

**DIE ANALYSE DES GEFÜGESTRUKTURS VON SCHIENENSTOßEN DURCH  
ULTRASCHALLPRÜFUNG**A.R. Ryzhova, E.K. Prokhorets

Wissenschaftlicher Leiter: Fr. Dr. E.K. Prokhorets

Wissenschaftliche Sprachbetreuerin: Fr. Dr. E.K. Prokhorets

Polytechnische Universität Tomsk, Russland, Tomsk, Lenin-Str., 30, 634050

E-Mail: [annalodo@yandex.ru](mailto:annalodo@yandex.ru)**АНАЛИЗ СТРУКТУРНОГО СОСТОЯНИЯ СТЫКА РЕЛЬСА УЛЬТРАЗВУКОВЫМ МЕТОДОМ**А.О. Рыжова, Е.К. Прохорец

Научный руководитель: к.п.н, доцент Е.К. Прохорец

Руководитель-лингвист: к.п.н, доцент Е.К. Прохорец

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г.Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: [annalodo@yandex.ru](mailto:annalodo@yandex.ru)

*Аннотация.* Статья посвящена анализу и оценке возможностей ультразвукового контроля структурного параметра материала – размера зерна в сварных стыках рельсов.

Увеличение одиночного выхода рельсов из строя в процессе эксплуатации говорит об ухудшении качества производимых рельсов. Поэтому необходима разработка новых методов контроля рельсов при выпуске и оптимизации процесса производства. Существующие методы контроля структурного состояния трудоемки и требуют больших материальных затрат. Наиболее перспективными являются прецизионные методы, основанные на определении скорости ультразвуковых волн в материале.

Таким образом, разработка и внедрение прецизионных акустических методов контроля качества металла рельсов, его структурного состояния является актуальной.

В работе был проведен обзор современных методов структуроскопии, экспериментально исследовано затухание ультразвуковых волн в основном материале и в сварных стыках рельсов.

Die Eisenschienen sind der teuerste und funktionswichtigste Bauteil des Gleisoberbaus. Besondere Aufmerksamkeit wird auf die Schweißstoßen gelenkt, weil sie die beanspruchteste Stelle des Eisenbahnwegs sind. Durch das Schweißen wird sich die Struktur geändert. Im Einzelnen vergrößert sich die Korngröße [1]. Die Eisenschiene wird im Stoß geschmeidiger, was die Hauptfehler hervorruft [2, 3]. Auf die Verbesserung der Prüfvorschriften des Gefügestructurs der Schweißstoßen wird die besondere Aufmerksamkeit gelenkt.

Die Strukturanalyse durch Ultraschallprüfung basiert darauf, dass die Ultraschallwellenauslöschung von der Korngröße des Metalls bei den unterschiedlichen Frequenzen beträchtlich abhängig ist.

Für die Beurteilung der Gesamtheterogenität der Struktur der Schweißnaht ist es genug, die Änderung der Amplitude des Signals auf der Länge der Schweißnaht bei der Sollfrequenz zu verfolgen [4].

Nach den Fachbuchdaten [5, 6] wurde die Amplitudenänderungs-Formel  $\Delta A$  (1) bei der Strukturprüfung mittels zwei Prüfköpfen bei den unterschiedlichen Frequenzen  $f$  abgeleitet. Nach der Formel unten ist die Amplitude von den ausgewählten Frequenzen und dem Korndurchmesser  $\bar{D}$  abhängig.

$$\Delta A = K \cdot \bar{D}^3 \cdot l \cdot (f_2^4 - f_1^4), \quad (1)$$

wo  $K = 174 \text{ dB/mm}^3 \cdot \text{m} \cdot \text{MHz}^4$ .

Die folgende Variante der Zuordnung der Frequenzen wurde gewählt: 2,5 und 5 MHz. Im Hinblick darauf, dass die aufnehmbare Korngröße 20-50 µm ist, wurde die Amplitudenänderung bei  $D = 20, 40, 60$  und  $80 \mu\text{m}$  gerechnet. Solcherweise ist die Korngröße gleich  $60 \mu\text{m}$  im Prüfbereich bei der Strukturprüfung mit den Prüfköpfen 2,5 und 5MHz und bei  $\Delta A=8 \text{ dB}$  (Tab.1).

Tabelle 1 – Die Amplitudenänderung ( $\Delta A$ ) bei den ausgewählten Frequenzen des Prüfkopfs, dB

Frequenzen $f_1; f_2$ MHz	Korngröße D, mm			
	0,02	0,04	0,06	0,080
2,5; 5,0	0,3	2,4	7,9	18,8

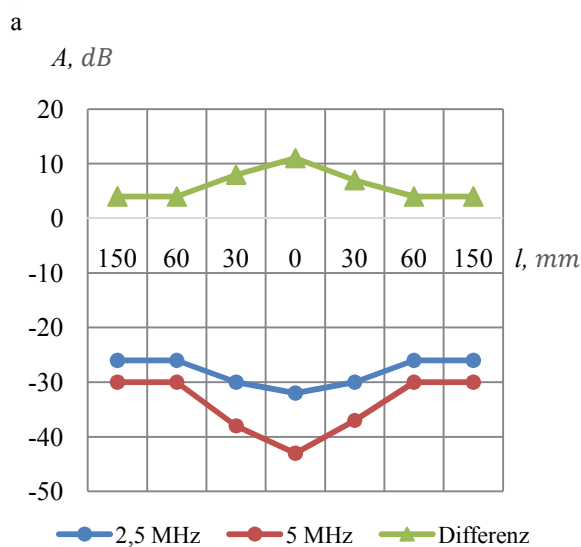
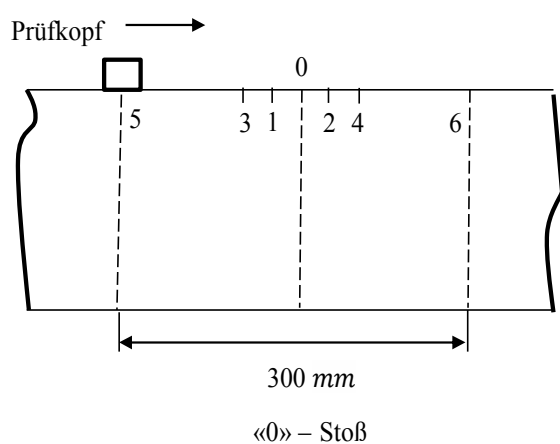


Abbildung 1 – Versuch im Schweißstoßbereich:  
a – die Meßschaltung der Rückwand; б – das Diagramm der Amplitudenänderung.

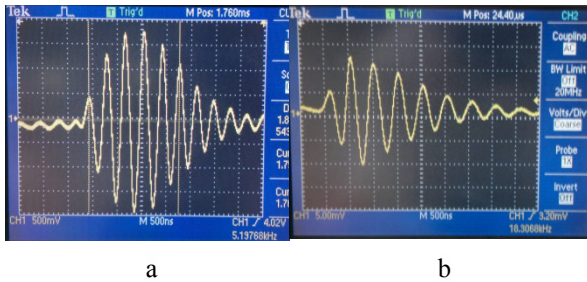
Weiter wurden einigen Versuche für die Bestimmung der Möglichkeit der Ultraschallprüfung der Korngröße in den Schweißstoßen der Eisenschiene vorgenommen.

Einer der Versuch liegt an der Amplitudenmessung an den Punkten mit dem Schritt  $30 \text{ mm}$ , wie am Schema gezeigt (Abb.1a). Nach den erhaltenen Angaben wurde das Diagramm, auf dem man die Abhängigkeit der Amplitudenänderung des Signals im Schweißstoßbereich zurückverfolgen kann, dargestellt (Abb.1b). Im Schweißstoß vermindert sich die Amplitude, was von der Steigerung der Schwächung zeugt. Das sagt auch von der Strukturänderung, und zwar Korngröße im Schweißstoß. Ein informativer Parameter ist auch die Amplitudenänderung, das heißt die Differenz der Angaben der Linie „Differenz“ im Schienenstoß und außer dem Schienenstoß. In diesem Versuch ist  $\Delta A$  gleich  $5 \text{ dB}$ . So ist die Korngröße gleich  $52 \mu\text{m}$ .

Es ist nicht auszuschließen, dass der akustische Kontakt von großer Wichtigkeit ist. Aus diesem Grund wurde der Versuchsplan im folgenden Versuch verändert.

Ein Prüfkopf, der auf den zwei Frequenzen das Signal erregt, wurde mit der Frequenz  $5 \text{ MHz}$  verwandt. Um zu bestimmen, ob die Frequenz des Prüfkopfs beim Schalten der Frequenz in den Einstellungen des

Prüfgeräts verändert, wurde das Oszilloskop verwandt. Auf der Abbildung 2a wird das Foto des Oszilloskopenschirms mit der Hülllinie des Echo-Signals



а б  
Abbildung 2 – das Foto des  
Oszilloskopenschirms mit der Hülllinie des Echo-  
Signals: a – 2,5 MHz; б – 5 MHz

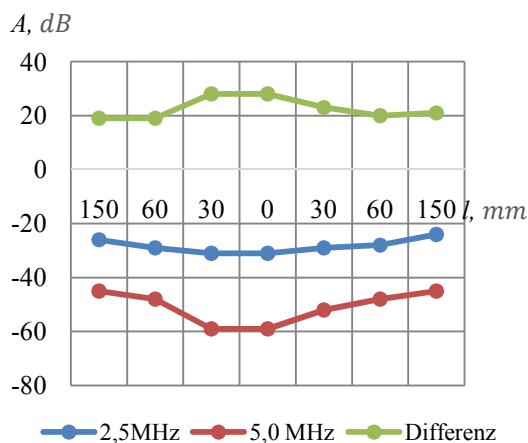


Abbildung 3 – Das Diagramm der  
Amplitudenänderung im Schweißstoßbereich

Der Hauptgrund ist schlechter Kontakt, auf den die Kontaktflüssigkeit und der Zustand der Schienekopfoberfläche den Einfluss nehmen. Bei dem guten Kontakt ist die Steigerung der Schwächung im Schweißstoß zu beobachten. Auch das zeugt von der Strukturänderung, und zwar Korngröße im Schweißstoß.

Einerseits ist die Ultraschallprüfung des Gefügestructurs des Schienenstahls durch die Differenz der Schwächung der Ultraschallwellen perspektiv und aktuell, andererseits findet heute keine große Anwendung nicht. Der Grund besteht darin, dass die Präzisionsbetriebsanlagen für die Prüfung fehlen. Die Entwicklung solcher Anlagen und die Einführung derer im Betrieb auch in der Prüfung lassen in naher Zukunft die Strukturanalyse durch Ultraschallprüfung vornehmen.

#### LITERATURHINWEISE

1. Göpel, W., Ziegler, C., Struktur der Materie: Grundlagen, Mikroskopie und Spektroskopie, Teubner Leipzig, 1994.
2. Дефекты и качество рельсовой стали: Справ. изд./ В.В. Павлов, М.В. Темлянцев, Л.В. Корнева и др. – М.: Теплотехник, 2006 – 218 с.: ил.
3. Классификатор дефектов сварных стыков рельсов 1.20.002 – 2008.
4. Krautkrämer, J.: Werkstoffprüfung mit Ultraschall. 5. überarbeitete Auflage. Berlin : Springer Verlag, 1986. – 669 S. – ISBN 978–3540157540.
5. Ultraschallprüfung - Beschreibung des Kalibrierkörpers Nr.1. In: Deutsche Norm DIN EN ISO 2400 (2013).
6. Ultraschallprüfung - Beschreibung des Kalibrierkörpers Nr.1. In: Deutsche Norm DIN EN 12223 (2000).

auf der Frequenz 2,5 MHz dargestellt. Auf der Abbildung 2a – auf der Frequenz 5 MHz. Es ist ersichtlich, dass das Signal verändert.

Der folgende Versuch wurde mit einem Prüfkopf, der auf den zwei Frequenzen das Signal erregt, direkt auf der Schiene vorgenommen. Durch die Linie „Differenz“ kann man die Korngröße bestimmen (Abb.3).  $\Delta A$  ist gleich 8dB. So ist die Korngröße gleich 61  $\mu\text{m}$ .

Nach den Ergebnissen der durchgeführten Versuche wurde bestimmt, dass die Frequenz des Echo-Signals bei der Verwendung eines Prüfkopfs, des auf den zwei Frequenzen das Signal erregt, verändert. Aber bei der Verwendung mehrerer Prüfköpfen auf der unterschiedlichen Frequenzen kann man die Abhängigkeit der Amplitudenänderung des Signals im Schweißstoßbereich selten zurückverfolgen