

METALLMATERJALID

**Deformeeritavusgraafikute määramine leht- ja
ribamaterjalile**

**Osa 2: Deformeeritavusgraafikute määramine
laboratooriumis**

Metallic materials

**Determination of forming-limit curves for sheet and
strip**

**Part 2: Determination of forming-limit curves in the
laboratory**

(ISO 12004-2:2021)

EESTI STANDARDI EESSÕNA

See Eesti standard on

- Euroopa standardi EN ISO 12004-2:2021 ingliskeelse teksti sisu poolest identne tõlge eesti keelde ja sellel on sama staatus mis jõustumisteate meetodil vastu võetud originaalversioonil. Tõlgenduserimeelsuste korral tuleb lähtuda ametlikes keeltes avaldatud tekstidest;
- jõustunud Eesti standardina inglise keeles märtsis 2021;
- eesti keeles avaldatud sellekohase teate ilmumisega EVS Teataja 2021. aasta novembrikuu numbris.

Standardi tõlke koostamise ettepaneku on esitanud tehniline komitee EVS/TK 21 „Ehituslikud metalltooted“, standardi tõlkimist on korraldanud Eesti Standardimis- ja Akrediteerimiskeskus.

Standardi on tõlkinud ja eestikeelse kavandi ekspertiisi on teinud Hanno Pangsepp, standardi on heaks kiitnud EVS/TK 21.

Euroopa standardimisorganisatsioonid on teinud Euroopa standardi EN ISO 12004-2:2021 rahvuslikele liikmetele kättesaadavaks 03.03.2021.

Date of Availability of the European Standard EN ISO 12004-2:2021 is 03.03.2021.

See standard on Euroopa standardi EN ISO 12004-2:2021 eestikeelne [et] versioon. Teksti tõlke on avaldanud Eesti Standardimis- ja Akrediteerimiskeskus ning sellel on sama staatus ametlike keelte versioonidega.

This standard is the Estonian [et] version of the European Standard EN ISO 12004-2:2021. It was translated by the Estonian Centre for Standardisation and Accreditation. It has the same status as the official versions.

Tagasisidet standardi sisu kohta on võimalik edastada, kasutades EVS-i veebilehel asuvat tagasiside vormi või saates e-kirja meiliaadressile standardiosakond@evs.ee.

ICS 77.040.10

Standardite reprodutseerimise ja levitamise õigus kuulub Eesti Standardimis- ja Akrediteerimiskeskusele

Andmete paljundamine, taastekitamine, kopeerimine, salvestamine elektroonsesse süsteemi või edastamine ükskõik millises vormis või millisel teel ilma Eesti Standardimis- ja Akrediteerimiskeskuse kirjaliku loata on keelatud.

Kui Teil on küsimusi standardite autoriõiguse kaitse kohta, võtke palun ühendust Eesti Standardimis- ja Akrediteerimiskeskusega: Koduleht www.evs.ee; telefon 605 5050; e-post info@evs.ee

English Version

**Metallic materials - Determination of forming-limit curves
for sheet and strip - Part 2: Determination of forming-limit
curves in the laboratory (ISO 12004-2:2021)**

Matériaux métalliques - Détermination des courbes
limites de formage pour les tôles et bandes - Partie 2:
Détermination des courbes limites de formage en
laboratoire (ISO 12004-2:2021)

Metallische Werkstoffe - Bestimmung der
Grenzformänderungskurve für Bleche und Bänder -
Teil 2: Bestimmung von Grenzformänderungskurven
im Labor (ISO 12004 2:2021)

This European Standard was approved by CEN on 15 January 2021.

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. Up-to-date lists and bibliographical references concerning such national standards may be obtained on application to the CEN-CENELEC Management Centre or to any CEN member.

This European Standard exists 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, Republic of North Macedonia, Romania, Serbia, Slovakia, Slovenia, Spain, Sweden, Switzerland, Turkey and United Kingdom.



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

CEN-CENELEC Management Centre: Rue de la Science 23, B-1040 Brussels

SISUKORD

EUROOPA EESSÕNA.....	4
EESSÕNA.....	5
SISSEJUHATUS.....	7
1 KÄSITLUSALA.....	8
2 NORMIVIITED.....	8
3 TERMINID JA MÄÄRATLUSED.....	8
4 TÄHISED.....	8
5 PRINTSIIP.....	9
6 KATSEKEHAD JA -SEADMED.....	10
6.1 Katsekehad.....	10
6.1.1 Katsekehade paksus.....	10
6.1.2 Katsekeha geomeetria.....	11
6.1.3 Katsekehade ettevalmistamine katsetsoonis.....	11
6.1.4 Erineva geomeetriaga katsekehade hulk.....	11
6.1.5 Katsete hulk igale geomeetrialet.....	11
6.2 Võrgustiku pealekandmine.....	12
6.2.1 Võrgustiku tüübid.....	12
6.2.2 Võrgustiku pealekandmine.....	12
6.2.3 Deformeerimata võrgustiku täpsus.....	12
6.3 Katseseadmed.....	12
6.3.1 Üldist.....	12
6.3.2 Deformatsiooni määramine.....	14
6.3.3 Nakajima katse.....	14
6.3.4 Marciniaki katse.....	16
7 DEFORMATSIOONIPROFIILI ANALÜÜS JA PAARIDE $\varepsilon_1 - \varepsilon_2$ MÕÕTMINE.....	18
7.1 Üldist.....	18
7.2 Sektsioonijoonte kasutamine hindamiseks (positsioonist sõltuv mõõtmine).....	18
7.2.1 Üldist.....	18
7.2.2 Mõõtmiste positsioon ja töötlemine.....	19
7.2.3 „Kuplikujulise graafiku“ eraldamine ja parima sobiva graafiku sisemiste piiride määramine läbi eksperimentaalsete punktide.....	21
7.2.4 Välispiiride määratlus parimale piiraknale ja parima sobivuse pöördparabooli hindamine „kuplikujulisel kõveral“.....	22
8 DOKUMENTATSIOON.....	23
9 KATSEARUANNE.....	24
Lisa A (normlisa) Teine tuletis ja „filtreeritud“ teine tuletis.....	25
Lisa B (normlisa) Piirakna laiuse arvutamine.....	26
Lisa C (normlisa) Parima sobivuse pöördparabooli hindamine „kuplikujulisel kõveral“.....	27
Lisa D (normlisa) Võrgustiku pealekandmine/mõõtmine – hindamine suurendusklaasi või mikroskoobiga.....	28
Lisa E (teatmelisa) Katseandmete tabelid arvutusprogrammide valideerimiseks.....	29
Lisa F (normlisa) Deformeeritavusgraafiku (FLC) esitus ja matemaatiline kirjeldus.....	30
Lisa G (teatmelisa) Kriitiliste sektsioonijoonte andmete näited.....	31

Lisa H (normlisa) Voodiagramm mõõdetud deformatsiooni jaotustest deformeeritavusgraafiku (FLC) väärtusteni.....	32
Kirjandus.....	34

See dokument on EVS-i poolt loodud eelvaade

EUROOPA EESSÕNA

Dokumendi (EN ISO 12004-2:2021) on koostanud tehniline komitee ISO/TC 164 „Mechanical testing of metals“ koostöös tehnilise komiteega CEN/TC 459/SC 1 „Test methods for steel (other than chemical analysis)“, mille sekretariaati haldab AFNOR.

Euroopa standardile tuleb anda rahvusliku standardi staatus kas identse tõlke avaldamisega või jõustumisteatega hiljemalt 2021. a septembriks ja sellega vastuolus olevad rahvuslikud standardid peavad olema kehtetuks tunnistatud hiljemalt 2021. a septembriks.

Tuleb pöörata tähelepanu võimalusele, et standardi mõni osa võib olla patendiõiguse objekt. CEN ei vastuta sellis(t)e patendiõigus(t)e väljaselgitamise ega selgumise eest.

See dokument asendab standardit EN ISO 12004-2:2008.

CEN-i/CENELEC-i sisereeglite järgi peavad Euroopa standardi kasutusele võtma järgmiste riikide rahvuslikud standardimisorganisatsioonid: Austria, Belgia, Bulgaaria, Eesti, Hispaania, Holland, Horvaatia, Iirimaa, Island, Itaalia, Kreeka, Küpros, Leedu, Luksemburg, Läti, Malta, Norra, Poola, Portugal, Prantsusmaa, Põhja-Makedoonia Vabariik, Rootsi, Rumeenia, Saksamaa, Serbia, Slovakkia, Sloveenia, Soome, Šveits, Taani, Tšehhi Vabariik, Türgi, Ungari ja Ühendkuningriik.

Jõustumisteade

CEN on standardi ISO 12004-2:2021 teksti muutmata kujul üle võtnud standardina EN ISO 12004-2:2021.

EESSÕNA

ISO (International Organization for Standardization) on ülemaailmne rahvuslike standardimisorganisatsioonide (ISO rahvuslike liikmesorganisatsioonide) föderatsioon. Tavaliselt tegelevad rahvusvahelise standardi koostamisega ISO tehnilised komiteed. Kõigil rahvuslikel liikmesorganisatsioonidel, kes on mingi tehnilise komitee pädevusse kuuluvast valdkonnast huvitatud, on õigus selle komitee tegevusest osa võtta. Selles töös osalevad käsikäes ISO-ga ka rahvusvahelised ja riiklikud organisatsioonid ning vabaühendused. Kõigis elektrotehnika standardimist puudutavates küsimustes teeb ISO tihedat koostööd Rahvusvahelise Elektrotehnikakomisjoniga (IEC).

Selle dokumendi väljatöötamiseks kasutatud ja edasiseks haldamiseks mõeldud protseduurid on kirjeldatud ISO/IEC direktiivide 1. osas. Eriti tuleb silmas pidada eri heakskiidukriteeriumeid, mis on eri liiki ISO dokumentide puhul vajalikud. See dokument on kavandatud ISO/IEC direktiivide 2. osas esitatud toimetamisreeglite kohaselt (vt www.iso.org/directives).

Tuleb pöörata tähelepanu võimalusele, et standardi mõni osa võib olla patendiõiguse objekt. ISO ei vastuta sellis(t)e patendiõigus(t)e väljaselgitamise ega selgumise eest. Dokumendi väljatöötamise jooksul väljaselgitatud või selgunud patendiõiguste üksikasjad on esitatud peatükis „Sissejuhatus“ ja/või ISO-le saadetud patentide deklaratsioonide loetelus (vt www.iso.org/patents).

Mis tahes selles dokumendis kasutatud äriiline käibenimi on kasutajate abistamise eesmärgil esitatud teave ja ei kujuta endast toetusavaldust.

Selgitused standardite vabatahtliku kasutuse ja vastavushindamisega seotud ISO eriomaste terminite ja väljendite kohta ning teave selle kohta, kuidas ISO järgib WTO tehniliste kaubandustõkete lepingus sätestatud põhimõtteid, on esitatud järgmisel aadressil: www.iso.org/iso/foreword.html.

Dokumendi on koostanud tehnilise komitee ISO/TC 164 „Mechanical testing of metals“ alamkomitee SC 2 „Ductility testing“ koostöös Euroopa Standardimiskomitee (CEN) tehnilise komiteega CEN/TC 459/SC 1 „Test methods for steel (other than chemical analysis)“ ISO ja CEN-i vahelise tehnilise koostöö lepingu kohaselt (Viini leping).

Teine väljaanne tühistab ja asendab esimest väljaannet (ISO 12004-2:2008), mis on tehniliselt üle vaadatud.

Peamised muudatused võrreldes eelmise väljaandega on järgmised:

- 1) Muudeti pealkirja, et see koosneks kolmest osast.
- 2) Lisati peatükid 2 ja 3 eelmisest väljaandest ning nendele järgnevad peatükid nummerdati ümber.
- 3) Kirjeldus, millal kasutada standardit ISO 12004-1 või ISO 12004-2 (see dokument), vaadati üle peatükis „Sissejuhatus“.
- 4) Load ja nõuded selgitati jaotistes 6.1.3, 6.1.5, 6.2.2, 6.2.3, 6.3.2, 6.3.3.3, 6.3.4.3, 7.2.2 ja 7.2.3.
- 5) Jaotises 6.3.1 laiendati stantsi kiiruse vahemikku ning lisati luba erijuhtude jaoks alumiiniumsulamitele ja ka terasele.
- 6) Lisati selgitus, et kuigi Nakajima meetodil on teadaolevalt mittelineaarne deformatsioonimuutus, (6.3.3.1), on see endiselt aktsepteeritav. Selgitus selle kohta, miks kahjustus peab olema deformatsioonikupli tipus, lisati jaotisesse 6.3.3.3. Jaotises 6.3.3.3 tehti „katse kehtivuse“ nõue Nakajima katse korral selgeks sarnases formaadis, nagu on näidatud Marciniaki katse korral jaotises 6.3.4.4. Jaotisesse 6.3.3.3 ja 6.3.4.4 lisati kinnitus kehtivatele katsenõuetele mittevastavate katsetükkide mittetunnustamise kohta.
- 7) Eemaldati jaotis „Mõõteinstrument“ (eelmises väljaandes jaotis 4.3.5), kuna see on „Mõõteinstrumendi“ kordus jaotises 6.3.2, kuid sellel oli erinev täpsusnõue. Nõutud täpsus on nüüd näidatud, nagu on algselt selgitatud jaotises 6.3.2.

- 8) Täpsustati teise tuletisvahemiku nõuet jaotise 7.2.3 punktis (c) ning nõuded jooniste 8 ja 9 selgitustes muudeti vastamaks jaotise 7.2.3 punktile (c).
- 9) Luba kasutada teisi mõõtmismeetodeid viidi jaotisest 7.2.1 jaotisesse 7.1 koos lisaselgitustega.
- 10) Jaotisest 7.1 eemaldati väide seoses „ajast sõltuva meetodiga“, kuid nüüd on peatükis 5 väide, mis tunnistab teiste meetodite kasutamist, sealhulgas mõlemad, nii „ajast sõltuv meetod“ kui ka „ajast ja positsioonist sõltuvad meetodid“.
- 11) Jaotises 7.2.2 selgitati meetodit sektsioonijoone asukohtade valikuks sõltuvalt murdepositsioonist ja lisati luba kasutada maksimaalset deformatsiooni asukohta, niikaua kui katse kehtivuse nõuded on veel täidetud.
- 12) Jaotises 7.2.3 kirjeldatud protseduuri kasutamine, kui võetakse välja „kellakujuline graafik“ sektsioonijoonte hindamiseks, kasutades positsioonist sõltuvat meetodit, on muudetud pigem nõutavaks kui vaid soovitatavaks. See näib olevat kooskõlas algse kavatsusega.
- 13) Lisas A muudeti meetod pigem nõutavaks kui vaid soovitatavaks. Lisas C selgitati, et näidata, et protseduur on nõutud. Lisa D teksti lisati selgitus ja selle kasutus on selgesõnaliselt lubatud. Lissasse F lisati selgesõnaline luba kasutada regressiooni, kasutades majasiseseid funktsioone, samuti nõue, et funktsioon tuleb esitada.
- 14) Kogu dokumenti on toimetusetlikult muudetud ja selgitatud.

Kõikide standardisarja ISO 12004 osade loetelu on leitav ISO veebilehelt.

Igasugune tagasiside või küsimused selle dokumendi kohta tuleks suunata dokumendi kasutaja rahvuslikule standardimisorganisatsioonile. Täielik loetelu nende organisatsioonide kohta on leitav veebilehelt www.iso.org/members.html.

SISSEJUHATUS

Deformeeritavusdiagramm (*forming-limit diagram*, FLD) on diagramm, mis sisaldab vormitud osal mõõdetud põhi-/alamdeformatsioonipunkte.

Deformeeritavusdiagrammil saab eristada ohutuid ja kaelusega ehk ebaõnnestunud punkte. Üleminek ohututelt punktidele ebaõnnestunud punktidele on defineeritud deformeeritavusgraafikuga (*forming-limit curve*, FLC).

Materjalide deformeeritavuspiiride määramiseks on võimalik kaks erinevat meetodit.

- 1) Pressimisel töökojas ebaõnnestunud komponentide deformatsioonialal, et määrata komponendi ja protsessi sõltuvus deformeeritavusgraafikust (FLC).

Pressimise protsessis töökojas ei ole deformatsioonimuutus nende punktide saavutamiseks üldiselt teada. Selline deformeeritavusgraafik sõltub materjalist, komponendist ja valitud vormimistingimustest. See meetod on kirjeldatud standardis ISO 12004-1 ja ei ole ette nähtud iga materjali jaoks ühe unikaalse deformeeritavusgraafiku (FLC) määramiseks.

- 2) Deformeeritavusgraafiku (FLC) määramine korrektselt defineeritud laboritingimustes.

Vormitavuse hindamiseks saab mõõta ühe unikaalse deformeeritavusgraafiku (FLC) erinevates deformatsiooniolukordades iga materjali jaoks. Deformeeritavusgraafiku (FLC) määramine peab olema spetsiifiline ja peab kasutama mitmekordseid lineaarseid deformatsioonimuutusi. See dokument, st ISO 12004-2, on mõeldud materjali seda tüüpi deformeeritavusgraafiku iseloomustamiseks.

Selle dokumendi jaoks (arvestades deformeeritavusgraafiku määramist laboris) on järgmised tingimused samuti ära märgitud.

- Deformeeritavusgraafikud (FLC) on määratud kindlatele materjalidele, et defineerida ulatus, milleni neid saab deformeerida tõmbamisega, venitamisega või mistahes kombinatsiooniga tõmbamisest ja venitamisest. See võime on piiratud lokaliseeritud kaeluse ja/või purunemise ilmnemisel. Eksisteerib mitu meetodit materjali deformeeritavuspiiri määramiseks, kuid erinevate meetoditega saavutatud tulemusi ei saa kasutada võrdlemise eesmärgil.
- Deformeeritavusgraafik (FLC) iseloomustab materjali deformatsioonipiiri pärast määratud termomehaanilist töötlemist ja analüüsitud paksuses. Vormitavuse hindamiseks on tähtsad lisateave materjali mehaaniliste omaduste kohta ja materjali ajalugu kuni FLC-katseni.

Erinevate materjalide vormitavuse võrdlemiseks on tähtis hinnata mitte ainult deformeeritavusgraafikut (FLC), vaid ka järgmisi parameetreid:

- a) mehaanilised omadused vähemalt põhisuunal,
- b) plastilise pikendamise määr maksimumjõul standardi ISO 6892-1 kohaselt,
- c) r -väärtus koos antud deformatsioonipiiriga standardi ISO 10113 kohaselt,
- d) n -väärtus koos antud deformatsioonipiiriga standardi ISO 10275 kohaselt.

1 KÄSITLUSALA

See dokument määratleb kasutatavad katsetingimused, kui deformeeritavusgraafik (FLC) konstrueeritakse keskkonnatemperatuuril ja kasutatakse lineaarsed deformatsioonimuutust. Vaadeldav materjal on tasane, metall ja paksusvahemikus 0,3 mm kuni 4 mm.

MÄRKUS Paksuse piiramine kuni 4 millimeetrini on soovitatav, andes maksimaalse lubatava paksuse torni diameetri suhtes.

2 NORMIVIITED

Selles dokumendis ei ole normiviiteid.

3 TERMINID JA MÄÄRATLUSED

Selles dokumendis ei ole terminite ja määratluste loetelu.

ISO ja IEC hoiavad alal standardimisel kasutamiseks olevaid terminoloogilisi andmebaase järgmistel aadressidel:

- ISO veebipõhine lugemisplatvorm: kättesaadav veebilehelt <https://www.iso.org/obp>;
- IEC Electropedia: kättesaadav veebilehelt <http://www.electropedia.org/>;

4 TÄHISED

Standardi rakendamisel kasutatakse tabelis 1 esitatud tähiseid.

Tabel 1 — Tähised

Tähis	Eestikeelne vaste	Prantsuskeelne vaste	Saksakeelne vaste	Ühik
e	Tehniline deformatsioon	Déformation conventionnelle	Technische Dehnung	%
ε	Tegelik deformatsioon (logaritmiline deformatsioon)	Déformation vraie (déformation logarithmique)	Wahre Dehnung (Umformgrad, Formänderung)	–
ε_1	Tegelik põhideformatsioon	Déformation majeure vraie	Grössere Formänderung	–
ε_2	Tegelik alamdeformatsioon	Déformation mineure vraie	Kleinere Formänderung	–
ε_3	Tegelik paksuse muutus	Déformation vraie en épaisseur	Dickenformänderung	–
σ	Standardhälve	Ecart-type	Standardabweichung	–
D	Torni diameeter	Diamètre du poinçon	Stempeldurchmesser	mm
D_{bh}	Kandetooriku augu diameeter	Diamètre du trou du contre-flan	Lochdurchmesser des Trägerblechs	mm
$X(0), X(1)$ $X(m) \dots X(n)$	X-positsioon	Position en X	X-Position	mm
$f(x) = ax^2 + bx + c$	Parima sobivuse parabool	Parabole de meilleur fit	Best-Fit-Parabel	–
$f(x) = 1/(ax^2 + bx + c)$	Parima sobivuse pöördparabool	Parabole inverse de meilleur fit	Inverse Best-Fit-Parabel	–
$S(0), S(1) \dots S(5)$	Sektsioon	Section	Schnitt	–