



**ООО «ЗВУК»**

Россия, Санкт-Петербург  
197342, Белоостровская ул., 17  
тел/факс:+7-812-5963402  
[www.ndtest.ru](http://www.ndtest.ru)

## **Способ неразрушающего контроля качества углеродных изделий**

*Nondestructive Technique of Testing  
Carbon Products Quality*

*Verfahren der zerstörungsfreien Prüfung  
der Qualität von kohlenstoffhaltigen Erzeugnissen*



## **Способ неразрушающего контроля качества углеродных изделий**

Способ неразрушающего акустического контроля физико-механических свойств углеродных изделий может эффективно применяться в электродной промышленности при производстве углеродных изделий, а также в отраслях, потребляющих эти изделия, таких как черная и цветная металлургия, химическая и абразивная промышленность и др.

Контроль по разработанному способу может быть использован для подбора комплектов изделий со стабильными физико-механическими характеристиками. Это обеспечивает идентичность свойств электродных изделий, применяемых, например, при монтаже и ремонте электролизеров, используемых при производстве алюминия, способствует повышению сроков их службы и позволяет существенно повысить технико-экономические показатели работы электролизеров.

Предлагаемый способ основан на использовании корреляционной связи скорости распространения акустических волн в материале углеродных изделий с его прочностными, структурными и другими электрофизическими и физико-механическими характеристиками. При контроле измеряют частоту собственных колебаний всех углеродных изделий и по ее значению по известным и специально установленным аналитическим зависимостям определяют скорость распространения акустических волн. Предельно допустимые значения скорости распространения акустических волн сопоставляют с предельно допустимыми значениями физико-механических или электрофизических характеристик части изделий, и затем забраковывают все изделия по результатам контроля скорости.

## **Nondestructive Technique of Testing Carbon Products Quality**

Nondestructive acoustic technique for testing physical and mechanical properties of carbon products can be efficiently used in the electrode industry for manufacturing carbon products or in industries where these products are utilized, such as ferrous and nonferrous metallurgy, chemical and abrasive industries.

The proposed technique may be used for selecting sets of electrode blocks with stable physical and mechanical properties, which ensures identical properties of electrode products used for lining and repairs of electrolytic pots, aids in prolonging their service life and contributes to improvement of technical and economical indices of the pot operation.

The proposed technique is based on the use of correlation between the acoustic wave velocity in the material of carbon products and its strength, structural and other electrophysical and physico-mechanical properties. In testing, natural frequency in all carbon products is measured, then, the acoustic wave velocity is determined from the obtained value and special analytical relationships. Upon doing so, the maximum permissible values and the acoustic wave velocity are compared with the maximum permissible values of physico-mechanical or electro-physical properties of a number of products. All products are then sorted out according to the velocity test results.

## **Verfahren der zerstörungsfreien Prüfung der Qualität von kohlenstoffhaltigen Erzeugnissen**

Das Verfahren der zerstörungsfreien akustischen Prüfung der physikalisch-mechanischen Eigenschaften der kohlenstoffhaltigen Erzeugnisse kann in der Elektrodenindustrie bei Herstellung der kohlenstoffhaltigen Erzeugnisse effektiv eingesetzt werden sowie in den Industriezweigen, wo diese Erzeugnisse zur Anwendung kommen (Eisenhütten — und Buntmetallindustrie, chemische Industrie, Produktion von Schleifmitteln usw.)

Die Prüfung nach dem entwickelten Verfahren kann zur Auswahl der Sätze der Erzeugnisse mit den stabilen physikalisch-mechanischen Eigenschaften angewendet werden. Dabei wird die Identität der Eigenschaften von Elektrodenerzeugnissen gesichert, die bei Montage und Instandsetzung der Elektrolyseure zum Einsatz kommen, sowie wird die Lebensdauer der Elektrolyseure erhöht. Das Verfahren ermöglicht die technisch-ökonomischen Kennziffern beim Betrieb der Elektrolyseure wesentlich zu erhöhen.

Das angebotene Verfahren beruht auf der Korrelationsabhängigkeit zwischen der Geschwindigkeit der akustischen Wellen im Werkstoff der kohlenstoffhaltigen Erzeugnisse und seinen Festigkeits-, Strukturgrößen sowie anderen elektrophysikalischen und physikalisch-mechanischen Eigenschaften. Bei der Prüfung wird die Frequenz der Eigenschwingungen aller kohlenstoffhaltigen Erzeugnisse gemessen und nach deren Auswertung wird mit Hilfe der bekannten und extra festgelegten analytischen Abhängigkeiten die Geschwindigkeit der akustischen Wellen bestimmt. Die zulässige Grenzwerte der Geschwindigkeit der akustischen Wellen werden mit den zulässigen Grenzwerten der physikalisch-mechanischen oder elektrophysikalischen Kenndaten für ein Teil der Erzeugnisse verglichen. Dann werden alle Erzeugnisse auf Basis der Ergebnisse von Geschwindigkeitskontrolle aussortiert.

В качестве примера на рисунке приведена экспериментально установленная зависимость прочности на сжатие образцов, вырезанных из анодных блоков, от скорости распространения акустических волн в этих блоках, определенной предлагаемым способом.

Частота собственных колебаний изделий различных форм и размеров может быть определена в широком диапазоне (от 100—300 Гц до 500—600 кГц) при помощи измерителей частот собственных колебаний. С помощью этих приборов можно, например, проконтролировать практически все разновидности электродных изделий, используемых при электролитическом получении алюминия: различного рода блоки катодных устройств, обожженные аноды, графитированные электроды и т. п. Использование при этом градуировочных таблиц и методик, разработанных для конкретных видов изделий, позволяет определять непосредственно константы упругих свойств материала изделий, такие как скорость распространения акустических волн (скорость звука), модуль нормальной упругости и др. По значениям констант можно судить об основных характеристиках изделий, определяющих их поведение при эксплуатации, и производить оперативный надежный контроль соблюдения технологического процесса изготовления углеродных изделий и его соответствия заданному регламенту.

Новый способ обеспечивает:

- проведение сплошного неразрушающего контроля углеродных изделий различной конфигурации практически любых габаритов;
- подбор комплектов изделий с идентичными или заранее заданными свойствами;
- надежный экспресс-контроль, особенно в условиях поточного производства;
- возможность автоматизации контроля путем создания специальных участков и линий контроля;
- возможность контроля на действующем технологическом оборудовании без значительных изменений существующей технологии изготовления, монтажа и ремонта электролизеров.

Shown in the Figure is an experimentally found relationship between the compressive strength of specimens cut from the anode blocks and acoustic wave velocity. In anode blocks determined by the proposed technique.

Natural frequency of products differing in shape and size can be determined within a wide range (from 100—300 Hz to 500—600 kHz) by means of natural frequency meters. These instruments make it possible to test practically all kinds of electrode products used in aluminum production by the electrolytic reduction method. The products include various blocks of pot cathodes, baked anodes, graphitized electrodes, etc. Calibration charts used in the tests and computed for particular products can be used to directly determine the material elasticity constants, such as the acoustic wave velocity (sound velocity), modulus of elongation, etc. By the values of these constants one can estimate the main characteristics of the products dictating their behavior during operation. It is also possible to perform a prompt reliable test of accuracy and stability of the carbon products manufacturing process and its conformity to the specified regulations.

The new technique ensures:

- complete nondestructive test of carbon products practically of any configuration and size;
- selection of sets of products with identical or specified properties;
- reliable proximate tests, in particular for in-line production conditions;
- possibility of automation of tests by organizing special test sections and lines;
- possibility of tests on existing process equipment without considerable changes in the existing manufacturing processes, lining and repairs of pots.

Auf der Abbildung ist die experimentell gefundene Abhängigkeit der Druckfestigkeit der Muster, die aus Anodenblöcken gestant werden, gegenüber der von dem angebotenen Verfahren ermittelten Geschwindigkeit der akustischen Wellen in Anodenblöcken angegeben.

Die Eigenfrequenz der Erzeugnisse verschiedener Gestalt und Abmessungen kann im breiten Meßbereich (von 100—300 Hz bis 500—600 kHz) mit den entsprechenden Meßgeräten ermittelt werden. Mit Hilfe dieser Eigenfrequenzmesser können praktisch alle Arten der Elektrodenerzeugnisse geprüft werden, die bei der elektrolytischen Herstellung von Aluminium zur Anwendung kommen: verschiedene Blöcke der Katodeneinrichtungen, vorgebrannte Anode, graphitierte Elektroden usw. Die Verwendung der Eichtabellen, die für die konkreten Erzeugnissearten unter Einbeziehung von Rechnermaschine aufgestellt sind, ermöglicht die Konstanten der elastischen Eigenschaften des Erzeugniswerkstoffes wie Geschwindigkeit der akustischen Wellen (Schallgeschwindigkeit), Elastizitätsmodul usw. direkt zu bestimmen. Auf Grundlage der Konstanten kann man über die Hauptkenndaten der Erzeugnisse bezüglich ihrer Betriebsverhalten Schlußfolgerungen ziehen. Es läßt sich auch operative zuverlässige Prüfung der Genauigkeit und der Stabilität des technologischen Verfahrens zur Herstellung der kohlenstoffhaltigen Erzeugnisse und seiner Übereinstimmung mit der vorgegebenen Vorschrift durchführen.

Das neue Verfahren gewährleistet:

- Durchführung der durchgehenden zerstörungsfreien Prüfung der kohlenstoffhaltigen Erzeugnisse verschiedener Gestalt und beliebiger Abmessungen;
- Auswahl der Erzeugnissesätze mit gleichen oder vorgegebenen Eigenschaften;
- zuverlässige Schnellanalyse besonders bei fließender Fertigung;
- Möglichkeit der Automatisierung der Prüfung durch Schaffung der speziellen Prüfstrecken und Kontrollstellen;
- Möglichkeit der Prüfung bei laufenden technologischen Ausrüstungen ohne wesentliche Änderungen in der vorhandenen Fertigungstechnik, bei Montage und Instandsetzung der Elektrolyseure.

## Технические характеристики контролируемых изделий

Размеры контролируемых изделий, мм:

длина	10—3800
ширина	10—700
высота	10—600

Скорость распространения акустических волн

в материале углеродных изделий, м/с 1500—4500

Для проведения контроля крупногабаритных изделий длиной 250—3800 мм могут быть использованы, например, выпускаемые ООО «ЗВУК» сертифицированные измерители частот собственных колебаний «Звук-203М» с диапазоном частот от 0,1 до 17 кГц. Для контроля образцов, используемых для определения физико-механических и электрофизических свойств изделий, а также миниатюрных и малогабаритных изделий, длиной 10-250 мм могут быть использованы также сертифицированные и выпускаемые ООО «ЗВУК» измерители частот собственных колебаний «Звук-130» с диапазоном измерения частот 10-500 кГц. Время контроля не более 60 с.

## Specifications on Products to Be Tested:

Dimensions of products under test,

mm:	
length	10—3800
width	10—700
height	10—600

Acoustic wave velocity in carbon products material,

m/s 1500—4500

Testing is carried out by means of natural frequency meters with measurement range from 0.1 to 17 kHz (for example, the certificated device «Zvuk-203M», ООО «ЗВУК») for large-sized products, 250—3800 mm long, and from 5 to 500 kHz (for example, the certificated device «Zvuk-130», ООО «ЗВУК») for minute and small-sized products and specimens, 10—250 mm long. The test time does not exceed 60 s.

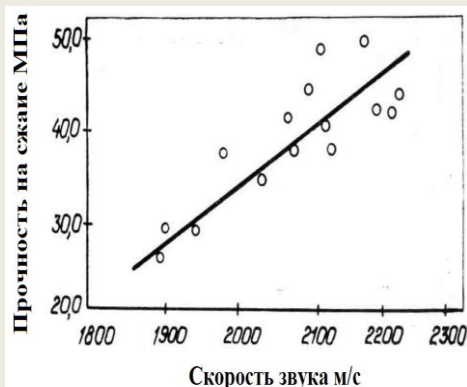
## Technische Daten der zu prüfenden Erzeugnisse

Abmessungen der zu prüfenden Erzeugnisse, mm;

Länge	10—3800
Breite	10—700
Höhe	10—600

Geschwindigkeit der akustischen Wellen im Werkstoff von kohlenstoffhaltigen Erzeugnissen, m/s 1500—4500

Die Prüfung erfolgt mittels Eigenfrequenzmeßgeräte im Meßbereich von 0,1 bis 17 kHz (z. B. das zertifizierte Gerät «Zvuk-203M», ООО «ЗВУК») für die großen Erzeugnisse mit Länge von 250 bis 3800 mm und im Meßbereich von 5 bis 500 kHz (z. B. das zertifizierte Gerät «Zvuk-130», ООО «ЗВУК») für die Miniatur- und kleinen Erzeugnisse und Muster mit Länge 10—250 mm. Prüfungszeit höchstens 60 s.



Взаимосвязь прочности на сжатие и скорости распространения акустических волн (скорость звука)

Relationship Between Compressive Strength and Acoustic Wave Velocity (Sound Velocity)

Relation Druckfestigkeit/Geschwindigkeit der akustischen Wellen (Schallgeschwindigkeit)

Прочность на сжатие, МПа — Compressive Strength, MPa; Druckfestigkeit, MPa  
Скорость звука, м/с — Sound Velocity, m/s; Schallgeschwindigkeit, m/s