

Neutronenfluenzmessung

Teil 3: Bestimmung der Fluenz schneller Neutronen mit
Nickel-Aktivierungsdetektoren

DIN

25456-3

ICS 17.240

Ersatz für
Ausgabe Mai 1990Neutron fluence measurement — Part 3: Fast-neutron fluence
determination with nickel activation detectorsMesure de la fluence neutronique — Partie 3: Détermination de la
fluence des neutrons rapides avec des détecteurs par activation
du nickel

Inhalt

	Seite		Seite
Vorwort	2	5.3 Kalibrierung	3
1 Anwendungsbereich	2	5.4 Bestimmung der Aktivität	3
2 Normative Verweisungen	2	6 Auswertung	4
3 Definitionen und Formelzeichen	2	6.1 Bestimmung der Fluenz schneller Neutronen mit dem Nickel-Aktivierungsdetektor	4
3.1 Nickel-Aktivierungsdetektor	2	6.2 Korrekturen	4
4 Aktivierungsdetektoren	3	6.3 Bestimmung der Unsicherheit der Fluenz	4
4.1 Einsatzbereich	3	6.4 Dokumentation	4
4.2 Eigenschaften	3	Anhang A (normativ) Bestimmung der Fluenz unter Berücksichtigung von Abbrand- korrekturen	5
4.3 Vorbereitung	3	Anhang B (normativ) Nukleare Daten	6
4.4 Mögliche Störeffekte bei der Anwendung	3	Anhang C (informativ) Graphische Darstellungen ..	7
5 Durchführung der Messung	3		
5.1 Meßgeräte	3		
5.2 Vorbereitung der Meßprobe	3		

Fortsetzung Seite 2 bis 7

Normenausschuß Materialprüfung (NMP) — FB Kerntechnik — im DIN Deutsches Institut für Normung e. V.

Vorwort

Diese Norm wurde vom Normenausschuß Kerntechnik, Arbeitsausschuß „Neutronenfluenzmessung“ erarbeitet.

Die Anhänge A und B sind normativ, Anhang C ist informativ.

DIN 25456 „Neutronenfluenzmessung“ besteht aus:

- Teil 1: Bestimmung der Fluenz schneller Neutronen mit Aktivierungs- und Spaltdetektoren,
- Teil 2: Bestimmung der Fluenz schneller Neutronen mit Eisen-Aktivierungsdetektoren,
- Teil 3: Bestimmung der Fluenz schneller Neutronen mit Nickel-Aktivierungsdetektoren,
- Teil 4: Bestimmung der Fluenz schneller Neutronen mit Niob-Aktivierungsdetektoren,
- Teil 5: Bestimmung der Fluenz schneller Neutronen mit Kupfer-Aktivierungsdetektoren,
- Teil 6: Bestimmung der Fluenz schneller Neutronen mit Thorium-Spaltdetektoren.

Änderungen

Gegenüber der Ausgabe Mai 1990 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- Umstellung der Gestaltung auf die Festlegungen nach Normen der Reihe DIN 820.
- Aktualisierung und redaktionelle Überarbeitung.

Frühere Ausgaben

DIN 25456-3: 1990-05

1 Anwendungsbereich

Diese Norm ist für die Bestimmung der Fluenz schneller Neutronen mit Nickel-Aktivierungsdetektoren anzuwenden. Festgelegt werden die Grundsätze des Verfahrens zur Bestimmung der Fluenz aus der gemessenen ^{58}Co -Aktivität mit Hilfe des vorgegebenen Neutronenspektrums am Bestrahlungsort und der Bestahlungsgeschichte.

2 Normative Verweisungen

Diese Norm enthält durch datierte oder undatierte Verweisungen Festlegungen aus anderen Publikationen. Diese normativen Verweisungen sind an den jeweiligen Stellen im Text zitiert, und die Publikationen sind nachstehend aufgeführt. Bei datierten Verweisungen gehören spätere Änderungen oder Überarbeitungen dieser Publikationen nur zu dieser Norm, falls sie durch Änderung oder Überarbeitung eingearbeitet sind. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe der in Bezug genommenen Publikation.

DIN 25456-1 : 1999-10

Neutronenfluenzmessung — Teil 1: Bestimmung der Fluenz schneller Neutronen mit Aktivierungs- und Spaltdetektoren

- [1] Schötzig, U.; Schrader, H.: Halbwertszeiten und Photonen-Emissionswahrscheinlichkeiten von häufig verwendeten Radionukliden, 4. erweiterte Auflage, PTB-Ra-16/4; Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig: 1993-07
- [2] Baard, J. H.; Zijp, W. L.; Nolthenius, H. J.: Nuclear Data Guide for Reactor Neutron Metrology; Kluwer Academic Publishers, Dordrecht: 1989
- [3] Kocherov, N. P.; McLaughlin, P. K.: The International Reactor Dosimetry File (IRDF-90). Report IAEA-NDS-141:1990, International Atomic Energy Agency, Vienna 1990

3 Definitionen und Formelzeichen

Für die Anwendung dieser Norm gelten die in DIN 25456-1 definierten Begriffe und Formelzeichen und folgende Definitionen:

3.1

Nickel-Aktivierungsdetektor

Neutronenfluenzdetektor aus Nickel in natürlicher Nuklidzusammensetzung. Es wird die Neutronennachweisreaktion $^{58}\text{Ni}(n, p)^{58}\text{Co}$ ausgenutzt.

Tabelle 1: Formelzeichen zur Bestimmung der Fluenz schneller Neutronen

Formelzeichen	Benennung	Einheit
$A(t_n)$	^{58}Co -Aktivität in der Meßprobe zum Bestrahlungsende t_n	Bq
N_0	Anzahl der ^{58}Ni -Atome in der Meßprobe	—
λ	Zerfallskonstante von ^{58}Co	s^{-1}
$\sigma_{\text{eff}}(E_u)$	effektiver Wirkungsquerschnitt für die Reaktion $^{58}\text{Ni}(n, p)^{58}\text{Co}$	cm^2

4 Aktivierungsdetektoren

4.1 Einsatzbereich

Der Nickel-Aktivierungsdetektor eignet sich wegen des Wirkungsquerschnittsverlaufs der Nachweisreaktion zur Messung der Fluenz schneller Neutronen. Der Detektor wird in Form von Drähten oder Folien verwendet; außerdem kommen Materialproben in Betracht, die die Neutronennachweissubstanz Nickel enthalten. Die untere Grenze des 90 %-Ansprechbereichs des Aktivierungsdetektors liegt je nach Neutronenspektrum zwischen 2 MeV und 3 MeV. Das Meßnuklid ^{58}Co hat eine Halbwertszeit von 70,86 Tagen. Zur Ermittlung der Neutronenfluenz müssen das Neutronenspektrum und die Bestrahlungsgeschichte bekannt sein.

Die Zeit zwischen Beendigung der Bestrahlung des Nickel-Aktivierungsdetektors und der Bestimmung der ^{58}Co -Aktivität sollte 2,5 Jahre nicht überschreiten.

Die Nachweisreaktion $^{58}\text{Ni}(n, p)^{58}\text{Co}$ wird auch bei Materialproben von Stählen benutzt, die als Strukturmaterialien oder Bestrahlungsproben in Kernreaktoren eingesetzt werden. Auf diese Proben sind 4.2 und 4.3 nicht anwendbar.

4.2 Eigenschaften

Die Aktivierungsdetektoren sollten aus Reinnickel mit einem Massenanteil von mindestens 99,9 % bestehen. Falls eine Messung des Fluenzverlaufs längs einer bestimmten Linie — bei Verwendung längerer Drähte — erforderlich ist, darf die relative Schwankung des Drahtquerschnittes eine relative Standardunsicherheit bei der Aktivierungsbestimmung mit Schlitzkollimator (siehe 5.4) von höchstens 1 % verursachen.

4.3 Vorbereitung

Die einzusetzenden Aktivierungsdetektoren sind zunächst auf ihren äußerlichen Zustand zu untersuchen. Verunreinigungen der Oberfläche sind mit geeigneten Lösemitteln zu entfernen. Es ist zweckmäßig, die Massen der Aktivierungsdetektoren vor der Bestrahlung zu bestimmen.

4.4 Mögliche Störeffekte bei der Anwendung

Neben dem Grundzustand von ^{58}Co entsteht bei Bestrahlung der metastabile Zustand $^{58}\text{Co}^m$, der mit einer Halbwertszeit von 9,15 h in den Grundzustand übergeht. Sowohl $^{58}\text{Co}^m$ als auch ^{58}Co haben einen sehr großen Wirkungsquerschnitt für Neutronen im thermischen Bereich und im Resonanzbereich, so daß der Abbrand bei Flußdichten thermischer Neutronen größer als $1 \cdot 10^{11} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ berücksichtigt werden muß. Der Abbrand der Ausgangssubstanz ^{58}Ni ist dann in Betracht zu ziehen, wenn die Fluenz thermischer Neutronen größer als 10^{21} cm^{-2} ist.

Wegen des $^{58}\text{Co}^m$ -Zerfalls sollte nicht eher als 3 Tage nach Bestrahlungsende mit der Messung der Aktivität des Aktivierungsdetektors begonnen werden.

5 Durchführung der Messung

5.1 Meßgeräte

5.1.1 Waagen

Mit den einzusetzenden Waagen müssen die Massen der Meßproben mit einer relativen Standardunsicherheit von höchstens 0,5 % bestimmt werden können.

5.1.2 Gammastrahlen-Spektrometer

Für die Messung der Gammastrahlung sind Germaniumdetektoren mit einer Auflösung, die einer Halbwertsbreite unter 3 keV für die 1,33-MeV-Strahlung des ^{60}Co entspricht, in Verbindung mit einem Vielkanalanalysator einzusetzen.

5.2 Vorbereitung der Meßprobe

Der Nickel-Aktivierungsdetektor ist vor der Gammastrahlenmessung visuell auf Verunreinigungen zu prüfen. Gegebenenfalls sind diese durch Beizen zu entfernen.

Die Masse des Aktivierungsdetektors muß mit einer relativen Standardunsicherheit von höchstens 0,5 % bekannt sein.

Durch Herstellung von Lösungspräparaten als Meßproben können in besonderen Fällen die Meßbedingungen verbessert werden durch:

- Anpassung an die Vergleichsproben (siehe 5.3),
- Angleichen und Verringern der Selbstabsorption,
- Einsatz von automatischen Wechseleinrichtungen.

5.3 Kalibrierung

Für die Bestimmung der ^{58}Co -Aktivität in der Meßprobe sind Vergleichsproben gleicher Art, entweder beide als feste Quelle oder beide als Lösung, auszuwählen, deren Geometrie und Aktivität den auszuwertenden Nickel-Meßproben angeglichen sind. Die Aktivität der Vergleichsprobe und ihre Unsicherheit müssen auf nationale Primärnormale zurückzuführen sein. Die Zertifizierung des Aktivitätsnormals sollte nicht länger als ein Jahr zurückliegen.

5.4 Bestimmung der Aktivität

Es ist die 811-keV-Gesamtabsorptionslinie des ^{58}Co auszuwerten. Die Auswertung dieser Linie muß für die Meßprobe und die Vergleichsprobe in derselben Weise durchgeführt werden; die relative Standardunsicherheit des Linieninhalts sollte 2 % nicht überschreiten.

Drähte und Folien sind so anzuordnen, daß die Richtung ihrer größten Ausdehnung senkrecht auf der Verbindungslinie zur Eintrittsfläche des Gammastrahlendetektors steht. Diese größte Ausdehnung darf 1/6 des bei der Messung der Aktivität vorgesehenen Abstandes zum Gammastrahlendetektor nicht überschreiten, es sei denn, die Vergleichsprobe hat die gleiche geometrische Gestalt wie die Meßprobe. Die Abstände der Meß- und Vergleichsproben zum Gammastrahlendetektor dürfen sich nicht um mehr als 1 % voneinander unterscheiden.

Drähte mit längerer Ausdehnung sind entweder vor der Messung in kurze Drahtstücke zu zerteilen, deren Massen einzeln bestimmt werden, oder es sind kurze Abschnitte davon mit einem Schlitzkollimator für die Messung auszublenzen. Dieser Kollimator muß so beschaffen sein, daß mehr als 90 % der Impulsrate der Gesamtabsorptionslinie aus dem ausgeblendeten Bereich stammt.