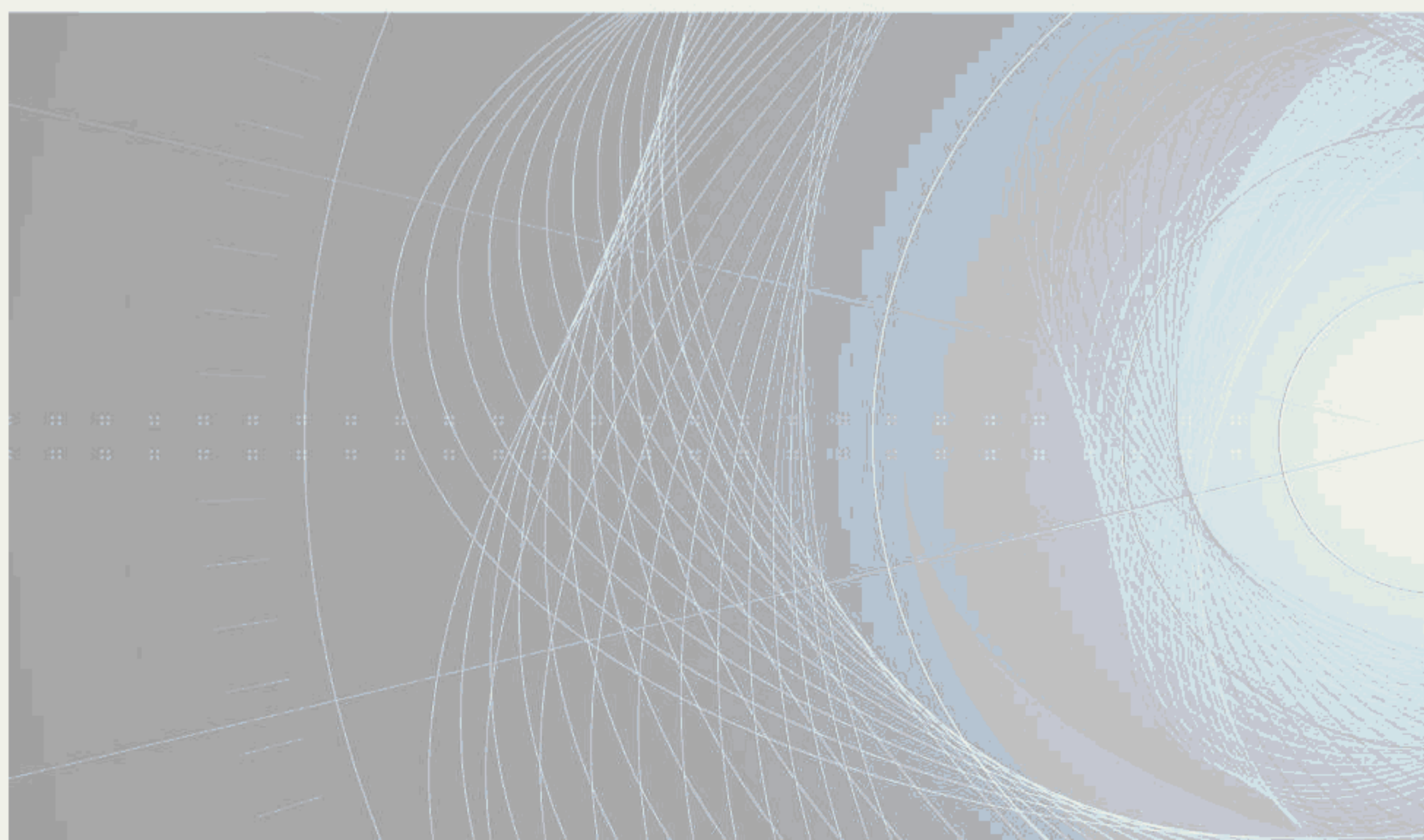


INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Ferrite cores – Guidelines on dimensions and the limits of
surface irregularities –
Part 9: Planar-cores**

**Noyaux ferrites – Lignes directrices relatives aux dimensions
et aux limites des irrégularités de surface –
Partie 9: Noyaux planaires**





THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2020 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 Varembé
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel.: +41 22 919 02 11
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 corrigendum or an amendment might have been published.

IEC publications search - webstore.iec.ch/advsearchform

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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.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 once a month by email.

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: sales@iec.ch.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary on electrotechnology, containing more than 22 000 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 16 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

67 000 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.

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.

Recherche de publications IEC - webstore.iec.ch/advsearchform

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 une fois par mois par email.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire d'électrotechnologie en ligne au monde, avec plus de 22 000 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 16 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

67 000 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.



INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Ferrite cores – Guidelines on dimensions and the limits of
surface irregularities –
Part 9: Planar-cores**

**Noyaux ferrites – Lignes directrices relatives aux dimensions
et aux limites des irrégularités de surface –
Partie 9: Noyaux planaires**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 29.100.10

ISBN 978-2-8322-8080-5

**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
INTRODUCTION	6
1 Scope	7
2 Normative references	7
3 Terms and definitions	7
4 Primary dimensions	7
4.1 Planar shapes and dimensions	7
4.2 Dimensions and effective parameters of planar EL-core and mating PLT-core	8
4.3 Dimensions and effective parameters of low-profile E-core and mating PLT-core	10
4.4 Dimensions and effective parameters of low-profile ER-core and mating PLT-core	12
5 Limits of surface irregularities	15
5.1 General	15
5.2 Examples of surface irregularities	16
5.3 Chips and ragged edges	17
5.3.1 General	17
5.3.2 Chips and ragged edges on the mating surfaces	17
5.3.3 Chips and ragged edges on other surfaces	18
5.4 Cracks	20
5.5 Flash	20
5.6 Pull-outs	20
5.7 Crystallites	24
5.8 Pores	24
Annex A (normative) Low-profile core design	26
A.1 General design	26
A.2 EL-core design	26
A.3 ER-core design	27
Annex B (informative) Reference values of allowable areas of chips	29
Bibliography	31
Figure 1 – Planar EL-core and mating PLT-core.....	8
Figure 2 – Low-profile E-core and mating PLT-core	10
Figure 3 – Low-profile ER-core and mating PLT-core	12
Figure 4 – Examples of surface irregularities for planar EL-core	16
Figure 5 – Examples of surface irregularities for low-profile E-core	16
Figure 6 – Examples of surface irregularities for low-profile ER-core.....	16
Figure 7 – Chip location for planar EL-core	17
Figure 8 – Chip location for low-profile E-core	17
Figure 9 – Chip location for low-profile ER-core	17
Figure 10 – Cracks and pull-out location for planar EL-core	20
Figure 11 – Cracks and pull-out location for low-profile E-core	21
Figure 12 – Cracks and pull-out location for low-profile ER-core	21
Figure 13 – Reference dimensions for EL-core	21

Figure 14 – Reference dimensions for E-core	22
Figure 15 – Reference dimensions for ER-core	23
Figure 16 – Example of the location of a crystallite on planar EL-core	24
Figure 17 – Example of the location of a crystallite on low-profile E-core	24
Figure 18 – Example of the location of a crystallite on low-profile ER-core	24
Figure 19 – Example of the location of a pore on planar EL-core	25
Figure 20 – Example of the location of a pore on low-profile E-core	25
Figure 21 – Example of the location of a pore on low-profile ER-core	25
Table 1 – Dimensions of planar EL-core EL and mating PLT-core	9
Table 2 – Effective parameter values and A_{min} values	10
Table 3 – Dimensions of low-profile E-core and mating PLT-core	11
Table 4 – Effective parameter values and A_{min} values	12
Table 5 – Dimensions of low-profile ER-core and mating PLT-core	13
Table 6 – Effective parameter values and A_{min} values	14
Table 7 – Area and length reference for visual inspection	19
Table 8 – Limits of cracks for planar EL-core	22
Table 9 – Limits of cracks for low-profile E-core	23
Table 10 – Limits of cracks for low-profile ER-core	23
Table A.1 – Sizes and design ratios for ER-core	28
Table B.1 – Allowable areas of chips for planar EL-core	29
Table B.2 – Allowable areas of chips for low-profile E-core	29
Table B.3 – Allowable areas of chips for low-profile ER-core.....	30

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

FERRITE CORES – GUIDELINES ON DIMENSIONS AND THE LIMITS OF SURFACE IRREGULARITIES –

Part 9: Planar-cores

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 63093-9 has been prepared by IEC technical committee 51: Magnetic components, ferrite and magnetic powder materials.

This first edition cancels and replaces the first edition of IEC 60424-5 published in 2009 and first edition of IEC 62317-9 published in 2006 and its Amendment 1:2007. This edition constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous editions of IEC 60424-5 and IEC 62317-9:

- a) IEC 63093-9 integrates IEC 60424-5 and IEC 62317-9;
- b) Table 1, Table 2 and Table 3 in IEC 60424-5:2009 have been moved to Annex B;
- c) some numbers are corrected in Table 4;
- d) Table 6 is amended following IEC 60205.

The text of this International Standard is based on the following documents:

CDV	Report on voting
51/1308/CDV	51/1326/RVC

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

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

A list of all parts in the IEC 63093 series, published under the general title *Ferrite cores – Guidelines on dimensions and the limits of surface irregularities*, can be found on the IEC website.

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

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

INTRODUCTION

Today, DC-to-DC converter power supplies increasingly employ transformers and chokes, the windings of which are made of multi-layer printed circuit boards or are constructed in the motherboard, rather than the transformers wound by conventional copper wires. This document specifies the optimum shapes and dimensions of cores for surface mounted devices (SMDs) and of cores for which the windings are constructed in the motherboard. The motherboard has slots cut out to accept the ferrite cores. This is called the total integration in a multi-layer motherboard. The core shape specified in this document satisfies the demand for lower profile as well as for smaller floor space.

The relations between the main dimensions of planar E-, ER- and EL-cores differ from those of standard cores. For example, the width of planar-cores is larger while the total height is much smaller. Also the thickness of the legs is in most cases smaller than compared to standard cores. Therefore the concept of fixed reference dimensions to determine the length of crack limits yields crack lengths which are not acceptable for this type of core. This document follows another concept which relates the crack length to dimensions of the surface on which the crack occurs.

Also the concept to determine the maximum area of chips based on the total mating surface fails in the case of planar-cores. The outer legs of planar-cores are much thinner than those of standard cores which makes overlapping and gluing much more difficult. A single chip of maximum size on the outer leg can affect the functionality of the core set. Therefore this document uses as a reference the mating surface on which the chip occurs.

Windings of planar-cores are often PCBs which are glued to the inner surfaces of the planar-core. For this reason the inner surfaces of the planar-cores should have a better quality than the inner surfaces of standard cores. This was taken into account by reducing the maximum allowable area of pull-outs in the inner surfaces.

FERRITE CORES – GUIDELINES ON DIMENSIONS AND THE LIMITS OF SURFACE IRREGULARITIES –

Part 9: Planar-cores

1 Scope

This part of IEC 63093 specifies the shapes and dimensions of ferrite cores for inductive components (transformers and chokes), whose the coil is typically made of multi-layer boards (or the coil is part of the motherboard), and the effective parameter values used in calculations. This document gives guidelines on allowable limits of surface irregularities applicable to planar-cores as well.

This document is considered as a sectional specification useful in the negotiation between ferrite core suppliers and users about surface irregularities.

The general consideration upon which the design of this range of cores is based is given in Annex A.

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60205:2016, *Calculation of the effective parameters of magnetic piece parts*

IEC 60401-1, *Terms and nomenclature for cores made of magnetically soft ferrites – Part 1: Terms used for physical irregularities*

IEC 60424-1, *Ferrite cores – Guidelines on the limits of surface irregularities – Part 1: General specification*

3 Terms and definitions

For the purpose of this document, the terms and definitions given in IEC 60401-1 and IEC 60424-1 apply.

ISO and IEC maintain terminological databases for use in standardization at the following addresses:

- IEC Electropedia: available at <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: available at <http://www.iso.org/obp>

4 Primary dimensions

4.1 Planar shapes and dimensions

The main shapes and dimensions shall be as given in the following figures and tables.

The main shapes, dimensions, and parameters for EL-cores are given in:

- Figure 1 – Planar EL-core- and mating PLT-core;
- Table 1 – Dimensions of planar EL-core and mating PLT-core;
- Table 2 – Effective parameter values and A_{\min} values.

The main shape, dimensions, and parameters for low-profile E-cores are given in:

- Figure 2 – Low-profile E-core and mating PLT-core;
- Table 3 – Dimensions of low-profile E-core and mating PLT-core;
- Table 4 – Effective parameter values and A_{\min} values.

The main shape, dimensions, and parameters for ER-cores are given in:

- Figure 3 – Low-profile ER-core and mating PLT-core;
- Table 5 – Dimensions of low-profile ER-core and mating PLT-core;
- Table 6 – Effective parameter values and A_{\min} values.

A uniform dimensional nomenclature has been chosen in order to facilitate a comparison of major physical attributes among the different core shapes.

4.2 Dimensions and effective parameters of planar EL-core and mating PLT-core

For the definitions of effective parameters and their calculations, reference shall be made to IEC 60205.

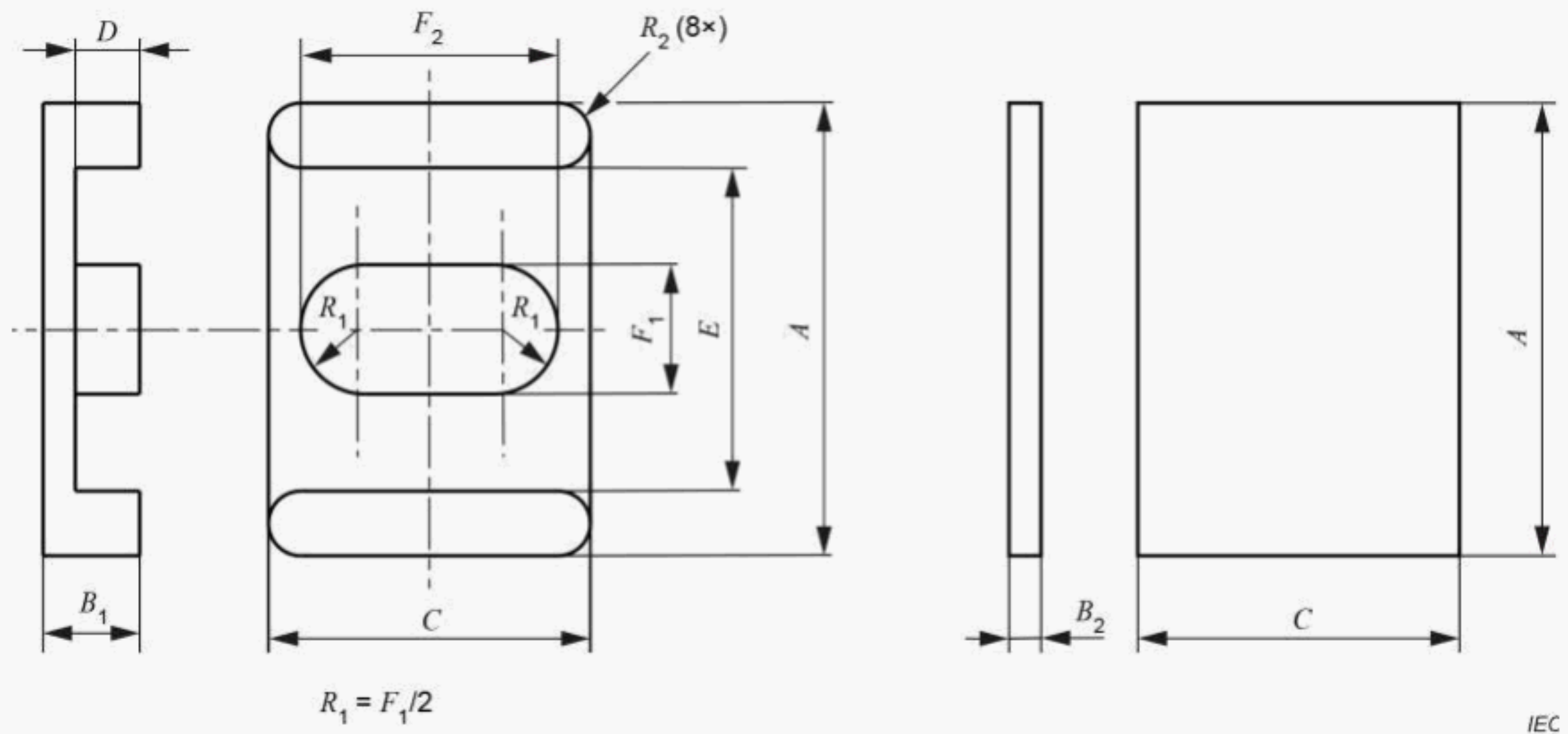


Figure 1 – Planar EL-core and mating PLT-core

Table 1 – Dimensions of planar EL-core EL and mating PLT-core*Dimensions in millimetres*

Size		<i>A</i>	<i>B</i> ₁	<i>B</i> ₂	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>E</i>	<i>F</i> ₁	<i>F</i> ₂	<i>R</i> ₂
EL11 × 2,0	min.	10,80	1,91		8,60	0,90	8,97	2,68	6,25	0,3
	max.	11,20	2,11		9,00	1,10	9,37	2,88	6,55	
EL11 × 3,0	min.	10,80	2,91		8,60	1,90	8,97	2,68	6,25	0,3
	max.	11,20	3,11		9,00	2,10	9,37	2,88	6,55	
PLT11 × 1,0	min.	10,80		0,96	8,60					
	max.	11,20		1,06	9,00					
EL13 × 2,2	min.	12,75	2,09		10,20	0,90	10,63	3,19	7,41	0,3
	max.	13,25	2,29		10,60	1,10	11,03	3,39	7,71	
EL13 × 3,2	min.	12,75	3,09		10,20	1,90	10,63	3,19	7,41	0,3
	max.	13,25	3,29		10,60	2,10	11,03	3,39	7,71	
PLT13 × 1,2	min.	12,75		1,14	10,20					
	max.	13,25		1,24	10,60					
EL15,5 × 2,9	min.	15,20	2,82		12,15	1,40	12,67	3,82	8,81	0,3
	max.	15,80	3,02		12,65	1,60	13,17	4,02	9,21	
EL15,5 × 4,4	min.	15,20	4,32		12,15	2,90	12,67	3,82	8,81	0,3
	max.	15,80	4,52		12,65	3,10	13,17	4,02	9,21	
PLT15,5 × 1,4	min.	15,20		1,32	12,15					
	max.	15,80		1,52	12,65					
EL18 × 3,7	min.	17,70	3,55		14,15	1,90	14,70	4,45	10,27	0,3
	max.	18,30	3,75		14,65	2,10	15,30	4,65	10,67	
EL18 × 5,7	min.	17,70	5,55		14,15	3,85	14,70	4,45	10,27	0,3
	max.	18,30	5,75		14,65	4,15	15,30	4,65	10,67	
PLT18 × 1,7	min.	17,70		1,55	14,15					
	max.	18,30		1,75	14,65					
EL20 × 3,8	min.	19,65	3,73		15,70	1,90	16,37	4,91	11,43	0,5
	max.	20,35	3,93		16,30	2,10	16,97	5,21	11,83	
EL20 × 5,8	min.	19,65	5,68		15,70	3,85	16,37	4,91	11,43	0,5
	max.	20,35	5,98		16,30	4,15	16,97	5,21	11,83	
PLT20 × 1,8	min.	19,65		1,73	15,70					
	max.	20,35		1,93	16,30					
EL22 × 4,0	min.	21,60	3,92		17,30	1,90	17,98	5,41	12,54	0,5
	max.	22,40	4,12		17,90	2,10	18,68	5,71	13,04	
EL22 × 6,0	min.	21,60	5,87		17,30	3,85	17,98	5,41	12,54	0,5
	max.	22,40	6,17		17,90	4,15	18,68	5,71	13,04	
PLT22 × 2,0	min.	21,60		1,92	17,30					
	max.	22,40		2,12	17,90					
EL25 × 4,3	min.	24,55	4,19		19,65	1,90	20,48	6,17	14,29	0,5
	max.	25,45	4,39		20,35	2,10	21,18	6,47	14,79	
EL25 × 6,3	min.	24,55	6,14		19,65	3,85	20,48	6,17	14,29	0,5
	max.	25,45	6,44		20,35	4,15	21,18	6,47	14,79	
PLT25 × 2,3	min.	24,55		2,19	19,65					
	max.	25,45		2,39	20,35					

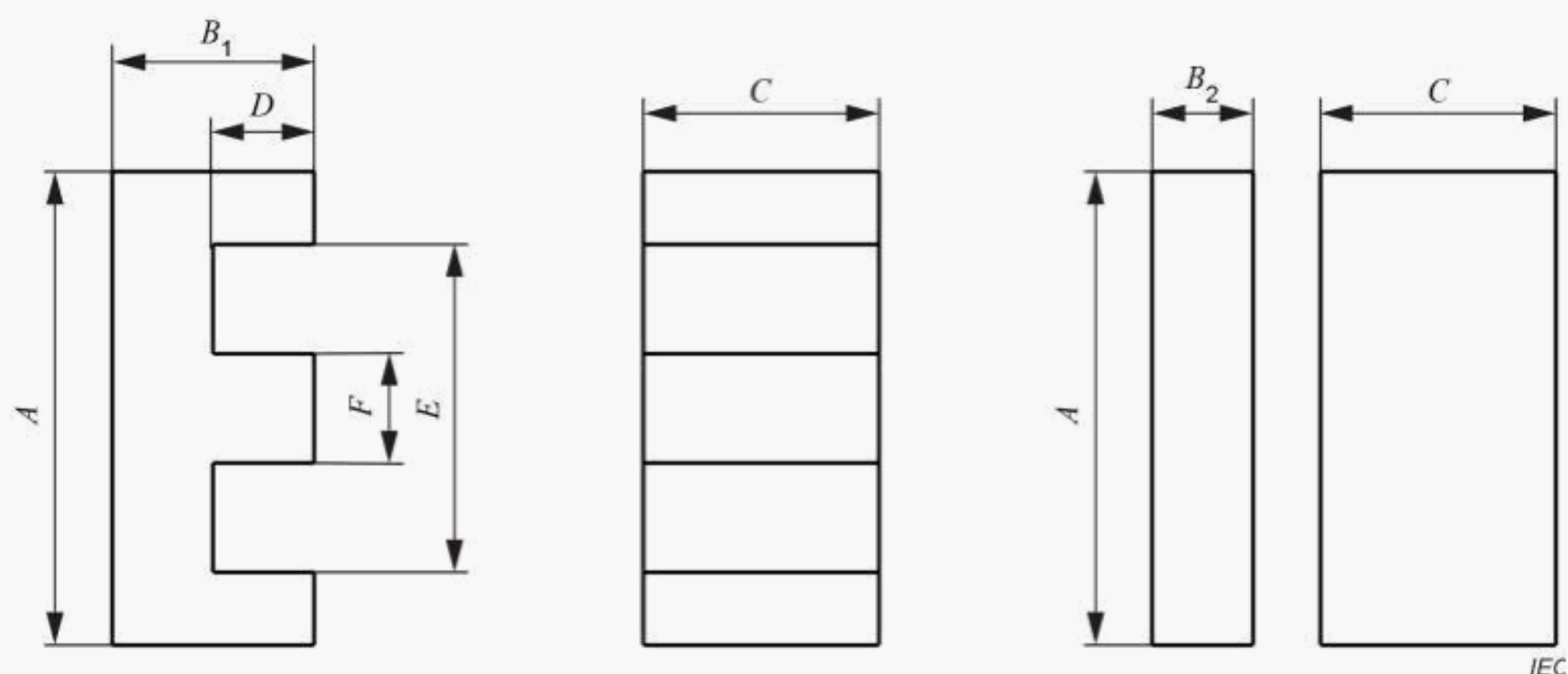
Table 2 – Effective parameter values and A_{min} values

Size	C_1 mm ⁻¹	C_2 mm ⁻³	l_e mm	A_e mm ²	V_e mm ³	A_{min} mm ² ^a	Remarks
EL-EL11 × 4,0	0,826 45	49,923 × 10 ⁻³	13,7	16,5	226	15,9	The combination EL-EL refers to two shorter height EL- cores for size- designation.
EL-EL13 × 4,4	0,666 66	28,815 × 10 ⁻³	15,4	23,1	357	22,4	
EL-EL15,5 × 5,8	0,596 74	18,143 × 10 ⁻³	19,6	32,9	646	31,9	
EL-EL18 × 7,3	0,538 30	12,162 × 10 ⁻³	23,8	44,3	1 050	43,0	
EL-EL20 × 7,7	0,468 64	8,586 6 × 10 ⁻³	25,6	54,6	1 400	52,9	
EL-EL22 × 8,0	0,412 80	6,231 4 × 10 ⁻³	27,3	66,2	1 810	64,2	The combination EL-PLT refers to one taller height EL core paired with one PLT- core for each size- designation.
EL-EL25 × 8,6	0,350 34	4,094 2 × 10 ⁻³	30,0	85,6	2 570	83,0	
EL-PLT11 × 4,0	0,826 45	49,943 × 10 ⁻³	13,7	16,5	226	15,9	
EL-PLT13 × 4,4	0,666 66	28,815 × 10 ⁻³	15,4	23,1	357	22,4	
EL-PLT15,5 × 5,8	0,569 74	18,143 × 10 ⁻³	19,6	32,9	646	31,9	
EL-PLT18 × 7,3	0,538 30	12,162 × 10 ⁻³	23,8	44,3	1 050	43,0	
EL-PLT20 × 7,7	0,468 64	8,586 6 × 10 ⁻³	25,6	54,6	1 400	52,9	
EL-PLT22 × 8,0	0,412 80	6,231 4 × 10 ⁻³	27,3	66,2	1 810	64,2	
EL-PLT25 × 8,6	0,350 34	4,094 2 × 10 ⁻³	30,0	85,6	2 570	83,0	
EL-PLT11 × 3,0	0,701 76	42,170 × 10 ⁻³	11,7	16,6	194	15,9	
EL-PLT13 × 3,4	0,577 71	24,857 × 10 ⁻³	13,4	23,2	312	22,4	
EL-PLT15,5 × 4,3	0,502 96	15,212 × 10 ⁻³	16,6	33,1	550	31,9	
EL-PLT18 × 5,3	0,445 54	10,011 × 10 ⁻³	19,8	44,5	882	43,0	
EL-PLT20 × 5,7	0,392 32	7,167 9 × 10 ⁻³	21,6	54,9	1 180	52,9	
EL-PLT22 × 6,0	0,350 61	5,264 5 × 10 ⁻³	23,4	66,6	1 560	64,2	
EL-PLT25 × 6,6	0,302 22	3,515 6 × 10 ⁻³	26,0	86,0	2 230	83,0	

^a See 4.2 of IEC 60205:2016 for the definition of A_{min} .

4.3 Dimensions and effective parameters of low-profile E-core and mating PLT-core

For the definitions of effective parameters and their calculations, reference shall be made to IEC 60205.



IEC

Figure 2 – Low-profile E-core and mating PLT-core

Table 3 – Dimensions of low-profile E-core and mating PLT-core*Dimensions in millimetres*

Size		<i>A</i>	<i>B1</i>	<i>B2</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>E</i>	<i>F</i>
E14 × 3,5 × 5	min.	13,70	3,40		4,90	1,90	10,75	2,95
	max.	14,30	3,60		5,10	2,10	11,25	3,05
PLT14 × 1,5 × 5	min.	13,70		1,40	4,90			
	max.	14,30		1,60	5,10			
E18 × 4 × 10	min.	17,65	3,90		9,80	1,90	13,70	3,90
	max.	18,35	4,10		10,20	2,10	14,30	4,10
PLT18 × 2 × 10	min.	17,65		1,90	9,80			
	max.	18,35		2,10	10,20			
E22 × 6 × 16	min.	21,40	5,60		15,50	3,10	16,40	4,90
	max.	22,20	5,80		16,10	3,30	17,20	5,10
PLT22 × 2,5 × 16	min.	21,40		2,40	15,50			
	max.	22,20		2,60	16,10			
E32 × 6 × 20	min.	31,10	6,20		19,90	2,95	24,90	6,20
	max.	32,40	6,50		20,75	3,40	26,10	6,50
PLT32 × 3 × 20	min.	31,10		3,00	19,90			
	max.	32,40		3,35	20,75			
E38 × 8 × 25	min.	37,30	8,10		24,85	4,30	30,20	7,40
	max.	38,90	8,40		25,95	4,60	31,40	7,80
PLT38 × 4 × 25	min.	37,30		3,65	24,85			
	max.	38,90		3,95	25,95			
E43 × 10 × 28	min.	42,30	9,35		27,30	5,25	34,70	7,90
	max.	44,10	9,65		28,50	5,55	36,30	8,30
PLT43 × 4 × 28	min.	42,30		3,95	27,30			
	max.	44,10		4,25	28,50			
E58 × 11 × 38	min.	57,20	10,35		37,30	6,35	50,00	7,90
	max.	59,60	10,75		38,90	6,65	52,20	8,30
PLT58 × 4 × 38	min.	57,20		3,85	37,30			
	max.	59,60		4,25	38,90			
E64 × 10 × 50	min.	62,70	10,05		49,70	4,95	52,50	10,00
	max.	65,30	10,35		51,90	5,25	54,70	10,40
PLT64 × 5 × 50	min.	62,70		4,95	49,70			
	max.	65,30		5,25	51,90			
E102 × 20 × 38	min.	100,0	20,10		36,50	12,90	85,00	13,70
	max.	104,0	20,50		38,50	13,40	88,60	14,30
PLT102 × 7 × 38	min.	100,0		6,95	36,50			
	max.	104,0		7,35	38,50			

Table 4 – Effective parameter values and A_{min} values

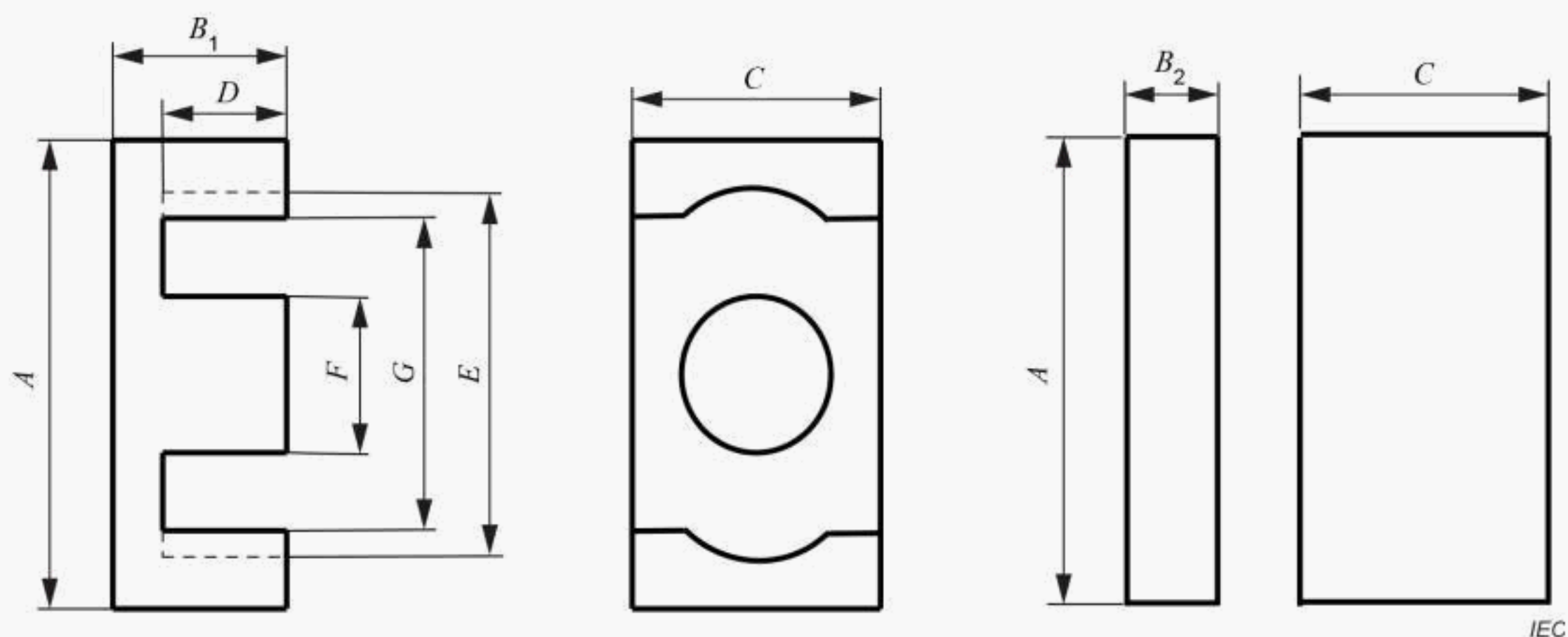
Size	C_1 mm ⁻¹	C_2 mm ⁻³	l_e mm	A_e mm ²	V_e mm ³	A_{min} mm ² ^a	Remarks
E-E14	1,380 8	$92,055 \times 10^{-3}$	20,7	15,0	311	15,0	Combination E-E
E-E18	0,607 08	$15,177 \times 10^{-3}$	24,3	40,0	971	40,0	
E-E22	0,410 81	$5,200 1 \times 10^{-3}$	32,5	79,0	2 560	79,0	
E-E32	0,324 85	$2,525 5 \times 10^{-3}$	41,8	129	5 370	127	
E-E38	0,276 13	$1,443 9 \times 10^{-3}$	52,8	191	10 100	185	
E-E43	0,274 13	$1,219 7 \times 10^{-3}$	61,6	225	13 800	215	
E-E58	0,269 43	$0,893 10 \times 10^{-3}$	81,3	302	24 500	278	
E-E64	0,153 67	$0,295 56 \times 10^{-3}$	79,9	520	41 500	518	
E-E102	0,273 88	$0,506 86 \times 10^{-3}$	148	540	80 000	525	
E-PLT14	1,114 2	$74,277 \times 10^{-3}$	16,7	15,0	251	15,0	Combination E-PLT
E-PLT18	0,507 08	$12,677 \times 10^{-3}$	20,3	40,0	811	40,0	
E-PLT22	0,329 80	$4,174 6 \times 10^{-3}$	26,1	79,0	2 060	79,0	
E-PLT32	0,275 28	$2,138 6 \times 10^{-3}$	35,4	129	4 560	127	
E-PLT38	0,229 08	$1,195 0 \times 10^{-3}$	43,9	192	8 420	185	
E-PLT43	0,225 10	$0,996 95 \times 10^{-3}$	50,8	226	11 500	214	
E-PLT58	0,225 00	$0,740 83 \times 10^{-3}$	68,3	304	20 800	278	
E-PLT64	0,134 18	$0,258 30 \times 10^{-3}$	70,0	519	36 200	518	
E-PLT102	0,225 76	$0,418 68 \times 10^{-3}$	122	539	65 600	525	

NOTE Values ignore the effect of radii. These can have some influence on the outcome of the calculation. They can be incorporated in the formulae as shown in IEC 60205.

^a See 4.2 of IEC 60205:2016 for the definition of A_{min} .

4.4 Dimensions and effective parameters of low-profile ER-core and mating PLT-core

For the definitions of effective parameters and their calculations, reference shall be made to IEC 60205.



IEC

Figure 3 – Low-profile ER-core and mating PLT-core

Table 5 – Dimensions of low-profile ER-core and mating PLT-core

<i>Dimensions in millimetres</i>									
Size		<i>A</i>	<i>B</i> ₁	<i>B</i> ₂	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>E</i>	<i>F</i>	<i>G</i>
ER9,5 × 2,5 × 5	min.	9,15	2,375		4,80	1,60	7,50	3,25	7,00
	max.	9,55	2,525		5,00	1,75	7,75	3,55	7,40
PLT9,5 × 1 × 5	min.	9,15		0,70	4,80				
	max.	9,55		0,85	5,00				
ER11 × 2,5 × 6	min.	10,65	2,375		5,80	1,50	8,70	4,00	7,90
	max.	11,00	2,525		6,00	1,65	9,00	4,25	8,30
PLT11 × 1 × 6	min.	10,65		0,80	5,80				
	max.	11,00		0,95	6,00				
ER13 × 3 × 9	min.	12,5	2,775		8,45	1,625	10,9	4,85	8,75
	max.	13,1	2,925		8,95	1,875	11,5	5,15	9,35
PLT13 × 1 × 9	min.	12,5		1,00	8,45				
	max.	13,1		1,20	8,95				
ER14,5 × 3 × 7	min.	14,30	2,90		6,60	1,55	11,6	4,60	11,6
	max.	14,70	3,00		6,80	1,75	12,0	4,80	12,0
PLT14,5 × 1 × 7	min.	14,30		1,20	6,60				
	max.	14,70		1,40	6,80				
ER18 × 3 × 10	min.	17,65	3,05		9,5	1,50	15,3	6,05	13,5
	max.	18,35	3,25		9,9	1,70	15,9	6,35	14,1
PLT18 × 1,5 × 10	min.	17,65		1,45	9,5				
	max.	18,35		1,65	9,9				
ER20 × 6 × 14	min.	19,65	6,20		13,7	3,95	17,65	8,65	12,51
	max.	20,35	6,40		14,3	4,25	18,35	8,95	13,21
PLT20 × 2 × 14	min.	19,65		2,25	13,7				
	max.	20,35		2,35	14,3				
ER23 × 3,6 × 13	min.	22,75	3,50		12,25	1,50	19,8	7,8	17,5
	max.	23,65	3,70		12,75	1,70	20,6	8,2	18,2
ER23 × 5 × 13	min.	22,75	5,00		12,25	3,00	19,8	7,8	17,5
	max.	23,65	5,20		12,75	3,20	20,6	8,2	18,2
PLT23 × 2 × 13	min.	22,75		1,90	12,25				
	max.	23,65		2,10	12,75				
ER25 × 8 × 18	min.	24,6	7,90		17,7	5,00	21,6	10,8	14,5
	max.	25,4	8,10		18,3	5,30	22,4	11,2	14,9
PLT25 × 3 × 18	min.	24,6		2,75	17,7				
	max.	25,4		2,95	18,3				
ER25 × 6 × 15	min.	24,5	5,40		14,5	3,00	21,3	9,20	18,3
	max.	25,5	5,60		15,1	3,20	22,1	9,60	18,7
PLT25 × 2,4 × 15	min.	24,5		2,30	14,5				
	max.	25,5		2,50	15,1				
ER25 × 6 × 18	min.	24,6	5,55		17,7	3,05	21,6	10,8	14,5
	max.	25,4	5,65		18,3	3,35	22,4	11,2	14,9
PLT25 × 2 × 18	min.	24,6		2,35	17,7				
	max.	25,4		2,45	18,3				

Size		<i>A</i>	<i>B</i> ₁	<i>B</i> ₂	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>E</i>	<i>F</i>	<i>G</i>
ER30 × 8 × 20	min.	29,6	7,85		19,7	5,10	25,6	10,8	19,05
	max.	30,4	8,15		20,3	5,50	26,4	11,2	19,85
PLT30 × 3 × 20	min.	29,6		2,60	19,7				
	max.	30,4		2,80	20,3				
ER32 × 5 × 21	min.	31,4	5,00		20,6	2,6	29,2	11,0	23,0
	max.	32,6	5,20		21,4	2,8	30,2	11,4	24,2
PLT32 × 2 × 21	min.	31,4		2,3	20,6				
	max.	32,6		2,5	21,4				
ER32 × 6 × 25	min.	31,65	5,84		25,0	2,65	26,8	12,15	26,8
	max.	32,75	6,13		25,8	2,91	27,6	12,55	27,6
PLT32 × 3 × 25	min.	31,65		3,14	25,0				
	max.	32,75		3,34	25,8				
ER35 × 10 × 26	min.	34,6	9,90		25,6	5,00	29,6	14,1	26,4
	max.	35,4	10,1		26,4	5,30	30,4	14,7	27,5
PLT35 × 5 × 26	min.	34,6		4,75	25,6				
	max.	35,4		4,95	26,4				
ER40 × 10 × 28	min.	39,6	9,90		27,6	5,00	34,6	14,6	31,5
	max.	40,4	10,1		28,4	5,30	35,4	15,2	32,5
PLT40 × 5 × 28	min.	39,6		4,75	27,6				
	max.	40,4		4,95	28,4				

Table 6 – Effective parameter values and *A*_{min} values

Size	<i>C</i> ₁ mm ⁻¹	<i>C</i> ₂ mm ⁻³	<i>l</i> _e mm	<i>A</i> _e mm ²	<i>V</i> _e mm ³	<i>A</i> _{min} mm ² ^a	Remarks
ER9,5 × 2,5 × 5	1,749 4	206,64 × 10 ⁻³	14,8	8,47	125	7,60	Combination ER-ER
ER11 × 2,5 × 6	1,310 6	111,23 × 10 ⁻³	15,4	11,8	182	10,3	
ER13 × 3 × 9	0,926 09	46,376 × 10 ⁻³	18,5	20,0	369	19,1	
ER14,5 × 3 × 7	1,133 5	64,620 × 10 ⁻³	19,9	17,5	349	17,3	
ER18 × 3 × 10	0,746 41	24,539 × 10 ⁻³	22,7	30,4	691	30,1	
ER20 × 6 × 14	0,578 88	9,741 4 × 10 ⁻³	34,4	59,4	2 040	55,4	
ER23 × 3,6 × 13	0,545 25	10,828 × 10 ⁻³	27,5	50,4	1 380	50,0	
ER23 × 5 × 13	0,660 31	13,059 × 10 ⁻³	33,4	50,6	1 690	50,0	
ER25 × 6 × 15	0,497 16	7,030 4 × 10 ⁻³	35,2	70,7	2 490	69,4	
ER25 × 6 × 18	0,374 11	4,070 1 × 10 ⁻³	34,4	91,9	3 160	86,4	
ER30 × 8 × 20	0,440 78	4,094 1 × 10 ⁻³	47,5	108	5 110	95,0	
ER32 × 5 × 21	0,400 06	3,985 5 × 10 ⁻³	40,2	100	4 030	98,5	
ER32 × 6 × 25	0,300 89	2,099 3 × 10 ⁻³	43,1	143	6 180	121	
ER35 × 10 × 27	0,274 12	1,372 5 × 10 ⁻³	54,7	200	10 900	163	
ER40 × 10 × 28	0,272 71	1,254 8 × 10 ⁻³	59,3	217	12 900	174	

Size	C_1 mm ⁻¹	C_2 mm ⁻³	l_e mm	A_e mm ²	V_e mm ³	A_{min} mm ² ^a	Remarks
ER9,5 × 2,5 × 5 / PLT9,5 × 1 × 5	1,394 3	168,95 × 10 ⁻³	11,5	8,25	95,0	7,60	Combination ER-PLT
ER11 × 2,5 × 6 / PLT11 × 1 × 6	1,082 4	94,686 × 10 ⁻³	12,4	11,4	141	10,3	
ER13 × 3 × 9 / PLT13 × 1 × 9	0,760 78	38,520 × 10 ⁻³	15,0	19,8	297	19,1	
ER14,5 × 3 × 7 / PLT14,5 × 1 × 7	0,947 19	54,097 × 10 ⁻³	16,6	17,5	290	17,3	
ER18 × 3 × 10 / PLT18 × 1,5 × 10	0,643 27	21,212 × 10 ⁻³	19,5	30,3	592	30,1	
ER20 × 6 × 14 / PLT20 × 2 × 14	0,433 67	7,153 7 × 10 ⁻³	26,3	60,6	1 590	55,4	
ER23 × 3,6 × 13 / PLT23 × 2 × 13	0,480 86	9,557 1 × 10 ⁻³	24,2	50,3	1 220	50,0	
ER23 × 5 × 13 / PLT23 × 2 × 13	0,539 38	10,699 × 10 ⁻³	27,2	50,4	1 370	50,0	
ER25 × 6 × 15 / PLT25 × 2,4 × 15	0,413 16	5,888 5 × 10 ⁻³	29,0	70,2	2 030	69,4	
ER25 × 6 × 18 / PLT25 × 2 × 18	0,309 27	3,412 1 × 10 ⁻³	28,0	90,6	2 540	86,4	
ER30 × 8 × 20 / PLT30 × 3 × 20	0,345 32	3,210 0 × 10 ⁻³	37,1	108	4 000	95,0	
ER32 × 5 × 21 / PLT32 × 2 × 21	0,346 04	3,444 8 × 10 ⁻³	34,8	100	3 490	98,5	
ER32 × 6 × 25 / PLT32 × 3 × 25	0,255 65	1,731 3 × 10 ⁻³	37,7	148	5 570	121	
ER35 × 10 × 26 / PLT35 × 5 × 26	0,214 13	1,022 2 × 10 ⁻³	44,9	209	9 400	163	
ER40 × 10 × 28 / PLT40 × 5 × 28	0,216 83	0,950 50 × 10 ⁻³	49,5	228	11 300	174	

NOTE Values ignore the effect of radii. These can have some influence on the outcome of the calculation. They can be incorporated in the formulae as shown in IEC 60205.

^a See 4.2 of IEC 60205:2016 for the definition of A_{min} .

5 Limits of surface irregularities

5.1 General

Surface irregularities are defined in IEC 60424-1.

5.2 Examples of surface irregularities

Figure 4 shows different examples of surface irregularities for a planar EL-core.

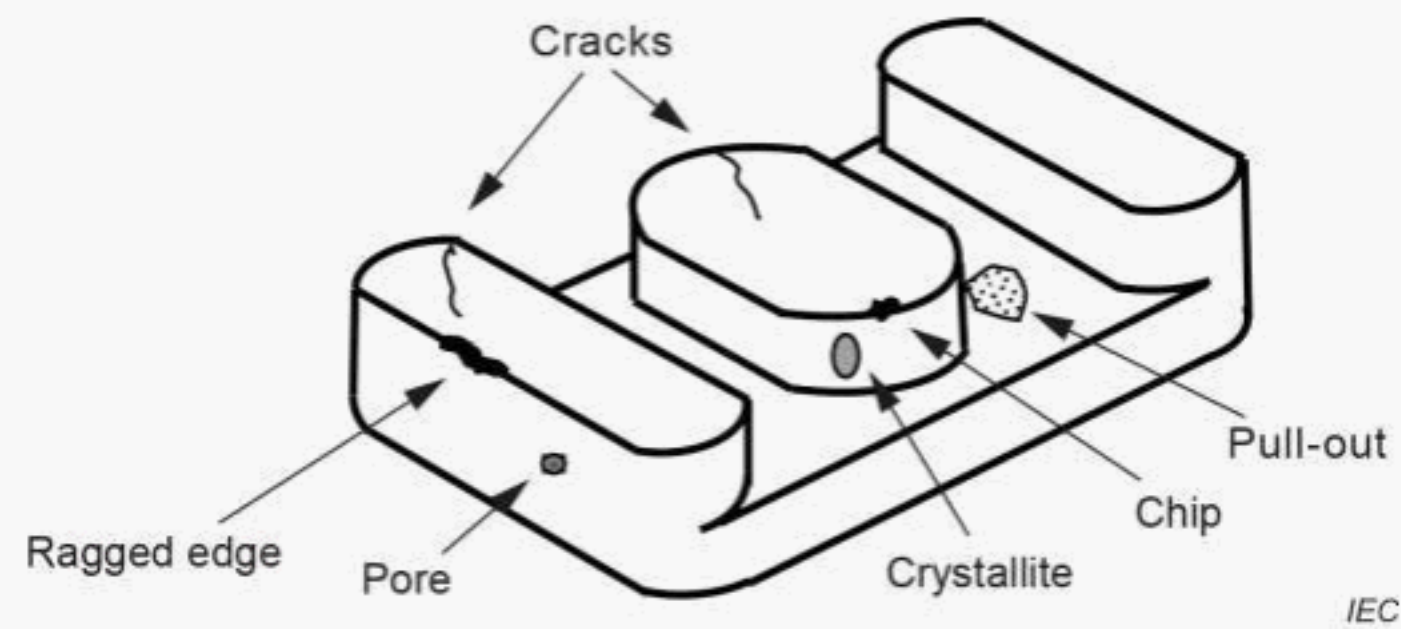


Figure 4 – Examples of surface irregularities for planar EL-core

Figure 5 shows different examples of surface irregularities for a low-profile E-core.

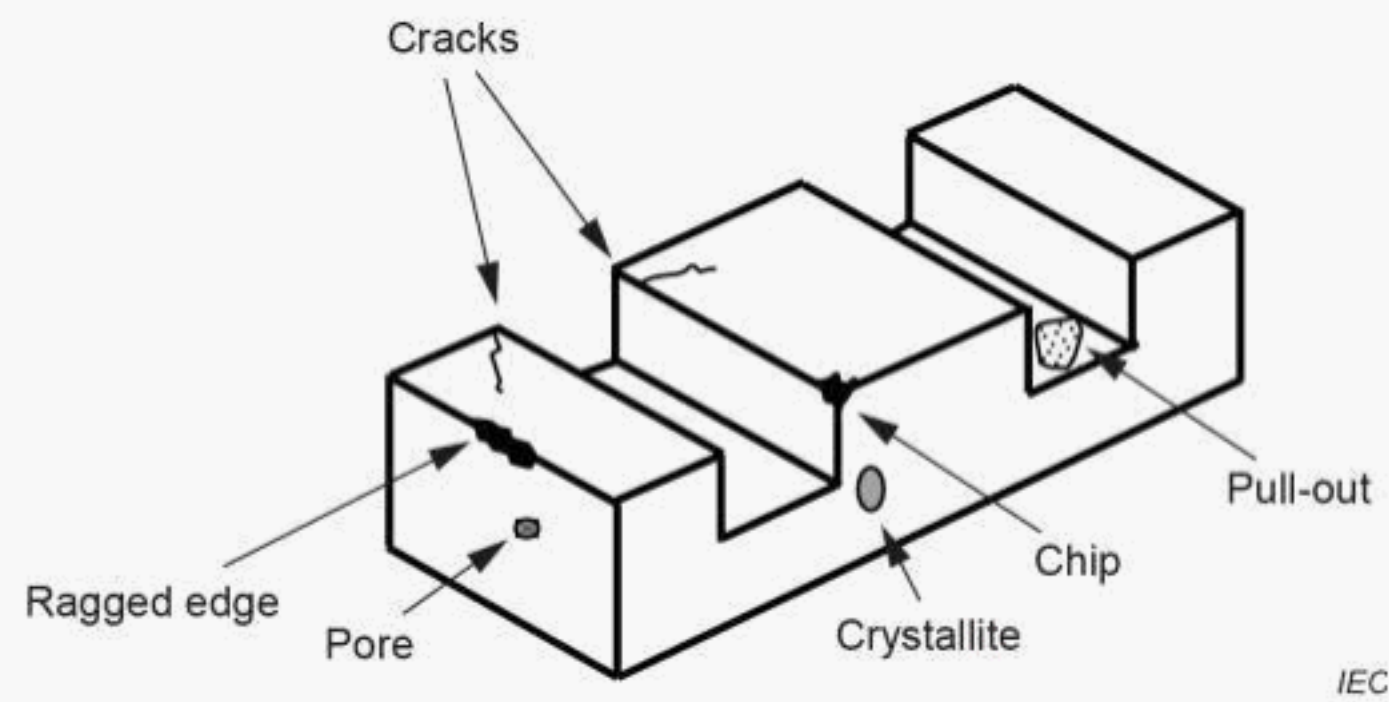


Figure 5 – Examples of surface irregularities for low-profile E-core

Figure 6 shows different examples of surface irregularities for a low-profile ER-core.

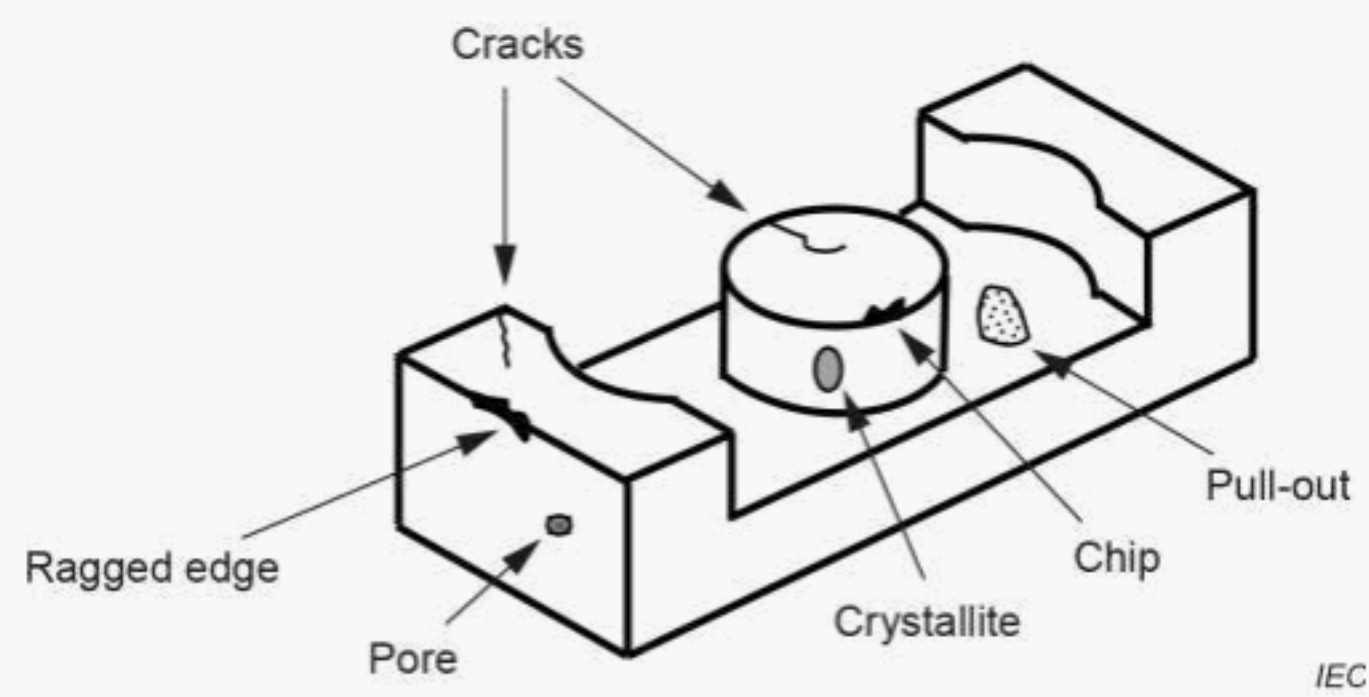


Figure 6 – Examples of surface irregularities for low-profile ER-core

5.3 Chips and ragged edges

5.3.1 General

Chips and ragged edges are shown in Figure 7, Figure 8 and Figure 9.

5.3.2 Chips and ragged edges on the mating surfaces

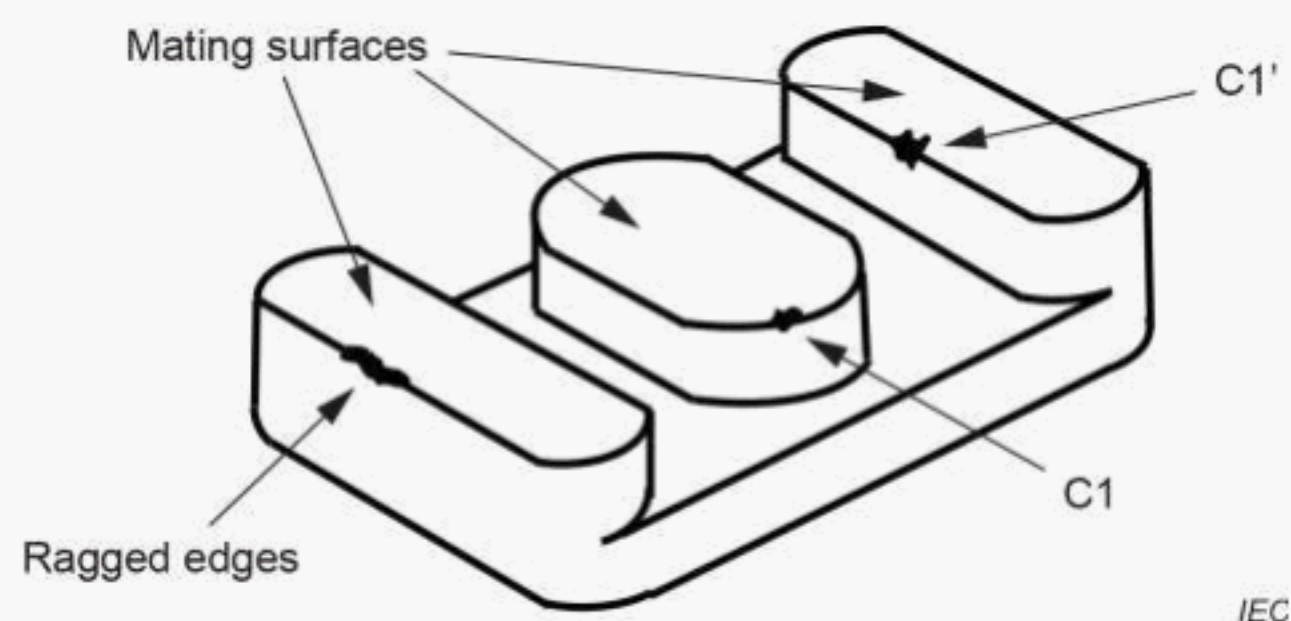


Figure 7 – Chip location for planar EL-core

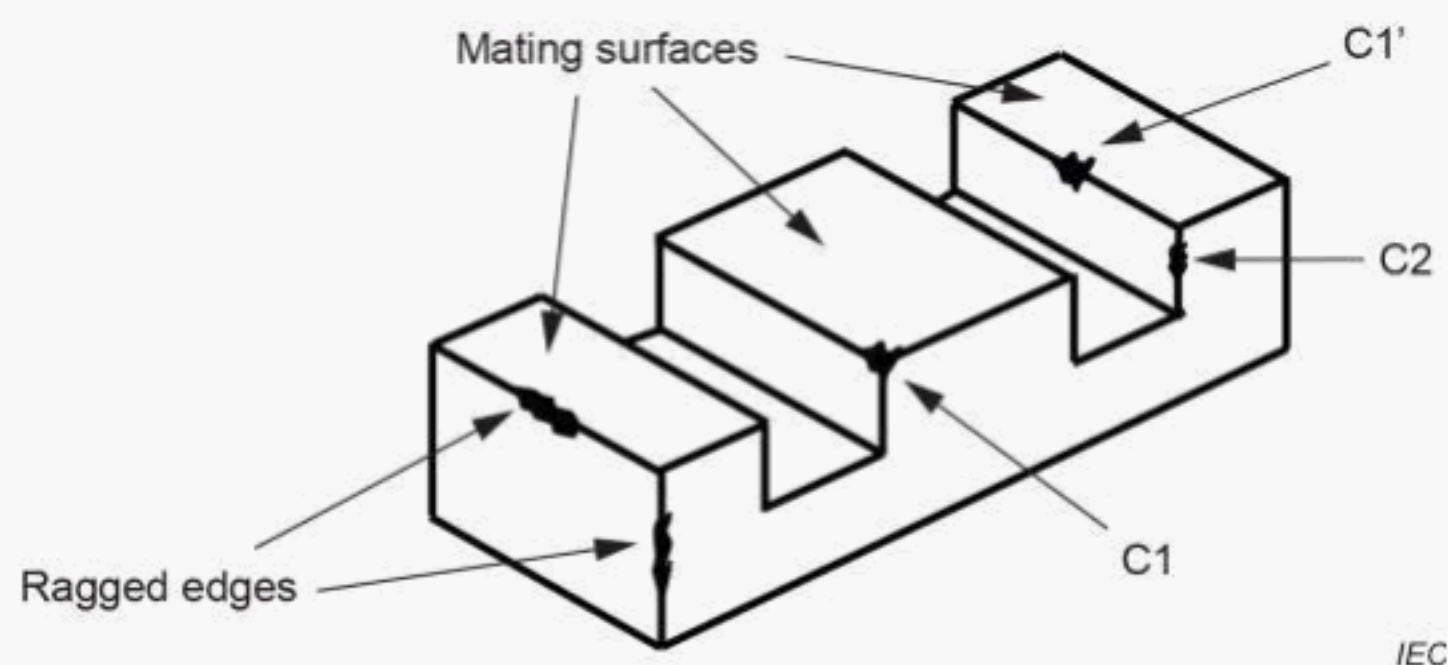


Figure 8 – Chip location for low-profile E-core

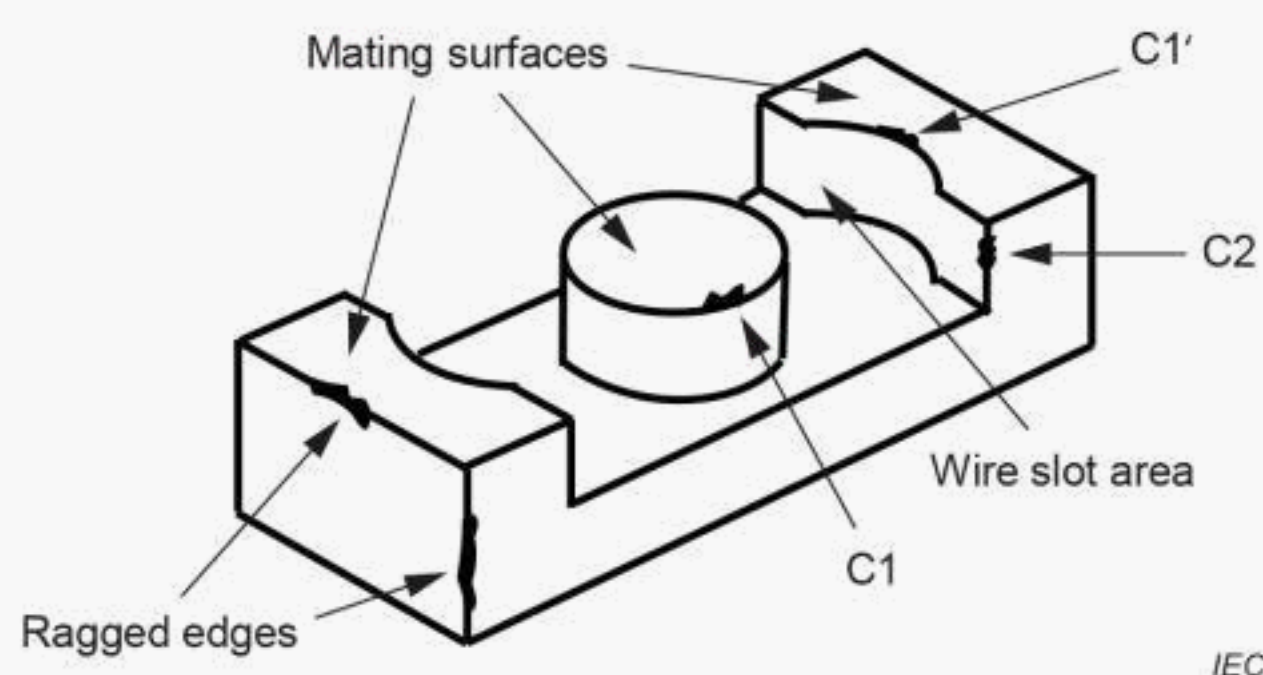


Figure 9 – Chip location for low-profile ER-core

The areas of the chips located on the mating surfaces (C1 and C1' irregularities in Figure 7, Figure 8 and Figure 9) shall not exceed the following limits:

- the cumulative area of the chips shall be less than 4 % of the relevant mating surface. The mating surface of each outer leg and centre post is considered separately. The minimum area is taken as 0,5 mm² to be distinguishable to the naked eye;
- the total length of the ragged edges shall be less than 25 % of the perimeter of the relevant mating surface.

5.3.3 Chips and ragged edges on other surfaces

For chips and ragged edges located on the surfaces:

- the allowable chipping areas are doubled as compared to the limits for the whole mating surfaces;
- the total length of the ragged edges shall be less than 25 % of the perimeter of the smaller adjoining surface;
- chips and ragged edges are not acceptable on the inner edges of the wire slot area (C2 irregularity in Figure 8 and Figure 9).

Area and length reference for visual inspection are given in Table 7. Reference values of allowable areas of chips are given in Annex B.

Table 7 – Area and length reference for visual inspection

Area	A	B	C	D	E	Area	A	B	C	D	E
0,5 mm ²	•	■	—	—	▴	12,5 mm ²	●	■	—	—	▴
1,0 mm ²	•	■	—	—	▴	15,0 mm ²	●	■	—	—	▴
1,5 mm ²	•	■	—	—	▴	17,5 mm ²	●	■	—	—	▴
2,0 mm ²	•	■	—	—	▴	20,0 mm ²	●	■	—	—	▴
2,5 mm ²	•	■	—	—	▴	25,0 mm ²	●	■	—	—	▴
3,0 mm ²	•	■	—	—	▴	30,0 mm ²	●	■	—	—	▴
3,5 mm ²	•	■	—	—	▴	35,0 mm ²	●	■	—	—	▴
4,0 mm ²	•	■	—	—	▴	40,0 mm ²	●	■	—	—	▴
4,5 mm ²	•	■	—	—	▴	45,0 mm ²	●	■	—	—	▴
5,0 mm ²	•	■	—	—	▴	50,0 mm ²	●	■	—	—	▴
6,0 mm ²	•	■	—	—	▴						
7,0 mm ²	•	■	—	—	▴						
8,0 mm ²	•	■	—	—	▴						
9,0 mm ²	•	■	—	—	▴						
10,0 mm ²	•	■	—	—	▴						
Scale 1:1 1 mm — 2 mm — 3 mm — 4 mm — 5 mm — 7,5 mm — 10 mm —											

5.4 Cracks

Different cracks are shown in Figure 10, Figure 11 and Figure 12. In principle three different types of cracks can be distinguished.

- Cracks which are parallel to the magnetic flux path (S1, S2, S5, S5', S5''). These cracks are magnetically not critical. The maximum length of a single crack is 33 % (1/3) of the dimension of the relevant surface which is parallel to the crack. In the case of multiple cracks the maximum cumulative length doubles.
- Cracks which are perpendicular to the magnetic flux path (S3, S3', S3'', S4, S4'). These cracks are magnetically critical. They can reduce the relative cross-section of the magnetic flux or add an additional air gap into the magnetic circuit. The maximum total length of cracks is 20 % (1/5) of the dimension of the relevant surface which is parallel to the crack.
- Cracks which go from one edge to another edge (S6). These cracks can cause chipping during the operation in the circuit. The loose particles can cause malfunctions in the circuit. Therefore this type of crack is not acceptable in any case.

The reference dimensions are given in Figure 13, Figure 14 and Figure 15.

The limits for cracks are given in Table 8, Table 9 and Table 10.

5.5 Flash

There shall be no flash extending from the core into the wire slot.

5.6 Pull-outs

The pull-outs are applicable only for the inner surface where the PCB is seated (as shown in Figure 10, Figure 11 and Figure 12).

For planar EL-cores, low-profile E-cores and low-profile ER-cores, the cumulative area of pull-outs of the core shall be less than 20 % of the total respective surface area.

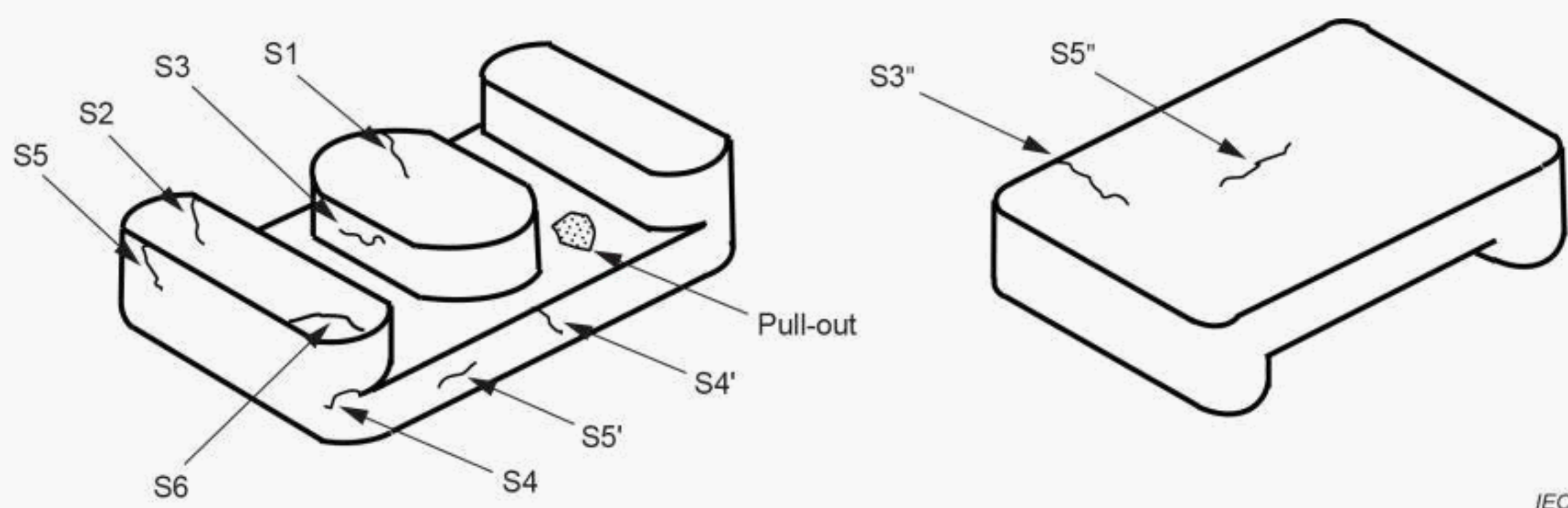


Figure 10 – Cracks and pull-out location for planar EL-core

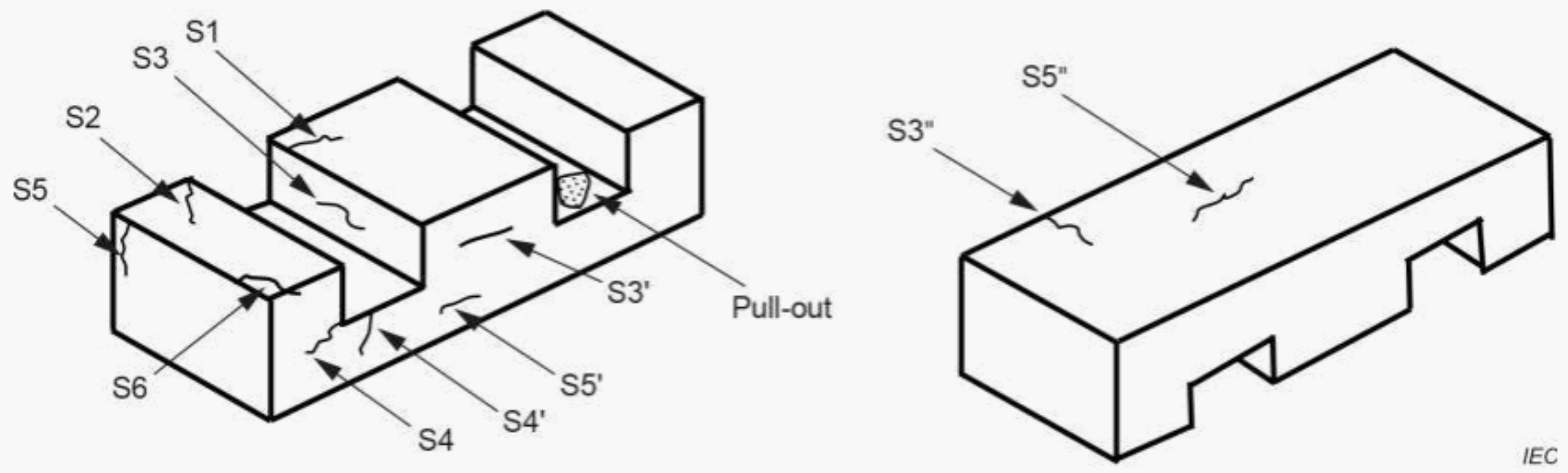


Figure 11 – Cracks and pull-out location for low-profile E-core

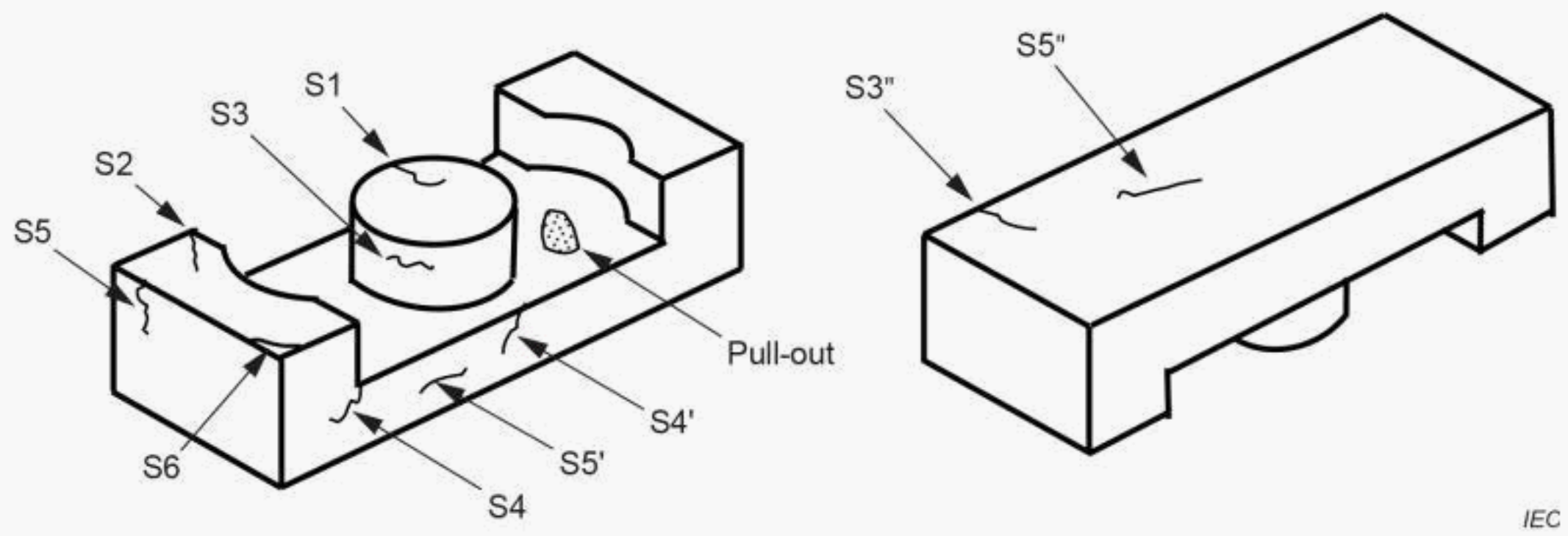


Figure 12 – Cracks and pull-out location for low-profile ER-core

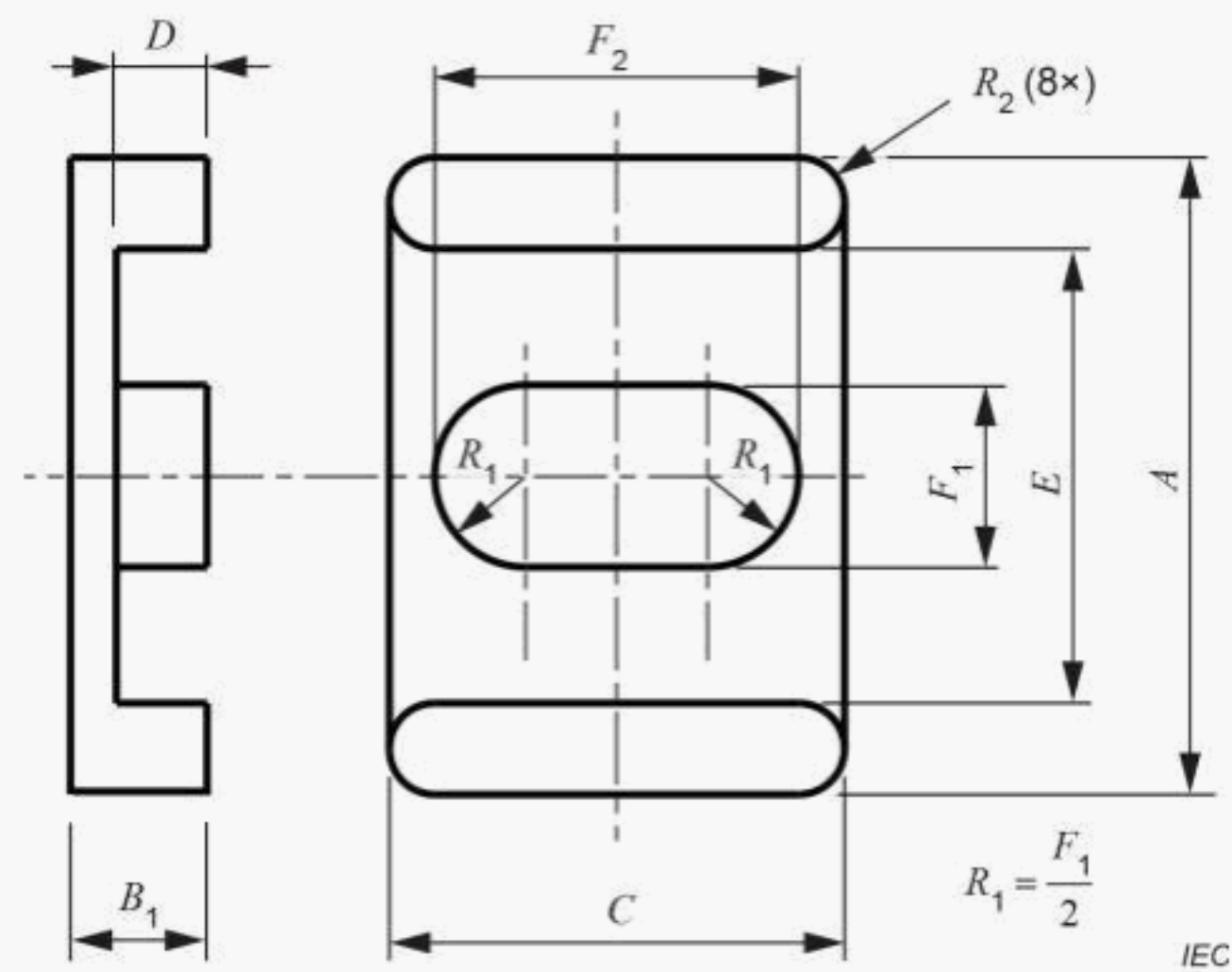


Figure 13 – Reference dimensions for EL-core

Table 8 – Limits of cracks for planar EL-core

Type ^a	Reference dimension ^b	Limits for single crack	Limits for multiple cracks
S1	F_1	33 % (1/3) of reference dim.	66 % (2/3) of reference dim.
S2	$(A-E)/2$	33 % (1/3) of reference dim.	66 % (2/3) of reference dim.
S3	F_2	20 % (1/5) of reference dim.	20 % (1/5) of reference dim.
S3'	F_1	20 % (1/5) of reference dim.	20 % (1/5) of reference dim.
S3''	C	20 % (1/5) of reference dim.	20 % (1/5) of reference dim.
S4	$B_1 - D$	20 % (1/5) of reference dim.	20 % (1/5) of reference dim.
S4'	$B_1 - D$	20 % (1/5) of reference dim.	20 % (1/5) of reference dim.
S5	B_1	33 % (1/3) of reference dim.	66 % (2/3) of reference dim.
S5'	A	33 % (1/3) of reference dim.	66 % (2/3) of reference dim.
S5''	A	33 % (1/3) of reference dim.	66 % (2/3) of reference dim.
S6	Multiple edges	No cracks allowed	

^a See Figure 10.

^b See Figure 13.

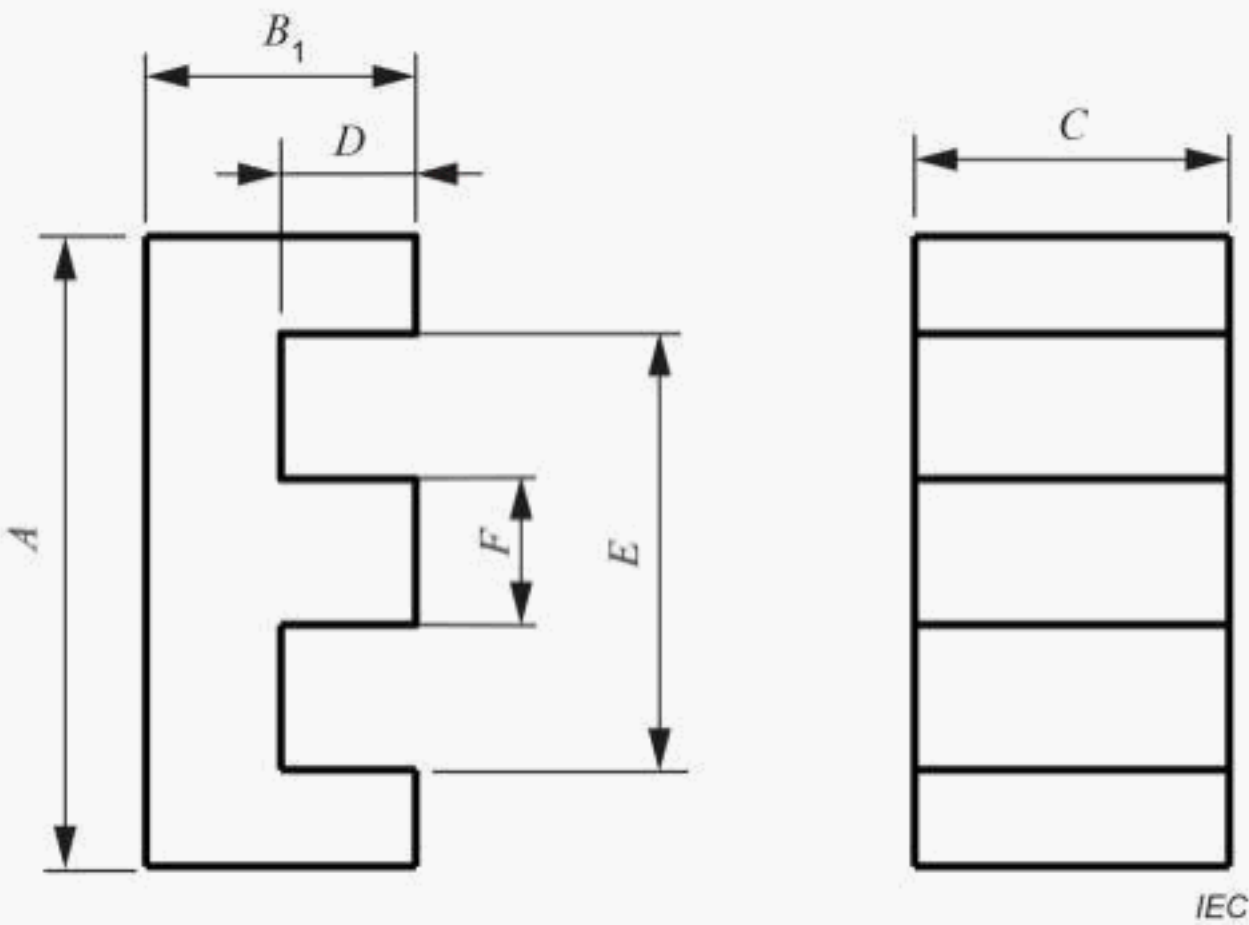
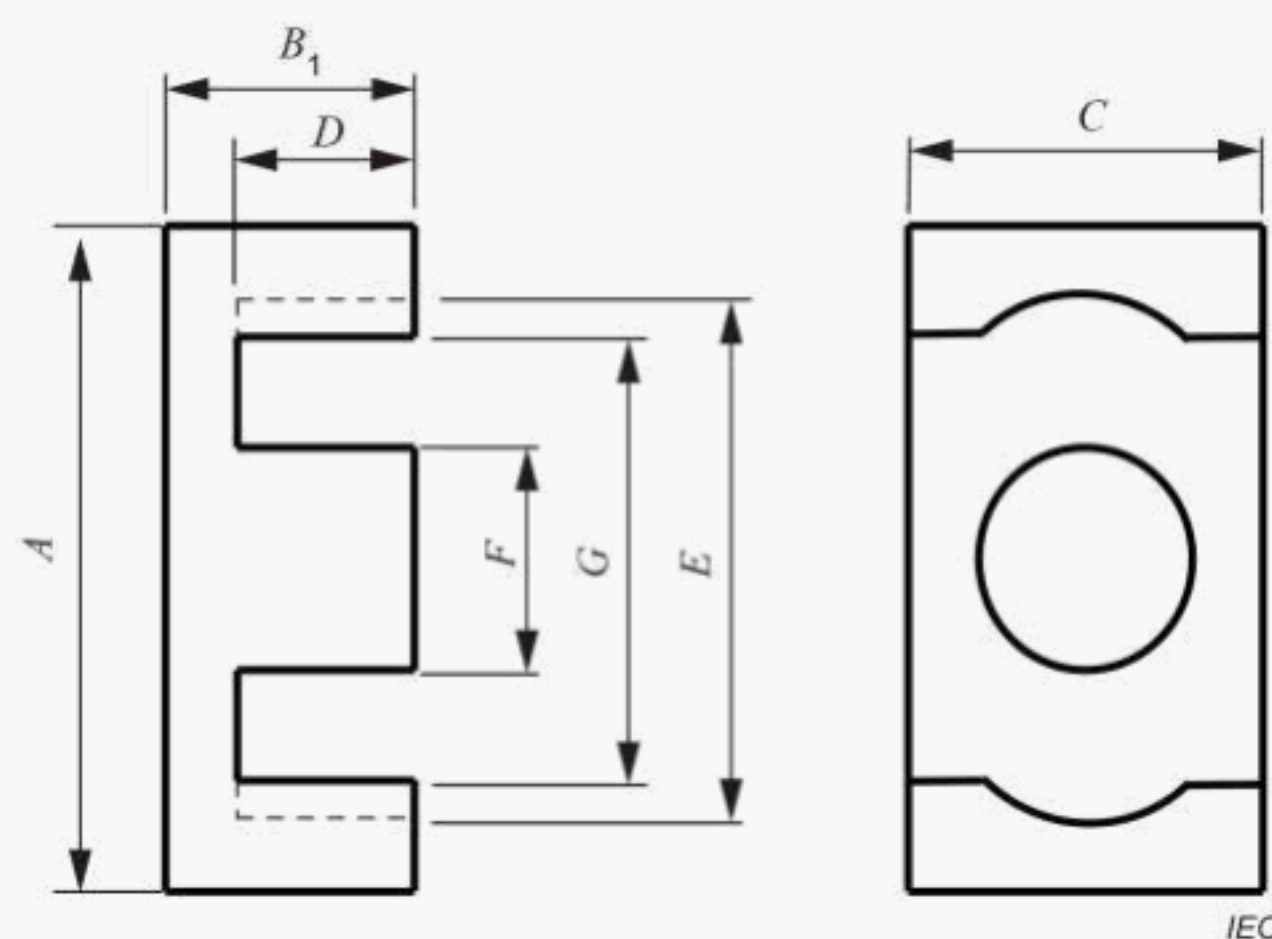


Figure 14 – Reference dimensions for E-core

Table 9 – Limits of cracks for low-profile E-core

Type ^a	Reference dimension ^b	Limits for single crack	Limits for multiple cracks
S1	F	33 % (1/3) of reference dim.	66 % (2/3) of reference dim.
S2	$(A-E)/2$	33 % (1/3) of reference dim.	66 % (2/3) of reference dim.
S3	C	20 % (1/5) of reference dim.	20 % (1/5) of reference dim.
S3'	F	20 % (1/5) of reference dim.	20 % (1/5) of reference dim.
S3''	C	20 % (1/5) of reference dim.	20 % (1/5) of reference dim.
S4	$B_1 - D$	20 % (1/5) of reference dim.	20 % (1/5) of reference dim.
S4'	$B_1 - D$	20 % (1/5) of reference dim.	20 % (1/5) of reference dim.
S5	B_1	33 % (1/3) of reference dim.	66 % (2/3) of reference dim.
S5'	A	33 % (1/3) of reference dim.	66 % (2/3) of reference dim.
S5''	A	33 % (1/3) of reference dim.	66 % (2/3) of reference dim.
S6	Multiple edges	No cracks allowed	

^a See Figure 11.^b See Figure 14.

IEC

Figure 15 – Reference dimensions for ER-core**Table 10 – Limits of cracks for low-profile ER-core**

Type ^a	Reference dimension ^b	Limits for single crack	Limits for multiple cracks
S1	F	33 % (1/3) of reference dim.	66 % (2/3) of reference dim.
S2	$(A-G)/2$	33 % (1/3) of reference dim.	66 % (2/3) of reference dim.
S3	F	20 % (1/5) of reference dim.	20 % (1/5) of reference dim.
S3''	C	20 % (1/5) of reference dim.	20 % (1/5) of reference dim.
S4	$B_1 - D$	20 % (1/5) of reference dim.	20 % (1/5) of reference dim.
S4'	$B_1 - D$	20 % (1/5) of reference dim.	20 % (1/5) of reference dim.
S5	B_1	33 % (1/3) of reference dim.	66 % (2/3) of reference dim.
S5'	A	33 % (1/3) of reference dim.	66 % (2/3) of reference dim.
S5''	A	33 % (1/3) of reference dim.	66 % (2/3) of reference dim.
S6	Multiple edges	No cracks allowed	

^a See Figure 12.^b See Figure 15.

5.7 Crystallites

An example of the location of a crystallite on the planar-core is shown in Figure 16, Figure 17 and Figure 18:

- the single area of the crystallite located on any surface shall be less than 2 % of the respective surface area;
- the cumulative area of the crystallites located on any surface shall be less than 4 % of the respective surface area.

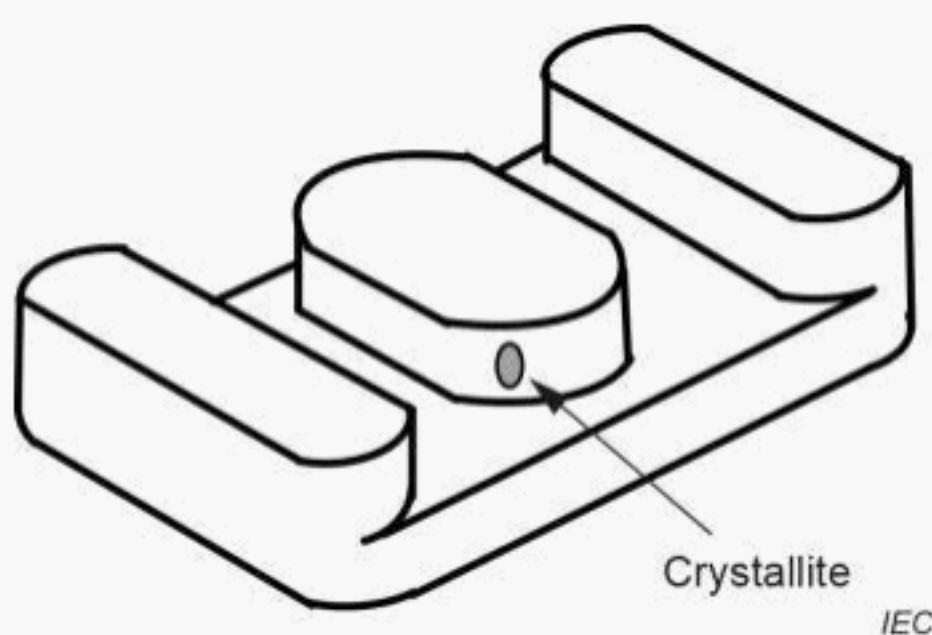


Figure 16 – Example of the location of a crystallite on planar EL-core

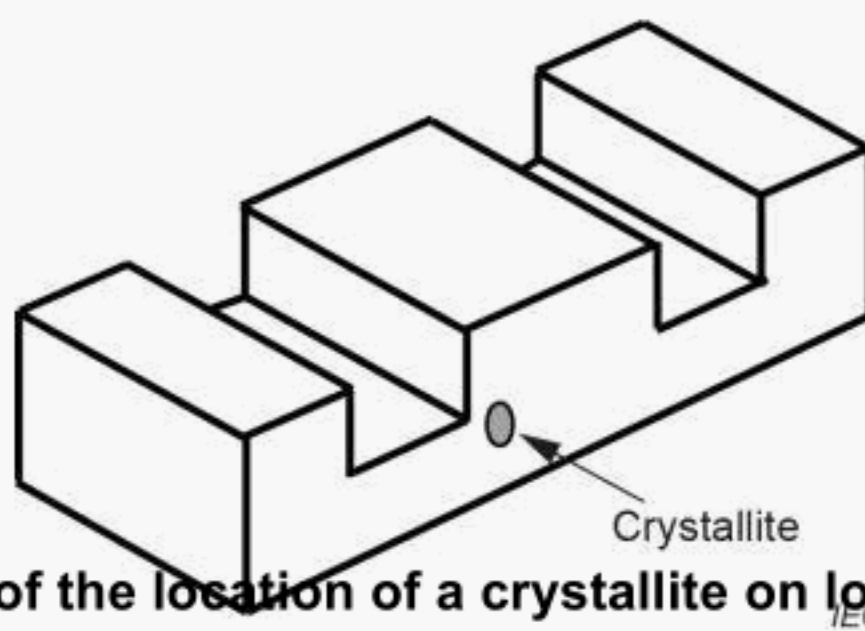


Figure 17 – Example of the location of a crystallite on low-profile E-core

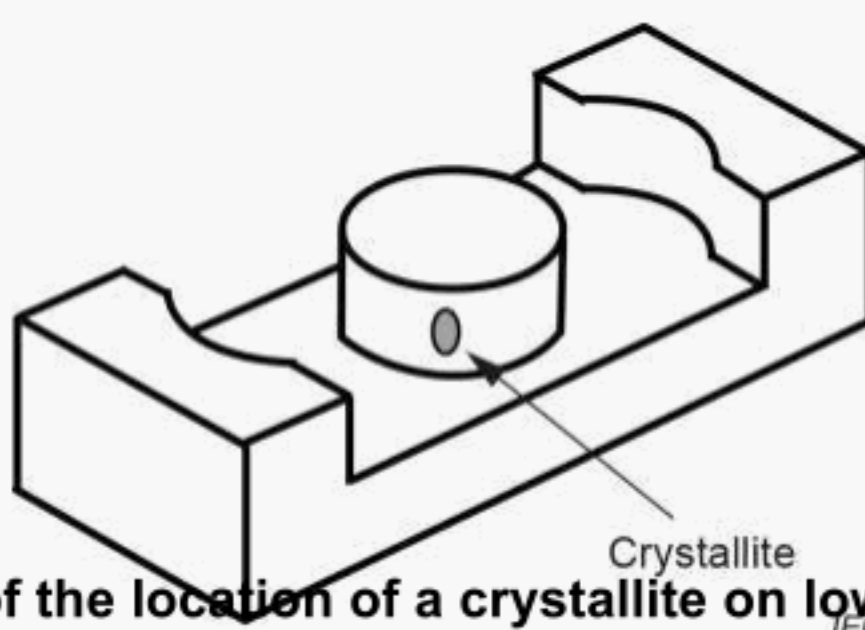


Figure 18 – Example of the location of a crystallite on low-profile ER-core

5.8 Pores

An example of the location of a pore on the planar-core is shown in Figure 19, Figure 20 and Figure 21.

The number of pores and the area of the pores shall not exceed the following limits.

If the “*A*” dimension (see Figure 13, Figure 14 and Figure 15) is shorter than 20 mm:

- the number of pores located on the same surface shall not exceed one; the numbers of pores located on all surfaces shall not exceed three;
- a pore with an area larger than $0,5 \text{ mm}^2$ on any surface is not acceptable.

If the “*A*” dimension is equal to or longer than 20 mm:

- the number of pores located on the same surface shall not exceed two; the numbers of pores located on all surfaces shall not exceed five;
- a pore with an area larger than 1 mm^2 on any surface is not acceptable.

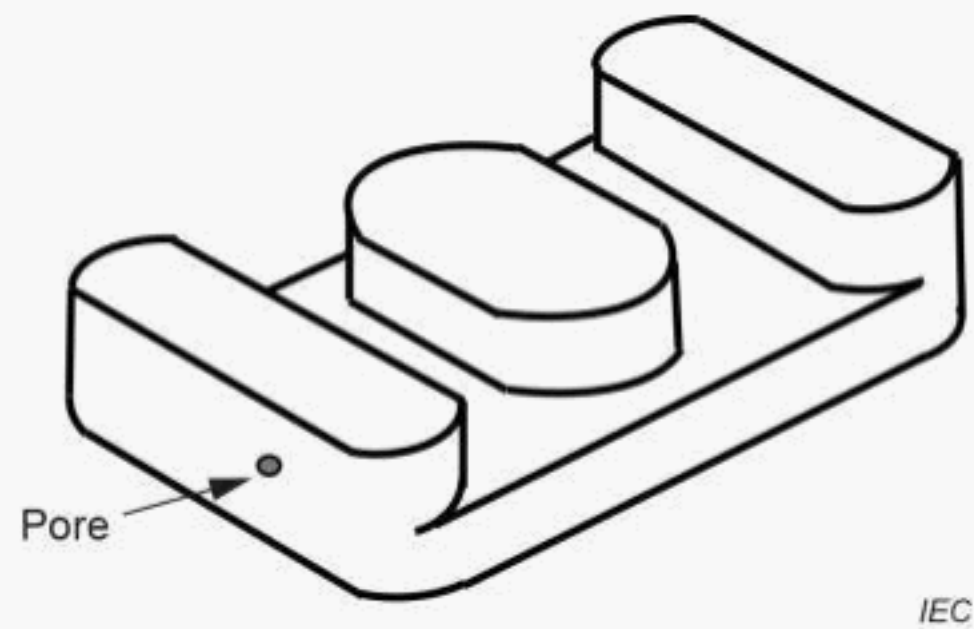


Figure 19 – Example of the location of a pore on planar EL-core

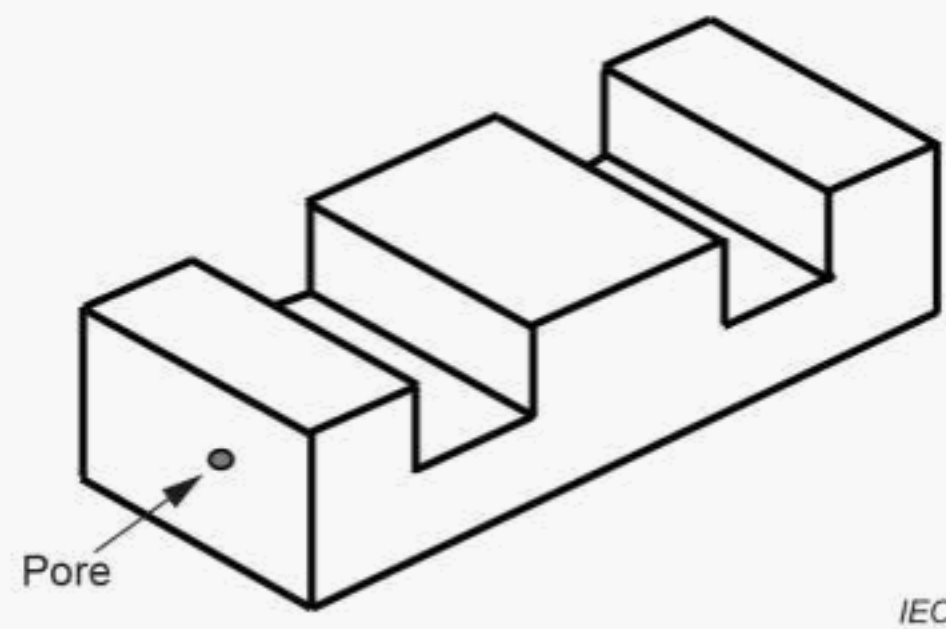


Figure 20 – Example of the location of a pore on low-profile E-core

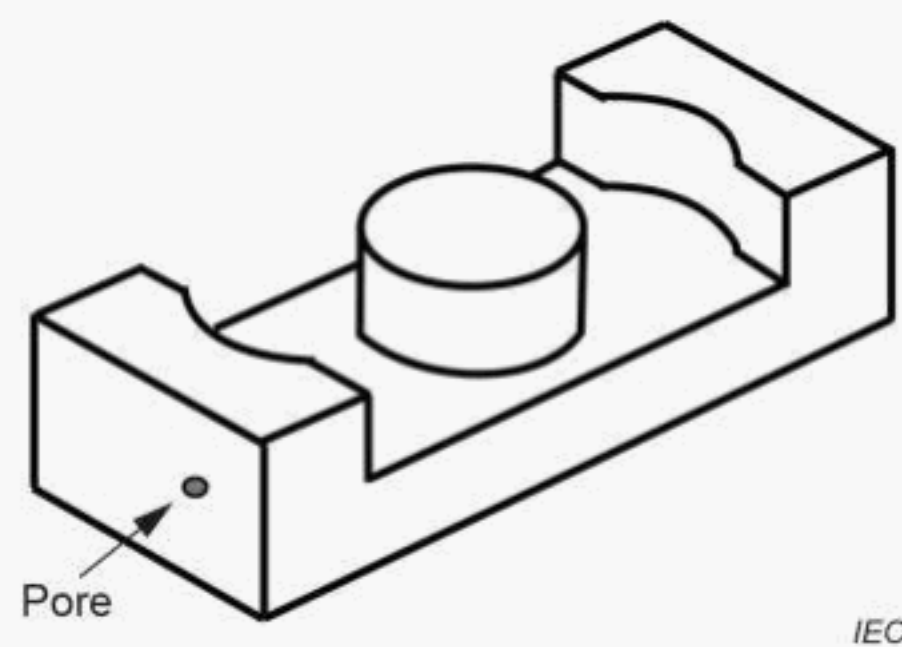


Figure 21 – Example of the location of a pore on low-profile ER-core

Annex A (normative)

Low-profile core design

A.1 General design

The design of low-profile cores standardized by the IEC is based on the form factors that are defined by the following core proportions:

- a) $A > 2 B$
- b) $C > B$
- c) $A > C$

where

A is the overall length of the core back;

B is the outside height of the core;

C is the core width or floor width at wire aperture.

Those cores which exhibit the planar form factor as defined above, and which were initially designed to meet the requirements of designers for low-profile, board-mounted power transformers and chokes are the ones that have been standardized here. Other cores, originally designed for other uses, are frequently modified to achieve the planar form factor in order to have application in board-mounted power. Most frequently, this is achieved by reducing the leg lengths of standard PQ-, RM- and pot-cores. Standardization, if any, for those low-profile sizes is reflected in the relevant IEC standard for the size. (See IEC 63093-4 for RM-cores.)

A.2 EL-core design

The design of the EL standard cores is based on the following considerations:

- a) since the motherboard or multi-layer board shall typically have slots cut out to accept the cores, the core shapes are designed to result in cut outs that are simple and economical;
- b) with consideration of the output power of on-board type DC-to-DC converter for telecommunication, seven base sizes from 11 mm to 25 mm are standardised;
- c) the outer leg dimensions are selected to allow economical production of cores.
 $(A - E)/A = 1/6$;
- d) with consideration of minimizing leakage inductance, the aspect ratio C is chosen as $C = 0,8 A$;
- e) the flux path (or cross sectional) area of the centre leg and that of the sum of two outer legs are designed to be equal;
- f) an oval shaped centre leg is selected so that the ratio of the average wire length to the cross section of the winding is minimized. Copper loss is a function of this ratio and this ratio is minimized when $F2/F1 = 2,3$;
- g) the dimension of the back wall thickness is designed to be equal to $1,1(A - E)/2$, so that its minimum cross section is close to the cross section of any of the outer legs;
- h) the height of $B1$ is designed with consideration of slot spacing for telecommunication equipment.

A.3 ER-core design

a) A_e/A_w ratio

One useful way to consider round centre pole cores is by evaluating the ratio of the core cross section (A_e) to the winding area (A_w). With a high A_e/A_w ratio, (e.g. $> 2,0$) the centre pole is relatively large, favouring higher voltage/lower current applications since the increased cross section can support the high flux generated by relatively few turns at high voltage. With a lower A_e/A_w ratio (e.g. $< 2,0$), the centre pole is relatively small, favouring lower voltage/higher current applications since the increased window space can fit the larger dimension of a small number of planar windings at high current. (See Table A.1 for A_e/A_w ratios for the ER-cores.)

b) Centre pole/window height ratio

A limitation of considering only the A_e/A_w ratios for planar-cores is that the window area (A_w) is increased or decreased independently of the basic geometry, by adjusting the leg length (D dimension and B dimension) of the core set. This is evident when the ratios for E/E and E/I variation of any base size are compared. Generally, the D and B dimensions are easily customized without special new tooling. This is done to accommodate specifically dimensioned printed circuit board winding stacks, and it has the effect of altering the A_e/A_w ratio.

For comparison of the base E-core designs, a useful ratio is the diameter of the centre pole to the distance from the centre pole to the outside leg ($2F/(E - F) = F/0,5(E - F)$). In a similar fashion to the A_e/A_w ratio, for a high centre pole/window width ratio (e.g. $> 2,0$) the centre pole is relatively large, favouring higher voltage/lower current applications since the increased cross section can support the high flux generated by relatively few turns at high voltage. With a lower centre pole/window height ratio (e.g. $< 2,0$), the centre pole is relatively small, favouring lower voltage/higher current applications since the increased window space can fit the larger dimension of a small number of planar windings at high current. (See Table A.1 for $2F/(E - F)$ ratios.)

Table A.1 – Sizes and design ratios for ER-core

Size	A_e mm ²	A_w mm ²	Ratio A_e/A_w	Ratio $2F/(E - F)$	Remarks
ER9,5 × 2,5 × 5	8,47	7,08	1,20	1,61	Combination ER-ER
ER11 × 2,5 × 6	11,8	7,44	1,59	1,75	
ER13 × 3 × 9	20,0	10,9	1,83	1,61	
ER14,5 × 3 × 7	17,5	11,7	1,49	1,32	
ER18 × 3 × 10	30,4	15,0	2,02	1,32	
ER23 × 3,6 × 13	50,4	15,8	2,67	1,31	
ER23 × 5 × 13	50,5	37,8	1,33	1,31	
ER25 × 6 × 15	70,7	38,1	1,86	1,53	
ER25 × 6 × 18	91,9	35,2	2,60	2,00	
ER30 × 8 × 20	108	79,5	1,36	1,47	
ER32 × 6 × 20	143	41,3	3,46	1,66	
ER35 × 10 × 27	200	80,3	2,49	1,85	
ER40 × 10 × 32	217	104	2,08	1,48	
ER9,5 × 2,5 × 5 / PLT9,5 × 1 × 5	8,25	3,54	2,33	1,61	Combination ER-PLT
ER11 × 2,5 × 6 / PLT11 × 1 × 6	11,4	3,72	3,06	1,75	
ER13 × 3 × 9/ PLT13 × 1 × 9	19,8	5,43	3,65	1,61	
ER14,5 × 3 × 7 / PLT14,5 × 1 × 7	17,5	5,86	2,99	1,32	
ER18 × 3 × 10 / PLT18 × 1,5 × 10	30,3	7,52	4,03	1,32	
ER23 × 3,6 × 13 / PLT23 × 2 × 13	50,3	9,46	5,32	1,31	
ER23 × 5 × 13 / PLT23 × 2 × 13	50,3	18,1	2,78	1,31	
ER25 × 6 × 15 / PLT25 × 2,4 × 15	70,8	19,1	3,71	1,53	
ER25 × 6 × 18 / PLT25 × 2 × 18	90,6	17,6	5,15	2,00	
ER30 × 8 × 20/ PLT30 × 3 × 20	108	39,8	2,72	1,47	
ER32 × 6 × 25/ PLT32 × 3 × 25	148	20,6	7,18	1,66	
ER35 × 10 × 26 / PLT35 × 5 × 26	209	40,2	5,20	1,85	
ER40 × 10 × 28 / PLT40 × 5 × 28	228	51,8	4,41	1,48	

Annex B (informative)

Reference values of allowable areas of chips

The reference values of allowable areas of chips for a given core are summarized in Table B.1, Table B.2 and Table B.3.

NOTE Table B.1, Table B.2 and Table B.3 are taken from IEC 60424-5:2009, Table 1, Table 2 and Table 3, and are included in Annex B for ease of reference.

Table B.1 – Allowable areas of chips for planar EL-core

Core size	Chipping on mating surface of one outer leg mm ²	Chipping on mating surface of centre post mm ²	Overall chipping on mating surface mm ²	Other surfaces mm ²
EL 11 × 2,0	0,5	0,5	1,5	3,0
EL 11 × 3,0	0,5	0,5	1,5	3,0
EL 13 × 2,2	0,5	1,0	2,0	4,0
EL 13 × 3,2	0,5	1,0	2,0	4,0
EL 15,5 × 2,9	0,5	1,0	2,0	4,0
EL 15,5 × 4,4	0,5	1,0	2,0	4,0
EL 18 × 3,7	1,0	2,0	4,0	8,0
EL 18 × 5,7	1,0	2,0	4,0	8,0
EL 20 × 3,8	1,0	2,0	4,0	8,0
EL 20 × 5,8	1,0	2,0	4,0	8,0
EL 22 × 4,0	1,5	2,5	5,5	11,0
EL 22 × 6,0	1,5	2,5	5,5	11,0
EL 25 × 4,3	1,5	3,5	6,5	13,0
EL 25 × 6,3	1,5	3,5	6,5	13,0

Table B.2 – Allowable areas of chips for low-profile E-core

Core size	Chipping on mating surface of one outer leg mm ²	Chipping on mating surface of centre post mm ²	Overall chipping on mating surface mm ²	Other surfaces mm ²
E 14 × 3,5 × 5	0,5	0,5	1,5	3,0
E 18 × 4 × 10	1,0	1,5	3,5	7,0
E 22 × 6 × 16	1,5	3,0	6,0	12,0
E 32 × 6 × 20	2,5	5,0	10,0	20,0
E 38 × 8 × 25	3,5	8,0	15,0	30,0
E 43 × 10 × 28	4,5	9,0	18,0	36,0
E 58 × 11 × 38	6,0	12,5	24,5	49,0
E 64 × 10 × 50	10,0	20,0	40,0	80,0
E 102 × 20 × 38	12,5	20,0	45,0	90,0

Table B.3 – Allowable areas of chips for low-profile ER-core

Core size	Chipping on mating surface of one outer leg mm ²	Chipping on mating surface of centre post mm ²	Overall chipping on mating surface mm ²	Other surfaces mm ²
ER 9,5 × 2,5 × 5	0,5	0,5	1,5	3,0
ER 11 × 2,5 × 6	0,5	0,5	1,5	3,0
ER 13 × 3 × 9	0,5	1,0	2,0	4,0
ER 14,5 × 3 × 7	0,5	1,0	2,0	4,0
ER 18 × 3 × 10	0,5	1,0	2,0	4,0
ER 20 × 6 × 14	1,5	2,0	5,0	10,0
ER 23 × 3,6 × 13	1,0	2,0	4,0	8,0
ER 23 × 5 × 13	1,0	2,0	4,0	8,0
ER 25 × 6 × 15	1,5	3,0	6,0	12,0
ER 30 × 8 × 20	2,5	4,0	9,0	18,0
ER 32 × 5 × 21	2,0	4,0	8,0	16,0
ER 32 × 6 × 25	2,5	5,0	10,0	20,0
ER 35 × 10 × 26	3,5	7,0	14,0	28,0
ER 40 × 10 × 28	4,0	7,0	15,0	30,0

Bibliography

IEC 60424-5:2009, *Ferrite cores – Guide on the limits of surface irregularities – Part 5: Planar-cores*

IEC 63093-4, *Ferrite cores – Guidelines on dimensions and the limits of surface irregularities – Part 4: RM-cores*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	34
INTRODUCTION	36
1 Domaine d'application	37
2 Références normatives	37
3 Termes et définitions	37
4 Dimensions principales	38
4.1 Formes et dimensions planaires	38
4.2 Dimensions et paramètres effectifs du noyau EL planaire et noyau PLT de contact	38
4.3 Dimensions et paramètres effectifs du noyau E extra-plat et noyau PLT de contact	40
4.4 Dimensions et paramètres effectifs du noyau ER extra-plat et noyau PLT de contact	42
5 Limites des irrégularités de surface	46
5.1 Généralités	46
5.2 Exemples d'irrégularités de surface	46
5.3 Éclats et bords ébréchés	47
5.3.1 Généralités	47
5.3.2 Éclats et bords ébréchés sur les surfaces de contact	47
5.3.3 Éclats et bords ébréchés sur d'autres surfaces	48
5.4 Fissures	50
5.5 Bavure	50
5.6 Collages	50
5.7 Cristallites	54
5.8 Pores	54
Annexe A (normative) Conception des noyaux extra-plats	56
A.1 Conception générale	56
A.2 Conception des noyaux EL	56
A.3 Conception des noyaux ER	57
Annexe B (informative) Valeurs de référence des surfaces admissibles des éclats	59
Bibliographie	61
Figure 1 – Noyau EL planaire et noyau PLT de contact	38
Figure 2 – Noyau E extra-plat et noyau PLT de contact	41
Figure 3 – Noyau ER extra-plat et noyau PLT de contact	43
Figure 4 – Exemples d'irrégularités de surface pour le noyau EL planaire	46
Figure 5 – Exemples d'irrégularités de surface pour le noyau E extra-plat	46
Figure 6 – Exemples d'irrégularités de surface pour le noyau ER extra-plat	46
Figure 7 – Emplacement des éclats pour le noyau EL planaire	47
Figure 8 – Emplacement des éclats pour le noyau E extra-plat	47
Figure 9 – Emplacement des éclats pour le noyau ER extra-plat	47
Figure 10 – Emplacement des fissures et des collages pour le noyau EL planaire	50
Figure 11 – Emplacement des fissures et des collages pour le noyau E extra-plat	51
Figure 12 – Emplacement des fissures et des collages pour le noyau ER extra-plat	51
Figure 13 – Dimensions de référence pour le noyau EL	51

Figure 14 – Dimensions de référence pour le noyau E	52
Figure 15 – Dimensions de référence pour le noyau ER	53
Figure 16 – Exemple d'emplacement d'une cristallite sur le noyau EL planaire	54
Figure 17 – Exemple d'emplacement d'une cristallite sur le noyau E extra-plat	54
Figure 18 – Exemple d'emplacement d'une cristallite sur le noyau ER extra-plat	54
Figure 19 – Exemple d'emplacement d'un pore sur le noyau EL planaire	55
Figure 20 – Exemple d'emplacement d'un pore sur le noyau E extra-plat	55
Figure 21 – Exemple d'emplacement d'un pore sur le noyau ER extra-plat	55
Tableau 1 – Dimensions du noyau EL planaire et noyau PLT de contact	39
Tableau 2 – Valeurs des paramètres effectifs et valeurs A_{min}	40
Tableau 3 – Dimensions du noyau E extra-plat et noyau PLT de contact	41
Tableau 4 – Valeurs des paramètres effectifs et valeurs A_{min}	42
Tableau 5 – Dimensions du noyau ER extra-plat et noyau PLT de contact	43
Tableau 6 – Valeurs des paramètres effectifs et valeurs A_{min}	45
Tableau 7 – Surfaces et longueurs de référence pour l'examen visuel	49
Tableau 8 – Limites des fissures pour le noyau EL planaire	52
Tableau 9 – Limites des fissures pour le noyau E extra-plat	53
Tableau 10 – Limites des fissures pour le noyau ER extra-plat	53
Tableau A.1 – Dimensions et rapports en matière de conception du noyau ER	58
Tableau B.1 – Surfaces admissibles des éclats pour le noyau EL planaire	59
Tableau B.2 – Surfaces admissibles des éclats pour le noyau E extra-plat	59
Tableau B.3 – Surfaces admissibles des éclats pour le noyau ER extra-plat	60

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

NOYAUX FERRITES – LIGNES DIRECTRICES RELATIVES AUX DIMENSIONS ET AUX LIMITES DES IRRÉGULARITÉS DE SURFACE –

Partie 9: Noyaux planaires

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. À 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 63093-9 a été établie par le comité d'études 51 de l'IEC: Composants magnétiques, ferrites et matériaux en poudre magnétique.

Cette première édition annule et remplace la première édition de l'IEC 60424-5 parue en 2009 et la première édition de l'IEC 62317-9 parue en 2006 et son Amendement 1:2007. Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport aux éditions précédentes de l'IEC 60424-5 et l'IEC 62317-9:

- a) l'IEC 63093-9 réunit l'IEC 60424-5 et l'IEC 62317-9;
- b) le Tableau 1, le Tableau 2 et le Tableau 3 contenus dans l'IEC 60424-5:2009 ont été déplacés vers l'Annexe B;

- c) certains chiffres du Tableau 4 sont corrigés;
- d) le Tableau 6 est modifié sur la base de l'IEC 60205.

Le texte de cette Norme internationale est issu des documents suivants:

CDV	Rapport de vote
51/1308/CDV	51/1326/RVC

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

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 63093, publiées sous le titre général *Noyaux ferrites – Lignes directrices relatives aux dimensions et aux limites des irrégularités de surface*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

Le comité a décidé que le contenu de ce document 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 au document recherché. À cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé,
- remplacé par une édition révisée, ou
- amendé.

INTRODUCTION

De nos jours, les alimentations du convertisseur continu-continu utilisent de plus en plus des transformateurs et des inductances dont les enroulements sont constitués de cartes à circuit imprimé multicouches ou sont construits dans la carte mère, au lieu des transformateurs enroulés par des fils de cuivre conventionnels. Le présent document spécifie les formes et les dimensions optimales des noyaux pour les composants montés en surface (CMS) et des noyaux pour lesquels les enroulements sont construits dans la carte mère. La carte mère a des encoches découpées pour héberger les noyaux ferrites. Cet hébergement est appelé intégration totale dans une carte mère multicouche. La forme du noyau spécifiée dans le présent document satisfait à l'exigence de profil extra plat ainsi que de surface utile plus réduite.

Les relations entre les dimensions principales des noyaux planaires E , ER et EL diffèrent de celles des noyaux normalisés. Par exemple, la largeur des noyaux planaires est plus importante tandis que la hauteur totale est bien plus faible. Dans la plupart des cas, l'épaisseur des jambes est aussi inférieure à celle des noyaux normalisés. C'est la raison pour laquelle le concept de dimensions de référence fixes pour déterminer la longueur des limites des fissures donne des longueurs de fissures qui ne sont pas acceptables pour ce type de noyau. Le présent document suit un autre concept qui met en relation la longueur de fissure avec les dimensions de la surface sur laquelle elle apparaît.

Le concept qui consiste à déterminer la surface maximale des éclats à partir de la surface de contact totale ne convient pas non plus dans le cas des noyaux planaires. Les jambes extérieures des noyaux planaires sont bien plus minces que celles des noyaux normalisés, ce qui rend plus difficiles le chevauchement et le collage. Un seul éclat de taille maximale sur la jambe extérieure peut affecter la fonctionnalité de l'ensemble des noyaux. C'est la raison pour laquelle le présent document utilise comme référence la surface de contact sur laquelle l'éclat apparaît.

Les enroulements des noyaux planaires sont souvent des cartes à circuit imprimé qui sont collées sur les surfaces intérieures du noyau planaire. Cela explique pourquoi il est convenu que les surfaces intérieures des noyaux planaires soient de meilleure qualité que les surfaces intérieures des noyaux normalisés. Cet aspect a été pris en compte en réduisant la surface maximale admissible des collages dans les surfaces intérieures.

NOYAUX FERRITES – LIGNES DIRECTRICES RELATIVES AUX DIMENSIONS ET AUX LIMITES DES IRRÉGULARITÉS DE SURFACE –

Partie 9: Noyaux planaires

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 63093 spécifie les formes et dimensions des noyaux ferrites pour les composants inductifs (transformateurs et inductances) dont la bobine est généralement composée de la carte multicouche (ou la bobine fait partie de la carte mère) et des valeurs de paramètres effectifs utilisés dans les calculs. Le présent document donne des lignes directrices relatives aux limites admissibles des irrégularités de surface applicables également aux noyaux planaires.

Le présent document est considéré comme une spécification intermédiaire utile dans les négociations entre les fournisseurs de noyaux ferrites et leurs utilisateurs portant sur les irrégularités de surface.

L'Annexe A donne des considérations générales sur lesquelles repose la conception de cette gamme de noyaux.

2 Références normatives

Les documents suivants cités dans le texte constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. 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 60205:2016, *Calculation of the effective parameters of magnetic piece parts* (disponible en anglais seulement)

IEC 60401-1, *Termes et nomenclature pour noyaux en matériaux ferrites magnétiquement doux – Partie 1: Termes utilisés pour les irrégularités physiques*

IEC 60424-1, *Noyaux ferrites – Lignes directrices relatives aux limites des irrégularités de surface – Partie 1: Spécification générale*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions de l'IEC 60401-1 et de l'IEC 60424-1 s'appliquent.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <http://www.iso.org/obp>

4 Dimensions principales

4.1 Formes et dimensions planaires

Les formes et dimensions principales doivent être celles présentées dans les figures et les tableaux suivants.

La figure et les tableaux suivants présentent les formes, dimensions et paramètres principaux des noyaux EL:

- Figure 1 – Noyau EL planaire et noyau PLT de contact;
- Tableau 1 – Dimensions du noyau EL planaire et noyau PLT de contact;
- Tableau 2 – Valeurs des paramètres effectifs et valeurs A_{min} .

La figure et les tableaux suivants présentent les formes, dimensions et paramètres principaux des noyaux E extra-plats:

- Figure 2 – Noyau E extra-plat et noyau PLT de contact;
- Tableau 3 – Dimensions du noyau E extra-plat et noyau PLT de contact;
- Tableau 4 – Valeurs des paramètres effectifs et valeurs A_{min} .

La figure et les tableaux suivants présentent les formes, dimensions et paramètres principaux des noyaux ER:

- Figure 3 – Noyau ER extra-plat et noyau PLT de contact;
- Tableau 5 – Dimensions du noyau ER extra-plat et noyau PLT de contact;
- Tableau 6 – Valeurs des paramètres effectifs et valeurs A_{min} .

Une nomenclature dimensionnelle uniforme a été choisie afin de faciliter la comparaison des principaux attributs physiques entre les différentes formes de noyau.

4.2 Dimensions et paramètres effectifs du noyau EL planaire et noyau PLT de contact

Il doit être fait référence à l'IEC 60205 pour les définitions des paramètres effectifs et leurs calculs.

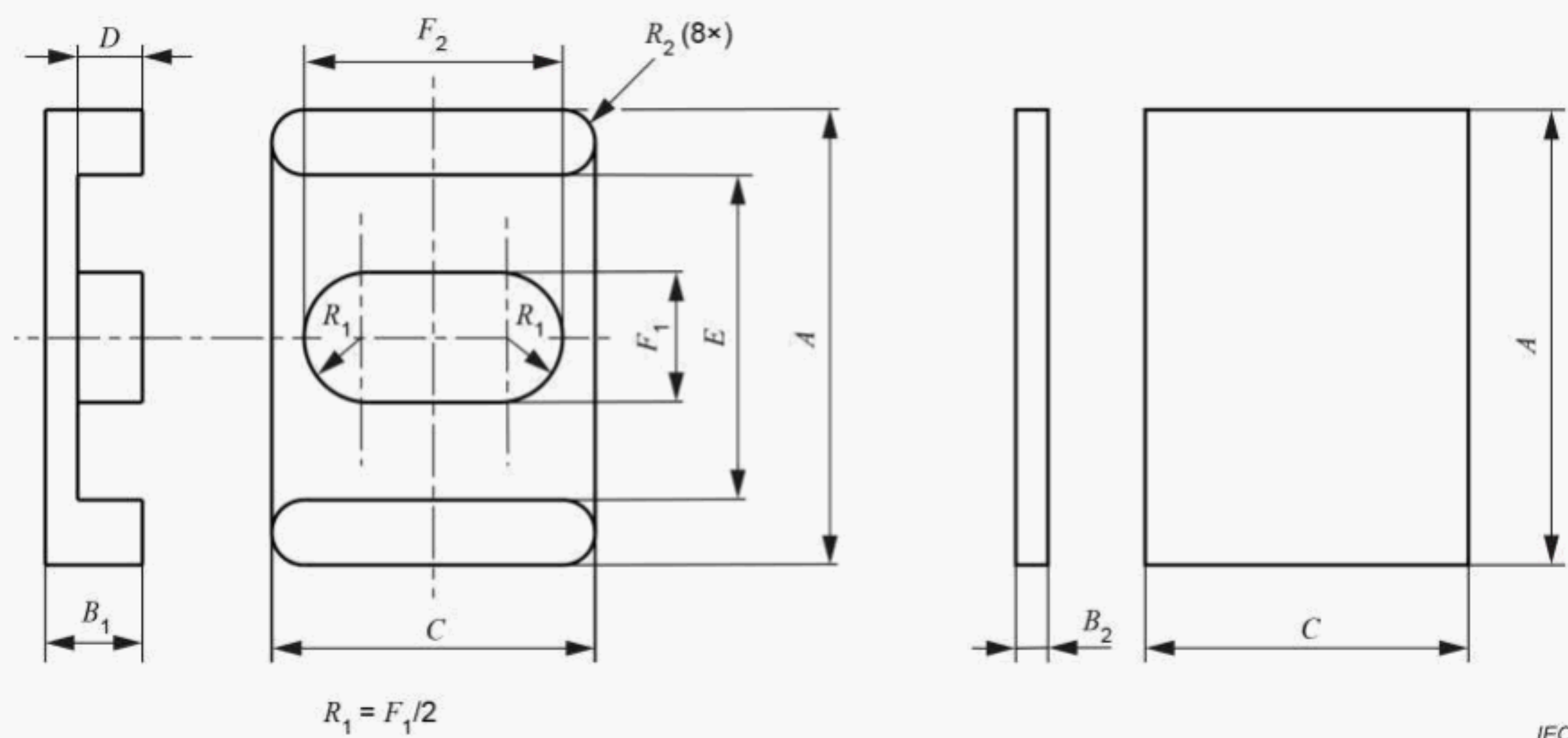


Figure 1 – Noyau EL planaire et noyau PLT de contact

Tableau 1 – Dimensions du noyau EL planaire et noyau PLT de contact

Dimensions en millimètres

Taille		<i>A</i>	<i>B1</i>	<i>B2</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>E</i>	<i>F1</i>	<i>F2</i>	<i>R2</i>
EL11 × 2,0	min.	10,80	1,91		8,60	0,90	8,97	2,68	6,25	0,3
	max.	11,20	2,11		9,00	1,10	9,37	2,88	6,55	
EL11 × 3,0	min.	10,80	2,91		8,60	1,90	8,97	2,68	6,25	0,3
	max.	11,20	3,11		9,00	2,10	9,37	2,88	6,55	
PLT11 × 1,0	min.	10,80		0,96	8,60					
	max.	11,20		1,06	9,00					
EL13 × 2,2	min.	12,75	2,09		10,20	0,90	10,63	3,19	7,41	0,3
	max.	13,25	2,29		10,60	1,10	11,03	3,39	7,71	
EL13 × 3,2	min.	12,75	3,09		10,20	1,90	10,63	3,19	7,41	0,3
	max.	13,25	3,29		10,60	2,10	11,03	3,39	7,71	
PLT13 × 1,2	min.	12,75		1,14	10,20					
	max.	13,25		1,24	10,60					
EL15,5 × 2,9	min.	15,20	2,82		12,15	1,40	12,67	3,82	8,81	0,3
	max.	15,80	3,02		12,65	1,60	13,17	4,02	9,21	
EL15,5 × 4,4	min.	15,20	4,32		12,15	2,90	12,67	3,82	8,81	0,3
	max.	15,80	4,52		12,65	3,10	13,17	4,02	9,21	
PLT15,5 × 1,4	min.	15,20		1,32	12,15					
	max.	15,80		1,52	12,65					
EL18 × 3,7	min.	17,70	3,55		14,15	1,90	14,70	4,45	10,27	0,3
	max.	18,30	3,75		14,65	2,10	15,30	4,65	10,67	
EL18 × 5,7	min.	17,70	5,55		14,15	3,85	14,70	4,45	10,27	0,3
	max.	18,30	5,75		14,65	4,15	15,30	4,65	10,67	
PLT18 × 1,7	min.	17,70		1,55	14,15					
	max.	18,30		1,75	14,65					
EL20 × 3,8	min.	19,65	3,73		15,70	1,90	16,37	4,91	11,43	0,5
	max.	20,35	3,93		16,30	2,10	16,97	5,21	11,83	
EL20 × 5,8	min.	19,65	5,68		15,70	3,85	16,37	4,91	11,43	0,5
	max.	20,35	5,98		16,30	4,15	16,97	5,21	11,83	
PLT20 × 1,8	min.	19,65		1,73	15,70					
	max.	20,35		1,93	16,30					
EL22 × 4,0	min.	21,60	3,92		17,30	1,90	17,98	5,41	12,54	0,5
	max.	22,40	4,12		17,90	2,10	18,68	5,71	13,04	
EL22 × 6,0	min.	21,60	5,87		17,30	3,85	17,98	5,41	12,54	0,5
	max.	22,40	6,17		17,90	4,15	18,68	5,71	13,04	
PLT22 × 2,0	min.	21,60		1,92	17,30					
	max.	22,40		2,12	17,90					
EL25 × 4,3	min.	24,55	4,19		19,65	1,90	20,48	6,17	14,29	0,5
	max.	25,45	4,39		20,35	2,10	21,18	6,47	14,79	
EL25 × 6,3	min.	24,55	6,14		19,65	3,85	20,48	6,17	14,29	0,5
	max.	25,45	6,44		20,35	4,15	21,18	6,47	14,79	
PLT25 × 2,3	min.	24,55		2,19	19,65					
	max.	25,45		2,39	20,35					

Tableau 2 – Valeurs des paramètres effectifs et valeurs A_{min}

Taille	C_1 mm ⁻¹	C_2 mm ⁻³	l_e mm	A_e mm ²	V_e mm ³	A_{min} mm ² ^a	Remarques
EL-EL11 × 4,0	0,826 45	49,923 × 10 ⁻³	13,7	16,5	226	15,9	La combinaison EL-EL fait référence à deux noyaux EL de hauteur inférieure pour la désignation de taille.
EL-EL13 × 4,4	0,666 66	28,815 × 10 ⁻³	15,4	23,1	357	22,4	
EL-EL15,5 × 5,8	0,596 74	18,143 × 10 ⁻³	19,6	32,9	646	31,9	
EL-EL18 × 7,3	0,538 30	12,162 × 10 ⁻³	23,8	44,3	1 050	43,0	
EL-EL20 × 7,7	0,468 64	8,586 6 × 10 ⁻³	25,6	54,6	1 400	52,9	
EL-EL22 × 8,0	0,412 80	6,231 4 × 10 ⁻³	27,3	66,2	1 810	64,2	La combinaison EL-PLT fait référence à un noyau EL de hauteur supérieure associé à un noyau PLT pour chaque désignation de taille.
EL-EL25 × 8,6	0,350 34	4,094 2 × 10 ⁻³	30,0	85,6	2 570	83,0	
EL-PLT11 × 4,0	0,826 45	49,943 × 10 ⁻³	13,7	16,5	226	15,9	
EL-PLT13 × 4,4	0,666 66	28,815 × 10 ⁻³	15,4	23,1	357	22,4	
EL-PLT15,5 × 5,8	0,569 74	18,143 × 10 ⁻³	19,6	32,9	646	31,9	
EL-PLT18 × 7,3	0,538 30	12,162 × 10 ⁻³	23,8	44,3	1 050	43,0	
EL-PLT20 × 7,7	0,468 64	8,586 6 × 10 ⁻³	25,6	54,6	1 400	52,9	
EL-PLT22 × 8,0	0,412 80	6,231 4 × 10 ⁻³	27,3	66,2	1 810	64,2	
EL-PLT25 × 8,6	0,350 34	4,094 2 × 10 ⁻³	30,0	85,6	2 570	83,0	
EL-PLT11 × 3,0	0,701 76	42,170 × 10 ⁻³	11,7	16,6	194	15,9	
EL-PLT13 × 3,4	0,577 71	24,857 × 10 ⁻³	13,4	23,2	312	22,4	
EL-PLT15,5 × 4,3	0,502 96	15,212 × 10 ⁻³	16,6	33,1	550	31,9	
EL-PLT18 × 5,3	0,445 54	10,011 × 10 ⁻³	19,8	44,5	882	43,0	
EL-PLT20 × 5,7	0,392 32	7,167 9 × 10 ⁻³	21,6	54,9	1 180	52,9	
EL-PLT22 × 6,0	0,350 61	5,264 5 × 10 ⁻³	23,4	66,6	1 560	64,2	
EL-PLT25 × 6,6	0,302 22	3,515 6 × 10 ⁻³	26,0	86,0	2 230	83,0	
EL-EL11 × 4,0	0,826 45	49,923 × 10 ⁻³	13,7	16,5	226	15,9	

^a Voir 4.2 de l'IEC 60205:2016 pour la définition de A_{min} .

4.3 Dimensions et paramètres effectifs du noyau E extra-plat et noyau PLT de contact

Il doit être fait référence à l'IEC 60205 pour les définitions des paramètres effectifs et leurs calculs.

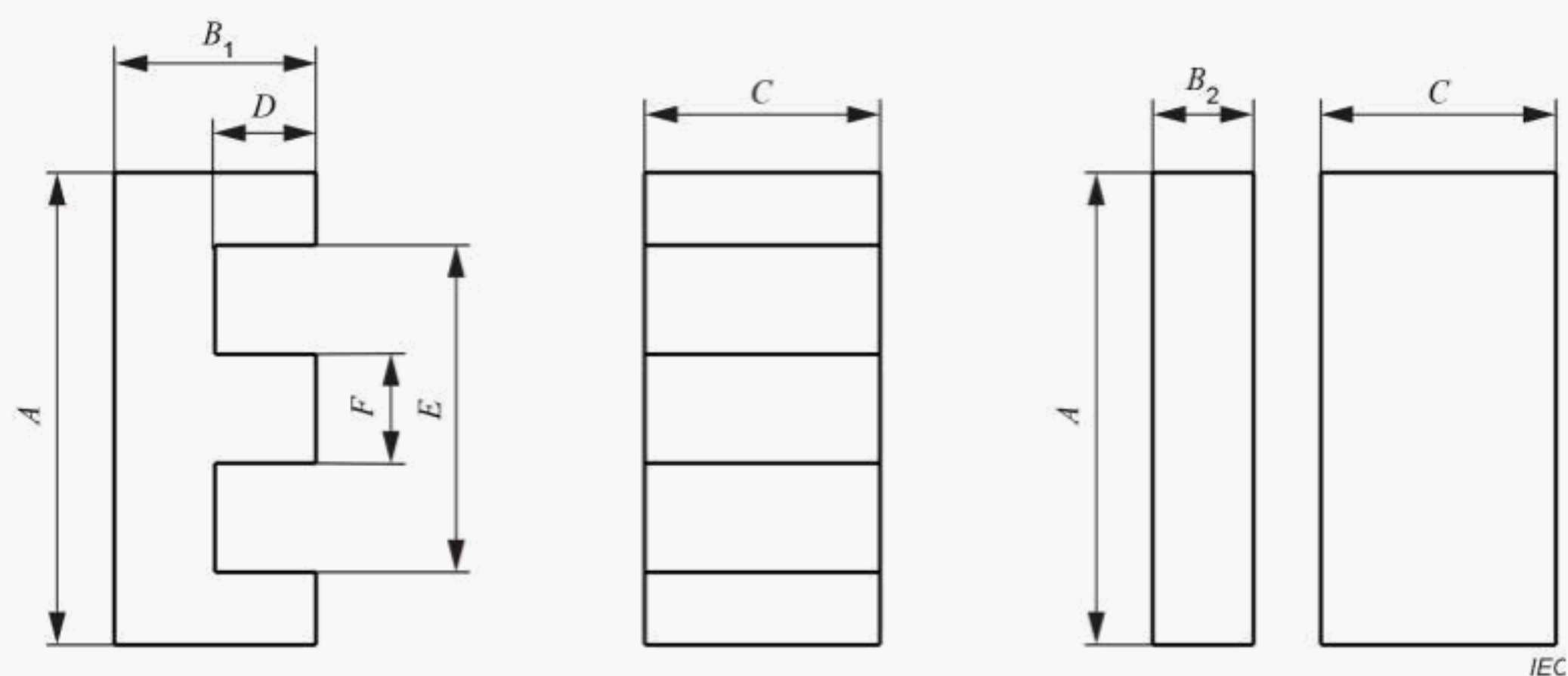


Figure 2 – Noyau E extra-plat et noyau PLT de contact

Tableau 3 – Dimensions du noyau E extra-plat et noyau PLT de contact

Dimensions en millimètres

Taille		<i>A</i>	<i>B</i> ₁	<i>B</i> ₂	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>E</i>	<i>F</i>
E14 × 3,5 × 5	min.	13,70	3,40		4,90	1,90	10,75	2,95
	max.	14,30	3,60		5,10	2,10	11,25	3,05
PLT14 × 1,5 × 5	min.	13,70		1,40	4,90			
	max.	14,30		1,60	5,10			
E18 × 4 × 10	min.	17,65	3,90		9,80	1,90	13,70	3,90
	max.	18,35	4,10		10,20	2,10	14,30	4,10
PLT18 × 2 × 10	min.	17,65		1,90	9,80			
	max.	18,35		2,10	10,20			
E22 × 6 × 16	min.	21,40	5,60		15,50	3,10	16,40	4,90
	max.	22,20	5,80		16,10	3,30	17,20	5,10
PLT22 × 2,5 × 16	min.	21,40		2,40	15,50			
	max.	22,20		2,60	16,10			
E32 × 6 × 20	min.	31,10	6,20		19,90	2,95	24,90	6,20
	max.	32,40	6,50		20,75	3,40	26,10	6,50
PLT32 × 3 × 20	min.	31,10		3,00	19,90			
	max.	32,40		3,35	20,75			
E38 × 8 × 25	min.	37,30	8,10		24,85	4,30	30,20	7,40
	max.	38,90	8,40		25,95	4,60	31,40	7,80
PLT38 × 4 × 25	min.	37,30		3,65	24,85			
	max.	38,90		3,95	25,95			
E43 × 10 × 28	min.	42,30	9,35		27,30	5,25	34,70	7,90
	max.	44,10	9,65		28,50	5,55	36,30	8,30
PLT43 × 4 × 28	min.	42,30		3,95	27,30			
	max.	44,10		4,25	28,50			
E58 × 11 × 38	min.	57,20	10,35		37,30	6,35	50,00	7,90
	max.	59,60	10,75		38,90	6,65	52,20	8,30
PLT58 × 4 × 38	min.	57,20		3,85	37,30			
	max.	59,60		4,25	38,90			

Taille		<i>A</i>	<i>B</i> ₁	<i>B</i> ₂	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>E</i>	<i>F</i>
E64 × 10 × 50	min.	62,70	10,05		49,70	4,95	52,50	10,00
	max.	65,30	10,35		51,90	5,25	54,70	10,40
PLT64 × 5 × 50	min.	62,70		4,95	49,70			
	max.	65,30		5,25	51,90			
E102 × 20 × 38	min.	100,0	20,10		36,50	12,90	85,00	13,70
	max.	104,0	20,50		38,50	13,40	88,60	14,30
PLT102 × 7 × 38	min.	100,0		6,95	36,50			
	max	104,0		7,35	38,50			

Tableau 4 – Valeurs des paramètres effectifs et valeurs *A*_{min}

Taille	<i>C</i> ₁ mm ⁻¹	<i>C</i> ₂ mm ⁻³	<i>l</i> _e mm	<i>A</i> _e mm ²	<i>V</i> _e mm ³	<i>A</i> _{min} mm ² ^a	Remarques
E-E14	1,380 8	92,055 × 10 ⁻³	20,7	15,0	311	15,0	Combinaison E-E
E-E18	0,607 08	15,177 × 10 ⁻³	24,3	40,0	971	40,0	
E-E22	0,410 81	5,200 1 × 10 ⁻³	32,5	79,0	2 560	79,0	
E-E32	0,324 85	2,525 5 × 10 ⁻³	41,8	129	5 370	127	
E-E38	0,276 13	1,443 9 × 10 ⁻³	52,8	191	10 100	185	
E-E43	0,274 13	1,219 7 × 10 ⁻³	61,6	225	13 800	215	
E-E58	0,269 43	0,893 10 × 10 ⁻³	81,3	302	24 500	278	
E-E64	0,153 67	0,295 56 × 10 ⁻³	79,9	520	41 500	518	
E-E102	0,273 88	0,506 86 × 10 ⁻³	148	540	80 000	525	
E-PLT14	1,114 2	74,277 × 10 ⁻³	16,7	15,0	251	15,0	Combinaison E-PLT
E-PLT18	0,507 08	12,677 × 10 ⁻³	20,3	40,0	811	40,0	
E-PLT22	0,329 80	4,174 6 × 10 ⁻³	26,1	79,0	2 060	79,0	
E-PLT32	0,275 28	2,138 6 × 10 ⁻³	35,4	129	4 560	127	
E-PLT38	0,229 08	1,195 0 × 10 ⁻³	43,9	192	8 420	185	
E-PLT43	0,225 10	0,996 95 × 10 ⁻³	50,8	226	11 500	214	
E-PLT58	0,225 00	0,740 83 × 10 ⁻³	68,3	304	20 800	278	
E-PLT64	0,134 18	0,258 30 × 10 ⁻³	70,0	519	36 200	518	
E-PLT102	0,225 76	0,418 68 × 10 ⁻³	122	539	65 600	525	

NOTE Les valeurs ne tiennent pas compte de l'effet des rayons. Ceux-ci peuvent avoir une certaine influence sur le résultat du calcul. Elles peuvent être incorporées dans les formules comme cela est indiqué dans l'IEC 60205.

^a Voir 4.2 de l'IEC 60205 pour la définition de *A*_{min}.

4.4 Dimensions et paramètres effectifs du noyau ER extra-plat et noyau PLT de contact

Il doit être fait référence à l'IEC 60205 pour les définitions des paramètres effectifs et leurs calculs.

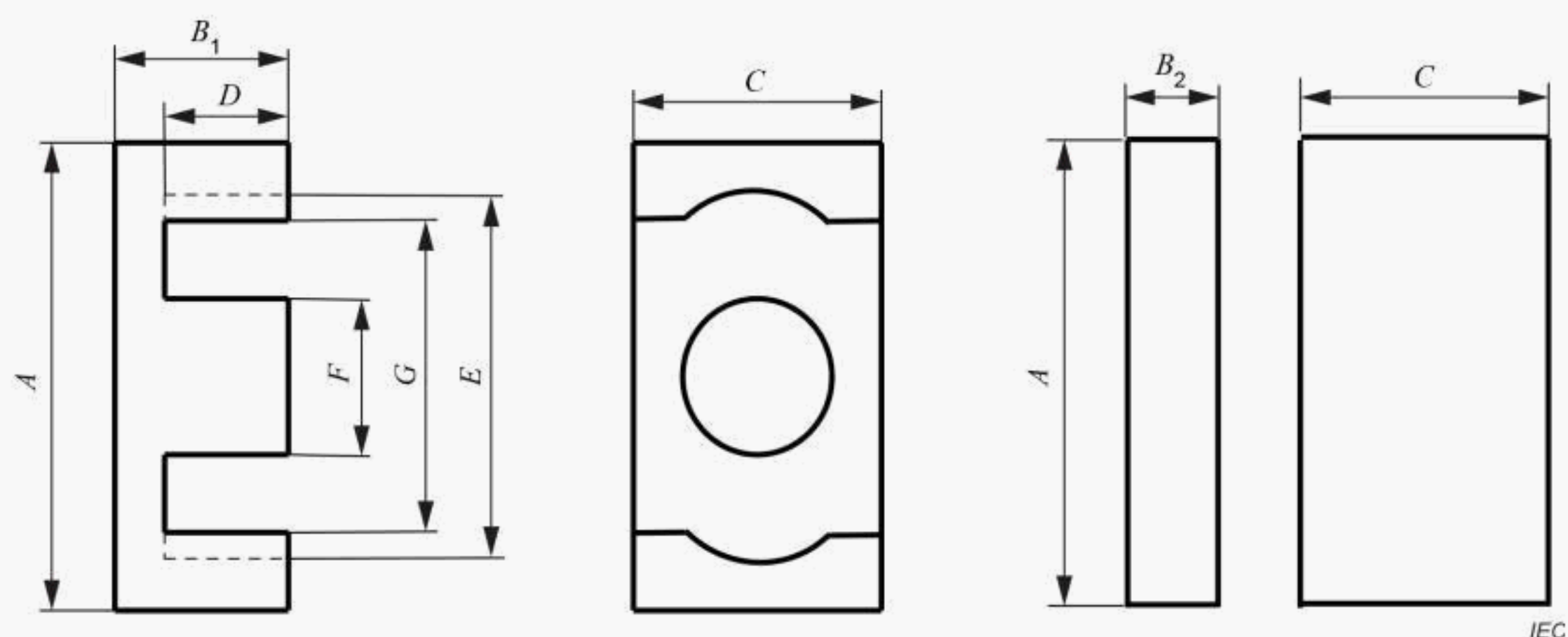


Figure 3 – Noyau ER extra-plat et noyau PLT de contact

Tableau 5 – Dimensions du noyau ER extra-plat et noyau PLT de contact

Dimensions en millimètres

Taille		A	B ₁	B ₂	C	D	E	F	G
ER9,5 × 2,5 × 5	min.	9,15	2,375		4,80	1,60	7,50	3,25	7,00
	max.	9,55	2,525		5,00	1,75	7,75	3,55	7,40
PLT9,5 × 1 × 5	min.	9,15		0,70	4,80				
	max.	9,55		0,85	5,00				
ER11 × 2,5 × 6	min.	10,65	2,375		5,80	1,50	8,70	4,00	7,90
	max.	11,00	2,525		6,00	1,65	9,00	4,25	8,30
PLT11 × 1 × 6	min.	10,65		0,80	5,80				
	max.	11,00		0,95	6,00				
ER13 × 3 × 9	min.	12,5	2,775		8,45	1,625	10,9	4,85	8,75
	max.	13,1	2,925		8,95	1,875	11,5	5,15	9,35
PLT13 × 1 × 9	min.	12,5		1,00	8,45				
	max.	13,1		1,20	8,95				
ER14,5 × 3 × 7	min.	14,30	2,90		6,60	1,55	11,6	4,60	11,6
	max.	14,70	3,00		6,80	1,75	12,0	4,80	12,0
PLT14,5 × 1 × 7	min.	14,30		1,20	6,60				
	max.	14,70		1,40	6,80				
ER18 × 3 × 10	min.	17,65	3,05		9,5	1,50	15,3	6,05	13,5
	max.	18,35	3,25		9,9	1,70	15,9	6,35	14,1
PLT18 × 1,5 × 10	min.	17,65		1,45	9,5				
	max.	18,35		1,65	9,9				
ER20 × 6 × 14	min.	19,65	6,20		13,7	3,95	17,65	8,65	12,51
	max.	20,35	6,40		14,3	4,25	18,35	8,95	13,21
PLT20 × 2 × 14	min.	19,65		2,25	13,7				
	max.	20,35		2,35	14,3				
ER23 × 3,6 × 13	min.	22,75	3,50		12,25	1,50	19,8	7,8	17,5
	max.	23,65	3,70		12,75	1,70	20,6	8,2	18,2

Taille		<i>A</i>	<i>B</i> ₁	<i>B</i> ₂	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>E</i>	<i>F</i>	<i>G</i>
ER23 × 5 × 13	min.	22,75	5,00		12,25	3,00	19,8	7,8	17,5
	max.	23,65	5,20		12,75	3,20	20,6	8,2	18,2
PLT23 × 2 × 13	min.	22,75		1,90	12,25				
	max.	23,65		2,10	12,75				
ER25 × 8 × 18	min.	24,6	7,90		17,7	5,00	21,6	10,8	14,5
	max.	25,4	8,10		18,3	5,30	22,4	11,2	14,9
PLT25 × 3 × 18	min.	24,6		2,75	17,7				
	max.	25,4		2,95	18,3				
ER25 × 6 × 15	min.	24,5	5,40		14,5	3,00	21,3	9,20	18,3
	max.	25,5	5,60		15,1	3,20	22,1	9,60	18,7
PLT25 × 2,4 × 15	min.	24,5		2,30	14,5				
	max.	25,5		2,50	15,1				
ER25 × 6 × 18	min.	24,6	5,55		17,7	3,05	21,6	10,8	14,5
	max.	25,4	5,65		18,3	3,35	22,4	11,2	14,9
PLT25 × 2 × 18	min.	24,6		2,35	17,7				
	max.	25,4		2,45	18,3				
ER30 × 8 × 20	min.	29,6	7,85		19,7	5,10	25,6	10,8	19,05
	max.	30,4	8,15		20,3	5,50	26,4	11,2	19,85
PLT30 × 3 × 20	min.	29,6		2,60	19,7				
	max.	30,4		2,80	20,3				
ER32 × 5 × 21	min.	31,4	5,00		20,6	2,6	29,2	11,0	23,0
	max.	32,6	5,20		21,4	2,8	30,2	11,4	24,2
PLT32 × 2 × 21	min.	31,4		2,3	20,6				
	max.	32,6		2,5	21,4				
ER32 × 6 × 25	min.	31,65	5,84		25,0	2,65	26,8	12,15	26,8
	max.	32,75	6,13		25,8	2,91	27,6	12,55	27,6
PLT32 × 3 × 25	min.	31,65		3,14	25,0				
	max.	32,75		3,34	25,8				
ER35 × 10 × 26	min.	34,6	9,90		25,6	5,00	29,6	14,1	26,4
	max.	35,4	10,1		26,4	5,30	30,4	14,7	27,5
PLT35 × 5 × 26	min.	34,6		4,75	25,6				
	max.	35,4		4,95	26,4				
ER40 × 10 × 28	min.	39,6	9,90		27,6	5,00	34,6	14,6	31,5
	max.	40,4	10,1		28,4	5,30	35,4	15,2	32,5
PLT40 × 5 × 28	min.	39,6		4,75	27,6				
	max.	40,4		4,95	28,4				

Tableau 6 – Valeurs des paramètres effectifs et valeurs A_{min}

Taille	C_1 mm ⁻¹	C_2 mm ⁻³	l_e mm	A_e mm ²	V_e mm ³	A_{min} mm ² ^a	Remarques
ER9,5 × 2,5 × 5	1,749 4	206,64 × 10 ⁻³	14,8	8,47	125	7,60	Combinaison ER-ER
ER11 × 2,5 × 6	1,310 6	111,23 × 10 ⁻³	15,4	11,8	182	10,3	
ER13 × 3 × 9	0,926 09	46,376 × 10 ⁻³	18,5	20,0	369	19,1	
ER14,5 × 3 × 7	1,133 5	64,620 × 10 ⁻³	19,9	17,5	349	17,3	
ER18 × 3 × 10	0,746 41	24,539 × 10 ⁻³	22,7	30,4	691	30,1	
ER20 × 6 × 14	0,578 88	9,741 4 × 10 ⁻³	34,4	59,4	2 040	55,4	
ER23 × 3,6 × 13	0,545 25	10,828 × 10 ⁻³	27,5	50,4	1 380	50,0	
ER23 × 5 × 13	0,660 31	13,059 × 10 ⁻³	33,4	50,6	1 690	50,0	
ER25 × 6 × 15	0,497 16	7,030 4 × 10 ⁻³	35,2	70,7	2 490	69,4	
ER25 × 6 × 18	0,374 11	4,070 1 × 10 ⁻³	34,4	91,9	3 160	86,4	
ER30 × 8 × 20	0,440 78	4,094 1 × 10 ⁻³	47,5	108	5 110	95,0	
ER32 × 5 × 21	0,400 06	3,985 5 × 10 ⁻³	40,2	100	4 030	98,5	
ER32 × 6 × 25	0,300 89	2,099 3 × 10 ⁻³	43,1	143	6 180	121	
ER35 × 10 × 27	0,274 12	1,372 5 × 10 ⁻³	54,7	200	10 900	163	
ER40 × 10 × 28	0,272 71	1,254 8 × 10 ⁻³	59,3	217	12 900	174	
ER9,5 × 2,5 × 5 / PLT9,5 × 1 × 5	1,394 3	168,95 × 10 ⁻³	11,5	8,25	95,0	7,60	Combinaison ER-PLT
ER11 × 2,5 × 6 / PLT11 × 1 × 6	1,082 4	94,686 × 10 ⁻³	12,4	11,4	141	10,3	
ER13 × 3 × 9 / PLT13 × 1 × 9	0,760 78	38,520 × 10 ⁻³	15,0	19,8	297	19,1	
ER14,5 × 3 × 7 / PLT14,5 × 1 × 7	0,947 19	54,097 × 10 ⁻³	16,6	17,5	290	17,3	
ER18 × 3 × 10 / PLT18 × 1,5 × 10	0,643 27	21,212 × 10 ⁻³	19,5	30,3	592	30,1	
ER20 × 6 × 14 / PLT20 × 2 × 14	0,433 67	7,153 7 × 10 ⁻³	26,3	60,6	1 590	55,4	
ER23 × 3,6 × 13 / PLT23 × 2 × 13	0,480 86	9,557 1 × 10 ⁻³	24,2	50,3	1 220	50,0	
ER23 × 5 × 13 / PLT23 × 2 × 13	0,539 38	10,699 × 10 ⁻³	27,2	50,4	1 370	50,0	
ER25 × 6 × 15 / PLT25 × 2,4 × 15	0,413 16	5,888 5 × 10 ⁻³	29,0	70,2	2 030	69,4	
ER25 × 6 × 18 / PLT25 × 2 × 18	0,309 27	3,412 1 × 10 ⁻³	28,0	90,6	2 540	86,4	
ER30 × 8 × 20 / PLT30 × 3 × 20	0,345 32	3,210 0 × 10 ⁻³	37,1	108	4 000	95,0	
ER32 × 5 × 21 / PLT32 × 2 × 21	0,346 04	3,444 8 × 10 ⁻³	34,8	100	3 490	98,5	
ER32 × 6 × 25 / PLT32 × 3 × 25	0,255 65	1,731 3 × 10 ⁻³	37,7	148	5 570	121	
ER35 × 10 × 26 / PLT35 × 5 × 26	0,214 13	1,022 2 × 10 ⁻³	44,9	209	9 400	163	
ER40 × 10 × 28 / PLT40 × 5 × 28	0,216 83	0,950 50 × 10 ⁻³	49,5	228	11 300	174	

NOTE Les valeurs ne tiennent pas compte de l'effet des rayons. Ceux-ci peuvent avoir une certaine influence sur le résultat du calcul. Elles peuvent être incorporées dans les formules comme cela est indiqué dans l'IEC 60205.

^a Voir 4.2 de l'IEC 60205:2016 pour la définition de A_{min} .

5 Limites des irrégularités de surface

5.1 Généralités

L'IEC 60424-1 définit les irrégularités de surface.

5.2 Exemples d'irrégularités de surface

La Figure 4 représente différents exemples d'irrégularités de surface d'un noyau EL planaire.

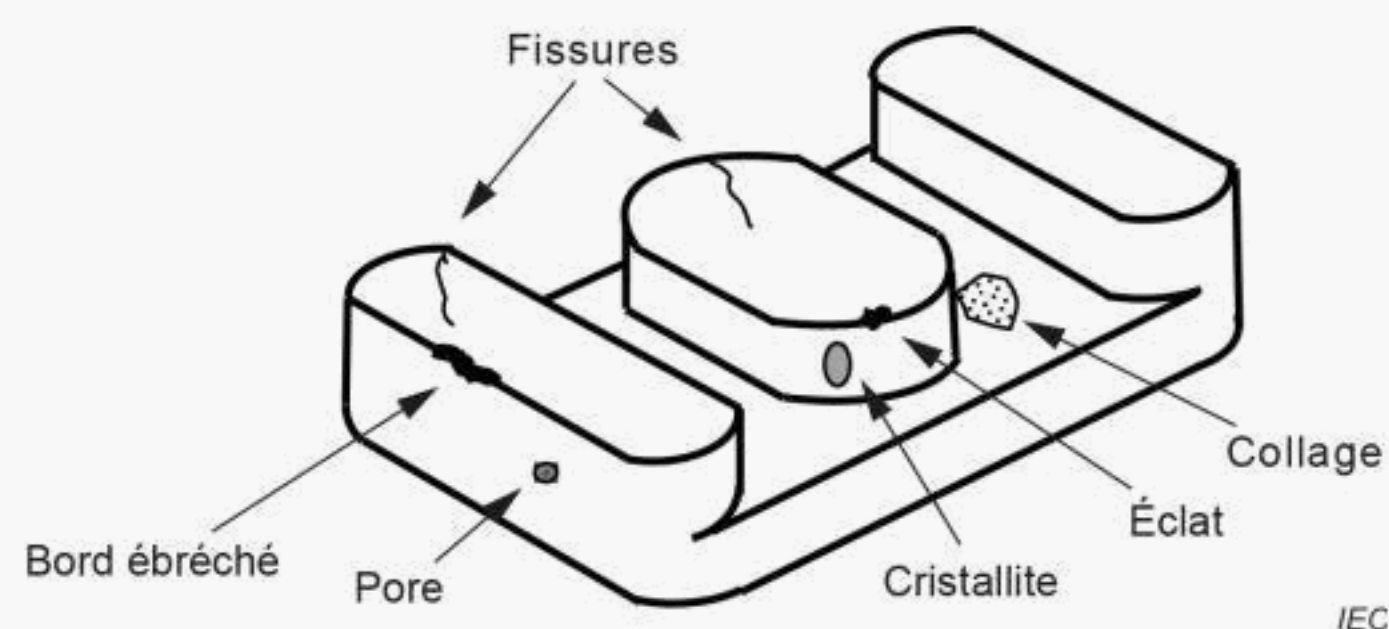


Figure 4 – Exemples d'irrégularités de surface pour le noyau EL planaire

La Figure 5 représente différents exemples d'irrégularités de surface d'un noyau E extra-plat.

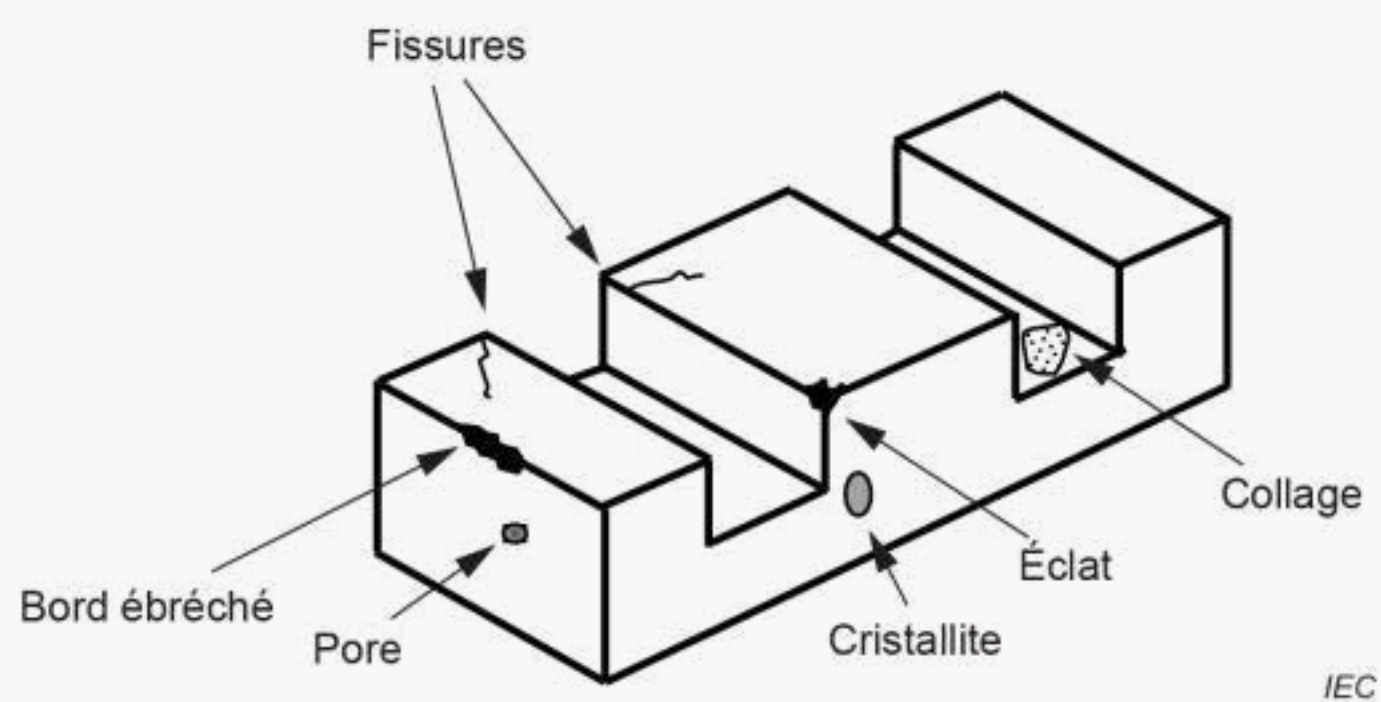


Figure 5 – Exemples d'irrégularités de surface pour le noyau E extra-plat

La Figure 6 représente différents exemples d'irrégularités de surface d'un noyau ER extra-plat.

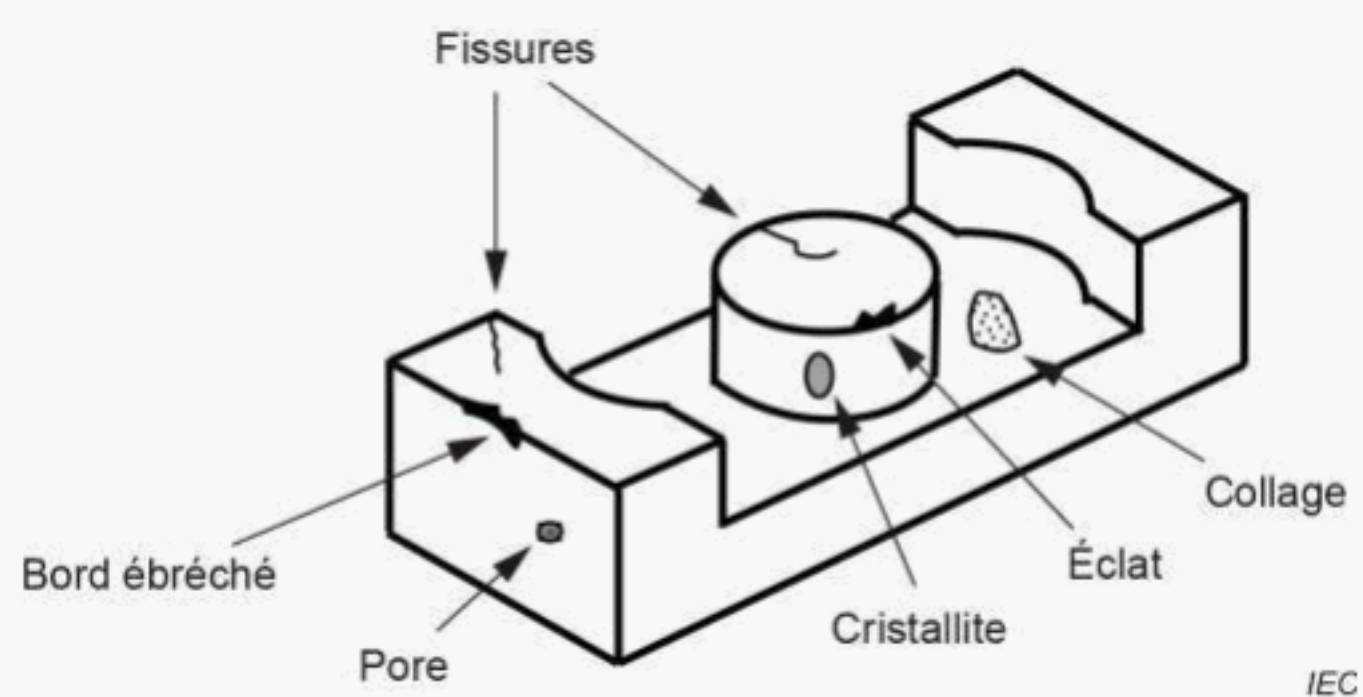


Figure 6 – Exemples d'irrégularités de surface pour le noyau ER extra-plat

5.3 Éclats et bords ébréchés

5.3.1 Généralités

La Figure 7, la Figure 8 et la Figure 9 représentent les éclats et bords ébréchés.

5.3.2 Éclats et bords ébréchés sur les surfaces de contact

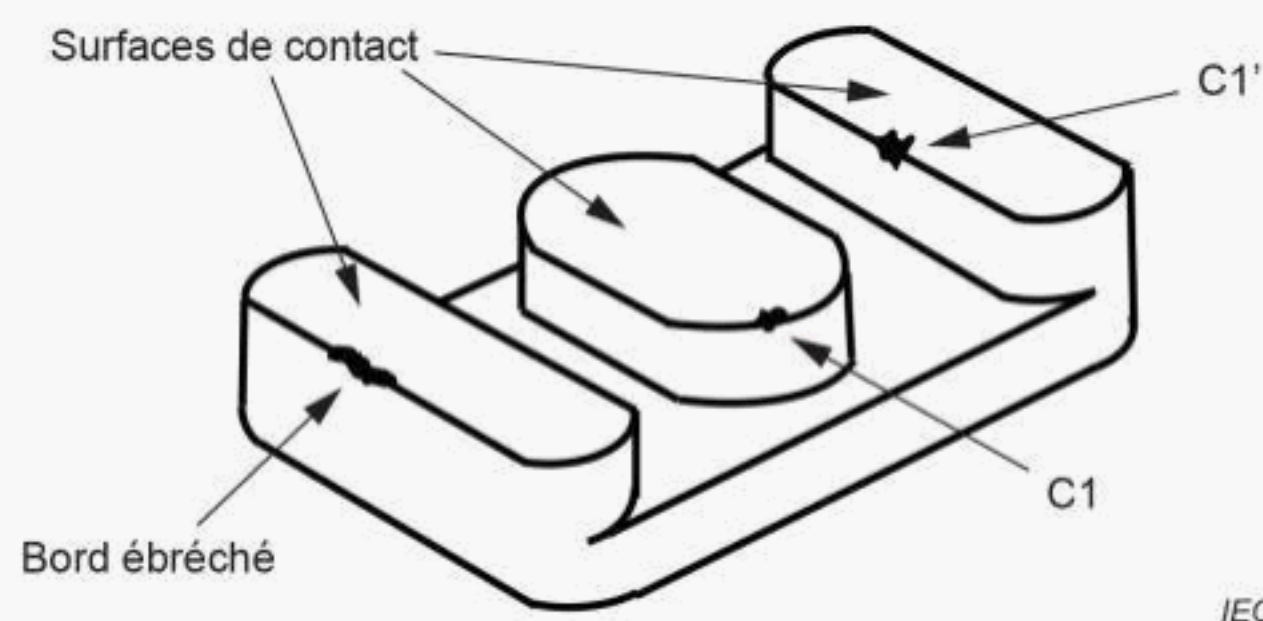


Figure 7 – Emplacement des éclats pour le noyau EL planaire

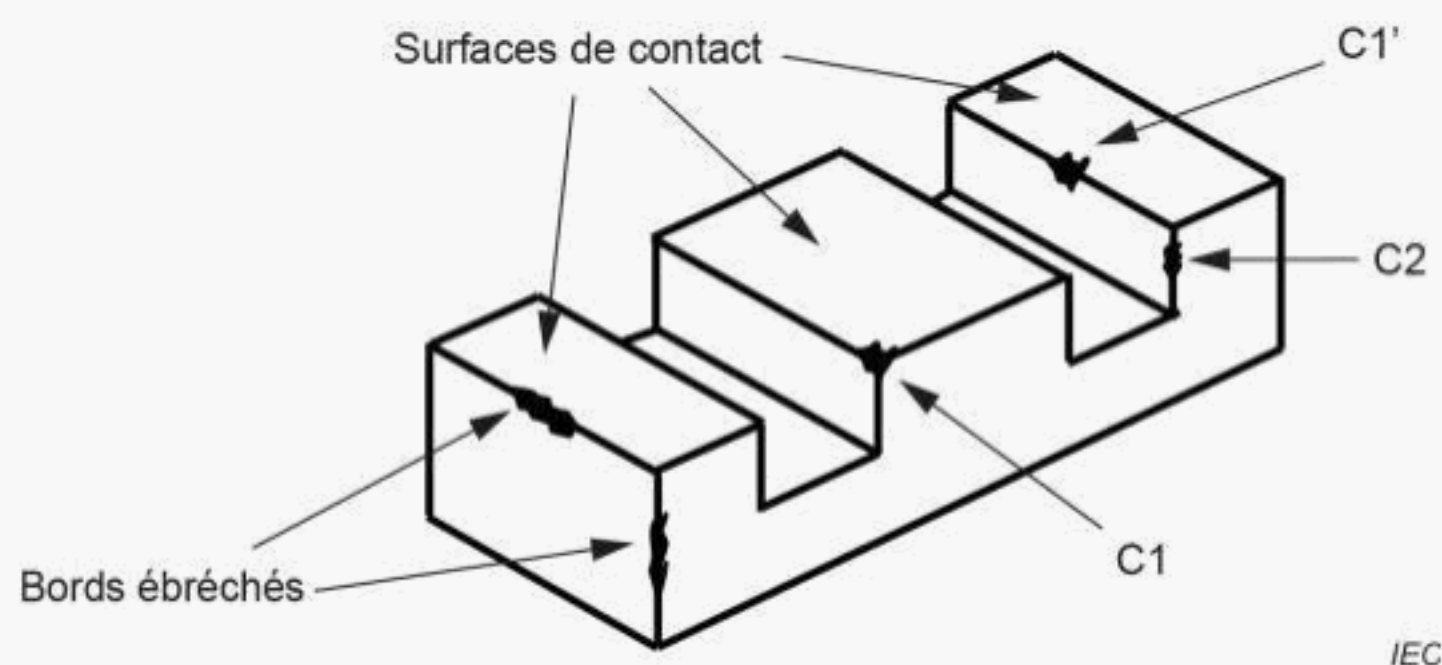


Figure 8 – Emplacement des éclats pour le noyau E extra-plat

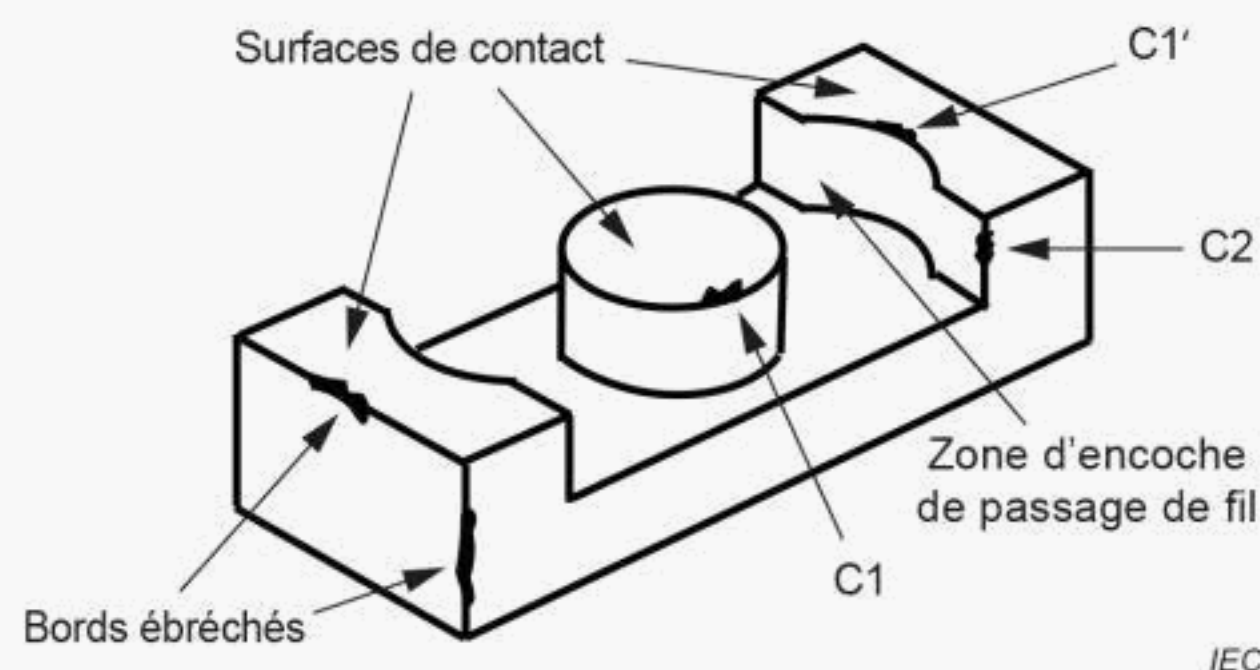


Figure 9 – Emplacement des éclats pour le noyau ER extra-plat

Les surfaces des éclats localisés sur les surfaces de contact (irrégularités C1 et C1' des Figure 7, Figure 8 et Figure 9) ne doivent pas dépasser les limites suivantes:

- la surface cumulée des éclats doit être inférieure à 4 % de la surface de contact correspondante. La surface de contact de chaque jambe extérieure et de la branche centrale est prise en considération séparément. La surface minimale choisie est 0,5 mm² afin de pouvoir la distinguer à l'œil nu;
- La longueur totale des bords ébréchés doit être inférieure à 25 % du périmètre de la surface de contact correspondante.

5.3.3 Éclats et bords ébréchés sur d'autres surfaces

Pour les éclats et bords ébréchés localisés sur les surfaces:

- les surfaces admissibles des éclats sont doublées par rapport aux limites de l'ensemble des surfaces de contact;
- la longueur totale des bords ébréchés doit être inférieure à 25 % du périmètre de la surface voisine la plus proche;
- les éclats et bords ébréchés ne sont pas acceptables sur les bords internes de la zone d'encoche de passage de fil (irrégularité C2 des Figure 8 et Figure 9).

Les surfaces et longueurs de référence pour l'examen visuel sont données dans le Tableau 7. L'Annexe B donne les valeurs de référence des surfaces admissibles des éclats.

Tableau 7 – Surfaces et longueurs de référence pour l'examen visuel

Surface	A	B	C	D	E	Surface	A	B	C	D	E
0,5 mm ²	•	■	—	—	▲	12,5 mm ²	●	■	—	—	▲
1,0 mm ²	•	■	—	—	▲	15,0 mm ²	●	■	—	—	▲
1,5 mm ²	•	■	—	—	▲	17,5 mm ²	●	■	—	—	▲
2,0 mm ²	•	■	—	—	▲	20,0 mm ²	●	■	—	—	▲
2,5 mm ²	•	■	—	—	▲	25,0 mm ²	●	■	—	—	▲
3,0 mm ²	•	■	—	—	▲	30,0 mm ²	●	■	—	—	▲
3,5 mm ²	•	■	—	—	▲	35,0 mm ²	●	■	—	—	▲
4,0 mm ²	•	■	—	—	▲	40,0 mm ²	●	■	—	—	▲
4,5 mm ²	•	■	—	—	▲	45,0 mm ²	●	■	—	—	▲
5,0 mm ²	•	■	—	—	▲	50,0 mm ²	●	■	—	—	▲
6,0 mm ²	•	■	—	—	▲						
7,0 mm ²	•	■	—	—	▲						
8,0 mm ²	•	■	—	—	▲						
9,0 mm ²	•	■	—	—	▲						
10,0 mm ²	•	■	—	—	▲						
Échelle 1:1											
1 mm — 2 mm — 3 mm — 4 mm — 5 mm — 7,5 mm — 10 mm —											

5.4 Fissures

Différentes fissures sont représentées aux Figure 10, Figure 11 et Figure 12. En principe, trois types différents de fissures peuvent être identifiés.

- Les fissures qui sont parallèles au trajet du flux magnétique (S1, S2, S5, S5', S5''). Ces fissures ne sont pas cruciales d'un point de vue magnétique. La longueur maximale d'une fissure unique est de 33 % (1/3) de la dimension de la surface correspondante qui est parallèle à la fissure. Dans le cas de fissures multiples, la longueur cumulée maximale double.
- Les fissures qui sont perpendiculaires au trajet du flux magnétique (S3, S3', S3'', S4, S4'). Ces fissures sont cruciales d'un point de vue magnétique. Elles peuvent réduire la section transversale relative au flux magnétique ou ajouter un entrefer supplémentaire dans le circuit magnétique. La longueur maximale totale des fissures est de 20 % (1/5) de la dimension de la surface correspondante qui est parallèle à la fissure.
- Les fissures qui vont d'un bord à l'autre (S6). Ces fissures peuvent causer des éclats pendant le fonctionnement du circuit. Les particules libres peuvent causer des dysfonctionnements dans le circuit. C'est la raison pour laquelle ce type de fissures n'est en aucun cas acceptable.

Les Figure 13, Figure 14 et Figure 15 représentent les références dimensionnelles.

Les Tableau 8, Tableau 9 et Tableau 10 présentent les limites des fissures.

5.5 Bavure

Il ne doit pas y avoir de bavure entre le noyau et l'encoche de passage de fil.

5.6 Collages

Les collages sont seulement applicables aux surfaces intérieures sur lesquelles est située la carte à circuit imprimé (comme représenté aux Figure 10, Figure 11 et Figure 12).

Pour les noyaux EL planaires, les noyaux E extra-plats et les noyaux ER extra-plats, la surface cumulée des collages sur le noyau doit être inférieure à 20 % de la surface totale associée.

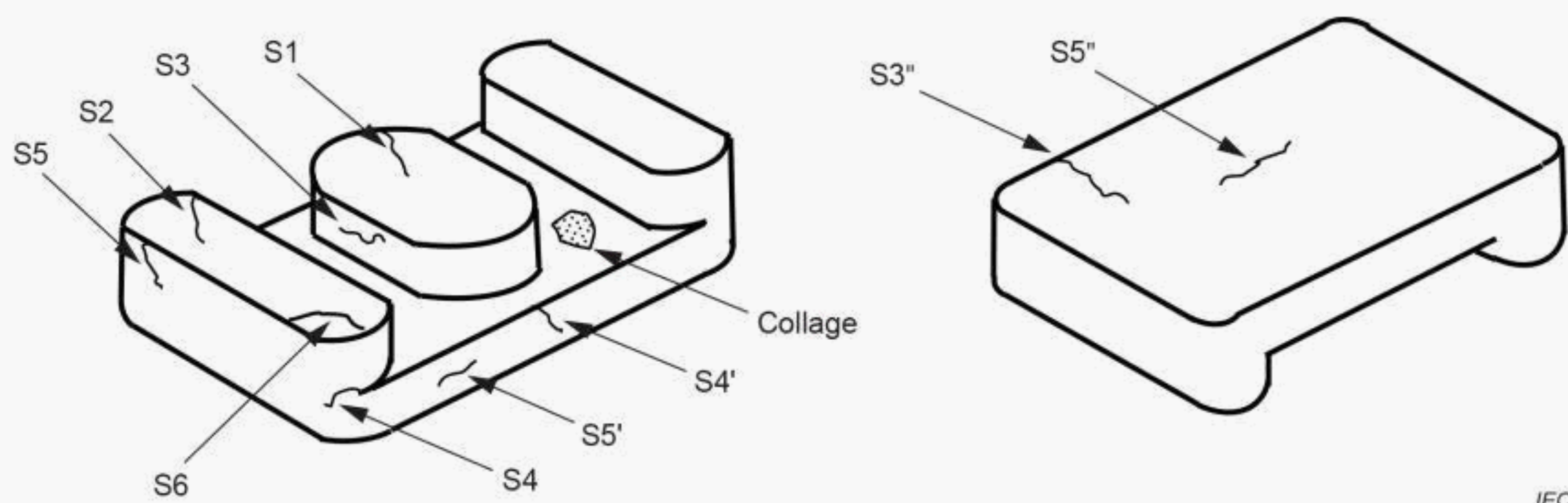


Figure 10 – Emplacement des fissures et des collages pour le noyau EL planaire

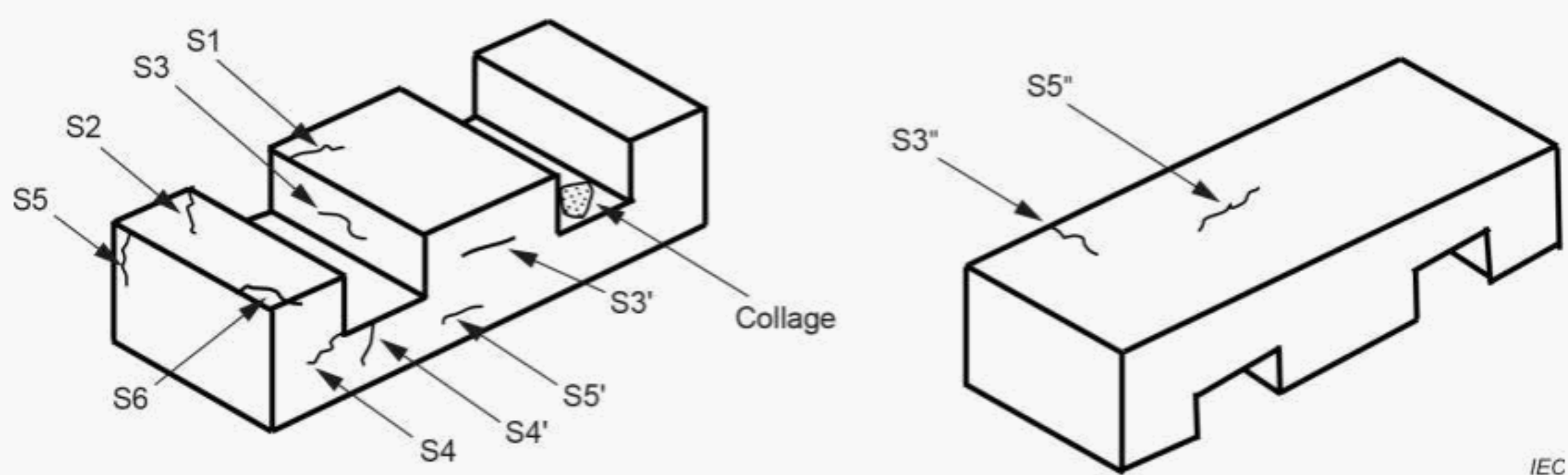


Figure 11 – Emplacement des fissures et des collages pour le noyau E extra-plat

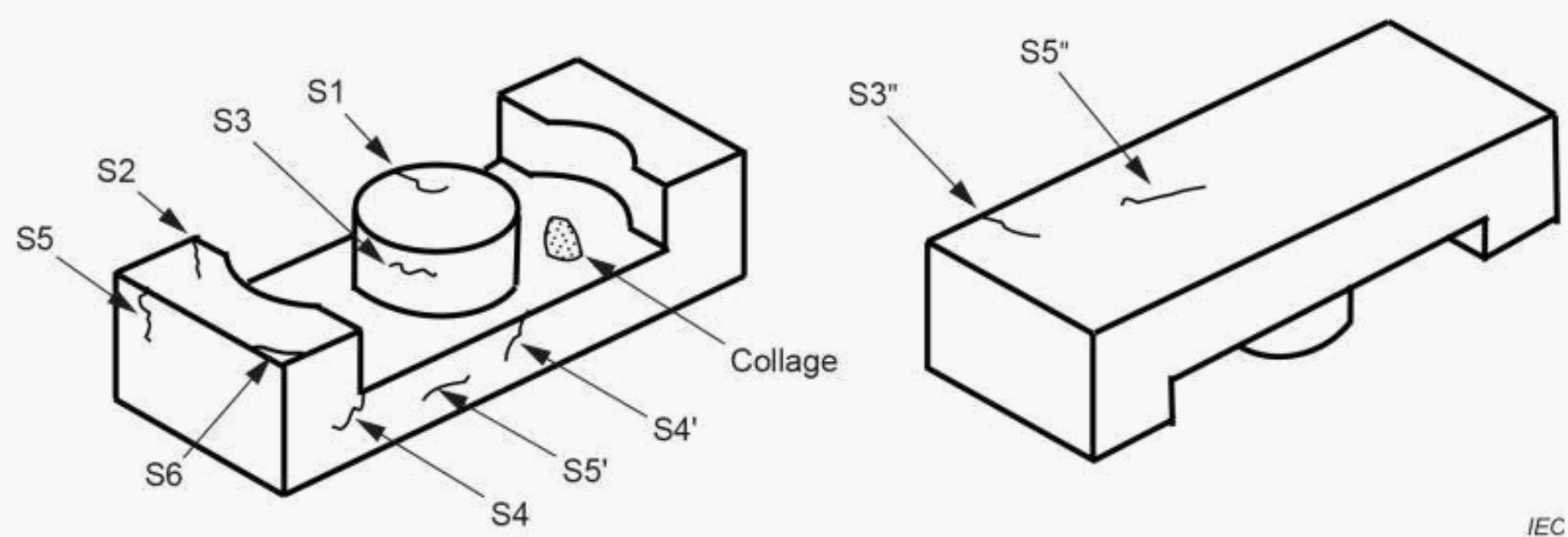


Figure 12 – Emplacement des fissures et des collages pour le noyau ER extra-plat

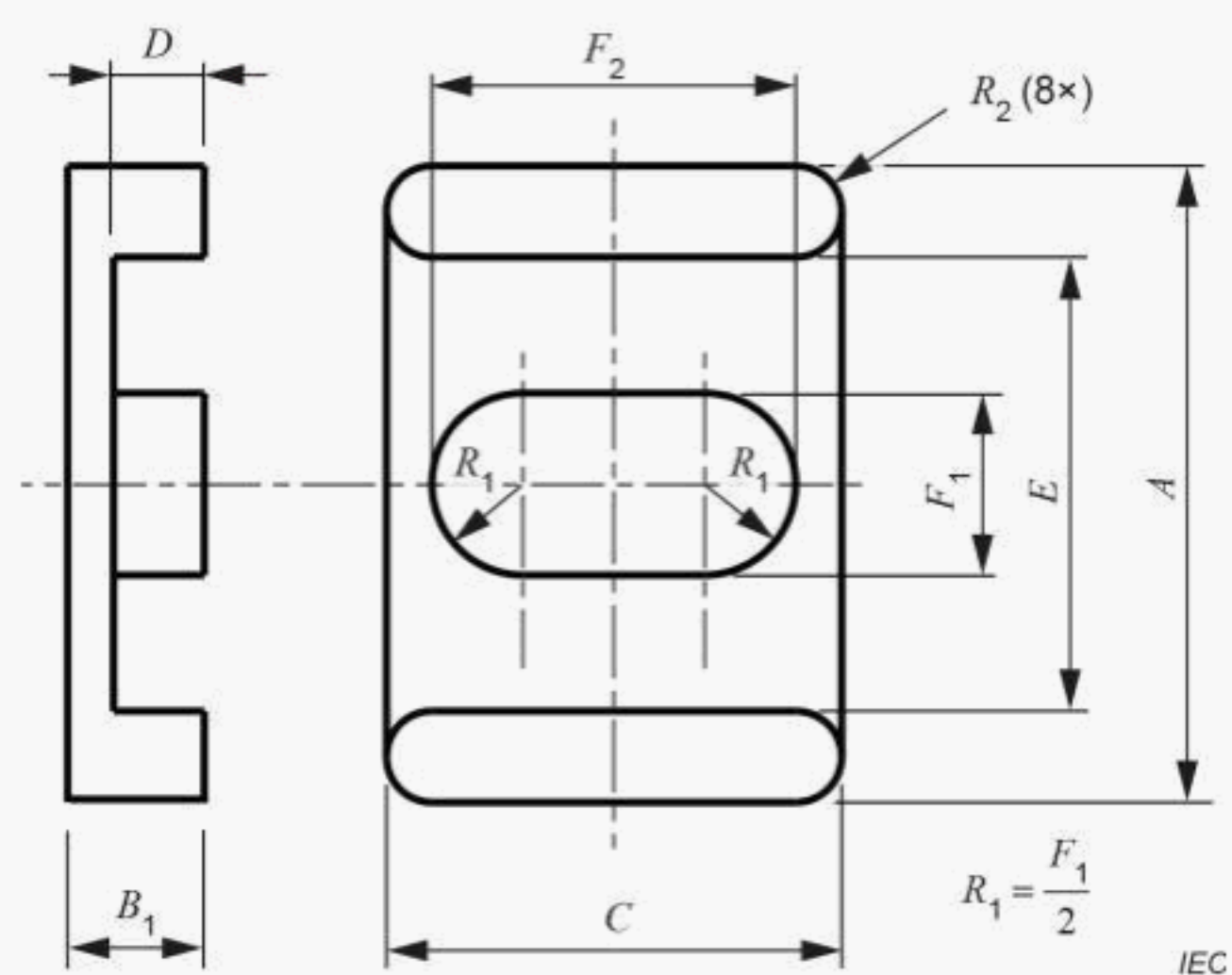
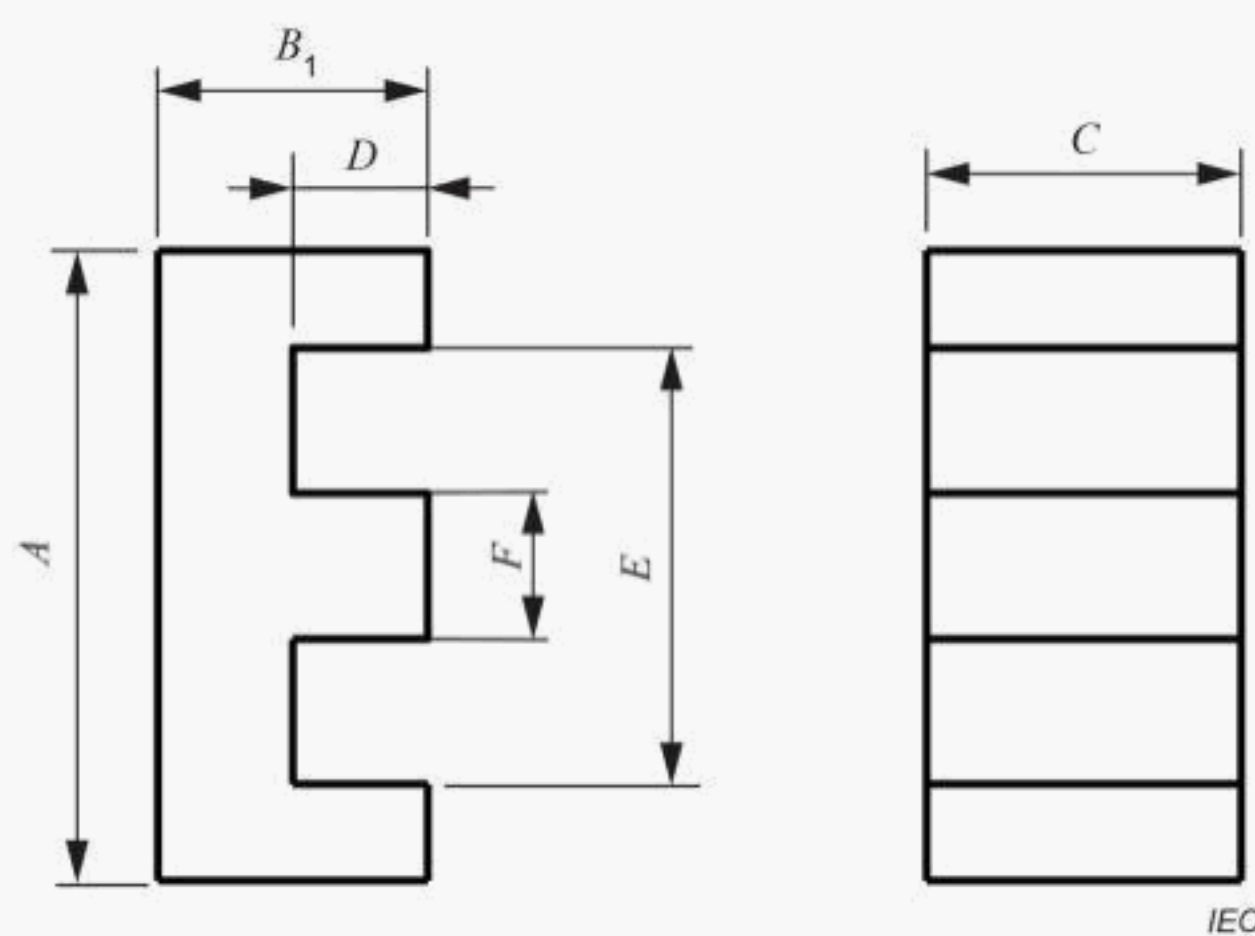


Figure 13 – Dimensions de référence pour le noyau EL

Tableau 8 – Limites des fissures pour le noyau EL planaire

Type ^a	Dimension de référence ^b	Limites pour fissure unique	Limites pour fissures multiples
S1	F_1	33 % (1/3) de la dim. de référence	66 % (2/3) de la dim. de référence
S2	$(A-E)/2$	33 % (1/3) de la dim. de référence	66 % (2/3) de la dim. de référence
S3	F_2	20 % (1/5) de la dim. de référence	20 % (1/5) de la dim. de référence
S3'	F_1	20 % (1/5) de la dim. de référence	20 % (1/5) de la dim. de référence
S3''	C	20 % (1/5) de la dim. de référence	20 % (1/5) de la dim. de référence
S4	$B_1 - D$	20 % (1/5) de la dim. de référence	20 % (1/5) de la dim. de référence
S4'	$B_1 - D$	20 % (1/5) de la dim. de référence	20 % (1/5) de la dim. de référence
S5	B_1	33 % (1/3) de la dim. de référence	66 % (2/3) de la dim. de référence
S5'	A	33 % (1/3) de la dim. de référence	66 % (2/3) de la dim. de référence
S5''	A	33 % (1/3) de la dim. de référence	66 % (2/3) de la dim. de référence
S6	Bords multiples	Aucune fissure admise	

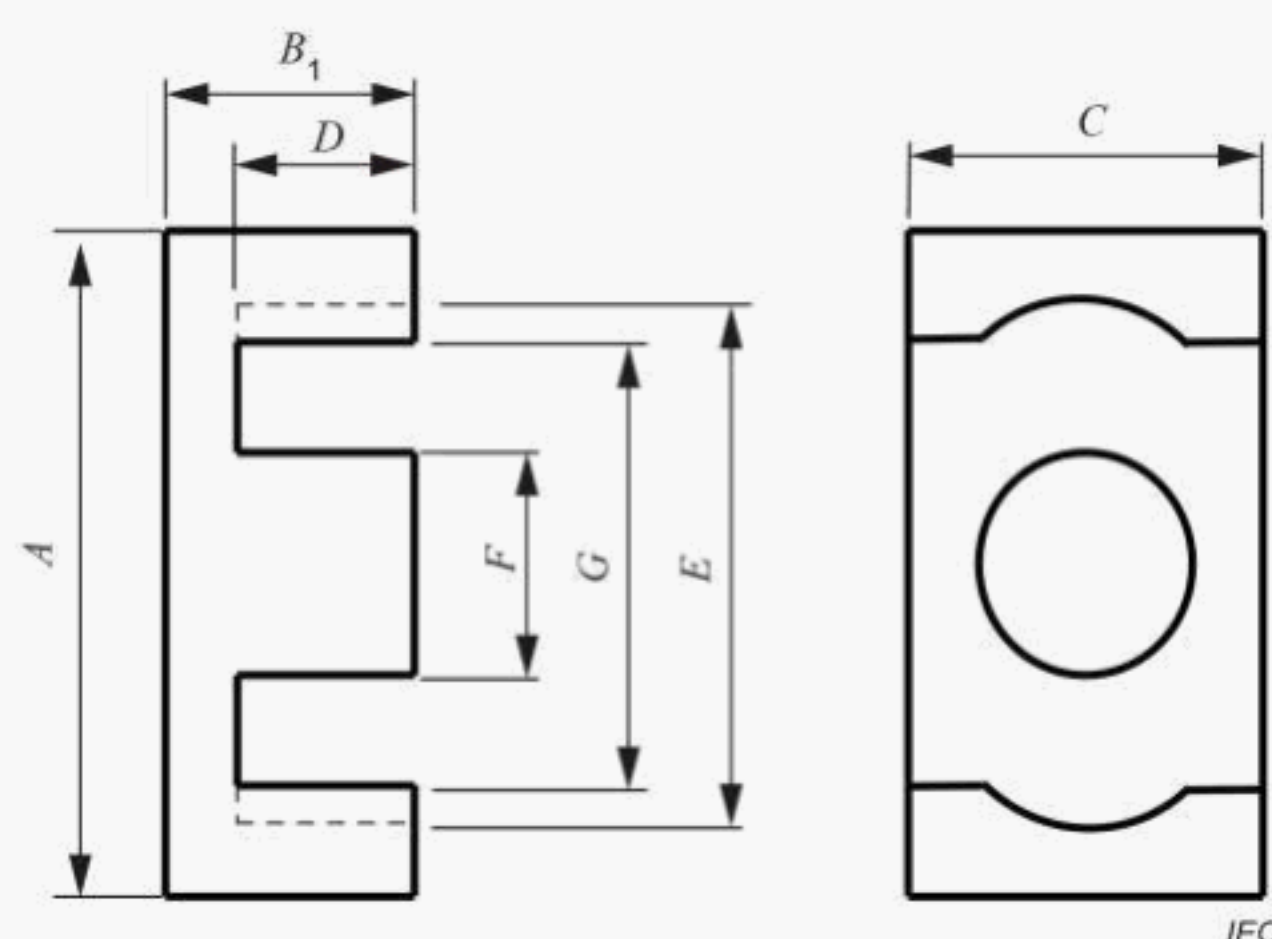
^a Voir Figure 10.^b Voir Figure 13.

IEC

Figure 14 – Dimensions de référence pour le noyau E

Tableau 9 – Limites des fissures pour le noyau E extra-plat

Type ^a	Dimension de référence ^b	Limites pour fissure unique	Limites pour fissures multiples
S1	F	33 % (1/3) de la dim. de référence	66 % (2/3) de la dim. de référence
S2	$(A-E)/2$	33 % (1/3) de la dim. de référence	66 % (2/3) de la dim. de référence
S3	C	20 % (1/5) de la dim. de référence	20 % (1/5) de la dim. de référence
S3'	F	20 % (1/5) de la dim. de référence	20 % (1/5) de la dim. de référence
S3''	C	20 % (1/5) de la dim. de référence	20 % (1/5) de la dim. de référence
S4	$B_1 - D$	20 % (1/5) de la dim. de référence	20 % (1/5) de la dim. de référence
S4'	$B_1 - D$	20 % (1/5) de la dim. de référence	20 % (1/5) de la dim. de référence
S5	B_1	33 % (1/3) de la dim. de référence	66 % (2/3) de la dim. de référence
S5'	A	33 % (1/3) de la dim. de référence	66 % (2/3) de la dim. de référence
S5''	A	33 % (1/3) de la dim. de référence	66 % (2/3) de la dim. de référence
S6	Bords multiples	Aucune fissure admise	

^a Voir Figure 11.^b Voir Figure 14.**Figure 15 – Dimensions de référence pour le noyau ER****Tableau 10 – Limites des fissures pour le noyau ER extra-plat**

Type ^a	Dimension de référence ^b	Limites pour fissure unique	Limites pour fissures multiples
S1	F	33 % (1/3) de la dim. de référence	66 % (2/3) de la dim. de référence
S2	$(A-G)/2$	33 % (1/3) de la dim. de référence	66 % (2/3) de la dim. de référence
S3	F	20 % (1/5) de la dim. de référence	20 % (1/5) de la dim. de référence
S3''	C	20 % (1/5) de la dim. de référence	20 % (1/5) de la dim. de référence
S4	$B_1 - D$	20 % (1/5) de la dim. de référence	20 % (1/5) de la dim. de référence
S4'	$B_1 - D$	20 % (1/5) de la dim. de référence	20 % (1/5) de la dim. de référence
S5	B_1	33 % (1/3) de la dim. de référence	66 % (2/3) de la dim. de référence
S5'	A	33 % (1/3) de la dim. de référence	66 % (2/3) de la dim. de référence
S5''	A	33 % (1/3) de la dim. de référence	66 % (2/3) de la dim. de référence
S6	Bords multiples	Aucune fissure admise	

^a Voir Figure 12.^b Voir Figure 15.

5.7 Cristallites

Les Figure 16, Figure 17 et Figure 18 présentent un exemple d'emplacement d'une cristallite sur le noyau planaire:

- la surface unique de la cristallite située sur une surface quelconque doit être inférieure à 2 % de la surface associée;
- la surface cumulée des cristallites situées sur une surface quelconque doit être inférieure à 4 % de la surface associée.

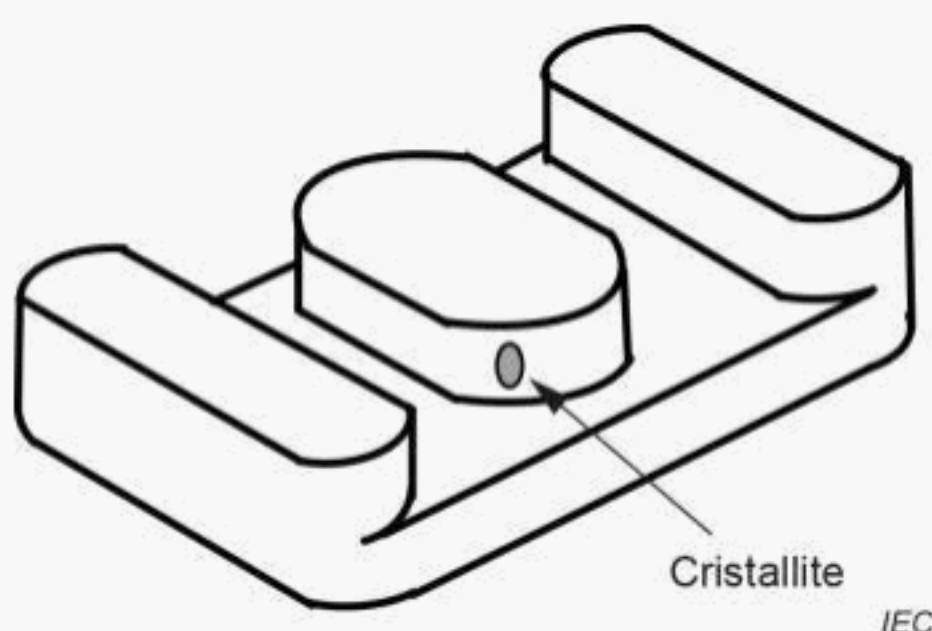


Figure 16 – Exemple d'emplacement d'une cristallite sur le noyau EL planaire

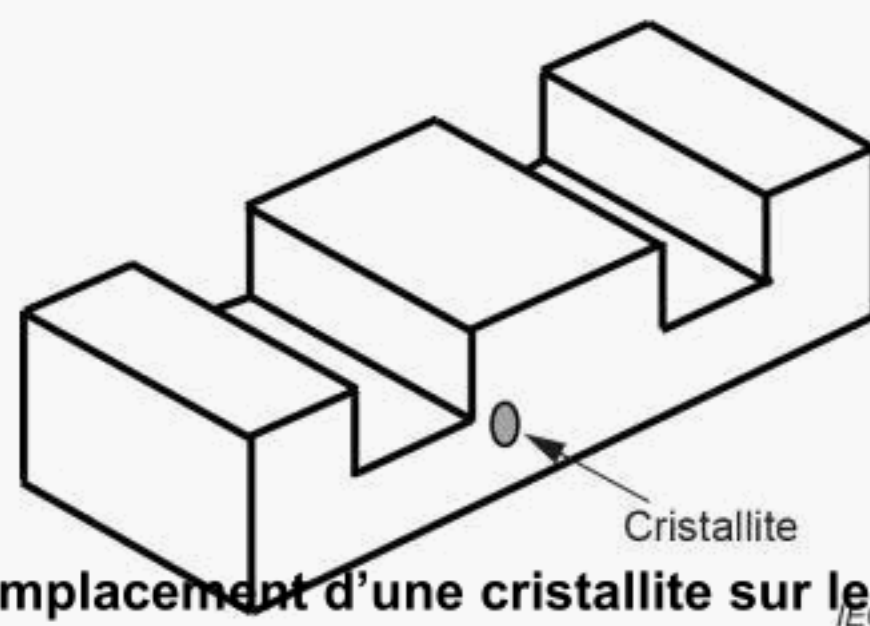


Figure 17 – Exemple d'emplacement d'une cristallite sur le noyau E extra-plat

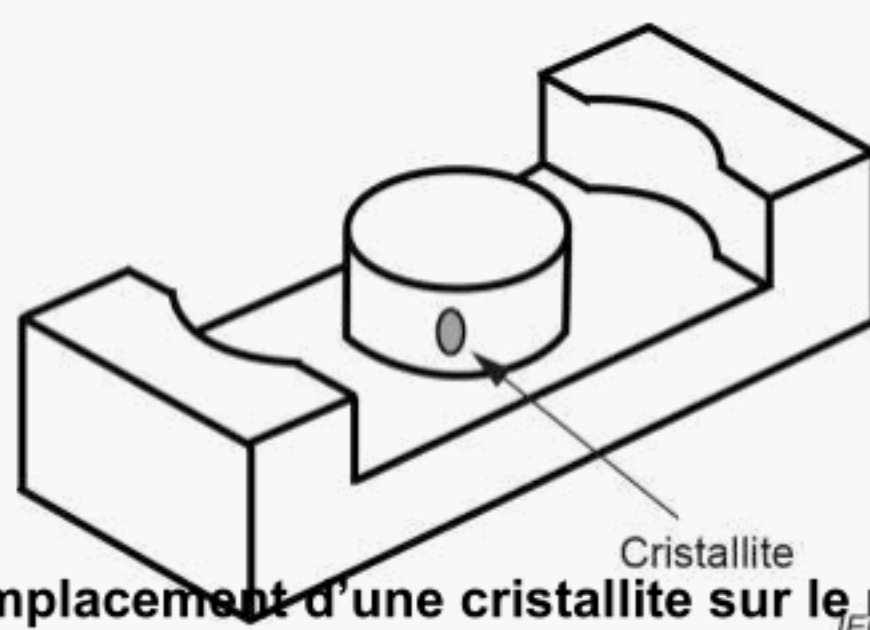


Figure 18 – Exemple d'emplacement d'une cristallite sur le noyau ER extra-plat

5.8 Pores

Les Figure 19, Figure 20 et Figure 21 présentent un exemple d'emplacement d'un pore sur le noyau planaire.

Le nombre de pores et la surface des pores ne doivent pas dépasser les limites suivantes.

Si la dimension "A" (voir Figure 13, Figure 14 et Figure 15) est inférieure à 20 mm:

- le nombre de pores situés sur la même surface ne doit pas dépasser un; le nombre de pores situés sur toutes les surfaces ne doit pas dépasser trois;
- un pore d'une surface supérieure à $0,5 \text{ mm}^2$ sur n'importe quelle surface n'est pas acceptable.

Si la dimension "A" est égale ou supérieure à 20 mm:

- le nombre de pores situés sur la même surface ne doit pas dépasser deux; le nombre de pores situés sur toutes les surfaces ne doit pas dépasser cinq;
- un pore d'une surface supérieure à 1 mm^2 sur n'importe quelle surface n'est pas acceptable.

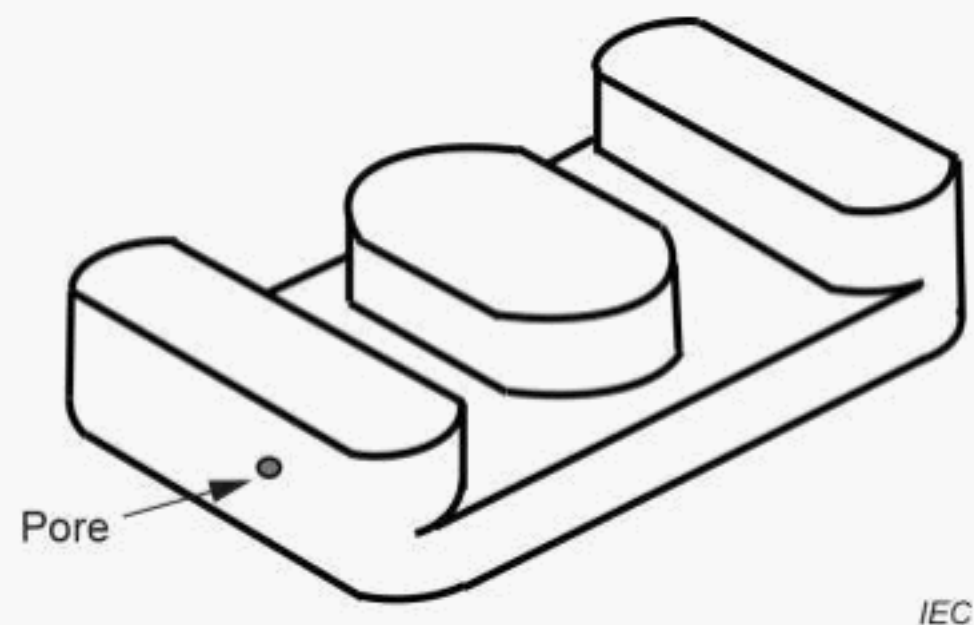


Figure 19 – Exemple d'emplacement d'un pore sur le noyau EL planaire

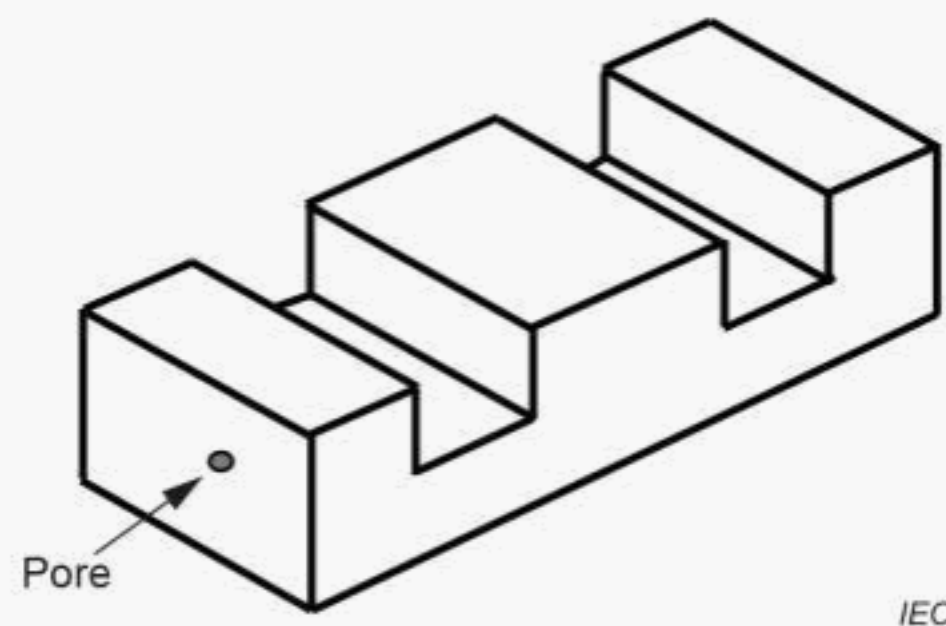


Figure 20 – Exemple d'emplacement d'un pore sur le noyau E extra-plat

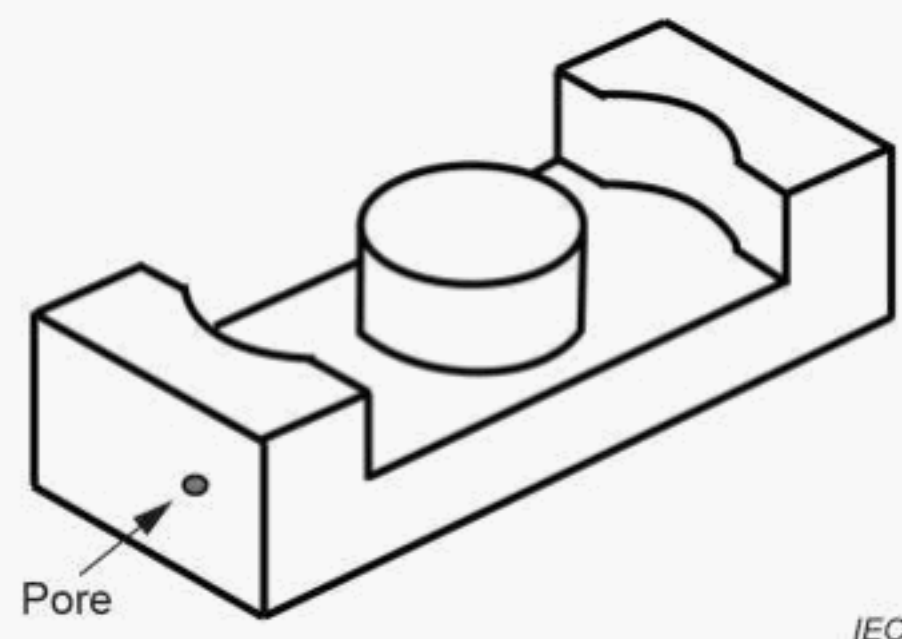


Figure 21 – Exemple d'emplacement d'un pore sur le noyau ER extra-plat

Annexe A (normative)

Conception des noyaux extra-plats

A.1 Conception générale

La conception des noyaux extra-plats normalisés par l'IEC repose sur les facteurs de forme définis par les proportions de noyaux suivantes:

- a) $A > 2 B$
- b) $C > B$
- c) $A > C$

où

A est la longueur totale du fond de noyau;

B est la hauteur extérieure du noyau;

C est la largeur du noyau ou largeur du support au passage de fil.

Les noyaux qui présentent le facteur de forme planaire tel que défini ci-dessus, et qui ont été initialement conçus pour satisfaire aux exigences des concepteurs en matière de transformateurs de puissance et d'inductances extra-plats montés sur carte, sont ceux qui ont été normalisés dans le présent document. D'autres noyaux, conçus à l'origine pour d'autres applications, sont fréquemment modifiés pour obtenir le facteur de forme planaire afin d'être utilisés dans des alimentations montées sur carte. Cette modification est le plus souvent effectuée en réduisant la longueur des jambes des noyaux PQ, RM et en pot normalisés. La normalisation, le cas échéant, des dimensions de ces noyaux extra-plats est traduite dans la norme IEC correspondante pour les dimensions. (Voir l'IEC 63093-4 pour les noyaux RM.)

A.2 Conception des noyaux EL

La conception des noyaux EL normalisés repose sur les considérations suivantes:

- a) puisque la carte mère ou la carte multicouche doit généralement comporter des encoches découpées pour accueillir les noyaux, les formes des noyaux sont conçues de manière à permettre des découpes simples et économiques;
- b) compte tenu de la puissance de sortie du convertisseur continu-continu pour les télécommunications, sept dimensions de base comprises entre 11 mm et 25 mm sont normalisées;
- c) les dimensions des jambes extérieures sont choisies pour permettre une production économique des noyaux. ($(A - E)/A = 1/6$;
- d) l'inductance de fuite étant réduite le plus possible, le facteur de forme C est choisi comme étant $C = 0,8 A$;
- e) la surface du trajet du flux (ou de la section transversale) de la jambe centrale et celle de l'ensemble de deux jambes extérieures sont conçues de manière à être égales;
- f) une jambe centrale de forme ovale est choisie afin de réduire le plus possible le rapport de la longueur moyenne du fil sur la section transversale de l'enroulement. La perte dans le cuivre dépend de ce rapport qui est réduit le plus possible lorsque $F_2/F_1 = 2,3$;
- g) la dimension de l'épaisseur de la semelle est prévue pour être égale à $1,1(A - E)/2$, de sorte que sa section transversale minimale soit proche de la section transversale d'une jambe extérieure quelconque;
- h) la hauteur de B_1 est conçue en tenant compte de l'espacement des encoches pour les matériels de télécommunication.

A.3 Conception des noyaux ER

a) Rapport A_e/A_w

Une méthode importante de prise en considération des noyaux ronds du pôle central consiste à déterminer le rapport de la section transversale du noyau (A_e) sur la surface d'enroulement (A_w). Un rapport A_e/A_w élevé (par exemple $> 2,0$) indique que le pôle central est relativement grand. Ceci favorise des applications à tension plus élevée/courant plus faible, la section transversale agrandie pouvant accueillir le flux élevé généré par un nombre assez limité de spires à haute tension. Un rapport A_e/A_w inférieur (par exemple $< 2,0$) indique que le pôle central est relativement petit. Ceci favorise des applications à tension plus basse/courant plus élevé, la surface de fenêtre agrandie pouvant convenir à la dimension plus importante d'un petit nombre d'enroulements planaires à courant élevé. (Voir Tableau A.1 pour les rapports A_e/A_w relatifs aux noyaux ER.)

b) Rapport pôle central/hauteur de fenêtre

Une limitation de la prise en considération des rapports A_e/A_w seuls pour les noyaux planaires est que la surface de fenêtre (A_w) est augmentée ou réduite indépendamment de la géométrie de base, en ajustant la longueur des jambes (dimension D et dimension B) de l'ensemble des noyaux. Ceci est évident lorsque les rapports des variations E/E et E/I d'une dimension de base font l'objet de comparaison. En règle générale, les dimensions D et B sont facilement personnalisées sans l'usage de nouvel outillage spécial. Cette personnalisation permet de loger des piles d'enroulements de carte à circuit imprimé spécialement dimensionnées, et a pour effet de modifier le rapport A_e/A_w .

Un rapport utile à la comparaison des conceptions de base des noyaux E, est le diamètre du pôle central sur la distance entre le pôle central et la jambe extérieure ($2F/(E-F) = F/0,5(E-F)$). À l'instar du rapport A_e/A_w , un rapport pôle central/largeur de fenêtre élevé (par exemple $> 2,0$) indique que le pôle central est relativement grand. Ceci favorise des applications à tension plus élevée/courant plus faible, la section transversale agrandie pouvant accueillir le flux élevé généré par un nombre assez limité de spires à haute tension. Un rapport pôle central/hauteur de fenêtre inférieur (par exemple $< 2,0$) indique que le pôle central est relativement petit. Ceci favorise des applications à tension plus basse/courant plus élevé, la surface de fenêtre agrandie pouvant convenir à la dimension plus importante d'un petit nombre d'enroulements planaires à courant élevé. (Voir Tableau A.1 pour les rapports $2F/(E-F)$.)

Tableau A.1 – Dimensions et rapports en matière de conception du noyau ER

Taille	A_e mm ²	A_w mm ²	Rapport A_e/A_w	Rapport $2F/(E - F)$	Remarques
ER9,5 × 2,5 × 5	8,47	7,08	1,20	1,61	Combinaison ER-ER
ER11 × 2,5 × 6	11,8	7,44	1,59	1,75	
ER13 × 3 × 9	20,0	10,9	1,83	1,61	
ER14,5 × 3 × 7	17,5	11,7	1,49	1,32	
ER18 × 3 × 10	30,4	15,0	2,02	1,32	
ER23 × 3,6 × 13	50,4	15,8	2,67	1,31	
ER23 × 5 × 13	50,5	37,8	1,33	1,31	
ER25 × 6 × 15	70,7	38,1	1,86	1,53	
ER25 × 6 × 18	91,9	35,2	2,60	2,00	
ER30 × 8 × 20	108	79,5	1,36	1,47	
ER32 × 6 × 20	143	41,3	3,46	1,66	
ER35 × 10 × 27	200	80,3	2,49	1,85	
ER40 × 10 × 32	217	104	2,08	1,48	
ER9,5 × 2,5 × 5 / PLT9,5 × 1 × 5	8,25	3,54	2,33	1,61	Combinaison ER-PLT
ER11 × 2,5 × 6 / PLT11 × 1 × 6	11,4	3,72	3,06	1,75	
ER13 × 3 × 9/ PLT13 × 1 × 9	19,8	5,43	3,65	1,61	
ER14,5 × 3 × 7 / PLT14,5 × 1 × 7	17,5	5,86	2,99	1,32	
ER18 × 3 × 10 / PLT18 × 1,5 × 10	30,3	7,52	4,03	1,32	
ER23 × 3,6 × 13 / PLT23 × 2 × 13	50,3	9,46	5,32	1,31	
ER23 × 5 × 13 / PLT23 × 2 × 13	50,3	18,1	2,78	1,31	
ER25 × 6 × 15 / PLT25 × 2,4 × 15	70,8	19,1	3,71	1,53	
ER25 × 6 × 18 / PLT25 × 2 × 18	90,6	17,6	5,15	2,00	
ER30 × 8 × 20/ PLT30 × 3 × 20	108	39,8	2,72	1,47	
ER32 × 6 × 25/ PLT32 × 3 × 25	148	20,6	7,18	1,66	
ER35 × 10 × 26 / PLT35 × 5 × 26	209	40,2	5,20	1,85	
ER40 × 10 × 28 / PLT40 × 5 × 28	228	51,8	4,41	1,48	

Annexe B (informative)

Valeurs de référence des surfaces admissibles des éclats

Les valeurs de référence des surfaces admissibles des éclats pour un noyau donné sont résumées dans les Tableau B.1, Tableau B.2 et Tableau B.3.

NOTE Le Tableau B.1, le Tableau B.2 et le Tableau B.3 sont issus des Tableaux 1, 2 et 3 de l'IEC 60424-5:2009 et sont inclus dans l'Annexe B par souci de commodité.

Tableau B.1 – Surfaces admissibles des éclats pour le noyau EL planaire

Taille du noyau	Surface des éclats sur la surface de contact d'une jambe extérieure	Surface des éclats sur la surface de contact de la branche centrale	Surface totale des éclats sur la surface de contact	Autres surfaces
	mm ²	mm ²	mm ²	mm ²
EL 11 × 2,0	0,5	0,5	1,5	3,0
EL 11 × 3,0	0,5	0,5	1,5	3,0
EL 13 × 2,2	0,5	1,0	2,0	4,0
EL 13 × 3,2	0,5	1,0	2,0	4,0
EL 15,5 × 2,9	0,5	1,0	2,0	4,0
EL 15,5 × 4,4	0,5	1,0	2,0	4,0
EL 18 × 3,7	1,0	2,0	4,0	8,0
EL 18 × 5,7	1,0	2,0	4,0	8,0
EL 20 × 3,8	1,0	2,0	4,0	8,0
EL 20 × 5,8	1,0	2,0	4,0	8,0
EL 22 × 4,0	1,5	2,5	5,5	11,0
EL 22 × 6,0	1,5	2,5	5,5	11,0
EL 25 × 4,3	1,5	3,5	6,5	13,0
EL 25 × 6,3	1,5	3,5	6,5	13,0

Tableau B.2 – Surfaces admissibles des éclats pour le noyau E extra-plat

Taille du noyau	Surface des éclats sur la surface de contact d'une jambe extérieure	Surface des éclats sur la surface de contact de la branche centrale	Surface totale des éclats sur la surface de contact	Autres surfaces
	mm ²	mm ²	mm ²	mm ²
E 14 × 3,5 × 5	0,5	0,5	1,5	3,0
E 18 × 4 × 10	1,0	1,5	3,5	7,0
E 22 × 6 × 16	1,5	3,0	6,0	12,0
E 32 × 6 × 20	2,5	5,0	10,0	20,0
E 38 × 8 × 25	3,5	8,0	15,0	30,0
E 43 × 10 × 28	4,5	9,0	18,0	36,0
E 58 × 11 × 38	6,0	12,5	24,5	49,0
E 64 × 10 × 50	10,0	20,0	40,0	80,0
E 102 × 20 × 38	12,5	20,0	45,0	90,0

Tableau B.3 – Surfaces admissibles des éclats pour le noyau ER extra-plat

Taille du noyau	Surface des éclats sur la surface de contact d'une jambe extérieure	Surface des éclats sur la surface de contact de la branche centrale	Surface totale des éclats sur la surface de contact	Autres surfaces
	mm ²	mm ²	mm ²	mm ²
ER 9,5 × 2,5 × 5	0,5	0,5	1,5	3,0
ER 11 × 2,5 × 6	0,5	0,5	1,5	3,0
ER 13 × 3 × 9	0,5	1,0	2,0	4,0
ER 14,5 × 3 × 7	0,5	1,0	2,0	4,0
ER 18 × 3 × 10	0,5	1,0	2,0	4,0
ER 20 × 6 × 14	1,5	2,0	5,0	10,0
ER 23 × 3,6 × 13	1,0	2,0	4,0	8,0
ER 23 × 5 × 13	1,0	2,0	4,0	8,0
ER 25 × 6 × 15	1,5	3,0	6,0	12,0
ER 30 × 8 × 20	2,5	4,0	9,0	18,0
ER 32 × 5 × 21	2,0	4,0	8,0	16,0
ER 32 × 6 × 25	2,5	5,0	10,0	20,0
ER 35 × 10 × 26	3,5	7,0	14,0	28,0
ER 40 × 10 × 28	4,0	7,0	15,0	30,0

Bibliographie

IEC 60424-5:2009, *Noyaux de ferrite – Guide relatif aux limites des irrégularités de surface – Partie 5: Noyaux planaires*

IEC 63093-4, *Noyaux ferrites – Lignes directrices relatives aux dimensions et aux limites des irrégularités de surface – Partie 4: Noyaux RM*
