

GHID TEHNIC EXTINS

Îndoire CNC

Raze, găuri și desfășurate fără ambiguități



Imagine ilustrativă de proces.

Informații pentru proiectare și ofertare

Explicații tehnice, tabele, scheme și exemple practice. Recomandările preliminare se verifică pentru materialul, sculele și geometria proiectului. Toleranțele și traseul final de execuție se confirmă în ofertă.

lasermet.ro/ro/ghiduri

info@lasermet.ro · +40 723 644 039

Atelier: Bd. Dimitrie Pompeiu 10, București 020337

Cuprins

Modelul și desenul	3
Raze și desfășurare	4
Găuri, degajări și acces	5
Îndoire în aer și alegerea sculelor	6
Raza, laminarea și revenirea elastică	7
Calculul desfășuratei: BA, BD și factor K	8
Flanșa minimă, retururi și acces	9
Găuri lângă îndoire: distanța corectă	10
Degajări de îndoire și colțuri de carcasă	11
Toleranțe după îndoire și montaj	12
Exemplu complet: consolă și carcasă	13
Checklist și cost	14

Cum folosești ghidul

Consultă capitolele de geometrie înainte de finalizarea desenului. Verifică tabelele și exemplele, apoi folosește checklist-ul pentru cererea de ofertă. Numerele din exemple ilustrează un calcul; ele nu reprezintă implicit capacități sau toleranțe garantate.

Modelul și desenul

Pachetul recomandat

Trimiteți STEP-ul piesei finite și PDF-ul cotate. Includeți materialul, grosimea, raza interioară, unghiurile și cantitatea. O desfășurată DXF este utilă, dar trebuie verificată cu sculele de producție.

Dimensiuni fără confuzii

Indicați dacă lungimile sunt interioare sau exterioare. Pentru unghiuri, arătați unghiul final dintre fețe. Marcați fața vizibilă și eventualele suprafețe pe care urmele sculelor nu sunt acceptate.

Capacitate

Lungimea, grosimea și geometria admisibile depind de material, forța necesară și scule. Limita de debitare laser nu este și limita de îndoire. Capacitatea se confirmă pentru fiecare piesă.

Raze și desfășurare

Raza interioară

O rază de ordinul grosimii poate fi un punct de plecare pentru anumite table ductile, dar nu se aplică universal. Aliajul, starea de livrare și direcția de laminare pot impune raze mai mari.

Nu fixați un factor K universal

Desfășurata depinde de raza obținută, matriță, poanson și proces. Factorul K preluat din CAD trebuie verificat; piesele cu cote critice pot necesita probă și corecție.

Uniformizați razele

Când funcția permite, folosiți aceeași rază și unghiuri uzuale. Reduceți schimbările de scule și evitați îndoiri foarte scurte sau apropiate fără verificarea accesului.

Găuri, degajări și acces

Găuri lângă îndoire

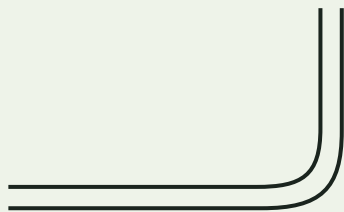
Ca verificare preliminară conservatoare, păstrați distanța de la marginea găurii la tangenta îndoirii cel puțin $2t$. Raza și sculele pot cere mai mult. Găurile funcționale din zona de deformare pot necesita prelucrare după îndoire.

Degajări la capetele îndoirii

Prevedeți degajări care depășesc zona de deformare și evitați colțurile care pot iniția fisuri. Forma și dimensiunile se stabilesc cu atelierul, în funcție de material și scule.

Acces la scule

Piese în U, cutiile închise și flanșele întoarse pot lovi poansonul sau mașina. Verificați succesiunea îndoirilor; un reper poate necesita scule speciale ori împărțirea în subansamble.



R: rază interioară

t: grosimea tablei

Unghi: definit în starea finală

Schemă explicativă; fără scară. Nu reprezintă un desen de execuție.

Îndoire în aer și alegerea sculelor

Poanson, matriță și piesă

La îndoirea în aer, tabla este susținută de matriță și apăsată de poanson. Raza obținută și unghiul final depind de deschiderea matriței, material, grosime și cursă. Raza modelată în CAD nu se obține automat doar prin alegerea unui poanson cu aceeași rază.

De ce se verifică fiecare geometrie

Forța necesară crește cu rezistența materialului, grosimea și lungimea îndoirii. O piesă scurtă și groasă nu se compară direct cu una lungă și subțire. Lungimea utilă a mașinii nu garantează execuția oricărei îndoiri pe acea lungime. Sculele și accesul sunt parte din confirmarea tehnică.

Urme și protecție

Contactul sculelor poate lăsa urme, mai ales pe suprafețe estetice. Identificați fața vizibilă și cerințele privind folia sau protecția. Nu prescrieți o folie necunoscută fără verificare; aceasta poate influența procesul și aspectul.



R: rază interioară

t: grosimea tablei

Unghi: definit în starea finală

Schemă explicativă; fără scară. Nu reprezintă un desen de execuție.

Raza, laminarea și revenirea elastică

Materialul nu are un singur comportament

Aliajul, starea de livrare, grosimea și direcția de laminare afectează posibilitatea de îndoire. Oțelul pentru formare, inoxul și aluminiul nu folosesc automat aceeași rază minimă. La un material cu ductilitate redusă, o rază prea mică poate conduce la fisuri chiar dacă geometria CAD este validă.

Revenirea elastică

După îndepărtarea forței, piesa poate reveni parțial elastic și unghiul se modifică. Atelierul compensează procesul pentru unghiul final cerut. Nu trimiteți un model „suprabent” pentru a compensa revenirea fără să declarați modificarea, deoarece programarea poate aplica încă o compensare.

Desen final și probă

În model și desen definiți geometria finală acceptată. Pentru materiale sau geometrii sensibile, o probă pe lotul real ajută la stabilirea reglajelor. Criteriul de acceptare trebuie să includă unghiul, cotele finale și aspectul, nu numai potrivirea cu desfășurata.

Factor	Efect posibil
Aliaj și stare	Rază admisibilă și ductilitate
Direcția laminării	Sensibilitate diferită la fisurare
Grosime / lot	Variația razei și a unghiului
Revenire elastică	Necesită compensare de proces

Calculul desfășuratei: BA, BD și factor K

Axa neutră

La îndoire, exteriorul se întinde și interiorul se comprimă. Factorul K exprimă poziția aproximată a axei neutre în grosime. Pentru un model simplificat, lungimea arcului neutru este $BA = \alpha \times (R + Kt)$, unde α este unghiul de îndoire în radiani, R raza interioară și t grosimea.

Formula are condiții

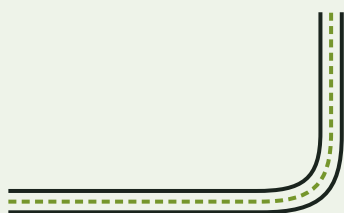
BA este bend allowance, lungimea zonei de îndoire în desfășurată. Nu o adunați direct la două cote exterioare dacă acestea includ deja zona colțului. Pentru dimensiuni exterioare, bend deduction se calculează cu convenția de cotare și cu retragerile geometrice corespunzătoare. CAD-ul și atelierul trebuie să folosească aceeași convenție.

Nu folosiți un K universal

Valoarea K dintr-un program este o ipoteză până la corelarea cu sculele și cu materialul. Pentru producție se utilizează date validate. Dacă atelierul recalculează desfășurata, modelul finit și cotele sunt referință; modificați DXF-ul doar după clarificarea reviziei.

EXEMPLU / APLICARE

Exemplu matematic: $t = 2$ mm, $R = 2$ mm, $K = 0,40$ și o îndoire de 90° dau $BA \approx 1,5708 \times 2,8 = 4,40$ mm. $K = 0,40$ este ales pentru exemplu, nu o constantă LaserMet.



Axa neutră - schemă

$$BA = \alpha \times (R + Kt)$$

α în radiani

Schemă explicativă; fără scară. Nu reprezintă un desen de execuție.

Flanșa minimă, retururi și acces

Lungimea flanșei

O flanșă trebuie să poată fi susținută pe matriță și poziționată. Lungimea minimă depinde de deschiderea și forma sculelor, nu numai de grosime. O flanșă foarte scurtă poate cădea în matriță sau poate necesita un traseu diferit. Trimiteți cota și funcția înainte de a îngheța desenul.

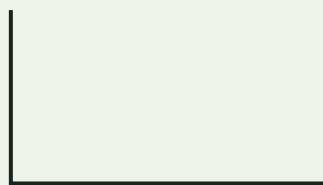
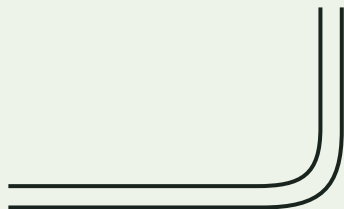
Cutii și profile în U

Verificați spațiul pentru poanson și pentru corpul piesei la fiecare etapă. O îndoire validă separat poate deveni imposibilă după realizarea unei flanșe anterioare. Raza, adâncimea cutiei, retururile și grosimea determină necesitatea sculelor speciale.

Acces la opritoare

Piesa trebuie să ofere o bază de poziționare stabilă. Decupajele, flanșele înclinate și reperele asimetrice pot limita contactul cu opritoarele. Proiectarea unei zone de referință sau modificarea ordinii îndoirilor poate îmbunătăți repetabilitatea.

Geometrie	Verificare necesară
Flanșă scurtă	Sprijin pe matriță
Profil U adânc	Coliziune cu poansonul
Flanșă întoarsă	Acces și ordine
Piesă asimetrică	Baze pentru opritoare



Profil U: verificați accesul sculei

Schemă explicativă; fără scară. Nu reprezintă un desen de execuție.

Găuri lângă îndoire: distanța corectă

Măsurăți de la tangenta îndoirii

Distanța recomandată de la marginea găurii la tangenta zonei îndoite nu este distanța față de axa unei linii desenate arbitrar în desfășurată. Notați explicit referința. Pentru o gaură circulară, distanța de la centru la aceeași tangentă este distanța liberă plus $d/2$.

Criteriu preliminar, nu regulă absolută

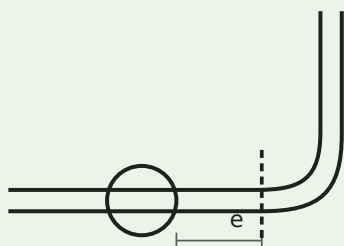
Criteriul 2t folosit ca filtru preliminar trebuie verificat cu raza și sculele. O gaură poate deveni ovală sau poate trage marginea dacă zona de deformare o intersectează. Limita admisibilă nu poate fi determinată numai dintr-o imagine a piesei.

Soluții de proiectare

Se poate muta gaura, modifica raza sau flanșa, adăuga o degajare verificată ori realiza gaura după îndoire. Soluția se alege după funcție: o gaură de șurub cu joc are altă cerință decât un alezaj de poziționare. Inserțiile montate în apropiere necesită și verificarea accesului.

EXEMPLU / APLICARE

La $t = 2$ mm, $d = 6$ mm și $e = 4$ mm de la marginea găurii la tangentă, axa este la 7 mm de tangentă. Această geometrie trece numai filtrul preliminar 2t; nu confirmă sculele sau toleranța.



e: marginea găurii - tangentă

$$c = e + d/2$$

Schemă explicativă; fără scară. Nu reprezintă un desen de execuție.

Degajări de îndoire și colțuri de carcasă

De ce sunt necesare

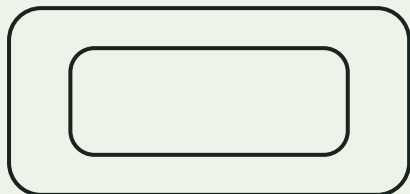
Când o porțiune de tablă se îndoaie și cea vecină rămâne plană, materialul de la limită poate fi întins, rupt sau bombat. O degajare separă zona care se formează. Forma și lungimea se proiectează în raport cu raza și grosimea, evitând o muchie foarte fragilă.

Două flanșe în același colț

La o carcasă, flanșele vecine se pot suprapune sau pot lăsa goluri. Includeți grosimea, raza și jocul de asamblare în modelul finit. Nu construiți o cutie din fețe de grosime zero și nu presupuneți că toate colțurile se închid fără tăieturi ori sudură.

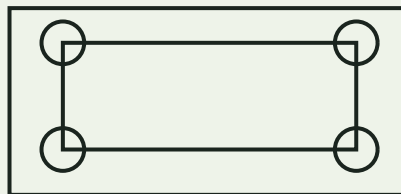
Funcția colțului

Pentru o cutie etanșă, o degajare trebuie integrată în soluția de închidere și sudare. Pentru o carcasă estetică, se evaluează golul vizibil și șlefuirea. Pentru un suport mecanic, se verifică materialul rămas; o degajare nu trebuie să slăbească necontrolat zona solicitată.



Rază interioară

Schemă explicativă; fără scară. Nu reprezintă un desen de execuție.



Degajare de colț: exemplu schematic

Toleranțe după îndoire și montaj

Cote individuale și cumul de abateri

Abaterile de lungime și unghi se pot cumula la o piesă cu mai multe îndoiri. Cota dintre două găuri pe aceeași față plană nu are aceleași condiții ca distanța dintre găuri aflate pe două flanșe diferite. Identificați suprafețele și bazele care stabilesc montajul.

Efectul abaterii unghiulare

O abatere unghiulară deplasează capătul unei flanșe. Deplasarea transversală aproximativă pentru o flanșă de lungime L și o abatere mică δ este $L \times \sin \delta$. O flanșă lungă este mai sensibilă decât una scurtă la același unghi.

Cote de control

Cotați clar după îndoire și înainte/după finisaj. Dacă funcția este montarea într-un ansamblu, o probă sau un calibru convenit poate fi mai relevant decât o cotare excesivă a tuturor fețelor. Evitați cotele contradictorii și definiți prioritatea cerințelor în desen.

EXEMPLU / APLICARE

Exemplu geometric: la $L = 100 \text{ mm}$ și $\delta = 1^\circ$, deplasarea este aproximativ 1,75 mm. Aceasta nu este o toleranță LaserMet, ci arată de ce unghiul poate influența poziția capătului.



Deplasare $\approx L \times \sin \delta$

Efect geometric, nu toleranță

Schemă explicativă; fără scară. Nu reprezintă un desen de execuție.

Exemplu complet: consolă și carcasă

Consolă în L

Transmiteți modelul final, materialul, grosimea, raza interioară, unghiul final și cotele flanșelor. Identificați găurile de montaj și distanța lor față de tangentă. Dacă lungimile sunt exterioare, notați această convenție; nu furnizați simultan o desfășurată bazată pe altă rază fără explicație.

Carcasă cu mai multe îndoiri

Includeți capacele și interfețele în ansamblu. Verificați accesul la șuruburi, jocurile, inserțiile și colțurile care necesită sudare. Pentru fețe vizibile, precizați orientarea, direcția suprafeței și zonele fără urme. Folosiți aceeași revizie pentru model, desen și desfășurată.

Prototip și serie

La prototip se verifică montajul real și accesul sculelor. După acceptare, fixați revizia, materialul, finisajul și criteriile de control. O corecție de desfășurată nu trebuie propagată doar într-un DXF, lăsând desenul final neactualizat.

Pachet	Conținut
Geometrie	STEP final + PDF cotate
Proces	Îndoiri, inserții, suduri, finisaj
Control	Cote finale și unghiuri critice
Serie	Revizie acceptată și cantitate

Checklist și cost

Checklist

STEP final; PDF cotat; material; grosime; raze; unghiuri; cote interioare/exterioare; față vizibilă; toleranțe funcționale; cantități și revizie.

Exemplu practic

La tablă de 2 mm, o gaură cu marginea la 1 mm de tangenta îndoirii necesită revizuire. O distanță de 4 mm trece doar verificarea preliminară 2t; atelierul verifică în continuare sculele și raza.

Reducerea costului

Standardizați razele și orientările, limitați cotele strânse la funcții reale și verificați desfășurata înainte de lansarea seriei. Cotele după îndoire au alte condiții decât cotele unui contur plan.