

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Electrical installations in ships –

Part 360: Insulating and sheathing materials for shipboard and offshore units, power, control, instrumentation and telecommunication cables

Installations électriques à bord des navires –

Partie 360: Matériaux d'isolation et de gainage des câbles d'alimentation, de commande, d'instrumentation et de télécommunication installés à bord des navires et des unités en mer



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2014 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester. If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch

About the IEC

The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigenda or an amendment might have been published.

IEC Catalogue - webstore.iec.ch/catalogue

The stand-alone application for consulting the entire bibliographical information on IEC International Standards, Technical Specifications, Technical Reports and other documents. Available for PC, Mac OS, Android Tablets and iPad.

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

The advanced search enables to find IEC publications by a variety of criteria (reference number, text, technical committee,...). It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details all new publications released. Available online and also once a month by email.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 30 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 14 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

More than 55 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

IEC Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: csc@iec.ch.

A propos de l'IEC

La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des Normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

A propos des publications IEC

Le contenu technique des publications IEC est constamment revu. Veuillez vous assurer que vous possédez l'édition la plus récente, un corrigendum ou amendement peut avoir été publié.

Catalogue IEC - webstore.iec.ch/catalogue

Application autonome pour consulter tous les renseignements bibliographiques sur les Normes internationales, Spécifications techniques, Rapports techniques et autres documents de l'IEC. Disponible pour PC, Mac OS, tablettes Android et iPad.

Recherche de publications IEC - www.iec.ch/searchpub

La recherche avancée permet de trouver des publications IEC en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Restez informé sur les nouvelles publications IEC. Just Published détaille les nouvelles publications parues. Disponible en ligne et aussi une fois par mois par email.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 30 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 14 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

Plus de 55 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: csc@iec.ch.



IEC 60092-360

Edition 1.0 2014-04

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Electrical installations in ships –

Part 360: Insulating and sheathing materials for shipboard and offshore units, power, control, instrumentation and telecommunication cables

Installations électriques à bord des navires –

Partie 360: Matériaux d'isolation et de gainage des câbles d'alimentation, de commande, d'instrumentation et de télécommunication installés à bord des navires et des unités en mer

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

T

ICS 47.020.60

ISBN 978-2-8322-1528-9

Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.

Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.

CONTENTS

FOREWORD.....	4
1 Scope	6
2 Normative references	6
3 Terms and definitions	7
4 Cross-linked insulating compounds.....	9
4.1 General.....	9
4.2 Electrical characteristics	9
4.3 Mechanical characteristics	10
5 Cross-linked sheathing compounds	12
5.1 General.....	12
5.2 Mechanical characteristics	12
6 Thermoplastic sheathing compounds	14
6.1 General.....	14
6.2 Mechanical characteristics	15
7 Additional optional properties of sheathing compounds.....	16
7.1 General.....	16
7.2 Test requirements.....	16
Annex A (normative) Determination of hardness of HEPR insulation	18
A.1 Test piece	18
A.2 Test procedure.....	18
A.2.1 General	18
A.2.2 Surfaces of large radius of curvature	18
A.2.3 Surfaces of small radius of curvature	18
A.2.4 Conditioning and test temperature	18
A.2.5 Number of measurements	19
Annex B (normative) Determination of the elastic modulus of HEPR insulation	21
B.1 Procedure	21
B.2 Requirements	21
Annex C (normative) Procedure for enhanced hot oil immersion test for sheaths	22
C.1 Sampling and preparation of the test pieces.....	22
C.2 Determination of the cross-sectional area of the test piece	22
C.3 Oil to be used	22
C.4 Procedure	22
C.5 Expression of results	22
C.6 Requirements	23
Annex D (normative) Procedure for drilling fluid immersion test for sheaths	24
D.1 Drilling fluid resistance test.....	24
D.2 Drilling fluid to be used	24
D.3 Procedure	24
D.4 Expression of results	24
D.5 Requirements	25
Figure A.1 – Testing surfaces of large radius of curvature	19
Figure A.2 – Testing surfaces of small radius of curvature	20

Table 1 – Categories and types of materials	6
Table 2 – Types of cross-linked insulating compounds.....	9
Table 3 – Electrical requirements of insulation compounds	9
Table 4 – Test requirements for cross-linked elastomeric insulating compounds	10
Table 5 – Types of cross-linked sheathing compound	12
Table 6 – Test requirements for cross-linked sheathing compounds.....	13
Table 7 – Types of thermoplastic sheathing compound	15
Table 8 – Test requirements for thermoplastic sheathing compounds.....	15
Table 9 – Test requirements for sheathing compounds with enhanced oil resistance properties	17
Table 10 – Test requirements for sheathing compounds with drilling fluid resistance properties	17

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ELECTRICAL INSTALLATIONS IN SHIPS –

Part 360: Insulating and sheathing materials for shipboard and offshore units, power, control, instrumentation and telecommunication cables

FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 60092-360 has been prepared by Subcommittee 18A: Electric cables for ships and mobile and fixed offshore units, of IEC Technical Committee 18: Electrical installations of ships and of mobile and fixed offshore units.

This first edition cancels and replaces IEC 60092-351 Ed. 3 published in 2004 and IEC 60092-359 Ed. 1 published in 1987, Amendment 1:1994 and Amendment 2:1992. This edition constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous editions:

- a) rationalization of the number of insulating and sheathing materials. In particular polyvinyl chloride based insulation (PVC) and sheath (ST 1) have been removed. PVC sheath ST 2 is permitted even though it releases harmful fumes under fire conditions. SE and SH also release harmful fumes under fire conditions;

- b) updated temperature limit for thermoplastic sheath in line with the operating temperature on the conductor;
- c) new optional categories of sheathing materials with enhanced oil resistance, and resistance to drilling fluids;
- d) removal of the air bomb test for EPR and HEPR insulating types;
- e) there has been some redistribution of test methods between IEC 60092-350 and this new standard to remove all tests carried out on complete cables.

The text of this standard is based on the following documents:

FDIS	Report on voting
18A/360/FDIS	18A/361/RVD

Full information on the voting for the approval of this standard can be found in the report on voting indicated in the above table.

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

A list of all parts of the IEC 60092 series, published under the general title *Electrical installations in ships*, can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC web site under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

- reconfirmed,
- withdrawn,
- replaced by a revised edition, or
- amended.

ELECTRICAL INSTALLATIONS IN SHIPS –

Part 360: Insulating and sheathing materials for shipboard and offshore units, power, control, instrumentation and telecommunication cables

1 Scope

This part of IEC 60092 specifies the requirements for electrical, mechanical and particular characteristics of insulating and sheathing materials intended for use in shipboard and fixed and mobile offshore unit power, control, instrumentation and telecommunication cables.

The different insulating and sheathing materials have been divided into three categories as listed in the following Table 1.

Table 1 – Categories and types of materials

Title	Compounds included
Cross-linked insulating compounds	EPR; HEPR; XLPE; S 95; HF 90
Cross-linked sheathing compounds	SE; SH; SHF 2
Thermoplastic sheathing compounds	SHF 1; ST 2

2 Normative references

The following documents, in whole or in part, are normatively referenced in this document and are indispensable for its application. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60092-350:—¹, *Electrical installations in ships – Part 350: General construction and test methods of power, control and instrumentation cables for shipboard and offshore applications*

IEC 60754-1, *Test on gases evolved during combustion of materials from cables - Part 1: Determination of the halogen acid gas content*

IEC 60754-2, *Test on gases evolved during combustion of materials from cables – Part 2: Determination of acidity (by pH measurement) and conductivity*

IEC 60684-2:2011, *Flexible insulating sleeving – Part 2: Methods of test*

IEC 60811-201, *Electric and optical fibre cables – Test methods for non-metallic materials – Part 201: General tests – Measurement of insulation thickness*

IEC 60811-202:2012, *Electric and optical fibre cables – Test methods for non-metallic materials – Part 202: General tests – Measurement of thickness of non-metallic sheath*

IEC 60811-401, *Electric and optical fibre cables – Test methods for non-metallic materials – Part 401: Miscellaneous tests – Thermal ageing methods – Ageing in an air oven*

¹ To be published.

IEC 60811-403, *Electric and optical fibre cables – Test methods for non-metallic materials – Part 403: Miscellaneous tests – Ozone resistance test on cross-linked compounds*

IEC 60811-404, *Electric and optical fibre cables – Test methods for non-metallic materials – Part 404: Miscellaneous tests – Mineral oil immersion tests for sheaths*

IEC 60811-409, *Electric and optical fibre cables – Test methods for non-metallic materials – Part 409: Miscellaneous tests – Loss of mass test for thermoplastic insulations and sheaths*

IEC 60811-501, *Electric and optical fibre cables – Test methods for non-metallic materials – Part 501: Mechanical tests – Tests for determining the mechanical properties of insulating and sheathing compounds*

IEC 60811-505, *Electric and optical fibre cables – Test methods for non-metallic materials – Part 505: Mechanical tests – Elongation at low temperature for insulations and sheaths*

IEC 60811-507, *Electric and optical fibre cables – Test methods for non-metallic materials – Part 507: Mechanical tests – Hot set test for cross-linked materials*

IEC 60811-508, *Electric and optical fibre cables – Test methods for non-metallic materials – Part 508: Mechanical tests – Pressure test at high temperature for insulation and sheaths*

IEC 60811-509, *Electric and optical fibre cables – Test methods for non-metallic materials – Part 509: Mechanical tests – Test for resistance of insulations and sheaths to cracking (heat shock test)*

ISO 1817, *Rubber vulcanised – Determination of the effect of liquids*

ISO 48:2007, *Rubber, vulcanised or thermoplastic – Determination of hardness (hardness between 10 IRHD and 100 IRHD)*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the following terms and definitions apply.

3.1

variation

difference between the median value after ageing and the median value without ageing

Note 1 to entry: Variation is expressed as a percentage between the median value before and after ageing.

3.2

median value

when several test results have been obtained and ordered in an increasing or decreasing succession, the median is the middle value if the number of available values is odd and is the mean of the two middle values if the number is even

3.3

types of insulating compounds

3.3.1

EPR

ethylene-propylene rubber

cross-linked compound in which the elastomer is an ethylene-propylene, EPDM or an equivalent synthetic elastomer providing a compound compliant with type EPR

Note 1 to entry: This note applies to the French language only.

3.3.2

HEPR

hard ethylene-propylene rubber

cross-linked high modulus or hard grade compound in which the elastomer is an ethylene-propylene, EPDM or an equivalent synthetic elastomer providing a compound compliant with type HEPR

Note 1 to entry: This note applies to the French language only.

3.3.3

XLPE

cross-linked polyethylene

cross-linked compound in which the polymer is a low density polyethylene or equivalent synthetic polymer providing a compound compliant with type XLPE

Note 1 to entry: This note applies to the French language only.

3.3.4

HF 90

cross-linked polyolefin halogen-free

cross-linked compound in which the polymer is a polyolefin or equivalent synthetic polymer not containing halogens providing a compound which is compliant with type HF 90

3.3.5

S 95

cross-linked silicone rubber

compound based on a polysiloxane elastomer which, when cross-linked, is compliant with type S95.

3.4

types of sheathing compounds

3.4.1

SE

polychloroprene rubber

cross-linked compound in which the elastomer is a polychloroprene (PCP) or equivalent synthetic elastomer providing a compound which is compliant with type SE

3.4.2

SH

chlorosulphonated polyethylene rubber

chlorinated polyethylene rubber

cross-linked compound in which the characteristic constituent is a synthetic chlorinated rubber, e.g., chlorosulphonated polyethylene (CSP) or chlorinated polyethylene (CPE), which is compliant with type SH

Note 1 to entry: This note applies to the French language only.

3.4.3

SHF 2

halogen-free rubber

cross-linked compound in which the polymer is a polyolefin or equivalent synthetic polymer, not containing halogens, providing a compound which is compliant with type SHF 2

3.4.4

SHF 1

halogen-free thermoplastic

thermoplastic compound in which the polymer is a polyolefin or equivalent synthetic polymer not containing halogens providing a compound which is compliant with type SHF 1

3.4.5**ST 2****polyvinyl chloride thermoplastic**

thermoplastic compound based on plasticised polyvinyl chloride which is compliant with type ST 2

3.5**halogen-free**

compound that complies with the assessment of halogen requirements in Tables 4, 6 or 8

4 Cross-linked insulating compounds**4.1 General**

The types of cross-linked insulating compound covered by this standard are listed in Table 2 together with their abbreviated designations and maximum rated conductor temperatures during normal operation and short-circuit.

Table 2 – Types of cross-linked insulating compounds

Abbreviated designation	Maximum rated conductor temperature °C		Type of insulating material
	Normal operation	Short-circuit	
EPR	90	250	Ethylene propylene rubber
HEPR	90	250	Hard grade ethylene propylene rubber
XLPE	90	250	Cross-linked polyethylene
HF90	90	250	Cross-linked polyolefin halogen-free
S95	95 ^a	350 ^b	Cross-linked silicone rubber
^a The normal maximum rated conductor temperature for silicone is 180°C but it is limited in view of the type of sheathing material used.			
^b This temperature is applicable only to power cables and is not appropriate for tinned conductors.			

4.2 Electrical characteristics

The test requirements for electrical characteristics of insulating compounds are listed in the following Table 3.

Table 3 – Electrical requirements of insulation compounds

Designation of the insulating compound	EPR	HEPR	XLPE	HF90	S 95
Insulation resistance constant K_i ($M\Omega \cdot km$) (see 7.2 of IEC 60092-350:—)					
– at 20 °C, minimum,	3 670	3 670	3 670	550	1 850
– at maximum operating temperature, minimum.	3,67	3,67	3,67	0,55	1,85
Volume resistivity ρ ($\Omega \cdot cm$) (see 7.2 of IEC 60092-350:—)					
– at 20 °C, minimum,	$1,0 \times 10^{15}$	$1,0 \times 10^{15}$	$1,0 \times 10^{15}$	$1,5 \times 10^{14}$	$5,0 \times 10^{13}$
– at maximum operating temperature, minimum.	$1,0 \times 10^{12}$	$1,0 \times 10^{12}$	$1,0 \times 10^{12}$	$1,5 \times 10^{11}$	$5,0 \times 10^{10}$

Designation of the insulating compound	EPR	HEPR	XLPE	HF90	S 95
Increase in a.c. capacity after immersion in water at 50 °C, (see 7.3 of IEC 60092-350:—)					
– between the end of the 1 st and the end of the 14 th day, maximum (%),	15	15	–	15	15
– between the end of the 7 th and the end of the 14 th day, maximum (%).	5	5	–	5	5

4.3 Mechanical characteristics

The test requirements for mechanical characteristics of cross-linked insulating compounds are listed in the following Table 4.

Table 4 – Test requirements for cross-linked elastomeric insulating compounds

Test description	Unit	Test method described in		Type of insulating compound				
		Std	Clause	EPR	HEPR	XLPE	HF90	S 95
Mechanical properties in the state as delivered		IEC 60811-501						
Values to be obtained for the:								
– tensile strength, min	N/mm ²			4,2	8,5	12,5	9,0	7,0
– elongation at break, min	%			200	200	200	120	150
Mechanical properties after ageing in air oven without conductor		IEC 60811-401						
Ageing conditions:								
– temperature / tolerance	°C			135±3	135±3	135±3	135±3	200±3
– duration of treatment	h			168	168	168	168	240
Value to be obtained for the tensile strength								
– minimum value	N/mm ²			-	-	-	-	5,5
– variation max	%			±30	±30	±25	±30	-
Value to be obtained for the elongation at break								
– minimum value	%			-	-	-	100	120
– variation max	%			±30	±30	±25	±30	-
Mechanical properties after ageing in air oven with copper conductor		IEC 60811-401						
Ageing conditions:								
– temperature / tolerance	°C			135±3	150±3			
– duration of treatment	h			168	168			

Test description	Unit	Test method described in		Type of insulating compound				
		Std	Clause	EPR	HEPR	XLPE	HF90	S 95
Value to be obtained for the tensile strength – variation max	%			±30	±30	-		-
Value to be obtained for the elongation at break – variation max	%			±30	±30	–		–
Hot set test		IEC 60811-507						
Treatment conditions: – temperature/ tolerance	°C			250±3	250±3	200±3	200±3	250±3
– time under load min	min			15	15	15	15	15
– mechanical stress	N/cm ²			20	20	20	20	20
Test requirements: – elongation max under load	%			175	175	175	175	175
– elongation max after unloading	%			15	15	15	15	25
Determination of hardness IRHD minimum		IEC 60092-360	Annex A		80			
Determination of elastic modulus		IEC 60092-360	Annex B					
Modulus at 150 % elongation (minimum)	N/mm ²				4,5			
Ozone resistance test (method A or B)		IEC 60811-403						
Test conditions of method A – temperature	°C			– 25±2	– 25±2	– –	– 25±2	– –
– duration	h			30	30	–	30	–
– ozone concentration	ppm			250-300	250-300	–	250-300	–
Result to be obtained				No cracks	No cracks	–	No cracks	–
Test conditions of method B						–		–
– temperature	°C			40±2	40±2	–	40±2	–
– duration	h			72	72	–	72	–
– ozone concentration, (by volume)	%			(200±50) x10 ⁻⁶	(200±50) x10 ⁻⁶	–	(200±50) x10 ⁻⁶	–
– relative humidity	%			55±10	55±10	–	55±10	–
– minimum air speed at the level of the test piece	mm/s			500	500	–	500	–
Result to be obtained				No cracks	No cracks		No cracks	

Test description	Unit	Test method described in		Type of insulating compound				
		Std	Clause	EPR	HEPR	XLPE	HF90	S 95
Assessment of halogens ^a								
pH		IEC 60754-2		≥4,3	≥4,3	≥4,3	≥4,3	≥4,3
Conductivity	μS.mm ⁻¹			≤10	≤10	≤10	≤10	≤10
Amount of halogen acid gas:								
– HCl and HBr (max)	%	IEC 60754-1		0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
– HF (max)	%	IEC 60684-2:2011	45	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
^a Test required when materials are used in halogen-free cables or identified as a halogen-free compound.								

5 Cross-linked sheathing compounds

5.1 General

The types of cross-linked sheathing compound covered by this standard are listed in Table 5 together with their abbreviated designations.

Table 5 – Types of cross-linked sheathing compound

Abbreviated designation	Type of material and general application
SE	Polychloroprene rubber
SH	Chlorosulphonated polyethylene or chlorinated polyethylene rubber
SHF 2	Halogen-free rubber
SE and SH materials are suitable for use over the types of insulation given in Table 2 of this specification with the exception of XLPE. Types SE and SH may release harmful fumes under fire conditions.	

5.2 Mechanical characteristics

The test requirements for mechanical characteristics of cross-linked sheathing compounds are given in Table 6. Additional requirements for enhanced types are given in Clause 7. In order to claim enhanced performance, compounds shall comply with the relevant table or tables of Clause 7 in addition to the basic requirements in Table 6.

Table 6 – Test requirements for cross-linked sheathing compounds

Test description	Unit	Test method described in		Type of cross-linked sheathing compound		
		Std	Clause	SH	SE	SHF 2
Mechanical properties in the state as delivered		IEC 60811-501				
Values to be obtained for: – tensile strength, min – elongation at break, min	N/mm ² %			10 250	10 300	9 120
Mechanical properties after ageing in air oven		IEC 60811-401				
Ageing conditions: – temperature/tolerance – duration of treatment	°C h			100±2 168	100±2 168	120±3 168
Tensile strength – variation max	%			±30	±30	±30
Elongation at break – value min – variation max	% %			±30	250 ±40	– ±30
Mechanical properties after immersion in mineral oil IRM 902		IEC 60811-404				
Ageing conditions: – temperature of oil – duration of treatment	°C h			100±2 24	100±2 24	100±2 24
Values to be obtained for: – tensile strength, variation max – elongation at break, variation max	%			±40 ±40	±40 ±40	±40 ±40
Hot set test		IEC 60811-507				
Treatment conditions: – temperature/tolerance – time under load min – mechanical stress	°C min N/cm ²			200±3 15 20	200±3 15 20	– 200±3 15 20
Test requirements: – elongation max under load – elongation max after unloading				175 15	175 15	175 15

Test description	Unit	Test method described in		Type of cross-linked sheathing compound		
		Std	Clause	SH	SE	SHF 2
Ozone resistance test (method A or B)		IEC 60811-403				
Test conditions of method A						
– temperature	°C			25±2	25±2	25±2
– duration	h			24	24	24
– ozone concentration (by volume)	%			(275±25) × 10 ⁻⁴	(275±25) × 10 ⁻⁴	(275±25) × 10 ⁻⁴
Result to be obtained				No cracks	No cracks	No cracks
Test conditions of method B						
– temperature	°C			40±2	40±2	40±2
– duration	h			72	72	72
– ozone concentration, (by volume)	%			(200±50) × 10 ⁻⁶	(200±50) × 10 ⁻⁶	(200±50) × 10 ⁻⁶
– relative humidity	%			55±10	55±10	55±10
– minimum air speed at the level of the test piece	mm/s			500	500	500
Result to be obtained				No cracks	No cracks	No cracks
Behaviour at low temperature						
Elongation test (for cables not subject to bending test)		IEC 60811-505				
Test conditions:						
– temperature:	°C			-15±2	-15±2	-15±2
– duration	h			16	16	16
Result to be obtained:						
– elongation at break, min	%			30	30	30
Assessment of halogens ^a						
pH	-	IEC 60754-2				≥4,3
Conductivity	µS.mm ⁻¹	IEC 60754-2				≤10
Amount of halogen acid gas:						
– HCl and HBr (maximum)	%	IEC 60754-1	45			0,5
– HF (maximum)	%	IEC 60684-2:2011				0,1

^a Test required when materials used in halogen free cables or identified as halogen free compounds.

6 Thermoplastic sheathing compounds

6.1 General

The types of thermoplastic sheathing compounds covered by this standard are listed in Table 7 together with their abbreviated designations.

Table 7 – Types of thermoplastic sheathing compound

Abbreviated designation	Type of thermoplastic sheathing material
ST 2	Polyvinyl chloride thermoplastic, is permitted even though it releases harmful fumes under fire conditions
SHF 1	Halogen-free thermoplastic for use over all types of insulation in Table 2

6.2 Mechanical characteristics

The test requirements for mechanical characteristics of thermoplastic sheathing compounds are listed in Table 8.

Table 8 – Test requirements for thermoplastic sheathing compounds

Test description	Unit	Test method described in		Type of sheathing compound	
		Std	Clause	ST 2	SHF 1
Mechanical properties in the state as delivered		IEC 60811-501			
Values to be obtained for: – tensile strength, min – elongation at break, min	N/mm ² %			12,5 150	9,0 120
Mechanical properties after ageing in air oven without conductor		IEC 60811-401			
Ageing conditions: – temperature – duration of treatment	°C h			100±2 168	100±2 168
Value to be obtained for the tensile strength – minimum value – variation max	N/mm ² %			12.5 ±25	7,0 ±30
Value to be obtained for the elongation at break – minimum value – variation max	% %			150 ±25	110 ±30
Pressure test at high temperature		IEC 60811-508			
Test conditions: – temperature – duration for cables having an outer diameter <12,5 mm – duration for cables having an outer diameter >12,5 mm	°C h h			80±2 4 6	80±2 4 6
Value to be obtained: – maximum permissible deformation	%			50	50

Test description	Unit	Test method described in		Type of sheathing compound	
		Std	Clause	ST 2	SHF 1
Heat shock		IEC 60811-509			
Test conditions: – temperature – duration	°C h			150±3 1	150±3 1
Result to be obtained:				No cracks	No cracks
Loss of mass		IEC 60811-409			Not applicable
Test conditions: – temperature – duration	°C h			100±2 168	
Result to be obtained Maximum loss of mass	mg/cm ²			1,5	
Behaviour at low temperature					
Elongation test (for cables not subject to bending test)		IEC 60811-505			
Test conditions: – temperature: – duration	°C h			-15±2 4	-15±2 4
Result to be obtained: – elongation at break, min				30	30
Assessment of halogens ^a				Not applicable	
pH		IEC 60754-2			≥4,3
Conductivity	μS.mm ⁻¹	IEC 60754-2			≤10
Amount of halogen acid gas:					
– HCl and HBr (maximum)	%	IEC 60754-1			0,5
– HF (maximum)	%	IEC 60684-2:2011	45		0,1
^a Test required when materials used in halogen free cables or identified as halogen-free compounds.					

7 Additional optional properties of sheathing compounds

7.1 General

Additional optional requirements for enhanced oil resistance and drilling fluid resistance are included in this clause.

7.2 Test requirements

The test requirements for enhanced characteristics of cross-linked sheathing compounds are listed in Tables 9 and 10 hereinafter.

**Table 9 – Test requirements for sheathing compounds
with enhanced oil resistance properties**

Test description for enhanced oil resistant types	Unit	Test method described in		Requirement
		Standard	Clause	
Mechanical properties after ageing in IRM 902		IEC 60092-360	Annex C	
Test conditions: – temperature/tolerance of oil – duration of treatment	°C h			100±2 168
Result to be obtained: – tensile strength, variation max – elongation at break, variation max – linear swell, variation max	%			±40 ±40 ±15

**Table 10 – Test requirements for sheathing compounds
with drilling fluid resistance properties**

Test description for drilling fluid resistant types	Unit	Test method described in		Requirement
		Standard	Clause	
Mechanical properties after ageing in IRM 903		IEC 60092-360	Annex C	
Test conditions: – temperature/tolerance of oil – duration of treatment	°C h			100±2 168
Result to be obtained: – tensile strength, variation max – elongation at break, variation max – volume swelling, variation max – weight change, variation max	%			±30 ±30 ±30 ±30
Mechanical properties after ageing in calcium bromide brine		IEC 60092-360	Annex D	
Test conditions: – temperature/tolerance of fluid – duration of treatment	°C days			70±2 56
Result to be obtained: – tensile strength, variation max – elongation at break, variation max – volume swelling, variation max – weight change, variation max	%			±25 ±25 ±20 ±15

Annex A

(normative)

Determination of hardness of HEPR insulation

A.1 Test piece

The test piece shall be a sample of completed cable with all the coverings external to the rubber surface to be measured carefully removed. Alternatively, a sample of insulated core may be used.

A.2 Test procedure

A.2.1 General

Tests shall be made in accordance with ISO 48 with exceptions as indicated below.

A.2.2 Surfaces of large radius of curvature

The test instrument, in accordance with ISO 48, shall be constructed so as to rest firmly on the rubber surface and permit the presser foot and indenter to make vertical contact with this surface. This is done in one of the following ways:

- a) the instrument is fitted with feet movable in universal joints so that they adjust themselves to the curved surface;
- b) the base of the instrument is fitted with two parallel rods A and A' at a distance apart depending on the curvature of the surface (see Figure A.1).

These methods may be used on surfaces with a radius of curvature down to 20 mm.

When the thickness of rubber tested is less than 4 mm, an instrument as described in the method in ISO 48 for thin and small test pieces shall be used.

A.2.3 Surfaces of small radius of curvature

On surfaces with too small a radius of curvature for the procedures described in A.2.2, the test piece shall be supported on the same rigid base as the test instrument, in such a way as to minimise bodily movement of the rubber surface when the indenting force increment is applied to the indenter and so that the indenter is vertically above the axis of the test piece. Suitable procedures are as follows:

- a) by resting the test piece in a groove or trough in a metal jig (see Figure A.2 a);
- b) by resting the ends of the conductor of the test piece in V-blocks (see Figure A.2 b).

The smallest radius of curvature of the surface to be measured by these methods shall be at least 4 mm.

For smaller radii, an instrument as described in the method in ISO 48 for thin and small test pieces shall be used.

A.2.4 Conditioning and test temperature

The minimum time between manufacture, i.e. vulcanisation, and testing shall be 16 h.

The test shall be carried out at a temperature of $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$ and the test pieces shall be maintained at this temperature for at least 3 h immediately before testing.

A.2.5 Number of measurements

One measurement shall be made at each of three or five different points distributed around the test piece. The median of the results shall be taken as the hardness of the test piece, reported to the nearest whole number in International Rubber Hardness Degrees (IRHD).

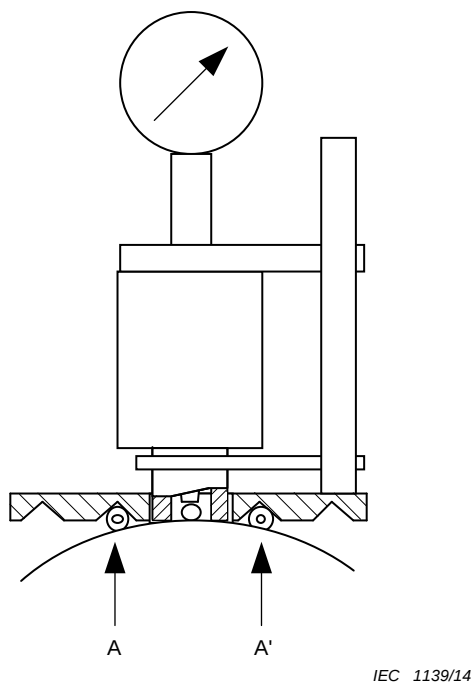
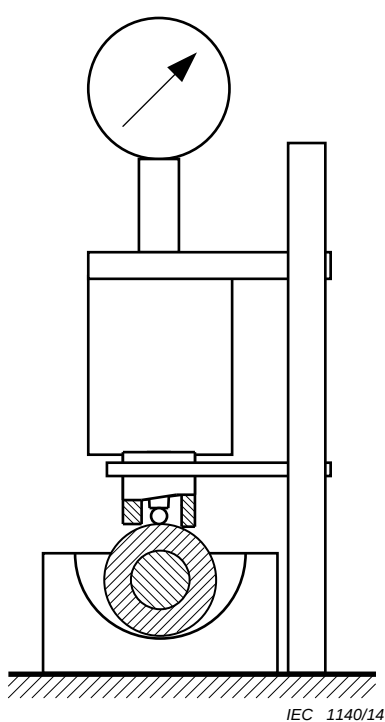
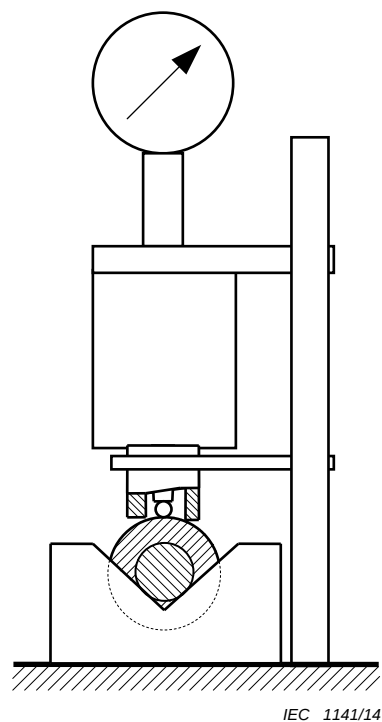


Figure A.1 – Testing surfaces of large radius of curvature



a) Metal jig



b) V blocks

Figure A.2 – Testing surfaces of small radius of curvature

Annex B

(normative)

Determination of the elastic modulus of HEPR insulation

B.1 Procedure

Sampling, preparation of the test pieces and the test procedure shall be carried out in accordance with IEC 60811-201.

The loads required for 150 % elongation shall be measured. The corresponding stresses shall be calculated by dividing the loads measured by the cross-sectional areas of the unstretched test pieces. The ratios of the stresses to strains shall be determined to obtain the elastic modulus at 150 % elongation.

The elastic modulus shall be the respective median values.

B.2 Requirements

The results of the test shall comply with the requirements given in Table 4.

Annex C (normative)

Procedure for enhanced hot oil immersion test for sheaths

C.1 Sampling and preparation of the test pieces

Five tests pieces shall be prepared in accordance with procedures described in 4.3 of IEC 60811-202:2012.

The test of determination of linear swell shall be carried out on dumb-bell samples of thickness $(1,25 \pm 0,25)$ mm.

C.2 Determination of the cross-sectional area of the test piece

See the test method in IEC 60811-202.

C.3 Oil to be used

Mineral oil type IRM 902 (in accordance with ISO 1817) for Table 9 or mineral oil IRM 903 (in accordance with ISO 1817) for Table 10.

C.4 Procedure

Before immersion of each test piece, the weight to within 0,1 mg and linear dimension in millimetres along the axis of the dumb-bell (to one decimal place) shall be measured at room temperature.

Then, the test pieces shall be immersed in an oil bath previously heated to (100 ± 2) °C and shall be maintained in oil at that temperature for 7 days. At the end of the specific duration, the test pieces shall be removed from the oil, blotted lightly to remove oil excess and suspended in air at ambient temperature for at least 16 h but not more than 24 h, unless otherwise specified in the relevant cable standard. At the end of this period, any further excess oil shall be removed by lightly blotting the tests pieces, and then the linear swell, weight and mechanical properties of each test piece shall be measured.

C.5 Expression of results

The calculation of tensile strength shall be based on the cross-sectional area of the test piece measured before immersion.

The difference between the median value obtained of the five test pieces immersed in oil and the median value of the values obtained for the unaged test pieces, expressed as a percentage of the latter, shall not exceed the percentage specified in the requirements.

The change in linear swell and weight are calculated as follows:

$((\text{linear dimension after immersion} / \text{linear dimension before immersion}) \times 100) - 100 \%$

$((\text{weight after immersion} / \text{weight before immersion}) \times 100) - 100 \%$

C.6 Requirements

The results of the test shall comply with the requirements given in Table 9 or Table 10 as applicable.

Annex D (normative)

Procedure for drilling fluid immersion test for sheaths

D.1 Drilling fluid resistance test

Drilling fluids are used in almost every oilfield drilling operation. The fluids used in the so-called drilling fluid systems may come into contact with cables and may affect the functioning of the cables. The suitability of electric cable sheathing materials, as given in IEC 60092-360, to exposure to these drilling fluids is heavily dependent on the type of drilling fluid present.

D.2 Drilling fluid to be used

The various drilling fluids can be grouped in three categories, the water-based, oil-based mud and paraffin oil based mud.

A material for which drilling fluid resistance is needed shall:

- fulfil the oil resistance test for the regular compound type as given in Table 6;
- fulfil the enhanced oil resistance as given in Table 9;
- be tested in IRM 903 oil as given in Table 10;
- be tested in a generic brine-based mud (calcium bromide brine, 45 % w/w CaBr_2 in water) as given in Table 10.

D.3 Procedure

Five tests pieces shall be prepared in accordance with procedures described in 4.3 of IEC 60811-202:2012.

The test for determination of linear swell is carried out on dumb-bell samples of thickness $(1,25 \pm 0,25)$ mm.

The method of the determination of the cross-sectional area of test piece is given in IEC 60811-202.

Before immersion of each test piece, the weight to within 0,1 mg and linear dimension in millimetres along the axis of the dumb-bell (to one decimal place) shall be measured at room temperature.

Then, the test pieces shall be immersed in the particular fluid previously heated to (70 ± 2) °C and shall be maintained at that temperature for 56 days. At the end of the specific duration, the test pieces shall be removed from the fluid, blotted lightly to remove excess fluid and suspended in air at ambient temperature for at least 16 h but not more than 24 h, unless otherwise specified in the relevant cable standard. At the end of this period, any further excess fluid shall be removed by lightly blotting the test pieces, and then the linear swell, weight and mechanical properties of each test piece shall be measured.

D.4 Expression of results

The calculation of tensile strength shall be based on the cross-sectional area of the test piece measured before immersion.

The difference between the median value obtained for the five test pieces immersed in fluid and the median value of the values obtained for the unaged test pieces, expressed as a percentage of the latter, shall not exceed the percentage specified in the requirements.

The change in volume swell and weight are calculated as follows:

- $((\text{volume dimension after immersion} / \text{volume dimension before immersion}) \times 100) - 100 \%$
- $((\text{weight after immersion} / \text{weight before immersion}) \times 100) - 100 \%$

D.5 Requirements

The results of the test shall comply with the requirements given in Table 10.

Materials meeting this drilling fluid resistance test are not necessarily suitable for use in a specific drilling fluid or in particular operating conditions. A specific agreement with the cable manufacturer and/or additional testing in the specific oil and particular conditions can be necessary.

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	28
1 Domaine d'application	30
2 Références normatives	30
3 Termes et définitions	31
4 Mélanges isolants réticulés	33
4.1 Généralités	33
4.2 Caractéristiques électriques	34
4.3 Caractéristiques mécaniques	34
5 Mélanges de gainage réticulés	37
5.1 Généralités	37
5.2 Caractéristiques mécaniques	37
6 Mélanges de gainage thermoplastiques	39
6.1 Généralités	39
6.2 Caractéristiques mécaniques	40
7 Propriétés facultatives supplémentaires des mélanges de gainage	41
7.1 Généralités	41
7.2 Exigences d'essai	41
Annexe A (normative) Détermination de la dureté de l'isolation HEPR	43
A.1 Epreuve	43
A.2 Procédure d'essai	43
A.2.1 Généralités	43
A.2.2 Surfaces de grand rayon de courbure	43
A.2.3 Surfaces de petit rayon de courbure	43
A.2.4 Conditionnement et température d'essai	44
A.2.5 Nombre de mesures	44
Annexe B (normative) Détermination du module d'élasticité d'une isolation HEPR	46
B.1 Mode opératoire	46
B.2 Exigences	46
Annexe C (normative) Mode opératoire pour l'essai d'immersion amélioré des gaines dans l'huile chaude	47
C.1 Échantillonnage et préparation des éprouvettes	47
C.2 Détermination de la section de l'éprouvette	47
C.3 Huile à utiliser	47
C.4 Mode opératoire	47
C.5 Expression des résultats	47
C.6 Exigences	48
Annexe D (normative) Mode opératoire pour l'essai d'immersion des gaines dans les boues de forage	49
D.1 Essai de résistance aux boues de forage	49
D.2 Boues de forage à utiliser	49
D.3 Mode opératoire	49
D.4 Expression des résultats	50
D.5 Exigences	50
Figure A.1 – Surfaces d'essai de grand rayon de courbure	44

Figure A.2 – Surfaces d'essai de petit rayon de courbure.....	45
Tableau 1 – Catégories et types de matériaux	30
Tableau 2 – Types de mélanges isolants réticulés	34
Tableau 3 – Exigences électriques des mélanges d'isolation	34
Tableau 4 – Exigences d'essai des mélanges isolants élastomères réticulés	35
Tableau 5 – Types de mélanges de gainage réticulés	37
Tableau 6 – Exigences d'essai des mélanges de gainage réticulés	38
Tableau 7 – Types de mélanges de gainage thermoplastiques.....	40
Tableau 8 – Exigences d'essai des mélanges de gainage thermoplastiques.....	40
Tableau 9 – Exigences d'essai des mélanges de gainage avec des propriétés de résistance à l'huile améliorées	42
Tableau 10 – Exigences d'essai des mélanges de gainage avec propriétés de résistance aux boues de forage	42

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES À BORD DES NAVIRES –

Partie 360: Matériaux d'isolation et de gainage des câbles d'alimentation, de commande, d'instrumentation et de télécommunication installés à bord des navires et des unités en mer

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, l'IEC – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de l'IEC"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à l'IEC, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de l'IEC, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale IEC 60092-360 a été établie par le sous-comité 18A: Câbles électriques pour navires et unités mobiles et fixes en mer, du comité d'études 18 de l'IEC: Installations électriques des navires et des unités mobiles et fixes en mer.

Cette première édition annule et remplace l'IEC 60092-351 Ed. 3 parue en 2004 et l'IEC 60092-359 Ed. 1 parue en 1987, Amendement 1:1994 et Amendement 2:1992. Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

- a) rationalisation du nombre de matériaux d'isolation et de gainage. En particulier, l'isolation à base de PVC (polychlorure de vinyle) et la gaine (ST 1) ont été supprimées. La gaine ST

2 en PVC est autorisée même si elle diffuse des fumées nocives en cas d'incendie. SE et SH diffusent également des fumées nocives en cas d'incendie;

- b) limite de température mise à jour pour une gaine thermoplastique en conformité avec la température de fonctionnement sur le conducteur;
- c) nouvelles catégories facultatives de matériaux de gainage avec résistance à l'huile améliorée et résistance aux boues de forage;
- d) suppression de l'essai de la bombe d'air pour les types d'isolation EPR et HEPR;
- e) une nouvelle répartition des méthodes d'essai a été effectuée entre l'IEC 60092-350 et cette nouvelle norme pour supprimer tous les essais effectués sur des câbles complets.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
18A/360/FDIS	18A/361/RVD

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 60092, publiées sous le titre général *Installations électriques à bord des navires*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

- reconduite,
- supprimée,
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES À BORD DES NAVIRES –

Partie 360: Matériaux d'isolation et de gainage des câbles d'alimentation, de commande, d'instrumentation et de télécommunication installés à bord des navires et des unités en mer

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 60092 spécifie les exigences relatives aux caractéristiques électriques, mécaniques et particulières des matériaux d'isolation et de gainage destinés à être utilisés dans des câbles d'alimentation, de commande, d'instrumentation et de télécommunication installés à bord des navires et des unités fixes et mobiles en mer.

Les différents matériaux d'isolation et de gainage ont été divisés en trois catégories, comme indiqué dans le Tableau 1 ci-dessous.

Tableau 1 – Catégories et types de matériaux

Titre	Mélanges inclus
Mélanges isolants réticulés	EPR; HEPR; XLPE; S 95; HF 90
Mélanges de gainage réticulés	SE; SH; SHF 2
Mélanges de gainage thermoplastiques	SHF 1; ST 2

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 60092-350:—¹, *Electrical installations in ships - Part 350: General construction and test methods of power, control and instrumentation cables for shipboard and offshore applications* (disponible en anglais seulement)

IEC 60754-1, *Essai sur les gaz émis lors de la combustion des matériaux des câbles – Partie 1: Détermination de la quantité de gaz acide halogéné*

IEC 60754-2, *Essai sur les gaz émis lors de la combustion des matériaux prélevés sur câbles – Partie 2: Détermination de la conductivité et de l'acidité (par mesure du pH)*

IEC 60684-2:2011, *Gaines isolantes souples – Partie 2: Méthodes d'essai*

IEC 60811-201, *Câbles électriques et à fibres optiques – Méthodes d'essai pour les matériaux non-métalliques – Partie 201: Essais généraux – Mesure de l'épaisseur des enveloppes isolantes*

¹ À publier.

IEC 60811-202:2012, *Câbles électriques et à fibres optiques – Méthodes d'essai pour les matériaux non-métalliques – Partie 202: Essais généraux – Mesure de l'épaisseur des gaines non métalliques*

IEC 60811-401, *Câbles électriques et à fibres optiques – Méthodes d'essai pour les matériaux non-métalliques – Partie 401: Essais divers – Méthodes de vieillissement thermique – Vieillissement en étuve à air*

IEC 60811-403, *Câbles électriques et à fibres optiques – Méthodes d'essai pour les matériaux non-métalliques – Partie 403: Essais divers – Essai de résistance à l'ozone sur les mélanges réticulés*

IEC 60811-404, *Câbles électriques et à fibres optiques – Méthodes d'essai pour les matériaux non-métalliques – Partie 404: Essais divers – Essais de résistance à l'huile minérale pour les gaines*

IEC 60811-409, *Câbles électriques et à fibres optiques – Méthodes d'essai pour les matériaux non-métalliques – Partie 409: Essais divers – Essai de perte de masse des enveloppes isolantes et gaines thermoplastiques*

IEC 60811-501, *Câbles électriques et à fibres optiques – Méthodes d'essai pour les matériaux non-métalliques – Partie 501: Essais mécaniques – Détermination des propriétés mécaniques des mélanges pour les enveloppes isolantes et les gaines*

IEC 60811-505, *Câbles électriques et à fibres optiques – Méthodes d'essai pour les matériaux non-métalliques – Partie 505: Essais mécaniques – Essai d'allongement à basse température pour les enveloppes isolantes et les gaines*

IEC 60811-507, *Câbles électriques et à fibres optiques – Méthodes d'essai pour les matériaux non-métalliques – Partie 507: Essais mécaniques – Essai d'allongement à chaud pour les matériaux réticulés*

IEC 60811-508, *Câbles électriques et à fibres optiques – Méthodes d'essai pour les matériaux non-métalliques – Partie 508: Essais mécaniques – Essai de pression à température élevée pour les enveloppes isolantes et les gaines*

IEC 60811-509, *Câbles électriques et à fibres optiques – Méthodes d'essai pour les matériaux non-métalliques – Partie 509: Essais mécaniques – Essai de résistance à la fissuration des enveloppes isolantes et des gaines (essai de choc thermique)*

ISO 1817, *Caoutchouc vulcanisé – Détermination de l'action des liquides*

ISO 48:2007, *Caoutchouc vulcanisé ou thermoplastique – Détermination de la dureté (dureté comprise entre 10 DIDC et 100 DIDC)*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

3.1 variation

différence entre la valeur médiane après vieillissement et la valeur médiane sans vieillissement

Note 1 à l'article: La variation est exprimée en pourcentage entre la valeur médiane avant et après vieillissement.

3.2

valeur médiane

lorsque plusieurs résultats d'essais ont été obtenus et classés en ordre croissant ou décroissant, la médiane est la valeur centrale si le nombre de valeurs disponibles est impair et est la moyenne des deux valeurs centrales si le nombre est pair

3.3

types de mélanges isolants

3.3.1

EPR

caoutchouc éthylène-propylène

mélange réticulé dans lequel l'élastomère est un élastomère éthylène-propylène, EPDM ou un élastomère synthétique équivalent, fournissant un mélange conforme à l'EPR type

Note 1 à l'article: L'abréviation "EPR" est dérivée du terme anglais développé correspondant "ethylene-propylene rubber".

3.3.2

HEPR

caoutchouc éthylène-propylène dur

mélange réticulé dur ou à module élevé dans lequel l'élastomère est un élastomère éthylène-propylène, EPDM ou un élastomère synthétique équivalent, fournissant un mélange conforme à l'HEPR type

Note 1 à l'article: L'abréviation "HEPR" est dérivée du terme anglais développé correspondant "hard ethylene-propylene rubber".

3.3.3

XLPE

polyéthylène réticulé

mélange réticulé dans lequel le polymère est un polyéthylène de faible densité ou un polymère synthétique équivalent, fournissant un mélange conforme au XLPE type

Note 1 à l'article: L'abréviation "XLPE" est dérivée du terme anglais développé correspondant "cross-linked polyethylene".

3.3.4

HF 90

polyoléfine réticulé sans halogène

mélange réticulé dans lequel le polymère est un polyoléfine ou un polymère synthétique équivalent, ne contenant pas d'halogène, fournissant un mélange conforme au HF 90 type

3.3.5

S 95

caoutchouc de silicone réticulé

mélange à base d'élastomère de polysiloxane qui, lorsqu'il est réticulé, est conforme au S95 type

3.4

types de mélanges de gainage

3.4.1

SE

caoutchouc polychloroprène

mélange réticulé dans lequel l'élastomère est un polychloroprène (PCP) ou un élastomère synthétique équivalent, fournissant un mélange conforme au SE type

3.4.2

SH

caoutchouc polyéthylène chlorosulfoné

caoutchouc polyéthylène chloré

mélange réticulé dans lequel le constituant caractéristique est un caoutchouc chloré synthétique, par exemple polyéthylène chlorosulfoné (CSP), ou polyéthylène chloré (CPE), qui est conforme au SH type

Note 1 à l'article: Les abréviations "CSP" et "CPE" sont respectivement dérivées des termes anglais développés correspondants "chlorosulphonated polyethylene" et "chlorinated polyethylene".

3.4.3

SHF 2

caoutchouc sans halogène

mélange réticulé dans lequel le polymère est un polyoléfine ou un polymère synthétique équivalent, ne contenant pas d'halogène, fournissant un mélange conforme au SHF 2 type

3.4.4

SHF 1

thermoplastique sans halogène

mélange réticulé dans lequel le polymère est un polyoléfine ou un polymère synthétique équivalent, ne contenant pas d'halogène, fournissant un mélange conforme au SHF 1 type

3.4.5

ST 2

thermoplastique de polychlorure de vinyle

mélange thermoplastique à base de polychlorure de vinyle plastifié, conforme au ST 2 type

3.5

sans halogène

mélange conforme à l'évaluation des exigences relatives aux halogènes des Tableaux 4, 6 ou 8

4 Mélanges isolants réticulés

4.1 Généralités

Les types de mélanges isolants réticulés couverts par la présente norme sont énumérés dans le Tableau 2, ainsi que leurs désignations abrégées et les températures assignées maximales des conducteurs en fonctionnement normal et en court-circuit.

Tableau 2 – Types de mélanges isolants réticulés

Désignation abrégée	Température maximale assignée des conducteurs °C		Type de matériau isolant
	Fonctionnement normal	Court-circuit	
EPR	90	250	Caoutchouc éthylène-propylène
HEPR	90	250	Caoutchouc éthylène-propylène dur
XLPE	90	250	Polyéthylène réticulé
HF90	90	250	Polyoléfine réticulé sans halogène
S95	95 ^a	350 ^b	Caoutchouc de silicone réticulé
^a La température assignée maximale normale des conducteurs pour le silicone est de 180°C, mais elle est limitée en fonction du type de matériau de gainage utilisé.			
^b Cette température s'applique uniquement aux câbles d'alimentation et ne convient pas aux conducteurs étamés.			

4.2 Caractéristiques électriques

Les exigences d'essai relatives aux caractéristiques électriques des mélanges isolants sont énumérées dans le Tableau 3 suivant.

Tableau 3 – Exigences électriques des mélanges d'isolation

Désignation du mélange d'isolation	EPR	HEPR	XLPE	HF90	S 95
Constante de résistance d'isolation K_i (M Ω .km) (voir 7.2 de l'IEC 60092-350:—)					
– à 20 °C, minimum,	3 670	3 670	3 670	550	1 850
– à la température maximale de fonctionnement, minimum.	3,67	3,67	3,67	0,55	1,85
Résistivité volumique ρ (Ω .cm) (voir 7.2 de l'IEC 60092-350:—)					
– à 20 °C, minimum,	$1,0 \times 10^{15}$	$1,0 \times 10^{15}$	$1,0 \times 10^{15}$	$1,5 \times 10^{14}$	$5,0 \times 10^{13}$
– à la température maximale de fonctionnement, minimum.	$1,0 \times 10^{12}$	$1,0 \times 10^{12}$	$1,0 \times 10^{12}$	$1,5 \times 10^{11}$	$5,0 \times 10^{10}$
Augmentation de la capacité en courant alternatif après immersion dans l'eau à 50 °C, (voir 7.3 de l'IEC 60092-350:—)					
– entre la fin du 1 ^{er} et la fin du 14 ^{ème} jour, maximum (%),	15	15	–	15	15
– entre la fin du 7 ^{ème} et la fin du 14 ^{ème} jour, maximum (%).	5	5	–	5	5

4.3 Caractéristiques mécaniques

Les exigences d'essai relatives aux caractéristiques mécaniques des mélanges isolants réticulés sont énumérées dans le Tableau 4 suivant.

Tableau 4 – Exigences d'essai des mélanges isolants élastomères réticulés

Description de l'essai	Unité	Méthode d'essai décrite dans		Type de mélange isolant				
		Norme	Article/ paragraphe	EPR	HEPR	XLPE	HF90	S 95
Propriétés mécaniques en l'état à la livraison		IEC 60811-501						
Valeurs à obtenir pour:								
– la résistance à la traction, min	N/mm ²			4,2	8,5	12,5	9,0	7,0
– l'allongement à la rupture, min	%			200	200	200	120	150
Propriétés mécaniques après vieillissement dans une étuve à l'air sans conducteur		IEC 60811-401						
Conditions de vieillissement:								
– température / tolérance	°C			135±3	135±3	135±3	135±3	200±3
– durée du traitement	h			168	168	168	168	240
Valeur à obtenir pour la résistance à la traction								
– valeur minimale	N/mm ²			-	-	-	-	5,5
– variation max	%			±30	±30	±25	±30	-
Valeur à obtenir pour l'allongement à la rupture								
– valeur minimale	%			-	-	-	100	120
– variation max	%			±30	±30	±25	±30	-
Propriétés mécaniques après vieillissement dans une étuve à l'air avec conducteur en cuivre		IEC 60811-401						
Conditions de vieillissement:								
– température / tolérance	°C			135±3	150±3			
– durée du traitement	h			168	168			
Valeur à obtenir pour la résistance à la traction								
– variation max	%			±30	±30	-		-

Description de l'essai	Unité	Méthode d'essai décrite dans		Type de mélange isolant				
		Norme	Article/ paragraphe	EPR	HEPR	XLPE	HF90	S 95
Valeur à obtenir pour l'allongement à la rupture – variation max	%			±30	±30	–		–
Essai d'allongement à chaud		IEC 60811-507						
Conditions de traitement: – température / tolérance – durée sous charge min – contrainte mécanique	°C min N/cm ²			250±3 15 20	250±3 15 20	200±3 15 20	200±3 15 20	250±3 15 20
Exigences d'essai: – allongement max sous charge – allongement max après suppression de la charge	% %			175 15	175 15	175 15	175 15	175 25
Détermination de la dureté minimale IRHD		IEC 60092-360	Annexe A		80			
Détermination du module d'élasticité		IEC 60092-360	Annexe B					
Module à 150 % d'allongement (minimum)	N/mm ²				4,5			
Essai de résistance à l'ozone (méthode A ou B)		IEC 60811-403						
Conditions d'essai de la méthode A – température – durée – concentration en ozone	°C h ppm			– 25±2 30 250-300	– 25±2 30 250-300	– – –	– 25±2 30 250-300	– – –
Résultat à obtenir				Pas de fissures	Pas de fissures	–	Pas de fissures	–
Conditions d'essai de la méthode B						–		–
– température	°C			40±2	40±2	–	40±2	–
– durée	h			72	72	–	72	–
– concentration en ozone, (en volume)	%			(200±50) x10 ⁻⁶	(200±50) x10 ⁻⁶	–	(200±50) x10 ⁻⁶	–
– humidité relative	%			55±10	55±10	–	55±10	–
– vitesse minimale de l'air au niveau de l'éprouvette	mm/s			500	500	–	500	–
Résultat à obtenir				Pas de fissures	Pas de fissures		Pas de fissures	

Description de l'essai	Unité	Méthode d'essai décrite dans		Type de mélange isolant				
		Norme	Article/ paragraphe	EPR	HEPR	XLPE	HF90	S 95
Évaluation des halogènes ^a								
pH	μS.mm ⁻¹	IEC 60754-2		≥4,3	≥4,3	≥4,3	≥4,3	≥4,3
Conductivité				≤10	≤10	≤10	≤10	≤10
Quantité de gaz acides halogénés:								
– HCl et HBr (max)	%	IEC 60754-1	45	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
– HF (max)	%	IEC 60684-2:2011		0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
^a Essai exigé lorsque des matériaux sont utilisés dans des câbles sans halogène ou identifiés comme un mélange sans halogène.								

5 Mélanges de gainage réticulés

5.1 Généralités

Les types de mélanges de gainage réticulés couverts par la présente norme sont énumérés dans le Tableau 5, avec leurs désignations abrégées.

Tableau 5 – Types de mélanges de gainage réticulés

Désignation abrégée	Type de matériau et application générale
SE	Caoutchouc polychloroprène
SH	Caoutchouc polyéthylène chlorosulfoné ou polyéthylène chloré
SHF 2	Caoutchouc sans halogène
Les matériaux SE et SH conviennent pour être utilisés sur les types d'isolation indiqués dans le Tableau 2 de la présente spécification, à l'exception du XLPE. Les types SE et SH peuvent diffuser des fumées nocives en cas d'incendie.	

5.2 Caractéristiques mécaniques

Les exigences d'essai relatives aux caractéristiques mécaniques des mélanges de gainage réticulés sont énumérées dans le Tableau 6. Des exigences supplémentaires pour des types renforcés sont données à l'Article 7. Pour revendiquer une performance améliorée, les mélanges doivent être conformes au(x) tableau(x) correspondant(s) de l'Article 7, en plus des exigences de base du Tableau 6.

Tableau 6 – Exigences d'essai des mélanges de gainage réticulés

Description de l'essai	Unité	Méthode d'essai décrite dans		Type de mélange de gainage réticulé		
		Norme	Article/ paragraphe	SH	SE	SHF 2
Propriétés mécaniques en l'état à la livraison		IEC 60811-501				
Valeurs à obtenir pour: – la résistance à la traction, min – l'allongement à la rupture, min	N/mm ² %			10 250	10 300	9 120
Propriétés mécaniques après vieillissement dans une étuve à l'air		IEC 60811-401				
Conditions de vieillissement: – température/tolérance – durée du traitement	°C h			100±2 168	100±2 168	120±3 168
Résistance à la traction – variation max	%			±30	±30	±30
Allongement à la rupture – valeur min – variation max	% %			±30	250 ±40	– ±30
Propriétés mécaniques après immersion dans de l'huile minérale IRM 902		IEC 60811-404				
Conditions de vieillissement: – température de l'huile – durée du traitement	°C h			100±2 24	100±2 24	100±2 24
Valeurs à obtenir pour: – résistance à la traction, variation max – allongement à la rupture, variation max	%			±40 ±40	±40 ±40	±40 ±40
Essai d'allongement à chaud		IEC 60811-507				
Conditions de traitement: – température/tolérance – durée sous charge min – contrainte mécanique	°C min N/cm ²			200±3 15 20	200±3 15 20	– 200±3 15 20
Exigences d'essai: – allongement max sous charge – allongement max après suppression de la charge				175 15	175 15	175 15

Description de l'essai	Unité	Méthode d'essai décrite dans		Type de mélange de gainage réticulé		
		Norme	Article/ paragraphe	SH	SE	SHF 2
Essai de résistance à l'ozone (méthode A ou B)		IEC 60811-403				
Conditions d'essai de la méthode A – température – durée – concentration en ozone (en volume)	°C h %			25±2 24 (275±25) x 10 ⁻⁴	25±2 24 (275±25) x 10 ⁻⁴	25±2 24 (275±25) x 10 ⁻⁴
Résultat à obtenir				Pas de fissures	Pas de fissures	Pas de fissures
Conditions d'essai de la méthode B – température – durée – concentration en ozone, (en volume) – humidité relative – vitesse minimale de l'air au niveau de l'éprouvette	°C h % % mm/s			40±2 72 (200±50) x10 ⁻⁶ 55±10 500	40±2 72 (200±50) x10 ⁻⁶ 55±10 500	40±2 72 (200±50) x10 ⁻⁶ 55±10 500
Résultat à obtenir				Pas de fissures	Pas de fissures	Pas de fissures
Comportement à basse température						
Essai d'allongement (pour des câbles non soumis à l'essai de flexion)		IEC 60811-505				
Conditions d'essai: – température: – durée	°C h			-15±2 16	-15±2 16	-15±2 16
Résultat à obtenir: – allongement à la rupture, min	%			30	30	30
Évaluation des halogènes ^a						
pH	-	IEC 60754-2				≥4,3
Conductivité	µS.mm ⁻¹	IEC 60754-2				≤10
Quantité de gaz acides halogénés: – HCl et HBr (maximum) – HF (maximum)	% %	IEC 60754-1 IEC 60684-2	45			0,5 0,1
^a Essai exigé lorsque des matériaux sont utilisés dans des câbles sans halogène ou identifiés comme des mélanges sans halogène						

6 Mélanges de gainage thermoplastiques

6.1 Généralités

Les types de mélanges de gainage thermoplastiques couverts par la présente norme sont énumérés dans le Tableau 7, avec leurs désignations abrégées.

Tableau 7 – Types de mélanges de gainage thermoplastiques

Désignation abrégée	Type de matériau de gainage thermoplastique
ST 2	Le polychlorure de vinyle thermoplastique est autorisé même s'il diffuse des fumées nocives en cas d'incendie
SHF 1	Thermoplastique sans halogène destiné à être utilisé sur tous les types d'isolation du Tableau 2

6.2 Caractéristiques mécaniques

Les exigences d'essai relatives aux caractéristiques mécaniques des mélanges de gainage thermoplastiques sont énumérées dans le Tableau 8.

Tableau 8 – Exigences d'essai des mélanges de gainage thermoplastiques

Description de l'essai	Unité	Méthode d'essai décrite dans		Type de mélange de gainage	
		Norme	Article/ paragraphe	ST 2	SHF 1
Propriétés mécaniques en l'état à la livraison		IEC 60811-501			
Valeurs à obtenir pour:					
– la résistance à la traction, min	N/mm ²			12,5	9,0
– l'allongement à la rupture, min	%			150	120
Propriétés mécaniques après vieillissement dans une étuve à l'air sans conducteur		IEC 60811-401			
Conditions de vieillissement:					
– température	°C			100±2	100±2
– durée du traitement	h			168	168
Valeur à obtenir pour la résistance à la traction					
– valeur minimale	N/mm ²			12,5	7,0
– variation max	%			±25	±30
Valeur à obtenir pour l'allongement à la rupture					
– valeur minimale	%			150	110
– variation max	%			±25	±30
Essai de pression à haute température		IEC 60811-508			
Conditions d'essai:					
– température	°C			80±2	80±2
– durée pour des câbles ayant un diamètre extérieur <12,5 mm	h			4	4
– durée pour des câbles ayant un diamètre extérieur >12,5 mm	h			6	6
Valeur à obtenir:					
– déformation maximale admissible	%			50	50

Description de l'essai	Unité	Méthode d'essai décrite dans		Type de mélange de gainage	
		Norme	Article/ paragraphe	ST 2	SHF 1
Choc thermique		IEC 60811-509			
Conditions d'essai: – température – durée	°C h			150±3 1	150±3 1
Résultat à obtenir:				Pas de fissures	Pas de fissures
Perte de masse		IEC 60811-409			Non applicable
Conditions d'essai: – température – durée	°C h			100±2 168	
Résultat à obtenir Perte de masse maximale	mg/cm ²			1,5	
Comportement à basse température					
Essai d'allongement (pour des câbles non soumis à l'essai de flexion)		IEC 60811-505			
Conditions d'essai: – température: – durée	°C h			-15±2 4	-15±2 4
Résultat à obtenir: – allongement à la rupture, min				30	30
Évaluation des halogènes ^a				Non applicable	
pH		IEC 60754-2			≥4,3
Conductivité	μS.mm ⁻¹	IEC 60754-2			≤10
Quantité de gaz acides halogénés: – HCl et HBr (maximum) – HF (maximum)	% %	IEC 60754-1 IEC 60684-2	45		0,5 0,1
^a Essai exigé lorsque des matériaux sont utilisés dans des câbles sans halogène ou identifiés comme des mélanges sans halogène					

7 Propriétés facultatives supplémentaires des mélanges de gainage

7.1 Généralités

Les exigences facultatives supplémentaires de résistance à l'huile améliorée et de résistance aux boues de forage sont incluses dans cet article.

7.2 Exigences d'essai

Les exigences d'essai relatives aux caractéristiques améliorées des mélanges de gainage réticulés sont énumérées dans les Tableaux 9 et 10 ci-après.

**Tableau 9 – Exigences d'essai des mélanges de gainage
avec des propriétés de résistance à l'huile améliorées**

Description de l'essai pour les types de résistance à l'huile améliorée	Unité	Méthode d'essai décrite dans		Exigence
		Norme	Article/ paragraphe	
Propriétés mécaniques après vieillissement dans IRM 902		IEC 60092-360	Annexe C	
Conditions d'essai: – température/tolérance de l'huile – durée du traitement	°C h			100±2 168
Résultat à obtenir: – résistance à la traction, variation max – allongement à la rupture, variation max – gonflement linéaire, variation max	%			±40 ±40 ±15

**Tableau 10 – Exigences d'essai des mélanges de gainage
avec propriétés de résistance aux boues de forage**

Description de l'essai pour les types de résistance aux boues de forage	Unité	Méthode d'essai décrite dans		Exigence
		Norme	Article/ paragraphe	
Propriétés mécaniques après vieillissement dans IRM 903		IEC 60092-360	Annexe C	
Conditions d'essai: – température/tolérance de l'huile – durée du traitement	°C h			100±2 168
Résultat à obtenir: – résistance à la traction, variation max – allongement à la rupture, variation max – gonflement volumique, variation max – variation de poids, variation max	%			±30 ±30 ±30 ±30
Propriétés mécaniques après vieillissement dans de la saumure de bromure de calcium		IEC 60092-360	Annexe D	
Conditions d'essai: – température/tolérance du fluide – durée du traitement	°C jours			70±2 56
Résultat à obtenir: – résistance à la traction, variation max – allongement à la rupture, variation max – gonflement volumique, variation max – variation de poids, variation max	%			±25 ±25 ±20 ±15

Annexe A (normative)

Détermination de la dureté de l'isolation HEPR

A.1 Epreuve

L'éprouvette doit être un échantillon de câble complet dont on retire soigneusement tous les recouvrements externes sur la surface de caoutchouc à mesurer. En variante, on peut utiliser un échantillon d'âme isolée.

A.2 Procédure d'essai

A.2.1 Généralités

Les essais doivent être réalisés conformément à l'ISO 48 avec les exceptions indiquées ci-dessous.

A.2.2 Surfaces de grand rayon de courbure

L'appareillage d'essai conforme à l'ISO 48 doit être construit de manière à reposer solidement sur la surface en caoutchouc et à permettre au pied presseur et au pénétrateur d'être en contact vertical avec cette surface. Ceci est obtenu selon l'une des manières suivantes:

- a) l'instrument est muni de pieds mobiles dans des joints universels, de sorte qu'ils s'ajustent d'eux-mêmes sur la surface courbe;
- b) la base de l'instrument est munie de deux tiges parallèles A et A' séparées d'une distance dépendant de la courbure de la surface (voir Figure A.1).

Ces méthodes peuvent être utilisées sur des surfaces de rayon de courbure aussi petit que 20 mm.

Lorsque l'épaisseur du caoutchouc soumis à l'essai est inférieure à 4 mm, un instrument tel que décrit dans la méthode de l'ISO 48 pour des éprouvettes minces et petites doit être utilisé.

A.2.3 Surfaces de petit rayon de courbure

Sur des surfaces dont le rayon de courbure est trop petit pour les modes opératoires décrits en A.2.2, l'éprouvette doit être supportée sur la même base rigide que l'appareillage d'essai, de façon à minimiser le mouvement corporel de la surface de caoutchouc lorsque l'incrément de force de pénétration est appliqué au pénétrateur et que le pénétrateur est donc situé verticalement au-dessus de l'axe de l'éprouvette. Les modes opératoires appropriés sont les suivants:

- a) faire reposer l'éprouvette dans une gorge ou une gouttière dans une monture métallique (voir Figure A.2 a);
- b) faire reposer les extrémités du conducteur de l'éprouvette dans des blocs en forme de V (voir Figure A.2 b).

Le plus petit rayon de courbure de la surface à mesurer à l'aide de ces méthodes doit être au moins de 4 mm.

Pour des rayons plus petits, un instrument tel que décrit dans la méthode de l'ISO 48 pour des éprouvettes minces et petites doit être utilisé.

A.2.4 Conditionnement et température d'essai

Le temps minimum compris entre la fabrication, c'est-à-dire la vulcanisation, et l'essai doit être de 16 h.

L'essai doit être réalisé à une température de $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$ et les éprouvettes doivent être maintenues à cette température pendant au moins 3 h juste avant l'essai.

A.2.5 Nombre de mesures

Une mesure doit être effectuée en chaque point parmi trois ou cinq points différents répartis autour de l'éprouvette. La médiane des résultats doit être prise comme dureté de l'éprouvette, rapportée au nombre entier le plus proche en degrés internationaux de dureté du caoutchouc (IRHD²).

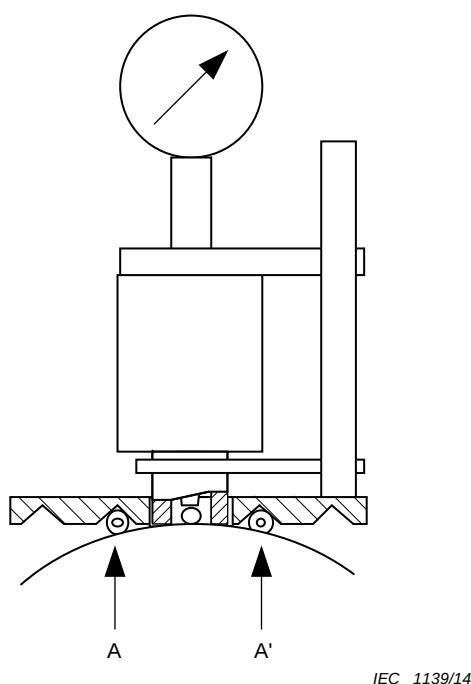
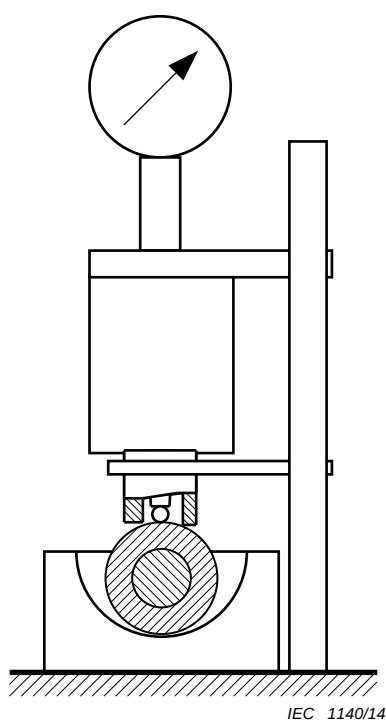
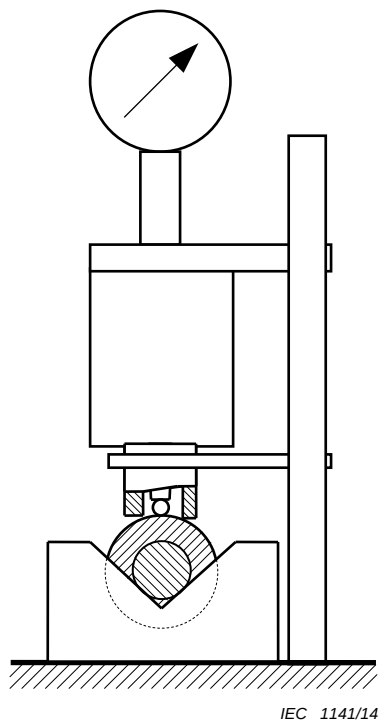


Figure A.1 – Surfaces d'essai de grand rayon de courbure

² International rubber hardness degrees *en anglais*.



a) Monture métallique



b) Blocs en forme de V

Figure A.2 – Surfaces d'essai de petit rayon de courbure

Annexe B (normative)

Détermination du module d'élasticité d'une isolation HEPR

B.1 Mode opératoire

L'échantillonnage, la préparation des éprouvettes et le mode opératoire d'essai doivent être réalisés conformément à l'IEC 60811-201.

Les charges nécessaires pour un allongement de 150 % doivent être mesurées. Les contraintes correspondantes doivent être calculées en divisant les charges mesurées par les sections des éprouvettes sans étirement. Les rapports entre contraintes et tensions doivent être déterminés afin d'obtenir le module d'élasticité pour un allongement de 150 %.

Le module d'élasticité doit être constitué des valeurs médianes respectives.

B.2 Exigences

Les résultats de l'essai doivent être conformes aux exigences mentionnées dans le Tableau 4.

Annexe C (normative)

Mode opératoire pour l'essai d'immersion amélioré des gaines dans l'huile chaude

C.1 Échantillonnage et préparation des éprouvettes

Cinq éprouvettes doivent être préparées conformément aux modes opératoires décrits au 4.3 de l'IEC 60811-202:2012.

L'essai de détermination du gonflement linéaire doit être effectué sur des échantillons en forme d'haltère d'une épaisseur de $(1,25 \pm 0,25)$ mm.

C.2 Détermination de la section de l'éprouvette

Voir la méthode d'essai de l'IEC 60811-202.

C.3 Huile à utiliser

Huile minérale de type IRM 902 (selon l'ISO 1817) pour le Tableau 9 ou huile minérale IRM 903 (selon l'ISO 1817) pour le Tableau 10.

C.4 Mode opératoire

Avant immersion de chaque éprouvette, on doit mesurer à la température ambiante le poids à 0,1 mg près et la dimension linéaire en millimètres le long de l'axe de l'haltère (à une décimale près).

Les éprouvettes doivent ensuite être immergées dans un bain d'huile préalablement chauffée à (100 ± 2) °C et doivent être maintenues dans l'huile à cette température pendant 7 jours. À la fin de la période spécifiée, les éprouvettes doivent être retirées de l'huile, légèrement épongées pour éliminer l'excès d'huile et mises en suspension dans l'air à la température ambiante pendant au moins 16 h, mais pas plus de 24 h, sauf spécification contraire dans la norme de câble correspondante. À la fin de cette période, tout excès d'huile restant doit être éliminé par un léger épongeage des éprouvettes. Le gonflement linéaire, le poids et les propriétés mécaniques de chaque éprouvette doivent ensuite être mesurés.

C.5 Expression des résultats

Le calcul de la résistance à la traction doit être fondé sur la section de l'éprouvette mesurée avant immersion.

La différence entre la valeur médiane obtenue pour les cinq éprouvettes immergées dans l'huile et la valeur médiane des valeurs obtenues pour les éprouvettes non vieilles, exprimée en pourcentage de cette dernière, ne doit pas dépasser le pourcentage spécifié dans les exigences.

Les variations de gonflement linéaire et de poids sont calculées comme suit:

$((\text{dimension linéaire après immersion} / \text{dimension linéaire avant immersion}) \times 100) - 100 \%$

$((\text{poids après immersion} / \text{poids avant immersion}) \times 100) - 100 \%$

C.6 Exigences

Les résultats de l'essai doivent être conformes aux exigences mentionnées dans le Tableau 9 ou le Tableau 10 selon le cas.

Annexe D (normative)

Mode opératoire pour l'essai d'immersion des gaines dans les boues de forage

D.1 Essai de résistance aux boues de forage

Les boues de forage sont utilisées pratiquement dans chaque opération de forage d'un champ pétrolifère. Les boues utilisées dans les systèmes dits à boues de forage peuvent venir en contact avec des câbles et peuvent affecter le fonctionnement des câbles. L'aptitude des matériaux de gainage de câbles électriques, comme mentionné dans l'IEC 60092-360, à l'exposition à ces boues de forage dépend fortement du type de boues de forage présentes.

D.2 Boues de forage à utiliser

Les diverses boues de forage peuvent être regroupées en trois catégories, boues à base d'eau, à base d'huile et boues à base d'huile de paraffine.

Un matériau pour lequel la résistance aux boues de forage est nécessaire doit:

- réussir l'essai de résistance à l'huile pour le type de mélange régulier indiqué dans le Tableau 6;
- réussir l'essai de résistance à l'huile amélioré indiqué dans le Tableau 9;
- être soumis à l'essai dans de l'huile IRM 903 indiqué dans le Tableau 10;
- être soumis à l'essai dans une boue de saumure générique (saumure de bromure de calcium, 45 % en poids CaBr_2 dans l'eau) comme indiqué dans le Tableau 10.

D.3 Mode opératoire

Cinq éprouvettes doivent être préparées conformément aux modes opératoires décrits au 4.3 de l'IEC 60811-202.

L'essai de détermination du gonflement linéaire est effectué sur des échantillons en forme d'haltère d'une épaisseur de $(1,25 \pm 0,25)$ mm.

La méthode de détermination de la section de l'éprouvette est donnée dans l'IEC 60811-202.

Avant immersion de chaque éprouvette, on doit mesurer à la température ambiante le poids à 0,1 mg près et la dimension linéaire en millimètres le long de l'axe de l'haltère (à une décimale près).

Les éprouvettes doivent ensuite être immergées dans le fluide particulier préalablement chauffé à (70 ± 2) °C et doivent être maintenues à cette température pendant 56 jours. À la fin de la période spécifiée, les éprouvettes doivent être retirées de la boue, légèrement épongées pour éliminer l'excès de boue et mises en suspension dans l'air à la température ambiante pendant au moins 16 h, mais pas plus de 24 h, sauf spécification contraire dans la norme de câble correspondante. À la fin de cette période, tout excès de boue restant doit être éliminé par un léger épongeage des éprouvettes. Le gonflement linéaire, le poids et les propriétés mécaniques de chaque éprouvette doivent ensuite être mesurés.

D.4 Expression des résultats

Le calcul de la résistance à la traction doit être fondé sur la section de l'éprouvette mesurée avant immersion.

La différence entre la valeur médiane obtenue pour les cinq éprouvettes immergées dans la boue et la valeur médiane des valeurs obtenues pour les éprouvettes non vieilles, exprimée en pourcentage de cette dernière, ne doit pas dépasser le pourcentage spécifié dans les exigences.

Les variations de gonflement volumique et de poids sont calculées comme suit:

- $((\text{dimension volumique après immersion} / \text{dimension volumique avant immersion}) \times 100) - 100 \%$
- $((\text{poids après immersion} / \text{poids avant immersion}) \times 100) - 100 \%$

D.5 Exigences

Les résultats de l'essai doivent être conformes aux exigences mentionnées dans le Tableau 10.

Les matériaux réussissant cet essai de résistance aux boues de forage ne conviennent pas nécessairement pour être utilisés dans une boue de forage spécifique ou dans des conditions de fonctionnement particulières. Un accord spécifique avec le fabricant du câble et/ou un essai supplémentaire dans l'huile spécifique et les conditions particulières peuvent être nécessaires.

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

3, rue de Varembé
PO Box 131
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel: + 41 22 919 02 11
Fax: + 41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch