avec les électrodes considérées. Nous recommandons l'essai de traction avec prise d'allongement et éventuellement l'essai de résilience.

Pour les soudeurs, on procédera à de simples essais de pliage, sur des soudures ramenées à une forme et à des dimensions absolument précises, de manière à éliminer toute variable indépendante du soudeur.

Un journal de soudage sera tenu au cours des opérations.

Toute épreuve dans laquelle interviendraient simultanément l'habileté professionnelle, la forme, le volume et la disposition des soudures, ne convient pas à l'agréation d'un procédé.

Zusammenfassung.

Die Methoden zur Genehmigung der Schweissmaterialien und zur Verwendung derselben, müssen unterschieden werden.

Für die Materialien wird man zu mechanischen Versuchen an Schweissungen schreiten, die vom besten Schweisser und unter den denkbar besten Bedingungen ansgeführt wurden, um so die besten Ergebnisse, zu denen man mit betrachteten Elektroden gelangen kann, genau angeben zu können. Wir empfehlen den Zugversuch mit Messung der Dehnung und unter Umständen die Kerbschlagprobe.

Für die Schweisser wird man mit gewöhnlichen Biegeproben auf Schweissungen von absolut präziser Form und Abmessungen verfahren, um so jeden vom Schweisser unabhängigen Einfluss auszuschalten.

Während der Dauer der Arbeiten ist ein Schweiss-Protokoll zu führen.

Versuche, in denen gleichzeitig die handwerkliche Geschicklichkeit, die Form, das Volumen und die Anordnung der Schweissungen von Einfluss sind, eignen sich nicht für die Zulassung eines Verfahrens.

Summary.

The methods adopted for accepting welding materials and for using them must be distinguished.

For the materials, mechanical tests will be made on welds executed under the best possible conditions and by the best possible welder, so as to find the best possible results attainable with the electrodes under consideration. The tensile test with measurement of the elongation is recommended and possibly also the impact test.

For the welders, simple bending tests are made on welds of exactly definited shape and dimensions, so as to eliminate every factor not depending on the welder.

During the course of the operations, a continuous record of the welding is to be kept.

Tests which may be influenced by the skill of the welder, or by the shape, volume, and arrangement of the welds, are not suitable for investigating the possibility of accepting a method of welding.

d) Organisation des travaux de recherches.
Organisation der Forschungsarbeit.
Organisation of Research Work.

Dr. Ing. St. BRYLA,
Professeur à l'École Polytechnique, Lwów.

En 1930, j'ai exécuté plusieurs séries d'essais avec des assemblages soudés et rivés soumis à une charge préliminaire. Les éprouvettes rivées furent introduites dans des appareils d'essai, puis renforcées par soudure au laboratoire (fig. 1). La charge préliminaire fut appliquée de telle manière, que les tensions dans les rivets étaient à peu près égales aux tensions admissibles.

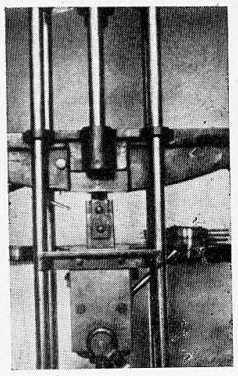


Fig. 1.

En ce qui concerne les résultats, on peut dire qu'il n'y avait qu'une petite différence entre les éprouvettes ordinaires (O) et les éprouvettes admettant une charge préliminaire (P). Toutefois elle existait.

Les éprouvettes P ont donné des résultats qui surpassaient les résultats obtenus avec des éprouvettes O, quoique la différence ne dépassait pas, en moyenne, 5 à 10 %. Néanmoins, dans certains cas, cette différence atteignait 20 %; dans d'autres cas elle n'existait pas; enfin, dans quelques cas exceptionnels, les résultats fournis par les éprouvettes P étaient inférieurs.

P. STURZENEGGER,
Direktor der Eisenbaugesellschaft Zürich.

Die Diskussion lässt erkennen, dass eine Reihe von Fragen des Schweissens im Stahlbau noch weiterer Versuche und theoretischer Verfolgung bedarf. Es ist zu prüfen, ob der bedeutsame Vorzug der Nietverbindung mit dem plastischen Verhalten des Baustahles bei örtlicher Ueberanstrengung auch für die Schweissverbindung gilt. Der Abklärung bedürfen : die Spannungsverteilung in der Schweissraupe in deren Querschnitt, wie die Kraftaufnahme in deren Länge, Form und Stärke der Schweissnaht, Bezugsgrösse der Berechnung von Kehlnähten mit Winkellot oder Kathete des Schweissdreiecks, Fe-