



SLOVENSKI STANDARD
oSIST prEN 16264:2011
01-junij-2011

Pirotehnični izdelki - Drugi pirotehnični izdelki - Pritrdilne kartuše

Pyrotechnic articles - Other pyrotechnic articles - Fixing cartridges

Pyrotechnische Gegenstände - Sonstige pyrotechnische Gegenstände - Befestigungskartuschen

Articles pyrotechniques - Autres articles pyrotechniques - Partie 2: Exigences

Ta slovenski standard je istoveten z: prEN 16264

ICS:

71.100.30 Eksplozivi. Pirotehnika Explosives. Pyrotechnics

oSIST prEN 16264:2011

en,de

EUROPEAN STANDARD
NORME EUROPÉENNE
EUROPÄISCHE NORM

DRAFT
prEN 16264

March 2011

ICS 71.100.30

English Version

Pyrotechnic articles - Other pyrotechnic articles - Fixing cartridges

Articles pyrotechniques - Autres articles pyrotechniques -
Partie 2: Exigences

Pyrotechnische Gegenstände - Sonstige pyrotechnische
Gegenstände - Befestigungskartuschen

This draft European Standard is submitted to CEN members for enquiry. It has been drawn up by the Technical Committee CEN/TC 212.

If this draft becomes a European Standard, CEN members are bound to comply with the CEN/CENELEC Internal Regulations which stipulate the conditions for giving this European Standard the status of a national standard without any alteration.

This draft European Standard was established by CEN in three official versions (English, French, German). A version in any other language made by translation under the responsibility of a CEN member into its own language and notified to the CEN-CENELEC Management Centre has the same status as the official versions.

CEN members are the national standards bodies of Austria, Belgium, Bulgaria, Croatia, Cyprus, Czech Republic, Denmark, Estonia, Finland, France, Germany, Greece, Hungary, Iceland, Ireland, Italy, Latvia, Lithuania, Luxembourg, Malta, Netherlands, Norway, Poland, Portugal, Romania, Slovakia, Slovenia, Spain, Sweden, Switzerland and United Kingdom.

Recipients of this draft are invited to submit, with their comments, notification of any relevant patent rights of which they are aware and to provide supporting documentation.

Warning : This document is not a European Standard. It is distributed for review and comments. It is subject to change without notice and shall not be referred to as a European Standard.



EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION
EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG

Management Centre: Avenue Marnix 17, B-1000 Brussels

Contents

Page

Foreword.....	4
1 Scope	5
2 Normative references	6
3 Terms and definitions	6
4 Standard equipment	15
4.1 Timing device.....	15
4.2 Calliper.....	15
4.3 Scale.....	15
4.4 Climatic chambers	15
4.5 Testing Laboratory	15
5 Requirements	16
5.1 Design documentation	16
5.1.1 Background and objectives.....	16
5.1.2 Minimum content of documentation.....	16
5.2 Design	16
5.2.1 General.....	16
5.2.2 Conformity to documentation	16
5.3 Dimensions.....	16
5.3.1 Scope	16
5.3.2 Equipment	19
5.3.3 Test Procedure.....	20
5.3.4 Acceptance criteria.....	20
5.4 Pressure measurement	20
5.4.1 Scope	20
5.4.2 Equipment	21
5.4.3 Test Procedure.....	28
5.4.4 Acceptance criteria.....	29
5.5 Energy measurement	30
5.5.1 Scope	30
5.5.2 Equipment	31
5.5.3 Test procedure	31
5.5.4 Acceptance criteria.....	32
5.6 System test.....	32
5.6.1 Scope	32
5.6.2 Equipment	32
5.6.3 Test procedure	34
5.6.4 Acceptance criteria.....	34
5.7 Residue test.....	34
5.7.1 Scope	34
5.7.2 Equipment	35
5.7.3 Test procedure	42
5.7.4 Acceptance criteria.....	44
5.8 Physical and Chemical Stability Test	44
5.8.1 Scope	44
5.8.2 Equipment	44
5.8.3 Test procedure	44
5.8.4 Acceptance criteria.....	44
5.9 Shock Test.....	44
5.9.1 Scope	44
5.9.2 Equipment	44
5.9.3 Test procedure	45

5.9.4	Acceptance criteria	45
5.10	Extreme temperature test	45
5.10.1	Scope	45
5.10.2	Equipment	45
5.10.3	Test procedure.....	45
5.10.4	Acceptance criteria	46
5.11	Safety test.....	46
5.11.1	Scope	46
5.11.2	Equipment	46
5.11.3	Test procedure.....	50
5.11.4	Acceptance criteria	51
6	Categorization.....	51
7	Minimum labeling	51
Annex A	(normative) Technical annex for the testing of fixing cartridges	53
Annex B	(informative) Shock test Equipment	56
Annex ZA	(informative) Relationship between this European Standard and the Essential Requirements of EU Directive 2007/23/EC on the placing on the market of pyrotechnic articles	59
Bibliography	61

iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

SIST EN 16264:2014

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/562ee130-a985-4654-bb63-888ade607002/sist-en-16264-2014>

Foreword

This document (prEN 16264:2011) has been prepared by Technical Committee CEN/TC 212 “Pyrotechnic articles”, the secretariat of which is held by NEN.

This document is currently submitted to the CEN Enquiry.

This document has been prepared under a mandate given to CEN by the European Commission and the European Free Trade Association, and supports essential requirements of EU Directive(s).

For relationship with EU Directive, see informative Annex ZA, which is an integral part of this document.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

SIST EN 16264:2014

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/562ee130-a985-4654-bb63-888ade607002/sist-en-16264-2014>

1 Scope

This European Standard specifies requirements and test methods for fixing cartridges.

Fixing cartridges are cartridges containing material delivering mainly gases, intended to be used in driving fasteners (e.g. nails) in solid materials for fixing purposes.

This standard also applies to products sold to persons younger than 18 years if this is permitted by the member state due to the low hazard of the product.

Table 1 lists the established calibres for fixing cartridges.

Table 1 — Lists of the established calibres for fixing cartridges

	Caliber	Commonly used
Rimfire type	22 NC (5,5/16)	X
	22 EX NC (5,5/25)	
	22 SH (5,6/11)	
	22 (5,6/16)	X
	22 EX (5,6/25)	X
	5,7/16	
	5,7/25	
	6,3/10	X
	6,3/12	X
	6,3/14	X
	6,3/16	X
	25 ST (6,3/19)	
	6,3/25	
	6,8/11	X
6,8/18	X	
Centerfire type	9 x 17	X
	10 x 18	
	10 x 18 RG	
	38 S. & W. (9 x 19)	
	380 SB (9 x 23)	
	38 SP (9 x 29)	

Fixing cartridges can also be used for hard marking tools, note: Information on cartridge operated fixing and hard marking tools can be found in prEN 15985.

2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application 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.

Fpr EN15985-1:2009, *Cartridge operated hand-held tools — Safety requirements — Part 1: Fixing and hard marking tools.*

ISO 2859-1, *Sampling procedures for inspection by attributes — Part 1: Sampling schemes indexed by acceptance quality limit (AQL) for lot-by-lot inspection.*

ISO 3599:1976, *Vernier callipers reading to 0.1 mm and 0.05 mm.*

ISO 3611:1978, *Micrometer calliper for external measurements.*

ISO 2137:1985, *Petroleum products — Lubricating grease and petrolatum — Determination of cone penetration.*

ISO 9237:1995, *Textiles — Determination of the permeability of fabrics to air.*

3 Terms and definitions

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

Terminology		Begriffe und Definitionen
3.1 base material material into which the fastener or marking punch is driven	matériau support matériau dans lequel la fixation ou la tête de marquage est entraîné	Werkstück Grundmaterial, in das das Befestigungselement oder der Markierstempel eingetrieben werden
3.2 calibre designation of a cartridge, normally expressed in the form "body diameter / length" (see Scope for established cartridge calibres)	calibre paramètre d'une charge de scellement, exprimé sous la forme "diamètre / longueur" (voir champ d'application pour les calibres utilisés), Exemple 6,3/10 ou 6,8/11	Kaliber Bezeichnung einer Kartusche, üblicherweise in der Form "Hülsendurchmesser/Länge" ausgedrückt (s. Anhang A: Übliche Kartuschenkaliber)
3.3 cartridge device which contains a minor quantity of primer together with a larger quantity of solid propellant used to drive the piston of a fixing or hard marking tool	charge de scellement dispositif pyrotechnique, qui contient une faible quantité d'amorce ainsi qu'une plus grande quantité de propulseur solide, utilisée pour entraîner le piston d'un outil de scellement ou d'un outil de marquage.	Kartusche Gegenstand mit einem Inhalt aus einer kleinen Menge Zündmittel und einer grösseren Menge Treibmittel zum Antrieb des Kolbens in einem Befestigungs- oder Hartmarkierwerkzeug

<p>3.4 single cartridge (loose cartridge) cartridge that is not mechanically joined to other cartridges and is inserted individually in the cartridge chamber (by hand)</p>	<p>charge de scellement à l'unité charge de scellement qui n'est mécaniquement pas reliée à d'autres charges de scellement et est insérée individuellement dans la chambre de l'outil (à la main)</p>	<p>Einzelkartusche (lose Kartusche) Kartusche, die nicht mechanisch mit anderen Kartuschen verbunden ist und (von Hand) einzeln in das Kartuschenlager eingelegt wird</p>
<p>3.5 collated cartridge cartridge that is contained with a number of others in a means of collation, e.g. a plastic collation strip or a metal disc</p>	<p>charge de scellement en magasin ensemble de charges de scellement serties sur le même support, par exemple, en bande en plastique ou sur un disque métallique</p>	<p>Magazinierte Kartusche Kartusche, die mit einer Reihe weiterer Kartuschen durch eine Magazinierung, z.B. einem Kunststoffstreifen oder einer Metallscheibe, verbunden ist</p>
<p>3.6 cartridge chamber essentially cylindrical or slightly conical bore which accommodates the cartridge before ignition; located in the rear end of the piston guide of a cartridge operated tool; the dimensions of the cartridge chamber correspond to cartridge calibre</p>	<p>logement de la charge de scellement de forme essentiellement cylindrique ou légèrement conique, le logement accueille la charge de scellement. Il est situé à l'arrière du piston / masselotte, ses dimensions sont en correspondance avec les dimensions de la charge de scellement</p>	<p>Kartuschenlager im wesentlichen zylindrische oder leicht konische Bohrung, die die Kartusche vor der Zündung aufnimmt; am hinteren Ende der Kolbenführung eines kartuschenbetriebenen Befestigungs- oder Hartmarkierwerkzeugs angeordnet; Abmessungen passend zu denen des Kartuschenkalibers</p>
<p>3.7 cartridge operated fixing tool tool to drive fasteners into a base material by means of a piston powered by the hot combustion gases from a cartridge</p>	<p>outil de scellement outil pour spitter des fixations dans un matériau support, au moyen d'un piston actionné par les gaz de combustion d'une charge de scellement</p>	<p>Kartuschenbetriebenes Befestigungswerkzeug Werkzeug zum Eintreiben von Befestigungselementen in ein Werkstück mittels eines Kolbens, der von den heißen Verbrennungsgasen einer Kartusche angetrieben wird</p>
<p>3.8 categorization P1 pyrotechnical article other than fireworks and theatrical pyrotechnic article which present low hazard</p>	<p>catégorisation P1 articles pyrotechniques autres que les artifices de divertissement et les articles pyrotechniques destinés au théâtre, qui présentent un risque faible</p>	<p>Kategorie P1 pyrotechnische Gegenstände [außer Feuerwerkskörpern und pyrotechnischen Gegenständen für Bühne und Theater], die eine geringe Gefahr darstellen (2007/23/EG)</p>
<p>3.9 casing closed container of essentially cylindrical shape made of metal or plastic forming the outer shell of a cartridge and containing primer and propellant</p>	<p>étui partie de la charge de scellement, essentiellement de forme cylindrique en métal ou en plastique et qui renferme le propulseur et l'amorce</p>	<p>Hülse geschlossener Behälter im wesentlichen zylindrischer Form aus Metall oder Kunststoff; äussere Hülle einer Kartusche; enthält Zünder und Treibmittel</p>
<p>3.10 centerfire cartridge cartridge in which the primer is located in the centre of the cartridge case head</p>	<p>charge de scellement à percussion centrale Charge de scellement dans laquelle l'amorce est située au centre de l'étui</p>	<p>Zentralfeuerkartusche Kartusche, bei der sich das Zündmittel in der Mitte des Kopfes der Kartuschenhülle befindet</p>

prEN 16264:2011 (E)

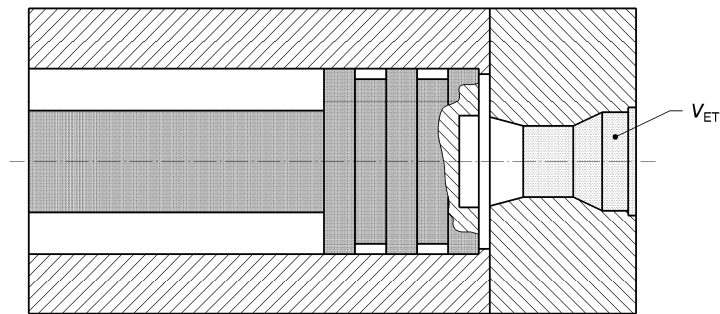
<p>3.11 coefficients of tolerance coefficients of tolerance for n measurements with a statistical certainty of 95% in $K_{3,n}$ 90% of cases, where $K_{3,10} = 2,36$ for n=10</p>	<p>coefficients de mesure coefficients pour n mesures, avec une certitude statistique de 95 % en $K_{3,n}$ 90 % des cas, où $K_{3,10} = 2,36$ pour n=10</p>	<p>Toleranzkoeffizient $K_{3,10}$ (= 2,36) Toleranzkoeffizient der t-Verteilung (Student-Verteilung) für 10 Messungen für eine statistische Sicherheit von 95% in 90% der Fälle</p>
<p>3.12 chambering act of the securely enclosing the cartridge with the breech face in the cartridge chamber before ignition; correct chambering is required to prevent hot combustion gases from escaping backwards and creating damage on the tool, the cartridge, or the collation</p>		<p>Kammerung sicherer Einschluss der Kartusche im Kartuschenlager mit Hilfe des Stossbodens; erforderlich, um das Entweichen heisser Verbrennungsgase nach rückwärts und Schäden am Werkzeug, der Kartusche oder der Magazinierung zu verhindern</p>
<p>3.13 collation (means for) attaching several cartridges to each other at regular distances; plastic strips and metal discs are commonly used for collation</p>	<p>regroupement en disque, en bande moyens pour attacher plusieurs charge de scellements les unes aux autres à des distances régulières; bandes de plastique et de disques de métal sont couramment utilisés pour les charges de scellement en magasin</p>	<p>Magazinierung (Mittel zur) Verbindung mehrerer Kartuschen untereinander in regelmässigem Abstand; üblicherweise Kunststoffstreifen oder Metallscheiben</p>
<p>3.14 combustion chamber cavity adjoining to the cartridge chamber in which the combustion of the propellant takes place; consists of a bore connecting the cartridge chamber with the main cavity of piston guide, the free volume of the piston guide itself behind the piston in its rearmost position, and sometimes a free volume in the concave piston head</p>	<p>chambre de combustion cavité attenante au logement de la charge de scellement, dans lequel le propulseur s'enflamme. L'évidement de la tête du piston / masselotte fait entièrement partie de la chambre de combustion</p>	<p>Brennkammer Hohlraum, verbunden mit dem Kartuschenlager, in dem die Verbrennung des Treibmittels stattfindet; besteht aus seiner Bohrung zur Verbindung des Kartuschenlagers mit dem Hauptvolumen der Kolbenführung, dem freien Volumen der Kolbenführung selbst mit dem Kolben in der hintersten Stellung und manchmal einem freien Volumen im hohlen Kolbenkopf</p>
<p>3.15 crimp closed front end of a (metal) cartridge generated by radial deformation of the cylindrical body into tight folds with an essentially star-shaped cross section</p>	<p>sertissage partie supérieure de l'étui, où l'extrémité est déformée sous forme de plis</p>	<p>Faltung geschlossenes Vorderende einer (Metall-) Kartusche, hergestellt durch radiales Umformen des zylindrischen Hülsengrundkörpers in dichte Falten von im wesentlichen sternförmigem Querschnitt</p>

<p>3.16 fastener fixing device intended for use in a cartridge operated fixing tool.</p> <p>NOTE The fixing device may be a nail, a threaded stud or similar object that is driven into the base material</p>	<p>projectile système de fixation destiné à être utilisé dans un outil de scellement. NOTE Le dispositif de fixation peut être un clou, un clou à tête fileté, ou tout autre dispositif destiné à être spitter dans le matériau support</p>	<p>Befestigungselement Verbindungsteil, das für den Gebrauch in einem Befestigungswerkzeug vorgesehen ist; dies kann ein Nagel, ein Gewindebolzen oder ähnlicher Gegenstand sein, der ins Werkstück eingetrieben wird</p>
<p>3.17 ignition pin steel pin guided in a bore in the breech face igniting the primer of the cartridge by impacting on the rim of the cartridge bottom or center primer cup</p>	<p>percuteur pièce de l'outil de scellement qui frappe et poinçonne l'étui de la charge de scellement dans la zone de l'amorce, pour la mise à feu de la charge de scellement</p>	<p>Zündstift in einer Bohrung des Stossbodens geführter Stahlstift, der durch Aufschlag auf den Boden der Kartusche den Zünder auslöst</p>
<p>3.18 muzzle velocity v value of the velocity of the piston of a cartridge operated tool near the muzzle, i.e. after its acceleration by the combustion pressure is completed</p>	<p>vitesse de la masselotte v vitesse de la masselotte générée par une charge de scellement dans un canon, mesure réalisée à la sortie du canon, c'est à dire lorsque la combustion est terminée et la masselotte a atteint sa vitesse maximale</p>	<p>Mündungsgeschwindigkeit v Wert der Geschwindigkeit des Kolbens eines kartuschenbetriebenen Werkzeugs im Bereich der Mündung, d.h. nach abgeschlossener Beschleunigung durch den Verbrennungsdruck</p>
<p>3.19 average muzzle velocity \bar{v}_{10} mean arithmetic value of piston velocity evaluated out of 10 single test values</p>	<p>vitesse moyenne en sortie \bar{v}_{10} valeur moyenne de la vitesse de la masselotte évaluée sur 10 essais</p>	<p>Durchschnittliche Mündungsgeschwindigkeit \bar{v}_{10} arithmetischer Mittelwert der aus 10 einzelnen Messwerten ermittelten Geschwindigkeit des Kolbens</p>
<p>3.20 maximum muzzle velocity v_e maximum piston velocity to be expected calculated on the basis of the average muzzle velocity and the standard deviation for the 10 tests.</p>	<p>vitesse maximale en sortie v_e vitesse maximale de la masselotte calculée sur la base de la vitesse initiale moyenne et de l'écart-type pour les 10 essais.</p>	<p>Maximale Mündungsgeschwindigkeit v_e Höchstwert der zu erwartenden Kolbengeschwindigkeit, berechnet auf der Grundlage der durchschnittlichen Mündungsgeschwindigkeit und der Standardabweichung aus 10 Prüfungen</p>
<p>3.21 piston essentially cylindrical or shouldered element made of annealed steel freely movable longitudinally in the cylindrical piston guide ("barrel") of a cartridge operated tool; is accelerated by the high pressure in the combustion chamber at its rear and impacts the fastener with its tip</p>	<p>piston organe mobile animé d'un mouvement rectiligne à l'intérieure du canon lors de la combustion d'une charge de scellement et servant de paroi mobile à la chambre de combustion. Le piston transmet l'énergie au projectile</p>	<p>Kolben im wesentlichen zylindrisches oder abgesetztes Bauteil aus vergütetem Stahl; in Längsrichtung frei beweglich in der zylindrischen Kolbenführung eines kartuschenbetriebenen Werkzeugs; wird beschleunigt durch den hohen Druck in der Brennkammer an seinem Hinterende und trifft mit seiner Spitze auf das Befestigungselement oder das Markierzeichen</p>
<p>3.22 piston guide "barrel" of a cartridge operated; essentially cylindrical bore of a tool</p>	<p>canon partie tubulaire de l'outil de scellement forée pour recevoir le piston</p>	<p>Kolbenführung "Lauf" eines kartuschenbetriebenen Werkzeugs; im wesentlichen zylindrische Bohrung zur</p>

prEN 16264:2011 (E)

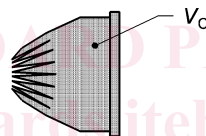
and containing the piston		Aufnahme des Kolbens
3.23 plunger (slug) brass or semi hardened steel cylinder used in pressure barrel, having different face dimensions to reproduce the additional volume V_a	masselotte pièce équivalente au piston et utilisée pour le test de pression. La géométrie de l'extrémité de la pièce permet de définir le volume V_a	Schubkolben Im wesentlichen zylindrischer Körper aus Messing oder halbhartem Stahl, der bei der Gasdruck- und Energiemessung aus einem Messlauf abgefeuert wird
3.24 propellant mostly nitrocellulose-based powder which fills the cartridge partly or totally, depending on cartridge strength; hot combustion gases of the propellant accelerate the piston of a cartridge operated tool	propulseur composition chimique, essentiellement à l'état de poudre à base de nitrocellulose, remplissant la charge de scellement totalement ou partiellement, selon la puissance souhaitée. La combustion du propulseur génère un gaz qui accélère le piston / la masselotte.	Treibmittel Pulver, meist auf Nitrocellulosebasis, das die Kartusche je nach Kartuschenstärke teilweise oder vollständig ausfüllt; heisse Verbrennungsgase des Treibmittels beschleunigen den Kolben eines kartuschenbetriebenen Werkzeugs
3.25 primer chemical composition located in the rim of the cartridge or in the center primer cup; ignites the propellant when the ignition pin deforms the rim of the cartridge or the center primer cup and locally compresses and ignites the primer mixture	amorce composant situé dans le bourrelet de la charge de scellement pour les charges à percussion annulaire et au centre de la charge pour les charges à percussion centrale. Sa fonction consiste à transformer directement l'action de percussion (choc mécanique) en une action pyrotechnique permettant la mise à feu du propulseur	Zünder reibempfindliche Mischung aus mehreren pyrotechnischen Einzelstoffen im Rand oder Zündhütchen der Kartusche; zündet das Treibmittel, wenn der Zündstift den Kartuschenrand oder das Zündhütchen verformt und verdichtet und den Zünder entzündet
3.26 primer cup metal cup used in centerfire cartridges containing priming mixture and an anvil located in the center	coupe Primer petit ensemble métallique utilisé dans des charges de scellement à percussion centrale contenant un mélange d'amorce et un percuteur situé dans le centre	Zündhütchen (Zentralfeuerkartuschen) kleiner Kupfer- oder Messingnapf in der Mitte des Kartuschenbodens, gefüllt mit einer kleinen Menge schlagempfindlicher Zündmittelmischung; zündet nach Einschlag des Zündstifts das Treibmittel an
3.27 rim circumferential outward bulge at the rear end of a cartridge generated by axial deformation of the hemispherical end of the punch-drawn metal blank	bourrelet forme circulaire sur la base de l'étui, spécifique aux charges de scellement à percussion annulaire, où l'amorce est localisée	Rand (Randfeuerkartuschen) umlaufende radiale Ausbauchung am Hinterende der Kartusche
3.28 rimfire cartridge cartridge in which the primer is located in the rim of the cartridge case	charge de scellement à percussion annulaire charge de scellement dans laquelle l'amorce est situé dans le bourrelet de l'étui	Randfeuerkartusche Kartusche, bei der sich die Anzündmischung im Rand der Kartuschenhülse befindet

Volume definition



V_{ET} Volume of minimum chamber according to Table 3 for measuring appliances (standard barrel) is a constant value per calibre.

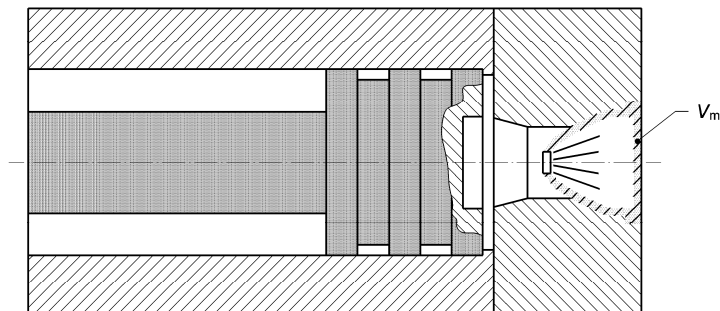
Figure 1 — V_{ET}



V_C Total volume of maximum cartridge according to Table 2 point 5.3

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/562ee130-a985-4654-bb63-888adc607002/sist-pr-16264-2014>

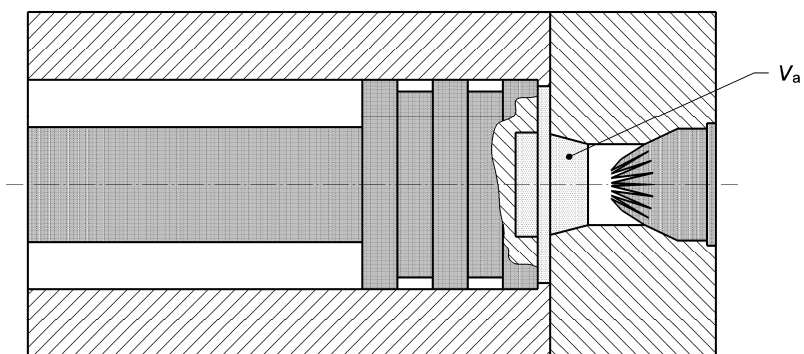
Figure 2 — V_C



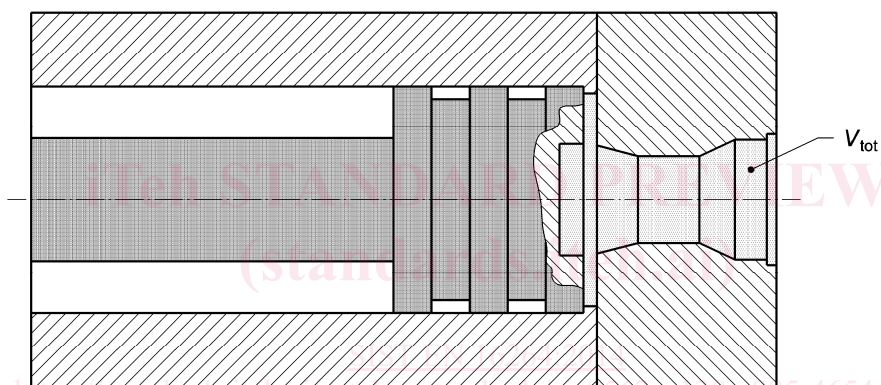
V_m Volume of the material of the case (without primer where rimfire cartridges are concerned, with primer where centrefire cartridges are concerned)

Figure 3 — V_m

a



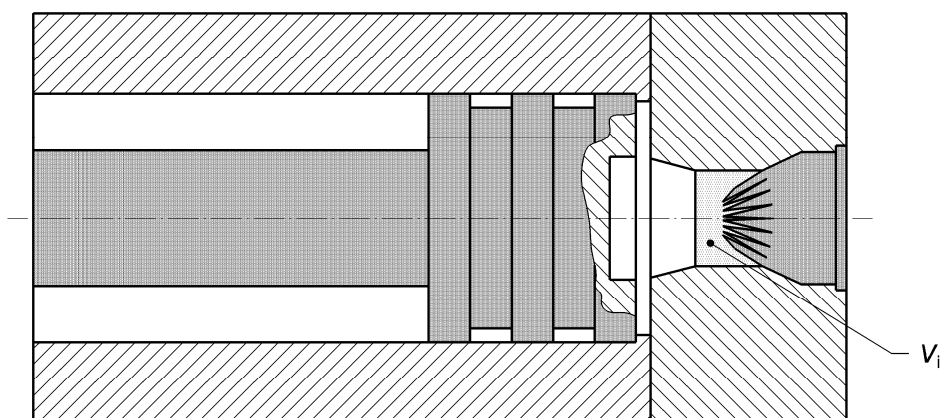
Additional volume between chamber and plunger in its extreme position Figure 4 — V_a



<https://standards.itec.ai/catalog/standards/sist/562ee156-4965-4654-bb63-888ade607002/sist-en-16264-2014>

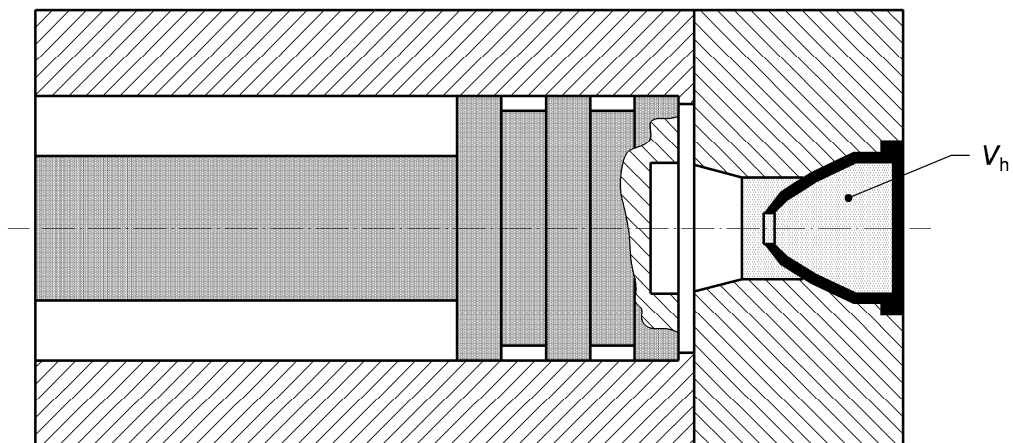
V_{tot} Total volume of fixing tool $V_{tot} = V_{ET} + V_a$

Figure 5 — V_{tot}



V_i Volume of free space between the cartridge and the chamber $V_i = V_{ET} - V_C$

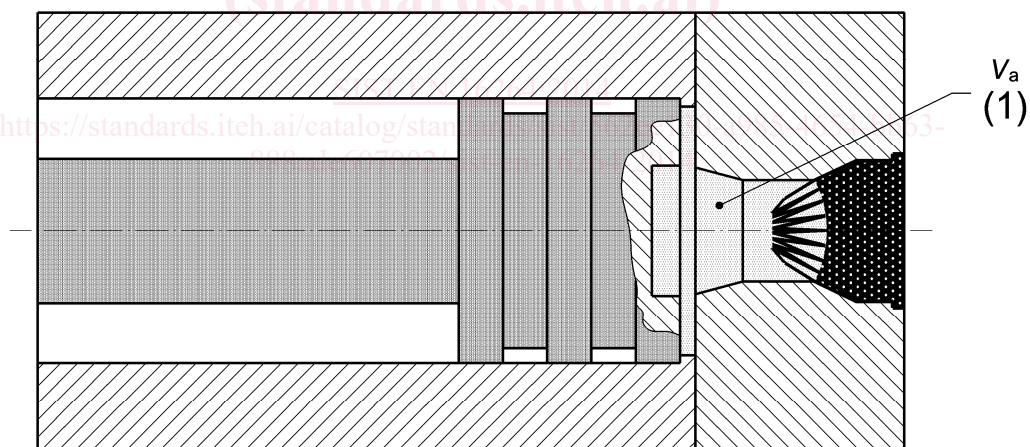
Figure 6 — V_i



V_h Free combustion volume in the chamber $V_h = V_{ET} - V_m$

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards iteh.ai)

Figure 7 — V_h



Keys

(1) Single cartridges

$V_A (V_{eff})$ Total additional volume $V_A = V_i + V_a = (V_{ET} - V_C) + V_a$

Figure 8 — V_a