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

Band: 2 (1936)

Artikel: Das Schweissen von hochwertiger Stahlbewehrung "Roxor"

Autor: Brebera, A.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-2789

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: 02.07.2025

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

IIc 2

Das Schweißen von hochwertiger Stahlbewehrung „Roxor".

Le soudage de l'acier à haute résistance „Roxor".

The Welding of „Roxor" High Tensile Steel.

A. Brebera,
Ingenieur, Obersektionsrat im Ministerium für öffentliche Arbeiten, Prag.

Die Einführung des Roxor-Stahles[1] bedeutete einen großen Fortschritt in der stetigen Entwicklung des Eisenbetonbaues. Die sachgemäße Anwendung dieses hochwertigen Stahles als Bewehrungsmaterial im Eisenbetonbau, sowie die Erkenntnis der richtigen Herstellung von Qualitätsbeton ermöglichten die Ausführung von Eisenbetonbauten bedeutender, die Erzeugungslängen der Stäbe häufig überschreitender Spannweiten.

Jede Eisenbetonkonstruktion größerer Spannweite weist demnach eine bedeutende Zahl von Stößen der gezogenen Eiseneinlagen auf.

Bisher wurde der Stoß der Eiseneinlagen durch einfache Überlappung der Stäbe auf bestimmte Länge durchgeführt. Soll ein solcher Stoß voll wirksam sein, müssen die Einlagen von Beton umhüllt sein. Diese Betonumhüllung der Stäbe an den Orten der Stöße, sowie das Einbringen des Betons zwischen die Einlagen erfordert größere Abstände zwischen den Einlagen, demnach auch größere Balkenbreiten.

Die Vorschrift, daß der Überlappungsstoß bei Eisen über 32 mm Stärke nicht erlaubt ist, würde die Durchführung von Tragkonstruktionen größerer Spannweiten überhaupt unmöglich machen. Es war demnach notwendig eine andere Art von Stößen zu finden, welche die vollkommene Verbindung zweier Stäbe über den ganzen Querschnitt ohne Verschwächung ermöglicht.

Das Zusammenschweißen beider Stäbe allein hat die richtige Lösung dieser wichtigen Frage gebracht.

Die meisten der bestehenden Vorschriften für geschweißte Konstruktionen berücksichtigen als Bauwerkstoff nur Stähle mit normalen Festigkeiten. Für die Schweißung von Stählen höherer Festigkeiten, demnach auch für den Roxor-Stahl gibt es dagegen kaum Bestimmungen und es mußte daher diese Frage eingehend studiert werden.

Zur Erzeugung von hochwertigem Roxor-Stahl wurde im Vergleiche zu dem gewöhnlichen Baustahle C. 37 der Kohlenstoffgehalt nur wenig erhöht (bis auf 0,22 % C), dafür wurde er mit einigen Elementen wie mit Silicium (bis 0,90 %

[1] Vgl. Vorbericht S. 250.

Si), Mangan (bis 0,50 % Mn) und Kupfer (bis 0,50 % Cu) legiert. Der Schwefel- und Phosphorgehalt blieben normal.

Der so erzeugte Roxor-Stahl hat folgende mechanische Eigenschaften:

Streckgrenze mindestens . . . . . 38 kg/mm²,
Zugfestigkeit mindestens . . . . . 50 kg/mm²,
Dehnung mindestens . . . . . 20 %.

Äußerst wichtig für das Schweißen von Roxor-Stahl ist die Wahl der entsprechenden Elektrode. Die mit der gewählten Elektrode erzeugte Schweiße muß dabei in ihrer Qualität derjenigen des Grundwerkstoffes gleichkommen. Deshalb wurde die *Elektrode Arcos-Superend* angewendet, welche nach den von der Brückenbauabteilung des Ministeriums für öffentliche Arbeiten ausgearbeiteten „Besonderen Bestimmungen für das Schweißen von Stahlkonstruktionen" hinsichtlich der Streckgrenze, Zugfestigkeit, Dehnung und Kerbzähigkeit geprüft wurde. Das Ergebnis dieser Proben ist in Tabelle I zusammengestellt.

Tabelle I.

Güteproben des aufgetragenen Schweißgutes aus den Elektroden „Arcos-Superend".

	mindestens	durchschnittlich	höchstens
Streckgrenze in kg/mm²	40,7	49,7	56,4
Zugfestigkeit in kg/mm²	50,7	57,0	63,3
Dehnung ($l_0 = 5\,d$) in %	18,0	19,5	20,4
Kontraktion in %	29,9	39,2	50,1
Kerbzähigkeit (Mesnager) in mkg/cm² . .	5,0	6,6	7,9

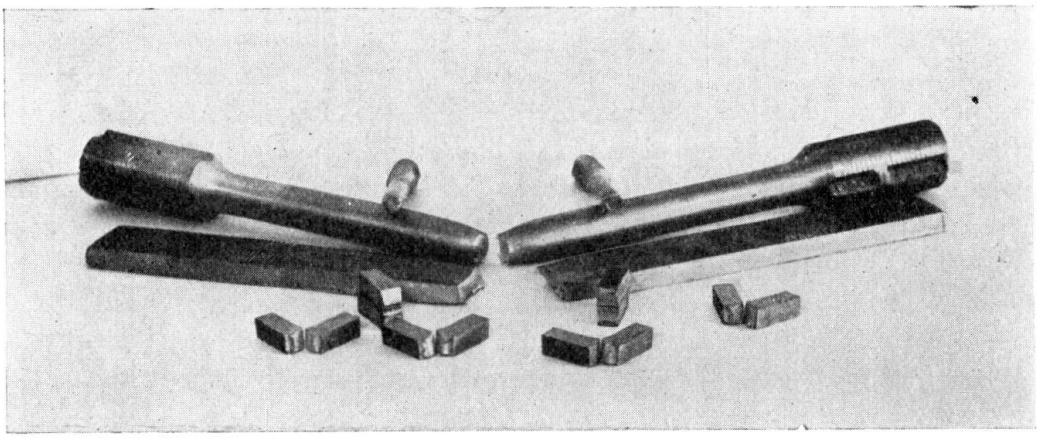


Fig. 1.
Proben des Grundmaterials.

Diese Werte beweisen, daß der zwischen zwei Bleche aus Roxor-Stahl abgesetzte Schweißwerkstoff dem Grundmaterial, dessen Qualitätsziffern samt den vorgeschriebenen Mindestwerten in der Tabelle II zusammengestellt sind, vollkommen gleichwertig ist (Fig. 1).

Tabelle II.

Güteproben des Roxor-Stahles.

	durchschnittlich	vorgeschrieben
Streckgrenze in kg/mm²	41,7	38
Zugfestigkeit in kg/mm²	58,5	50
Dehnung ($l_0 = 10\,d$) in %	22,6	20
Kontraktion in %	53,7	—
Kerbzähigkeit (Mesnager) in mkg/cm² . . .	11,0	—

Außer der Prüfung der Elektroden wurde die Zugfestigkeit der Schweiße an Probestäben bestimmt, die aus zwei 12 mm dicken, senkrecht zur Walzrichtung zusammengeschweißten Blechstücken aus Roxor-Stahl angefertigt wurden (Fig. 2).

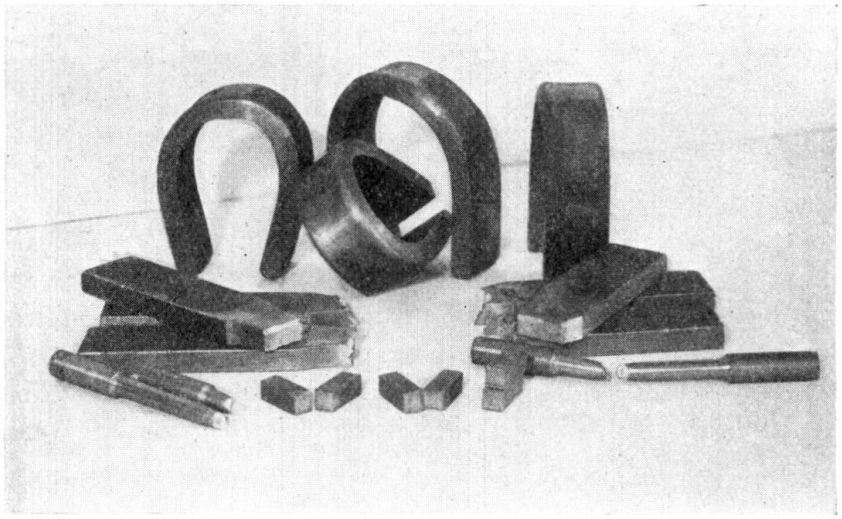


Fig. 2.
Schweißnahtproben.

Weiters wurde der Biegewinkel und die Dehnung der Randfasern der Schweißnaht bei „freier Biegung“ ermittelt. Diese Proben ersetzten gleichzeitig die Schweißerprüfung. Ihre Ergebnisse sind in der Tabelle III zusammengestellt.

Tabelle III.

Güteproben von verschweißten Blechen aus Roxor-Stahl.

	mindestens	durchschnittlich	höchstens
Zugfestigkeit in kg/mm²	50,5	59,8	65,7
Biegewinkel in °	180	180	180
Dehnung der Randfaser in %	16,0	18,8	22

Nach Beendigung dieser Proben wurde zum Schweißen der Bewehrungseisen aus Roxor-Stahl geschritten, welche zur Erzielung einer größeren Haftfestigkeit einen kreuzförmigen Querschnitt und an ihrer Oberfläche Querrippen besitzen.

Die Schweißproben wurden an Roxor-Stäben von 60 mm Durchmesser (das

ist des umgeschriebenen Kreises) vorgenommen, da dieser Durchmesser bei Brückenbauten größerer Spannweite am häufigsten benützt wird.

Nach erfolgter Abschrägung der Enden beider zu verschweißenden Stäbe, wurden die Stäbe zur Sicherung in ihrer gegenseitigen Lage in einer besonderen

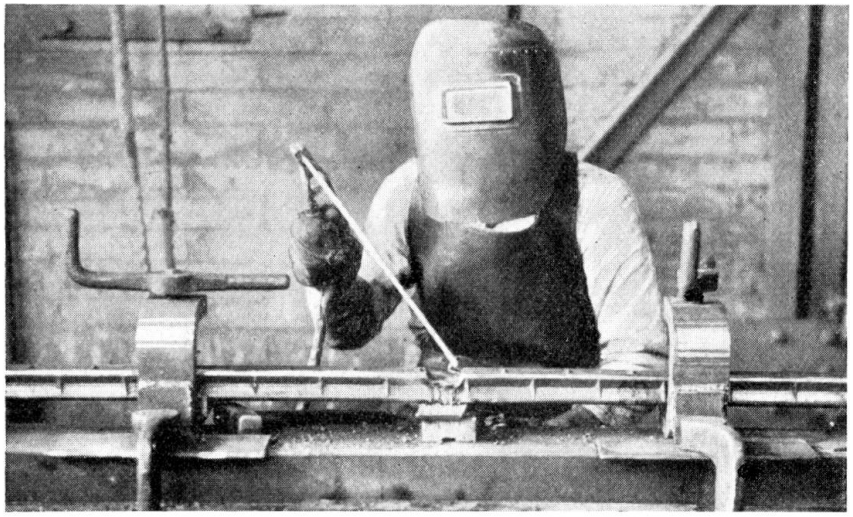


Fig. 3.
Zum Schweißen vorbereiteter „Roxor"-Stab.

Klemmvorrichtung (Fig. 3) eingespannt, worauf sie mit Elektroden Arcos-Superend durch eine V-Naht verschweißt wurden (Fig. 4).

Die Ergebnisse aller Zerreißproben der geschweißten Roxor-Stäbe, wobei die Schweißstellen unbearbeitet blieben, sind in der Fig. 5 graphisch veranschaulicht.

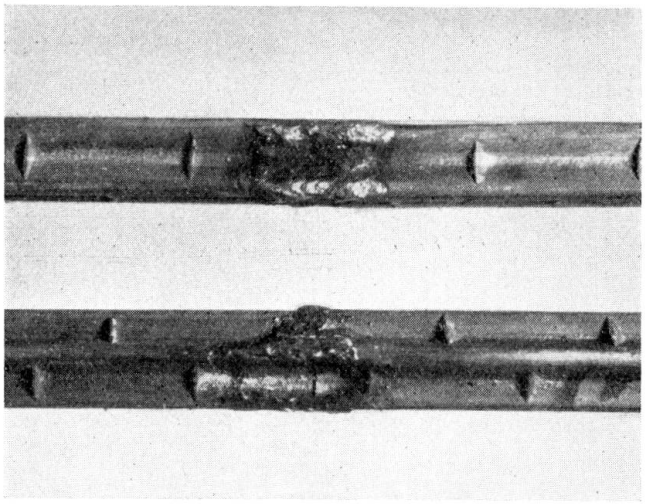


Fig. 4.
Geschweißte „Roxor"-Stäbe.

Die Durchschnittswerte der Proben sind mit ihren kleinsten und größten Werten in der Tabelle IV zusammengestellt. Der Bruch erfolgte bei allen Stäben außerhalb der Schweißstelle.

Tabelle IV.

Güteproben von geschweißten Roxor-Stäben.

	mindestens	durchschnittlich	höchstens
Streckgrenze in kg/mm²	39,4	40,1	40,6
Zugfestigkeit in kg/mm²	55,7	57,4	58,5
Dehnung ($l_0 = 11{,}3\sqrt{F}$) in %	22,8	26,1	28,5
Kontraktion in %	33,8	47,9	51,4
Biegewinkel in °	180	180	180
Dehnung der Randfasern in %	6,2	10,3	12,1

Damit beim Schweißen der Roxor-Stäbe auf der Baustelle zufolge der größeren Maße des Grundwerkstoffes die Wärme nicht rascher fortgeleitet wird als bei den Proben an verhältnismäßig kleinen Probekörpern und zufolge dessen in den Schweißstellen nicht Schwindrisse auftreten, waren die Probestäbe $2 \times 1{,}25 = 2{,}50$ m lang gewählt worden. Beim Schweissen wurde festgestellt, daß die Erwärmung der Stäbe nur ungefähr 0,5 m von der Schweiße weit reicht, was durch die verhältnismäßig große Querschnittsfläche der Probestäbe (17,34 cm²) leicht erklärlich ist.

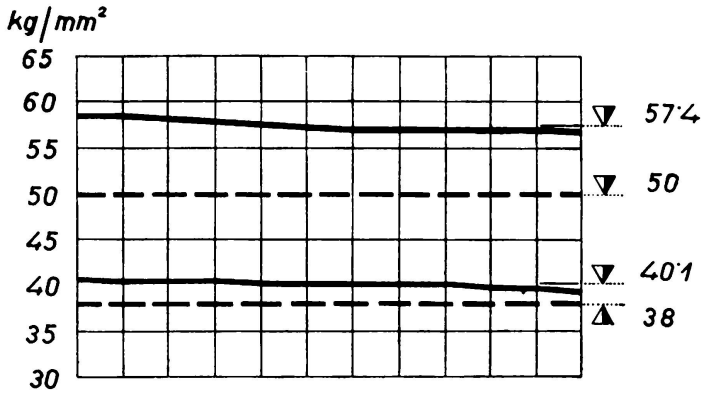


Fig. 5.
Ergebnisse der Zerreißproben geschweißter „Roxor“-Stäbe (Zugfestigkeit und Streckgrenze in kg/mm²).

Außer den Zerreißproben der geschweißten Roxor-Stäbe von 60 mm Durchmesser wurden auch Biegeproben geschweißter Stäbe (Fig. 6) in kaltem Zustande (bei freier Biegung) vorgenommen, welche sämtlich entsprochen haben. Zur Feststellung der Dehnung der Randfasern und des Verbandes des Schweißgutes mit dem Grundmaterial sind einige Stäbe vor der Biegeprobe an der Schweißstelle abgearbeitet worden. Die Ergebnisse der Biegeproben sind ebenfalls in die Tabelle IV eingetragen worden. Der lichte Innendurchmesser der Krümmung ist gleich dem fünf- bis sechsfachen Durchmesser des Roxor-Stabes.

Die Fig. 7 und 8 sind unvergrößerte und hundertfach vergrößerte, mit 2 % Lösung von Salpetersäure in Alkohol geätzte Gefügebilder des geschliffenen Längsschnittes durch einen geschweißten Roxorstab von 60 mm Durchmesser.

In Fig. 7 ist teilweise zwischen dem Grundwerkstoff und dem Schweißgut der Streifen des rekristallisierten Materials zu sehen. Die Ausseigerungen von Schwefel und Phosphor sind im Grundwerkstoff gleichmäßig und bilden keine Häufungen. Die Schweiße selbst ist von solchen Ausseigerungen frei.

Die weißen Kristalle in Fig. 8 sind praktisch reines Eisen (Ferit), die dunklen Flecken an ihrem Umfange Perlit (Ferit + Cementit Fe_3C). Das Gefüge des Roxor-Stahles ist durch kleine, gleichmäßig große, die guten mechanischen Eigenschaften des Materials bedingende Feritkörner ausgezeichnet. An der Über-

gangsstelle in das Schweißgut ändert sich allmählich das Gefüge und geht in das äußerst gleichförmige und feinkörnige feritische Gefüge der Schweiße über,

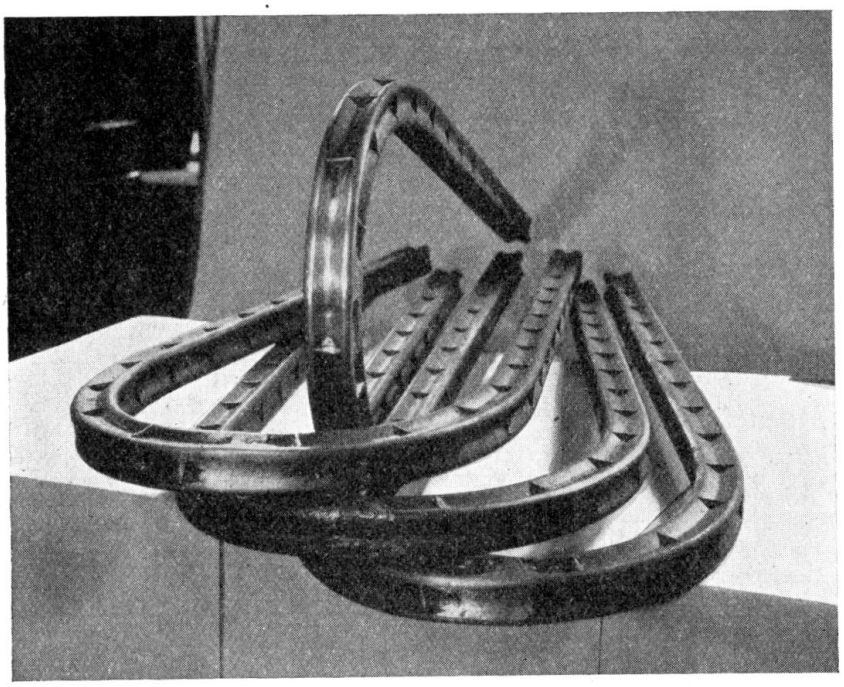


Fig. 6, Biegeproben geschweißter „Roxor"-Stäbe.

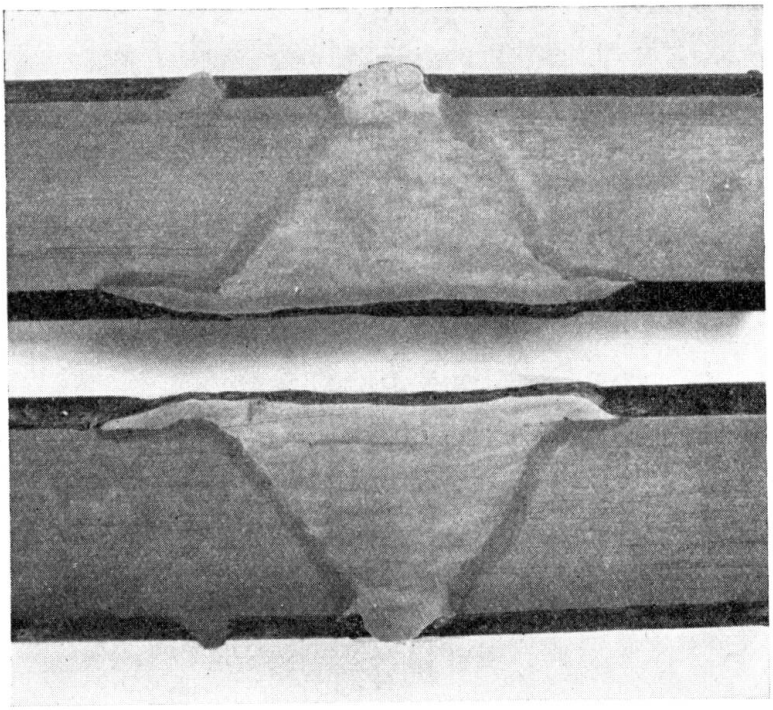


Fig. 7. Geschliffener und geäzter Längsschnitt durch einen geschweißten „Roxor"-Stab.

sodaß der Übergang vom Grundwerkstoff zum eigentlichen Schweißgut fast unmerkbar ist.

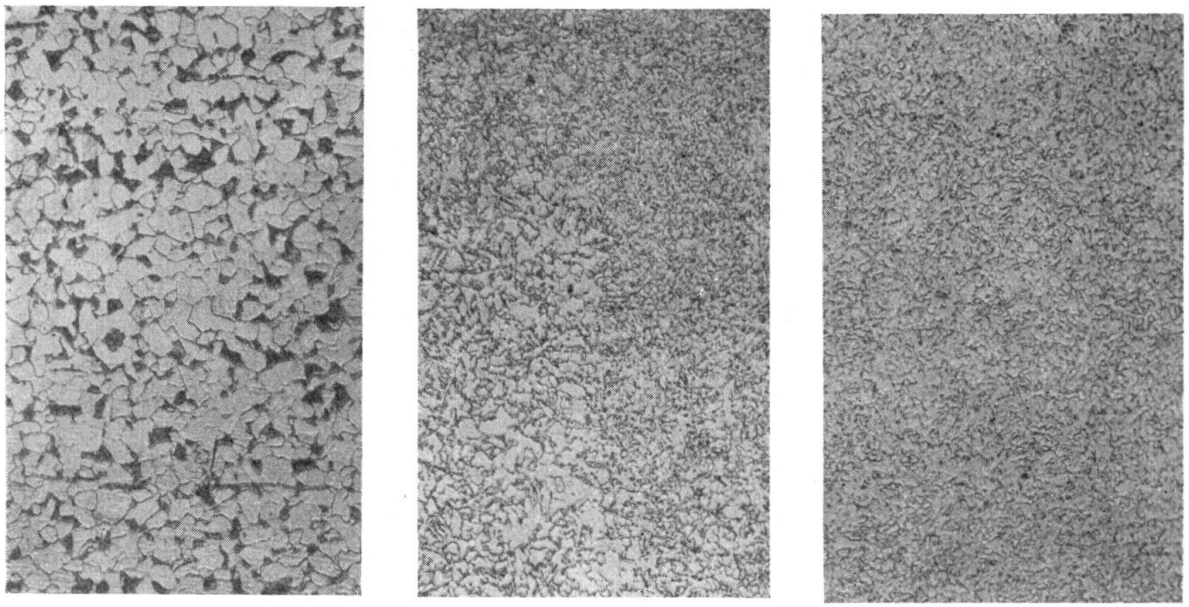
Die Änderung des Grundmaterials durch das Schweißen wurde außerdem

durch die Kugeldruckprobe nach *Brinell* unter Anwendung einer Kugel von 10 mm Durchmesser bei einem Druck von 3,000 kg bestimmt (Fig. 9). Bei einem Durchmesser der Kalotte

$$d < 4{,}80 \text{ mm ist dann } P = 0{,}345\ H \text{ und}$$
$$d > 4{,}80 \text{ mm } \qquad P = 0{,}342\ H,$$

worin bedeuten P = die Zugfestigkeit in kg/mm²,
H = die Härtezahl nach *Brinell* in kg/mm².

Aus der Tabelle V, in welcher die Ergebnisse dieser Probe zusammengestellt sind, ist ersichtlich, daß die Härte des unveränderten Grundwerkstoffes seiner



Grundwerkstoff Übergangszone Schweiße

Fig. 8. 100-fach vergrößertes Gefügebild eines geschweißten „Roxor"-Stabes.

bei den Zerreißproben ermittelten Zugfestigkeit entspricht. An den Übergangsstellen in die Schweiße ist eine Steigerung der Materialhärte in Zusammenhang mit der Änderung des Gefüges zufolge der Hitze des elektrischen Lichtbogens zu bemerken. Durch weitere Verfeinerung des feritischen Gefügekorns in der Schweiße steigt daselbst die Härte des Materials weiters an. Hiedurch erklärt sich auch die kleinere Dehnung in der Schweiße (durchschnittlich 10,3 %) gegenüber der Dehnung der Stäbe (durchschnittlich 26,1 %).

Tabelle V.

Einfluß des Schweißens auf Roxor-Stahl.

Zugfestigkeit		durchschnittlich
des Grundwerkstoffes in kg/mm²	55,5, 55,2, 56,7, 55,5, 55,2, 55,5	55,7
des Materials an der Übergangstelle in kg/mm² . .	58,7, 69,3, 68,0, 60,0	65,9
des Schweißgutes in kg/mm²	65,9, 66,6, 72,1, 67,6, 67,6	70,0

Auf Grund der günstigen Ergebnisse der durchgeführten Proben *können geschweißte Stöße von Roxor-Stäben grundsätzlich bewilligt werden,* ohne daß hiedurch der für die ungestoßenen Stäbe vorgeschriebene Sicherheitsgrad leidet. *Der Querschnitt geschweißter Roxor-Stäbe kann demnach auch an der Stoßstelle voll in Rechnung gestellt werden.*

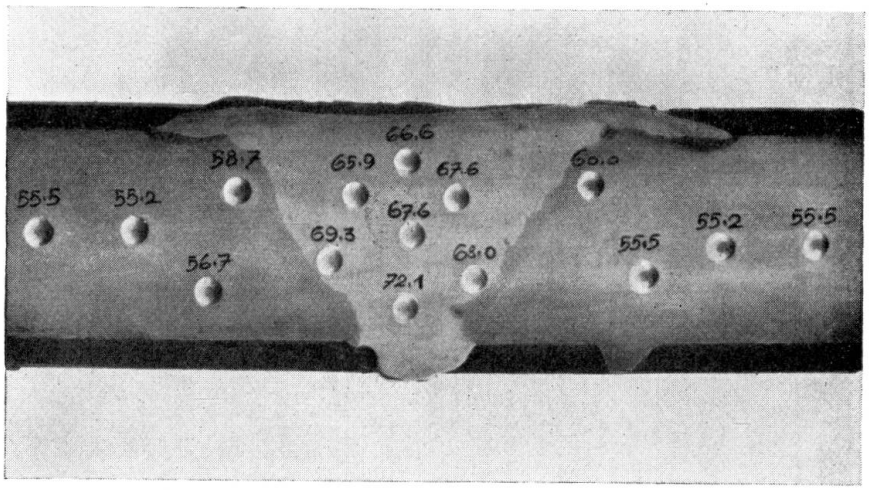


Fig. 9.
Kugeldruckprobe nach Brinell an einem geschweißten „Roxor"-Stab.

Das Schweißen der Roxor-Stäbe darf jedoch nur von den hiezu amtlich geprüften Schweißern und nur unter Anwendung der bei den beschriebenen Proben benützten Elektrode *„Arcos-Superend"* vorgenommen werden. Bei Anwendung einer anderen Elektrodenart müßten zuvor neue Proben durchgeführt werden.

Zur Vermeidung des Werfens geschweißter Stäbe zufolge des größeren Schwindens an der Oberfläche der V-Naht empfiehlt es sich, beide zu verschweißenden Stäbe mit einer kleinen Überhöhung in die Klemmvorrichtung einzuspannen.

Durch diese Proben wurden gleichzeitig wertvolle Erkenntnisse für das Verhalten auch anderer hochwertiger Stähle beim Schweißen, wie z. B. des Baustahles C 52, gewonnen.