

UNIVERSITETI I PRISHTINËS "HASAN PRISHTINA"
FAKULTETI I INXHINIERISË MEKANIKE
DEPARTAMENTI KONSTRUKSIONEVE MAKINERIKE



PUNIM DIPLOME
STUDIMET MASTER

Kandidati:

Ardian Ahmeti

Mentori:

Prof. Dr. Shaban Buza

Prishtinë, 2019

UNIVERSITETI I PRISHTINËS "HASAN PRISHTINA"
FAKULTETI I INXHINIERISË MEKANIKE
DEPARTAMENTI KONSTRUKSIONEVE MAKINERIKE



PUNIM DIPLOME

STUDIMET MASTER

TEMA:

**ANALIZË E NDIKIMIT TË PËRKULJES SË LEJUAR DHE
KTHIMIT ELASTIK NË FORMËSIM GJATË KONSTRUKTIMIT
TË PRODUKTIT (FLETËS METALIKE)**

Kandidati:

Ardian Ahmeti

Mentori:

Prof. Dr. Shaban Buza

Prishtinë, 2019

PËRMBAJTJA

1. HYRJE	1
2. QËLLIMI I HULUMTIMIT	2
3. ANALIZAT INXHINIERIKE	4
3.1.Sjelljet (vetitë) mekanike të fletes metalike	4
3.2. Lakoret sforcim/zgjatim	9
3.3. Zgjatimi dhe sforcimi i vërtetë	11
3.4. Ligji i Hukut	12
3.5. Duktiliteti.....	13
4. PROCESET E PËRPUNIMIT (DEFORMIMIT)	16
4.1. Shtancimi dhe shpimi	16
4.2. Toleranca e shtancimit dhe shpimit.....	17
4.3. Forca e shpimit	19
4.4. Përkulja (lakimi)	20
4.5. Forcat për Matricën V.....	24
5. INXHINIERIA PËRMES KOMPJUTERIT	29
5.1. Procesi i konstruktimit.....	31
5.2. Metoda e elementeve të fundme	33
6. PËRKULJA E LEJUAR DHE KTHIMI ELASTIK SI INDIKATOR NË DHËNIEN E FORMËS SË SAKTË TË FLETËS METALIKE (PRODUKTIT)	36
6.1. Përkulja e lejuar	37
6.2. Kthimi elastik (Springback).....	45
7. FORMËSIMI I PRODUKTIT - METODA NUMERIKE PËR PËRKULJEN E LEJUAR DHE ANALIZAT ME ELEMENTE TË FUNDME PËR KTHIMIN ELASTIK	50
7.1. Metoda numerike për përkuljen e lejuar.....	50
7.2. Analiza me elemente të fundme për kthimin elastik	61
7.3. Analiza me MEF për fletën metalike në matricën (die) US 205-4V	64
7.4. Analiza me MEF për fletën metalike në matricën (die) US 220 h80	69
7.5. Kthimi elastik në funksion të gjerësisë së matricës (die), rrezës së patricës (punch) dhe këndit të realizuar	74

7.6. Kthimi elastik ne funksion të trashësisë së fletës metalike	79
7.7. Kthimi elastik ne funksion të koeficientit të fërkimit.....	80
7.8 Kthimi elastik ne funksion të llojit të materialit	84
8. KOMENTIMI REZULTATEVE DHE SUGJERIMET	85
9. PËRFUNDIMI.....	88
REFERENCAT.....	90

LISTA E SIMBOLEVE

σ (N/mm^2)	<i>Sforcimet aksiale</i>
F (N)	<i>Tërheqja ose forca në shtypje</i>
A_0 (mm^2)	<i>Sipërfaqja fillestare e seksionit tërthor të mostrës</i>
e (%)	<i>Zgjatim (deformim relativ)</i>
l_0 (mm)	<i>Gjatësia fillestare</i>
l (mm)	<i>Gjatësia e matur e çastit</i>
ψ (%)	<i>Reduktim i seksionit tërthor të sipërfaqes</i>
φ (%)	<i>Zgjatim logaritmik</i>
A (mm)	<i>Sipërfaqja e matur e çastit</i>
τ (N/mm^2)	<i>Sforcimet në rrëshqitje (tangjenciale)</i>
γ (%)	<i>Zgjatimi në rrëshqitje</i>
G (N/mm^2)	<i>Moduli i rrëshqitjes</i>
λ	<i>Koeficienti i Poisonit</i>
Δl (mm)	<i>Zgjatimi absolut</i>
σ_p (N/mm^2)	<i>Sforcimi në kufirin e proporcionalitetit</i>
σ_E (N/mm^2)	<i>Sforcimi në kufirin e elasticitetit</i>
σ_F (N/mm^2)	<i>Sforcimi në kufirin e rrjedhjes</i>
σ_M (N/mm^2)	<i>Sforcimi në kufirin e këputjes</i>

k (N/mm^2)	<i>Sforcimi i vërtetë</i>
E (N/mm^2)	<i>Moduli i elasticitetit</i>
l_k (mm)	<i>Gjatësia e këputjes</i>
A_k (mm^2)	<i>Seksioni tërthorë i sipërfaqes tek këputja</i>
t (μm)	<i>Toleranca në mes pjesëve</i>
τ_m (N/mm^2)	<i>Fortësia e materialit ndaj sforcimeve në rrëshqitje (tangjenciale)</i>
M (Nmm)	<i>Momenti i përkuljes në zonën elastiko-plastike</i>
W (mm^3)	<i>Momenti i rezistencës në zonën e deformimeve plastike</i>
S (mm^3)	<i>Momenti statik në zonen e deformimeve plastike</i>
b (mm)	<i>Gjerësia e trarit</i>
p (N/mm^2)	<i>Presioni specifik</i>
R_m (N/mm^2)	<i>Kufiri ku fillon plasticiteti</i>
V (mm)	<i>Gjerësia e kanalit të matricës</i>
L (mm)	<i>Gjatësi</i>
T (mm)	<i>Trashësia e pjesës punuese</i>
r_i (mm)	<i>Rrezja e përkuljes</i>
L_T (mm)	<i>Gjatësia totale pjesës së shtrirë</i>
K	<i>Faktori K që përcakton vijën neutrale</i>
t (mm)	<i>Distanca nga sipërfaqja e brendshme tek aksi neutral</i>
β (shkallë °)	<i>Këndi i përkujes në shkallë</i>

ν (mm)	<i>Rezultatet e kalkulimeve të përkuljeve të lejuar</i>
δ (mm)	<i>Rezultatet e kalkulimit të përkuljes së lejuar</i>
L_{pL} (mm)	<i>Gjatësia e përkuljes së lejuar</i>
ε_t (%)	<i>Deformimi i përhershëm</i>
ε_{pl} (%)	<i>Deformimi plastik</i>
ε_e (%)	<i>Deformimi elastik</i>
α_1 (shkallë °)	<i>Këndi i profilit.</i>
K_s	<i>Faktori kthimit elastik</i>
L_n (mm)	<i>Përkulja e lejuar e vijës neutrale</i>
Δy (mm)	<i>Zhvendosja e fletës metalike pas kthimit elastik</i>
α (shkallë °)	<i>Këndi përkuljes</i>
kV (kilo- Volt)	<i>Njësia për tension të rrymës</i>

LISTA E FIGURAVE

Fig. 3.1. Llojet e sforcimeve.

Fig. 3.2. Sforcim/zgjatim lakoret për materiale të ndryshme.

Fig. 3.3. Diagrami sforcim/ zgjatim.

Fig. 3.4. Ndërlidhja ndërmjet zgjatimit dhe shkurtimit të sipërfaqes.

Fig. 4.1. Shtancimi.

Fig. 4.2. Toleranca ndërmjet patrices dhe matrices.

Fig. 4.3. Lakorja gjatë prerjes, shpim/ depërtim.

Fig. 4.4. Shembuj të përkuljes së fletes metalike.

Fig. 4.5. Ilustrimi skematik të terminologjive që përdoren në procesin e përkuljes.

Fig. 4.6. Përkulja në ajër.

Fig. 4.7. Përkulja me presim.

Fig. 4.8. Lakorja tipike gjatë veprimit të ngarkesës për përkuljen me presim.

Fig. 4.9. Paraqitja statike e përkuljes.

Fig. 5.1. Fazat e procesit të konstruktimit.

Fig. 5.2. Fazat e procesit të dizajnit të fletave metalike.

Fig. 5.3. Fleta metalike e ndarë në elemente (rrjeta).

Fig. 6.1. Madhësitë karakteristike gjatë përkuljes.

Fig. 6.2. Gjeometria e përkuljes.

Fig. 6.3. Madhësitë për gjetjen e përkuljes së lejuar.

Fig. 6.4. Madhësitë për përkuljen e lejuar.

Fig. 6.5. Ilustrimi skematik i kthimit elastik.

Fig. 6.6. Efekti kthimit elastik pas shkarkimit të patricës.

Fig. 7.1. Matrica (die) e llojit US 220 h80.

Fig. 7.2. Grafiku i funksionit të gjatësisë së përkuljes së lejuar L_{PL} (mm) në varësi nga këndi i përkuljes β° për interval të cakutar.

Fig. 7.3. Grafiku i funksionit të gjatësisë së përkuljes së lejuar L_{PL} (mm) në varësi nga këndi i përkuljes β° për interval të cakutar.

Fig. 7.4. Matrica (die) e llojit US 205-4V.

Fig. 7.5. Grafiku i funksionit të gjatësisë së përkuljes së lejuar L_{PL} (mm) në varësi nga këndi i përkuljes β° në interval të cakutar për matricën $V=22$ mm.

Fig. 7.6. Grafiku i funksionit të gjatësisë së përkuljes së lejuar L_{PL} (mm) në varësi nga këndi i përkuljes β° në interval të cakutar për matricën $V=22$ mm.

Fig. 7.7. Krijimi i tabelave të përkuljes si file.txt që mund të përdoret në njërin nga softuerët e dizajnit.

Fig. 7.8. Krijimi i tabelave të përkuljes si file.txt që mund të përdoret në njërin nga sofëaret e dizajnit.

Fig. 7.9. Krijimi i rrjetës (elementeve) me madhësi 0.4 mm^2 për analiza me elemente të fundme.

Fig. 7.10. Algoritmi i simulimit me MEF gjatë procesit të përkuljes.

Fig. 7.11. Përcaktimi i karakteristikave mekanike të materialit.

Fig. 7.12. Përkulja në ajër për fletën metalike me trashësi $T = 2$ mm dhe gjatësi 40 mm .

Fig. 7.13. Lakorja zhvendosjeve për nyjen 89.

Fig. 7.14. Lakorja e zgjatimeve për nyjen 89.

Fig. 7.15. Lakorja e sforcimeve për elementin 5 të nyjes 89.

Fig. 7.16. Lakorja sforcim- zgjatim e elementit 5, nyjes 89.

Fig. 7.17. Kthimi elastik i shprehur në shkallë.

Fig. 7.18. Këndi i realizuar prej 99.22° kur përkulja arrin sforcimin maksimal dhe këndi i realizuar prej 101.8° pas shkarkimit të vegles (kthimi elastik).

Fig. 7.19. Përkulja në ajër e realizuar në matricën die US 220 h80.

Fig. 7.20. Përkulja në ajër për fletën metalike me trashësi $T = 1.5\text{mm}$ dhe gjatësi 40 mm.

Fig. 7.21. Grafiku i zhvendosjeve dhe i zgjatimeve për nyjen 110.

Fig. 7.22. Grafiku i sforcimeve për elementin 1.

Fig. 7.23. Lakorja sforcim-zgjatim e elementit dhe nyjes përkatëse.

Fig. 7.24. Kthimi elastik i shprehur në shkallë.

Fig. 7.25. Këndi i realizuar prej 97.7° kur përkulja arrin sforcimin maksimal dhe këndi i realizuar prej 99.7° pas shkarkimit të vegles (kthimi elastik).

Fig. 7.26. Përkulja e realizuar para dhe pas kthimit elastik për matricën përkatëse.

Fig. 7.27. Përkulja e realizuar para dhe pas kthimit elastik për matricën përkatëse.

Fig. 7.28. Përkulja e realizuar para dhe pas kthimit elastik për matricën përkatëse.

Fig. 7.29. Vlerat e kthimit elastik (springback) varësisht nga gjerësia e matricës.

Fig. 7.30. Vlerat e kthimit elastik (springback) varësisht nga rrezja e patricës.

Fig. 7.31. Vlerat e kthimit elastik (springback) varësisht këndi i realizuar.

Fig. 7.32. Vlerat e kthimit elastik (springback) varësisht nga trashësia e fletës metalike.

Fig. 7.33. Pamja e veglave për formësim pas kthimit elastik, me koeficient fërkimi 0.01.

Fig. 7.34. Pamja e veglave për formësim pas kthimit elastik, me koeficient fërkimi 0.5.

Fig. 7.35. Matrica US 220 h80 dhe patrica US 140-60 R0.8.

Fig. 7.36. Kthimi elastik në funksion të koeficientit statik të fërkimit.

Fig. 7.37. Kthimi elastik varësisht nga densiteti materialit.

LISTA E TABELAVE

Tabela 4.1. Vlerat e tolerancave varësisht nga trashësia e materialit.

Tabela 4.2. Gjerësia e kanalit të matricës në varësi nga trashësia e materialit.

Tabela 4.3. Forcat optimale të nevojshme për përkulje varësisht nga gjerësia e kanalit.

Tabela 6.1. Zhvendosja Δy varësisht nga këndi α i kthimit elastik dhe gjerësia e kanalit V .

Tabela 7.1. Vlerat numerike të gjatësisë së përkuljes së lejuar në varësi nga këndi caktuar.

Tabela 7.2. Vlerat numerike të gjatësisë së përkuljes së lejuar në varësi nga këndi caktuar.

Tabela 7.3. Karakteristikat mekanike (madhësitë hyrëse) të mostrës për simulim.

Tabela 7.4. Parametrat e simulimit në funksion të gjerësisë së matricës.

Tabela 7.5. Vlerat e kthimit elastik në varësia nga gjerësia e matricës.

Tabela 7.6. Vlerat e kthimit elastik në varësi nga këndi i realizuar i përkuljes.

Tabela 7.7. Parametrat e simulimit në funksion të trashësisë së fletës metalike.

Tabela 7.8. Kthimit elastik varësisht nga koeficienti i fërkimit në mes fletës metalike dhe matricës/matricës.

Tabela 7.9. Kthimi elastik në funksion të llojit të materialit.

1. HYRJE

Minimalizimi i kostos dhe kohës si dhe maksimalizimi i shfrytëzimit, cilësisë janë imperative në prodhimin e produktit si shpëtim në garën e industrisë prodhuese. Formësimi i fletave metalike si proces me përdorim të madh është i kushtueshëm. Përfshirë këtu fletat nga alumini që gjejnë zbatim në përmisimin e dizajnit aerodinamik, rrisin shkallën e shfrytëzimit të motorëve etj. Gamë e gjerë përfshinë poashtu dyert nga alumini, pjesë automobilistike, kabinetet elektrike etj. Fletat nga çeliku gjithashtu gjejnë përdorim në industrinë e automobilave, aviacioneve, anijeve, hekurudhave, kabineteve elektrike, makineri të ndryshme etj. (Hamouda, Aljibori 2009)

Koncepti i prodhimit virtual është zhvilluar si pajtueshmëri për të rritur performancën industriale duke u bërë kështu njëra nga metodat më efikase në zvogëlimin e kohës prodhuese dhe përmisimin e kualitetit të produktit. Simulimi numerik i procesit të formësimit të metaleve, si komponente e procesit virtual të prodhimit ka një kontribut të rëndësishëm në reduktim të kohës. Metoda e elementeve të fundme (MEF) së fundmi është bërë metoda më e përdorshme që zbaton procedurat numerike në simulimin e procesit të formësimit të metalit. Saktësia e programeve simuluese që përdoren në industri është influencuar nga modelet themelore (bazike) dhe limitet e formësimit të lakoreve të modelit që përfshihen në strukturën e tyre. Nga kjo që u tha mund të veçojmë një lidhje të fortë në mes prodhimit virtual si një koncept i përgjithshëm, metodës me elemente të fundme si instrument i analizave numerike dhe ligjeve themelore të mekanikes klasike. Rjedhimisht modelimi i materialit është strategji kur modeli në realitet ka për t'u ndërtuar.

2. QËLLIMI I HULUMTIMIT

Kur pjesët e shtancuara¹ metalike hiqen nga vegla formësuese, sforcimi i brendshëm i mbetur do të bëjë që fleta metalike të relaksohet dhe të arrihet gjendje e re ekuilibruese. Si rezultat forma finale e pjesës së formësuar do të devijohet nga forma e shkaktuar gjatë veprimit të veglës . Ky fenomen njihet si kthim elastik (anglisht Springback). Forma përfundimtare e pjesës është e përcaktuar nga devijimi për shkak efektit të elasticitetit. Nëse forma e devijuar për shkak të efektit të elasticitetit kalon tolerancën e lejuar mund të krijojë problem serioz në operacionet pasuese gjatë fazave të montimit të produktit. Gjithashtu identifikimi i gjatësisës së përkuljeve të lejuara të fletave metalike gjatë fazave projektuese, formësuese, ashtu që të fitohet gjatësi precize pas përkuljes, është e rëndësishë së veçantë dhe luan rol kyç në dizajnimin sa më efikas dhe të saktë të produkteve të fabrikuar.

Qëllimi kryesor i industrisë së formësimit të metalit është të formësojë komponentet nga materiali i caktuar në formën e kërkuar pa shkaktuar rrudhosje, plasaritje dhe devijime nga gjeometria e dëshiruar. Njohja e këtyre karakteristikave mekanike të fletave metalike në mënyre kuantitative me anë të teknikave të simulimit (Metoda e Elementeve të Fundme) jo vetëm që parandalon rreziqet e dështimeve në kosto gjatë testeve reale por edhe është efikase në parashikimin e ndërtimit të veglave të ardhshme gjatë dizajnit të formave të komplikuar.

Për ndërtimin e nënstacioneve transformuese metalike ²(shtëpizave metalike) e cila përbehet nga shumë pjesë metalike dhe bashkimi i tyre gjatë montimit në mënyrë që të arrihen

¹ Pjesët e shtancuara paraqesin pjesët që pasi ndahen nga fleta metalike janë të shfrytëzueshme (detal i gatshëm).

² Nënstacionet transformuese metalike janë shtëpiza metalike ku në to vendosen paisjet dhe kutitë elektrike për kyçjen dhe shkyçjen e rrymës dhe transformatori i cili bën konvertimin e rrymës së tensionit të lart në tension të ulët 0.4 kV.

tolerancat e sakta të pjesëve, me këtë forma e dëshiruar, kërkon njohje të thellë të vetive të materialit të formësuar, gjeometrive të veglave dhe karakteristikave teknike të presës (makinës së lakimit). Me anë të simulimeve kompjuterike, grafikoneve dhe krahasimeve të rezultateve me ato të provave empirike realizimi i modelit ideal të formësimit final të produktit mund të arrihet deri në vlera maksimale. Kështu arrihet realizimi i kryerjes së funksionit teknik të pjeseve veç e veç.

Përcaktimi paraprak i madhësive të fletës metalike të shtrirë si dhe këndi i devijimit nga ai i dëshiruar për shkak të efektit të deformimit elastik janë faktorë determinues mbi të cilat ngrihen hipotezat mbi nivelet e saktësisë gjatë montimit të pjesëve të produktit final. Nivelet kuantitative numerike mbi rëndësinë e tyre mbetet të vërtetohen në bazë të analizave empiriko- simulative.

3. ANALIZAT INXHINIERIKE

3.1. Sjelljet (vetitë) mekanike të fletes metalike

Njëri nga grupet më të rëndësishme të proceseve prodhuese është deformimi plastik. Ky grup përfshinë procesin e farkëtimit, formësimin me rrotullim (ang. rolling), tejshtytjen (ekstrudimin), zgjatjen e telave dhe shufrave dhe të gjitha proceset e formësimit të fletave metalike. Në këtë kapitull do të diskutohen aspektet themelore rreth sjelljeve mekanike të metaleve gjatë deformimit.

Deformimi i metaleve është pjesë integrale e industrisë prodhuese. Shembull gjatë zgjatimeve të një copë metali për ndërtimin e një avioni apo pjesë automobilistike, materiali i nënshtrohet deformimeve. I njëjti rast ndodh gjatë farkëtimit të cilindrit të ngurtë për ndërtimin e diskut të dhëmbëzuar, kur materiali është nën ndikim të shtypjes (kompresimit). Fletat metalike gjithashtu nën ndikim të sforcimeve në rrëshqitje gjatë hapjes së vrimave me goditje deformohen.

Fortësia, ashpërsia, elasticiteti, plasticiteti, brishtësia, duktiliteti³, farkëtimi janë veti mekanike se si sillen metalet gjatë veprimit të ngarkesës. Këto veti janë të përshkruara sipas kushteve të llojeve të forcave, sforcimeve të cilave metali duhet t'i bëjë ballë dhe se si këto forca rezistohen. Disa lloje të zakonshme të ngarkesave janë: shtypja (komprimimi), tërheqja, sforcimet rrëshqitëse, torzioni (përdredhja) ose një kombinim i këtyre sforcimeve si një lodhje e materialit. Në figurën 3.1., janë të paraqitura tri lloje të zakonshme të sforcimeve. Sforcimet në shtypje zhvillohen brenda materialit kur forcat shtypin. Shembull kemi materialin që mbështetë trarin në lartësi dhe sforcimet e brendshme që zhvillohen brenda shtyllës mbështetëse janë në shtypje.

³ Duktiliteti është veti e materialeve të cilat lehtë mund të përkulen, tërhiqen apo edhe shtypen në forma të ndryshme.

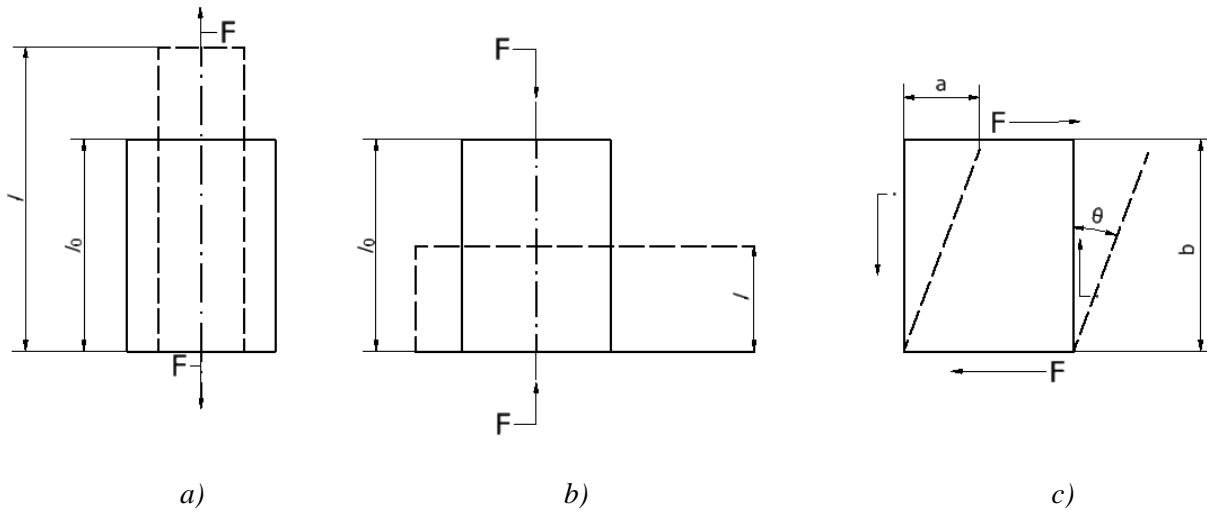


Fig. 3.1. Llojet e sforcimeve a) tërheqje, b) shtypje, c) sforcim në rrëshqitje.

Sforcimet në tërheqje zhvillohen kur materiali i nënshtrohet tërheqjes psh. kur litari përdoret për ngritje të ngarkesës. “Forca elastike” definohet si rezistencë e sforcimeve longitudinale (gjatësore) apo në tërheqje dhe mund të matet në kg/m^2 të seksionit tërthor. Sforcimet në rrëshqitje (shear) hasen brenda materialit kur forcat e jashtme aplikohen përgjatë vijave paralele në drejtime të kundërta. Forcat tërthore mund ta ndajnë materialin duke rrëshqitur pjesa në një drejtim dhe tjetra në drejtim të kundërt. (Vukota 2004)

Për t’i krahasuar mostrat e madhësive të ndryshme, ngarkesa llogaritet për njësi të sipërfaqes. Forca e pjestuar për sipërfaqe quhet sforcim. Në zgjatim dhe shtypje sipërfaqja relevante është perpendikulare me forcën. Në provat e sforcimeve në rrëshqitje (shear) sipërfaqja është perpendikulare me aksin e rrotullimit.

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \quad (3.1)$$

ku:

F- tërheqja ose forca në shtypje,

A_0 - sipërfaqja fillestare e seksionit tërthor të mostrës.

Zgjatimi nominal mund të definohet në tri mënyra:

Si deformim relativ (zgjatim), i dhënë nga:

$$e = \frac{l - l_0}{l_0} = \frac{\Delta l}{l_0} = \frac{l}{l_0} - 1 \quad (3.2)$$

ku:

l_0 - gjatësia fillestare,

l - gjatësia e matur e çastit.

Si reduktim i seksionit tërthor të sipërfaqes, i dhënë nga:

$$\psi = \frac{A_0 - A}{A} = \frac{\Delta A}{A_0} = 1 - \frac{A}{A_0} \quad (3.3)$$

Apo si zgjatim logaritmik, i dhënë nga:

$$\varphi = \ln \frac{A_0}{A} \quad (3.4)$$

ku:

A_0 - sipërfaqja fillestare e seksionit tërthor të mostrës,

A - sipërfaqja e matur e çastit.

Këto përcaktime të sforcimeve dhe zgjatjeve të lejuara lejojnë rezultate të provave të seksioneve tërthore të sipërfaqeve të ndryshme dhe krahasime të gjatësive të ndryshme l_0 . Në përgjithësi tërheqjet merren si pozitive dhe shtypjet si negative.

Sforcimet në rrëshqitje definojnë nga:

$$\tau = \frac{F}{A_0} \quad (3.5)$$

ku:

F - forca e aplikuar paralel me faqen e lartë dhe atë të poshtme, secila me sipërfaqe A_0 .

Zgjatimi në rrëshqitje përcaktohet si:

$$\gamma = \frac{a}{b} = \operatorname{tg} \theta \quad (3.6)$$

Sforcimet në rrëshqitje prodhojnë zgjatime sipas:

$$\tau = G \cdot \gamma \quad (3.7)$$

ku:

G - moduli i rrëshqitjes.

Torzioni (përdredhja) është variacion i rrëshqitjes së pastër. Sforcimi në rrëshqitje atëhere është funksion i veprimit të momentit të zgjatimit i lidhur drejt këndit të kthimit.

Materialet i nështrohen tërheqjes në një aks (uniaksial) në drejtim anësor. Raporti në mes zgjatjes anësore drejtë zgjatjes aksiale quhet koeficienti i Poisonit.

$$\lambda = \frac{e_x}{e_y} \quad (3.8)$$

ku:

e_x - zgjatime anësore,

e_y - zgjatime aksiale.

Teoria izotropike e elasticitetit përcakton raportin e Poisonit në një tjetër raport:

$$-1 < \lambda \leq 0.5 \quad (3.9)$$

Raporti i Poisonit për shumicën e metaleve është në mes 0.25 dhe 0.35. Materialet nga goma kanë raportin e Poisonit shumë afër 0.5 dhe prandaj janë të pashtypshme. Teoretikisht materialet me raport Poisonit prej 0.5 janë realisht të pashtypshme, sepse shumica e të gjitha zgjatimeve të tyre shpie drejtë mos ndryshimit të vëllimit.

Moduli i elasticitetit, moduli i tërheqjes, dhe raporti i Poisonit lidhen përmes:

$$E = 2G(1 + \lambda) \quad (3.10)$$

3.2. Lakoret sforcim/zgjatim

Marrëdhëniet në mes sforcimeve dhe zgjatimeve që paraqiten tek materialet janë të njohura si lakoret sforcim/zgjatim. Në fig. 3.2 janë të paraqitura lakoret sforcim/zgjatim për materiale të zakonshme.

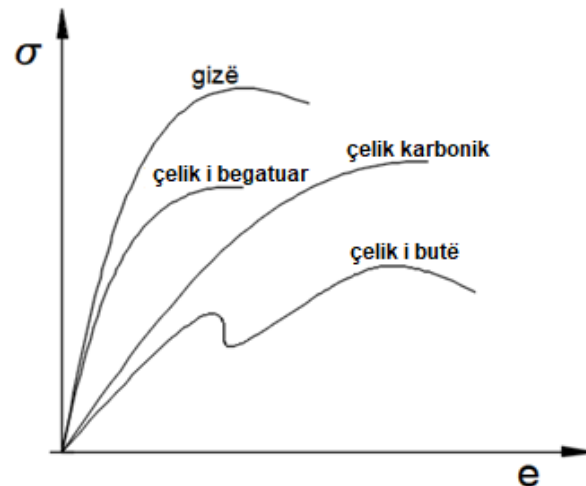


Fig. 3.2. Sforcim/zgjatim lakoret për materiale të ndryshme [1].

Gjatë ngarkimit kontinual të shufrës, në njërën anë matet forca F ndërsa në anën tjetër zgjatimi absolut Δl dhe nga këto vlera mund të përcaktohet sforcimi σ respektivisht zgjatimi (dilatacioni) e . Me regjistrimin e vlerave fitohet diagrami sforcim/zgjatim. Varësisht nga materiali diagrami ka pamje tjetër. Për çelik të butë ka formën e përafërt sikur në figurën më lart.

Nga fig. 3.3 dallohen disa pika karakteristike:

1. Nga pika zero e boshtit koordinativ deri te pika P kemi një vijë pothuajse të drejtë që do të thotë se në mes sforcimit dhe zgjatimit ekziston një varshmëri lineare. Pika P paraqet *kufirin e proporcionalitetit*, ndërsa sforcimi në këtë pikë quhet *sforcim në kufirin e proporcionalitetit* σ_p .

4. Prej pikës F materiali fillon të konsolidohet dhe në këtë mënyrë sërish fillon t'u rezistojë deformimeve, pra, me rritjen e sforcimeve rriten edhe zgjatimet. Dukura e tillë quhet *konsolidim i materialit* dhe në diagram shtrihet nga pika F deri M . Në pikën M arrihet vlera maksimale e sforcimit e cila quhet qëndrueshmëri statike (σ_M) e materialit.

5. Nëse edhe pas pikës M mostra vazhdon së ngarkuari do të bëhet thyerja apo këputja e saj. (Perjuci 1994).

3.3. Zgjatimi dhe sforcimi i vërtetë

Në zgjidhjen e problemeve teknike gjatë procesit të formësimit të fletave metalike, sforcimet dhe zgjatimet teorike nuk kanë rëndësi sikurse që kanë ato të vërteta. Nga lakorja më lartë (vija e plotë në fig. 3.3.) shprehë lakoren e zgjatimeve dhe sforcimit nominal σ_N të fituar nga raporti i forcës aksiale dhe seksionit të sipërfaqes fillestare A_0 . Sforcimi i vërtetë (vija e ndërprerë në fig. 3.3.) paraqitet si raport në mes forcës aksiale që i shkakton ndryshim të çastit seksionit tërthor të sipërfaqes.

$$k = \frac{F}{A} \quad (3.11)$$

ku:

A – sipërfaqja e çastit e seksionit tërthor.

Për aq kohë sa zgjatimi është uniform (njëjtë), sforcimi i vërtetë (k) mund të shprehet duke përdorur vlerat e sforcimit nominal. Duke supozuar se vëllimi i deformimeve plastike është konstant (ky ekuacion vlen tek pika M e lakores) relacioni në mes sforcimit nominal dhe atij të vërtetë përcaktohet si në vazhdim:

$$k = \frac{F}{A} = \sigma \times \frac{A_0}{A} = \sigma(1 - e) = \frac{\sigma}{1 - \psi} = \sigma \cdot e^n \quad (3.12)$$

Për arsye se zgjatimet tek pika F janë mjaft të vogla, diferenca ndërmjet sforcimeve nominale dhe atyre të vërteta neglizhohet për metale. Kjo për shkak se ndryshimi në mes seksionit tërthorë të sipërfaqes fillestare A_0 dhe sipërfaqes së matur të çastit A ($A < A_0$) mbi pikën F është gjithnjë më i madh, kështu që ndryshimi në mes sforcimit nominal ndaj atij të vërtet është i rëndësishëm ($k > \sigma$).

3.4. Ligji i Hukut

Nga lakorja $\sigma - e$ shihet që ekziston një varshmëri lineare ndërmjet sforcimit dhe zgjatimit. Kjo paraqitet përmes ligjit të Hukut:

$$\sigma = E \cdot e \quad (3.13)$$

Koeficienti i proporcionalitetit E ndërmjet sforcimit dhe zgjatimit quhet *modul i elasticitetit* apo *modul i Jangut (Youngut)*. Pasi që zgjatimet janë pa njësi, njësia e modulit të elasticitetit korrespondon me atë të vetë sforcimeve $\left[\frac{N}{mm^2} \right]$. Vlera e modulit të elasticitetit varësisht nga materiali ka vlera, psh, për çelik: $E \approx 2.1 \cdot 10^4 \frac{kN}{cm^2}$, për bakër: $E \approx 1 \cdot 10^4 \frac{kN}{cm^2}$, etj. (Perjuci 1994).

Nga (3.13) kemi:

$$e = \frac{\sigma}{E} \quad (3.14)$$

Nëse veç se kemi vlerat e zgjatimeve duke u mbështetur sipas (3.2) mund të gjendet deformimi absolut:

$$\Delta l = e \cdot l \quad (3.15)$$

apo duke bërë lidhjen në mes (3.14) dhe (3.1) ligji i Hukut jepet sipas formës:

$$\begin{aligned} \Delta l &= \frac{\sigma}{E} \cdot l, \\ \Delta l &= \frac{F \cdot l}{A \cdot E} \end{aligned} \quad (3.16)$$

Shprehja e fundit paraqet deformimin absolut (zgjatim apo shkurtim absolut), ku $(A \cdot E)$ shpreh regjeditetin (ngurtësinë) e detalit të konstruksionit gjatë sforcimeve aksiale.

3.5. Duktiliteti

Duktiliteti është veti mekanike e rëndësishme e materialit që matë shkallën e deformimeve plastike që mund të zgjasin para këputjes (frakturës). Mund të shprehet si zgjatim në përqindje apo edhe reduktim (shkurtim) i sipërfaqes në përqindje:

Zgjatimi definohet si:

$$\delta = \frac{l_k - l_0}{l_0} \cdot 100 \quad (3.17)$$

Shkurtimi definohet si:

$$\psi = \frac{A_0 - A_k}{A_0} \cdot 100 \quad (3.18)$$

ku:

l_k - gjatësia e këputjes (frakturës). Kjo gjatësi shënon madhësinë origjinale pasi pjesët e mostrës së këputur ribashkohen:

l_0 – gjatësia origjinale (fillestare) e mostrës,

A_k – seksioni tërthorë i sipërfaqes tek këputja,

A_0 – seksioni tërthorë fillestar i sipërfaqes.

Njohja e duktilitetit të materialit është e rëndësishme së veçantë sepse me anë të saj specifikohet shkalla e lejueshmërisë së deformimit gjatë operacioneve formësuese. Matja e gjatësisë zakonisht përcaktohet duke shkruar shënimet e matjes (madhësinë) në mostër paraprakisht dhe duke matur distancën në mes tyre, para dhe pas zgjatimeve. Pasi që zgjatimet gjithnjë deklarohen në përqindje, matja fillestare (origjinale) duhet të regjistrohet. Reduktimi (shkurtimi) i sipërfaqes deklarohet si zvogëlim i përqindjes të seksionit tërthorë të sipërfaqes, që matet pas këputjes së mostrës. Përqindja e zgjatimeve më shumë matet si zgjatime që shpiten në fillim të këputjeve se sa zgjatime gjatë këputjes së fundit të zgjatimeve uniaksiale (një drejtim) të mostrës. Masë më e mirë e zgjatimeve gjatë këputjes përfundimtare është shkurtimi në përqindje i sipërfaqes.

Marrëdhënia në mes zgjatimit dhe shkurtimit është e ndryshme për grupet e metaleve (fig. 3.4.).

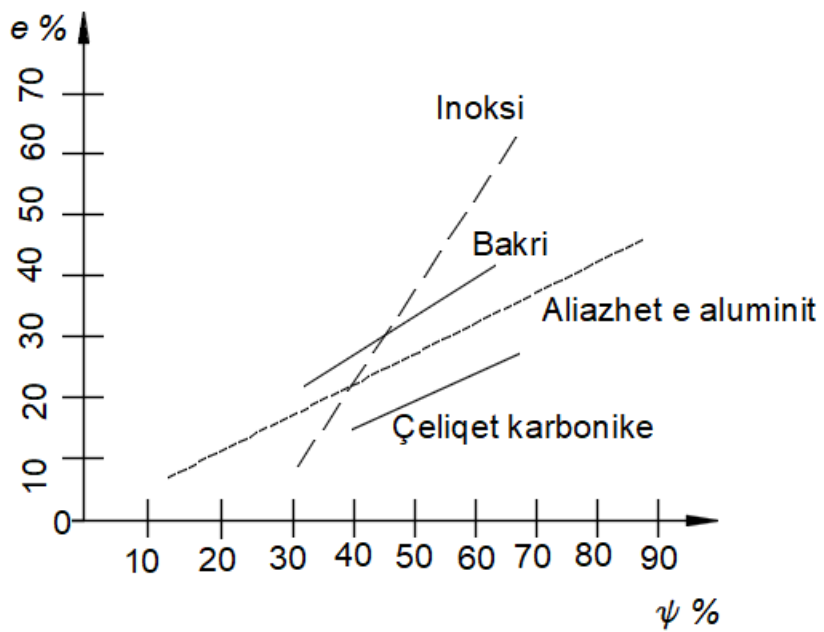


Fig. 3.4. Ndërlidhja ndërmjet zgjatimit dhe shkurtimit të sipërfaqes [1].

4. PROCESET E PËRPUNIMIT (DEFORMIMIT)

4.1. Shtancimi dhe shpimi

Procesi i shtancimit dhe shpimit janë procese që përdorin prerjen e materialeve metalike në ndonjë formë precize me anë të matricës. Pjesët kryesore të veglës janë patrica (goditësi, anglisht punch) dhe matrica (anglisht die). Ndryshoret (variablat) kryesore që marrin pjesë në këtë proces të përpunimit me deformim (prerje) janë si vijon: forca goditëse (shpimit) F , shpejtësia e goditjes, gjendja e sipërfaqes, dhe materiali i patricës dhe matricës.

Gjatë shtancimit pjesa e goditur e cila hiqet nga tabaku i fletës metalike është e shfrytëzueshme (detali i gatshëm) dhe pjesë e mbetur është skrap (mbeturinë). Tek shpimi pjesa që largohet nga tabaku paraqet skrapin kurse ajo e mbetur detalin i cili pasi t'u nënshtrohet proceseve të përkuljes (lakimit), plastifikimit etj shfrytëzohet si produkt i gatshëm për treg.

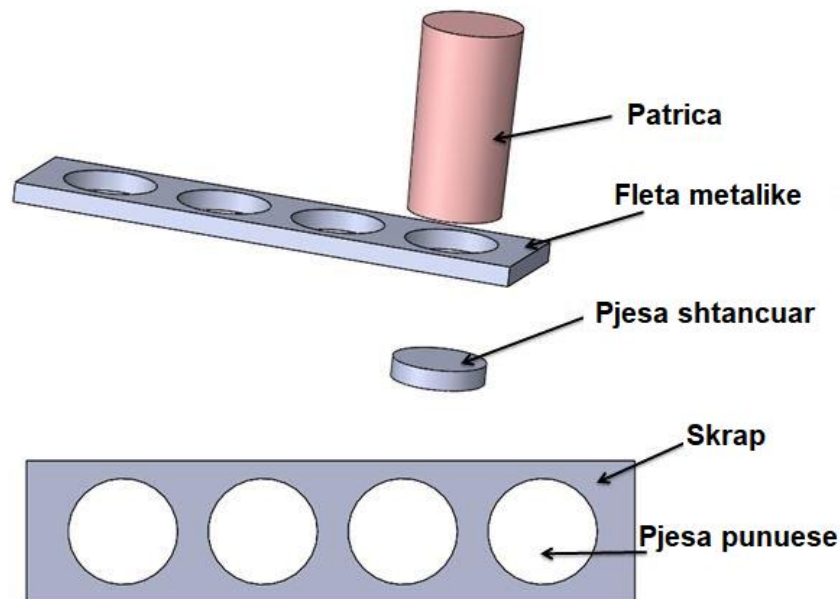


Fig. 4.1. Shtancimi [3].

4.2. Toleranca e shtancimit dhe shpimit

Toleranca t , është hapësira në mes patricës dhe maticës (fig. 4. 2.).

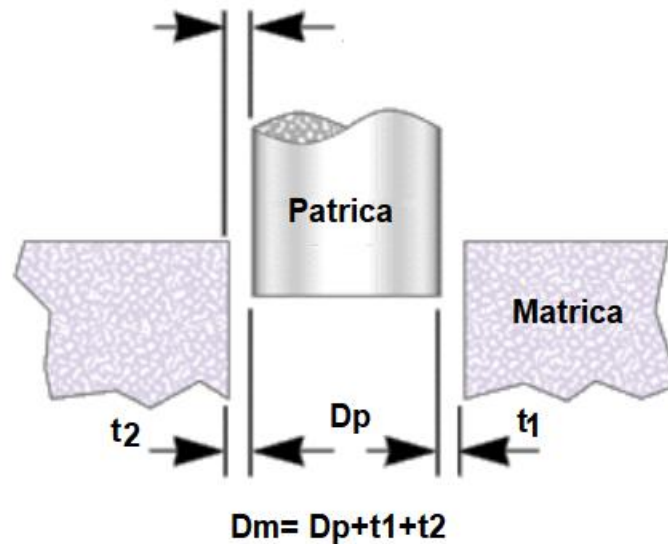


Fig. 4.2. Toleranca ndërmjet patricës dhe maticës [4].

$$t = \frac{D_m - D_p}{2} \quad (4.1)$$

Toleranca e duhur në mes teheve prerëse mundëson që thyerja (fraktura) të filloj në mënyrë ideale në tehet prerëse të patricës gjithashtu edhe të maticës. Frakturat do të procesojnë kundrejt njëra tjetrës deri sa të takohen ku më pastaj pjesa e thyer e tehut prerës merrë formë. Për një prerje optimale, toleranca e duhur është e nevojshme dhe është funksion i llojit, trashësisë dhe kalitjes së materialit.

Zakonisht toleranca shprehet si përqindje e trashësisë së materialit, por rekomandohet edhe në vlera absolute.

Tabela 4.1. Vlerat e tolerancave varësisht nga trashësia e materialit [5].

Materiali				
Trashësia mm	Çelik i butë 16-20%	Inoks 18-24%	Alumin 12-16%	Bakër 10-14%
0.5-0.6	0.08-0.1	0.1-0.12	0.06-0.08	0.05-0.06
0.8	0.14-0.16	0.15-0.2	0.1-0.14	0.08-0.1
1	0.16-0.2	0.18-0.24	0.12-0.16	0.1-0.14
1.2	0.2-0.24	0.24-0.3	0.15-0.2	0.12-0.15
1.5	0.25-0.3	0.27-0.35	0.18-0.24	0.15-0.2
2	0.34-0.4	0.36-0.45	0.24-0.3	0.2-0.25
2.5	0.45-0.5	0.45-0.55	0.32-0.35	0.25-0.3
3	0.5-0.6	0.6-0.7	0.35-0.45	0.3-0.4
4	0.65-0.8	0.7-0.95	0.45-0.6	0.4-0.5
5	0.85-0.1	0.9-1.15	0.6-0.8	0.55-0.65
6	0.95-1.2	1.1-1.4	0.75-0.95	0.7-0.85

Ekzistojnë metoda tjera analitike për tolerancën shembull: metoda teorike shprehë tolerancën si funksion të trashësisë së materialit dhe fortësisë në prerje:

$$t = \frac{k \cdot T \cdot \sqrt{\tau_m}}{2} = \frac{k \cdot T \cdot \sqrt{0.7 FZP}}{2} \quad \text{për } T \leq 3mm$$

$$c = \frac{(1.5 \cdot k \cdot T - 0.015) \cdot \sqrt{0.7 FZP}}{2} \quad \text{për } T \geq 3mm$$
(4.2)

ku:

T - trashësia e materilit,

k - koeficient që varet nga lloji i matricës, që është $k = 0.005$ deri 0.035 , shumica zakonisht përdorin $k = 0.01$. Për matricën nga përzjerja e metalit dhe qeramikës, $k = 0.015$ deri 0.18 .

τ_m – fortësia e materialit ndaj sforcimeve në rrëshqitje (tangjenciale),

FZP- Fortësia e zgjatjes përfundimtare.

Vrima e goditur (shpuar) e madhësisë së dëshiruar rezulton kur matirca është e bërë nga madhësia e dëshiruar plus shuma e tolerances.

4.3. Forca e shpimit

Teorikisht, forca e shpimit duhet të definohet mbi bazën e sforcimeve normale (σ) dhe atyre tangjenciale (τ) që janë prezente në planin tërthor. Megjithatë, me analiza njëra siguron formula të papërshtatshme për praktika inxhinierike. Atëherë shuma e forcës shpuese mund të kalkulohet nga vlerat e sforcimeve tangjenciale.

Forca për një patricë dhe matricë me tehet prerëse paralele përcaktohet sipas ekuacionit si vijon:

$$F = LT\tau_m = 0.7LT(FZP) \quad (4.3)$$

ku:

L- gjatësia totale e prerë (perimetri i vrimës),

T- trashësia e materilit.

Ndryshoret si trashësia jo e njejtë e materialit, fërkimi ndërmjet patricës dhe fletës metalike, apo tehet jo mirë të mprehta, mund ta rrisin forcën e nevojshme prej 30%, kështu që këto variabla duhet të merren për konsideratë gjatë përcaktimit të fuqisë së presës. Forca e kërkuar e presës është:

$$F_p = 1.3F \quad (4.4)$$

Zona e prerë është subjekt i plasaritjeve, deformimeve plastike dhe fërkimit ku të gjitha e afektojnë lakoren forcë shpimi/ depërtim, e cila kështu mund të ketë forma të ndryshme. Një lakore tipike për materiale duktile është paraqitur në figurën. 4.3., Sipërfaqja nën lakore është puna totale e shkaktuar gjatë operacioneve shpim apo shtancim.

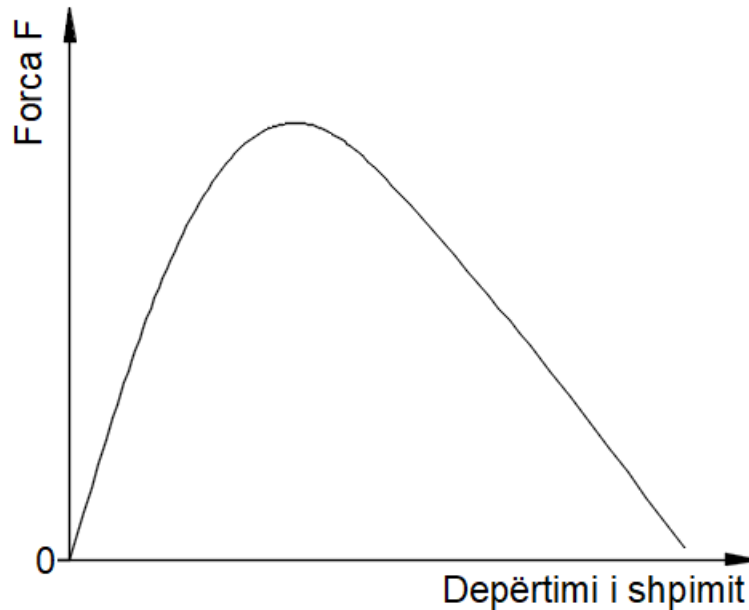


Fig. 4.3. Lakorja gjatë prerjes, shpim/ depërtim [6].

4.4. Përkulja (lakimi)

Njëra nga fazat më të rëndësishme të procesit të formësimit të fletës metalike është përkulja (lakimi), e cila jo vetëm u jep formë pjesëve si *U*, *L*, *V* profili (fig. 4.4.) por edhe përmirëson ngurtësinë (shtangësinë) duke rritur momentin e inercisë së tyre. Përkulja konsiston me zgjatim të njëtrajtshëm të fletës apo vijave të metalit rreth një aksi linear, që gjithashtu shërben për lakimin e gypave, shufrave, telave etj.

Një numër i madh i procesit të përkuljes ka aplikim në industrinë automative dhe atë të aviacionit për prodhimin e tjera produkteve nga fleta metalike. Në këtë punim diplome master kujdes të veçantë do t'i shtohet përkuljes së fletave metalike me qëllim formësimin e kutive metalike në të cilat vendosen komponentët elektrike, konkretisht shtëpëiza metalike e cila shërben si ambient ideal për vendosjen e transformatorit dhe kutive tjera elektrike me qëllim të konvertimit të rrymës së tensionit të lartë në atë 0.4 kV . Tensioni 0.4 kV i përshtatshëm për përdorim në pajisjet shtëpiake apo industriale.

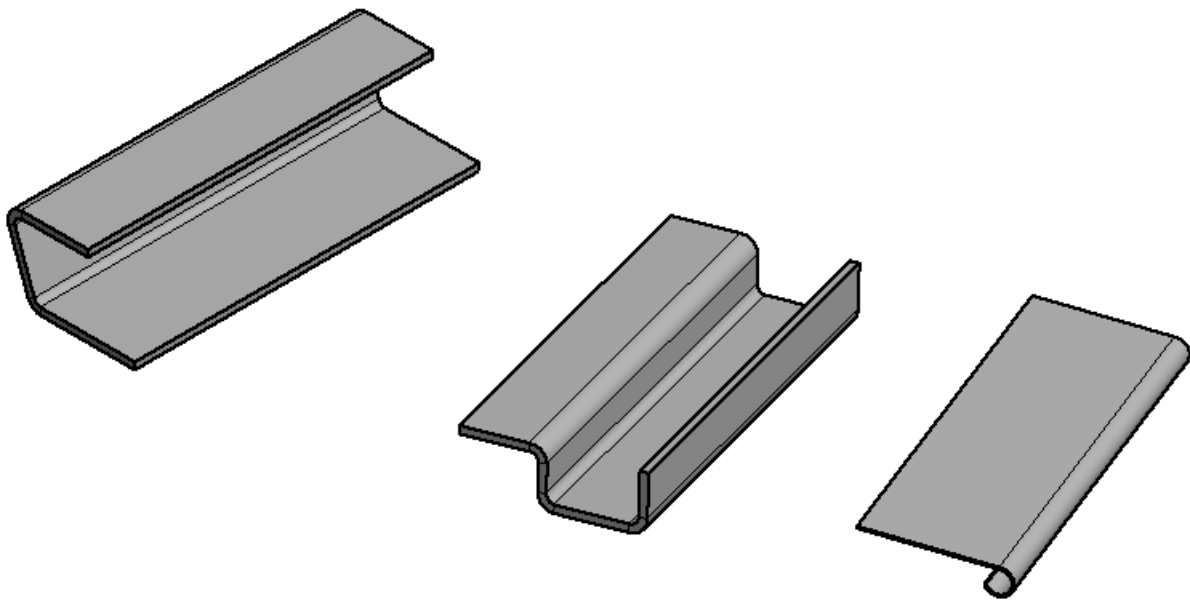


Fig. 4.4. Shembuj të përkuljes së fletës metalike.

Terminologjia që përdoret gjatë procesit të përkuljes së fletës metalike vizualisht përshkruhet në figurën. 4. 4.. Rrezja e përkuljes R_i matet në sipërfaqen e brendshme të pjesës së përkulur. Këndi i përkuljes φ është këndi i pjesës së përkulur. Përkulja e lejuar është harku i vijës neutrale të përkuljes. Gjatësia e përkuljes së lejuar është zakonisht sa trashësia e fletës.

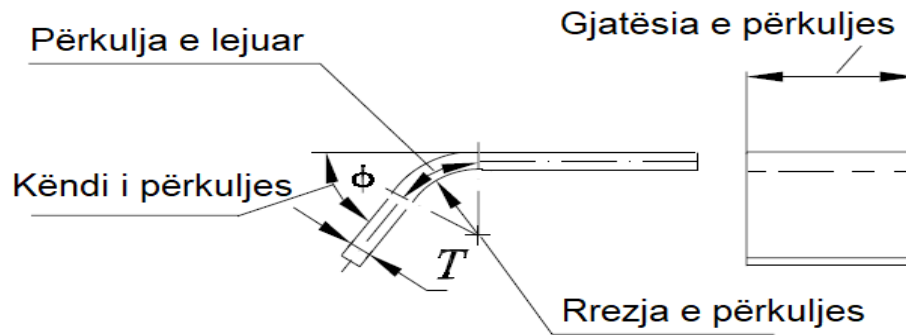


Fig. 4.5. Ilustrimi skematik i terminologjive që përdoren në procesin e përkuljes.

Gjatë përkuljes, fibrat e jashtëm të materialit zgjaten kurse ata të brendshmit shtypen. Teorikisht, zgjatjet e fibrave të jashtme dhe të brendshme janë të barabarta si madhësi absolute dhe jepen sipas ekuacionit në vijim:

$$e_0 = e_i = \frac{1}{\left(\frac{2R_i}{T}\right) + 1} \quad (4.5)$$

ku:

R_i - rrezja e përkuljes,

T - trashësia e materialit.

Momenti i përkuljes në zonën elastiko-plastike mund të shprehet si shuma e momenteve të përkuljes në zonën elastike dhe plastike të të njëjtit aks, dhe jepet me formulën:

$$M = YS \left[\frac{2}{z_0} \int_{z_0}^z z^2 dA + 2 \int_{z_0}^{T/2} z dA \right]$$

Nëse:

$$W = \frac{2}{z_0} \int_{z_0}^z z^2 dA - \text{Momenti i rezistencës në zonën e deformimeve plastike.}$$

$$S = 2 \int_{z_0}^{T/2} z dA - \text{Momenti statik në zonën e deformimeve plastike.}$$

Atëherë:
$$M = YS(W + S) \quad (4.6)$$

ku:

YS (Yield strength) – Pika ku fillojnë deformimet plastike

W – momenti rezistues,

S – momenti statik.

Momenti i përkuljes në zonën e deformimeve plastike jepet nga formula:

$$M = \beta \cdot k \frac{b \cdot T^2}{4} \quad (4.7)$$

ku:

β – konstanta e materialit që paraqet shprehjen për deformime plastike,

k – zgjatimet e materialit,

b – gjerësia e trarit (gjatësia e përkuljes),

T – Trashësia e materialit.

4.5. Forcat për Matricën V

Këndi i profilit të matricës për përkuljen V mund të jetë i ngushtë apo edhe i gjerë si në figurën. 4.5.

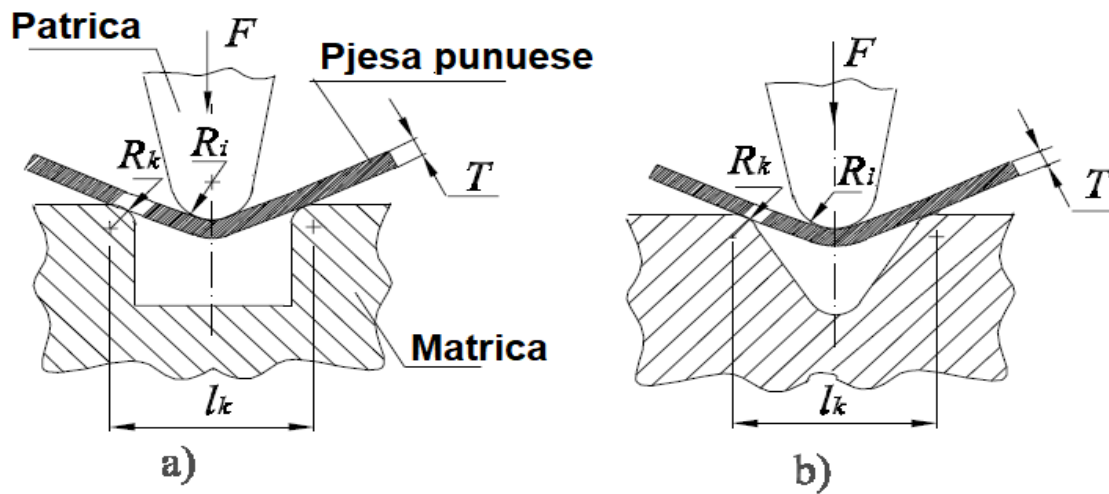


Fig. 4.6. Përkulja në ajër a) këndi i drejtë i matricës b) këndi i ngushtë i matricës [1].

Përkulja e V- profilit mund të merret si përkulje në ajër (e lirë) apo përkulje me presim (fig. 4.7.).

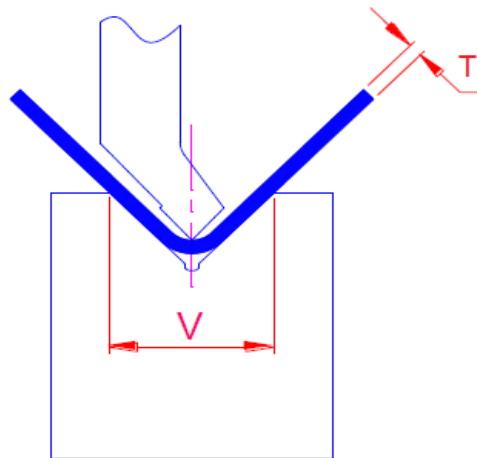


Fig. 4.7. Përkulja me presim [7].

Në fillim të fazës së përkuljes, distanca në mes të mbajtësve është $(l_k - 2R_k)$ dhe forca ushtrohet në mes mbajtësve. Tehet e matricës me të cilat pjesa e fletës metalike është në kontakt janë të rumbullaksuara me R_k . Rrezja e patricës (goditësit) R_t gjithmonë është më e vogël se rrezja e përkuljes (lakimit).

Forca për përkuljen në ajër e një V- profili është dhënë nga formula si vijon:

$$F = \frac{4M}{l_k - 2(R_k + R_t + T) \sin \frac{\varphi}{2}} \cos^2 \frac{\varphi}{2} \quad (4.8)$$

ku:

l_k - matrica e hapur,

φ - këndi i përkuljes.

Forca e nevojshme për një përforsim të përkuljes jepet nga formula:

$$F_1 = 2p \cdot b \cdot c \cdot \cos \frac{\varphi}{2} \quad (4.9)$$

ku:

p - presioni specifik (tab 4.2),

b - gjatësia e kontaktit,

c - gjatësia e pjesës së drejtë të fletës metalike.

Lidhja ndërmjet forcës së përkuljes dhe rrugës së patricës është paraqitur në fig. 4.9. Përkulja në ajër (intervali OG) përbehet nga tri faza. Në fazën e parë kemi të bëjmë me deformime elastike OE . Në të dytën forca është pothuajse konstante EF , në të tretën, forca zvogëlohet për shkak se materiali rrëshqet FG . Pas kësaj forca rritet përsëri deri në pikën përfundimtare. Pjesa punuese përkulet në GH . Nëse pjesën punuese dëshirojmë përsëri ta përkulim (tek përkulja në ajër) për shkak të kthimit elastik, forca rritet shumë shpejtë HM .

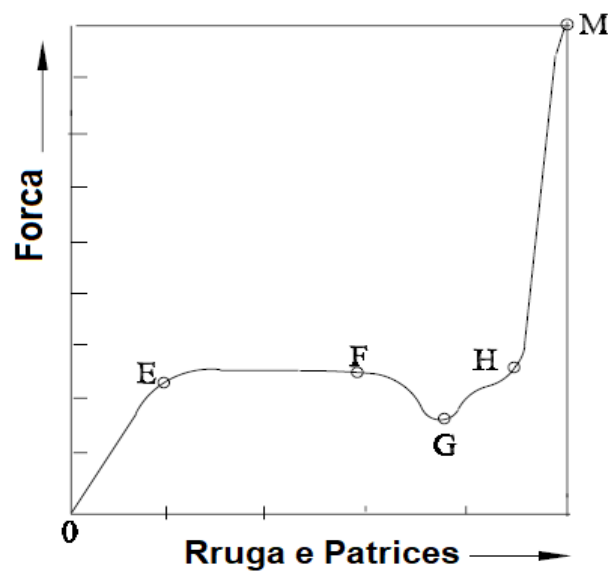


Fig. 4.8. Lakorja tipike gjatë veprimit të ngarkesës për përkuljen me presim [1].

Në kalkulimin e forcës për përkulje të materialit të prodhuesi i presave “DURMA” gjenë zbatim formula:

$$F = \frac{1.42 \cdot L \cdot R_m \cdot T^2}{1000 \cdot V} \quad (4.10)$$

ku janë:

F – forca e përkuljes (ton),

L – gjatësia e pjesës së përkulur (mm),

R_m – kufiri ku përfundon plasticiteti $\frac{daN}{mm^2}$,

T – trashësia e materialit,

V – gjerësia e kanalit.

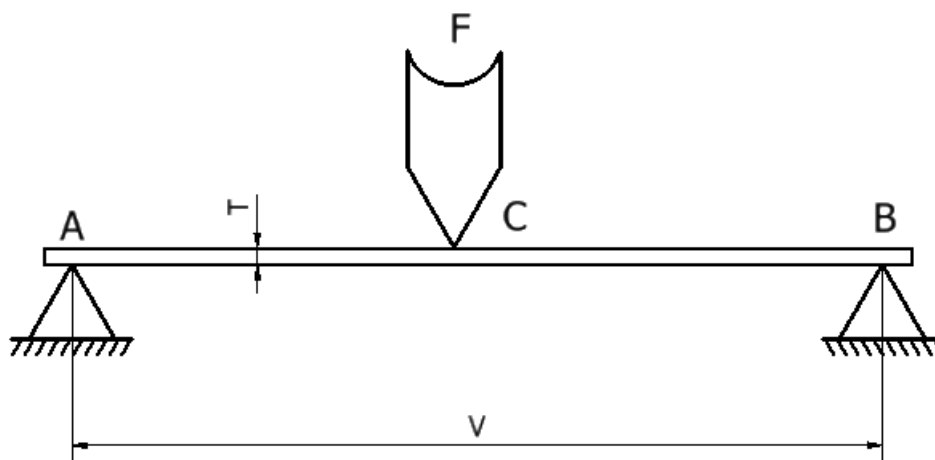


Fig. 4.9. Paraqitja statike e përkuljes.

Tabela 4.2. Gjerësia e kanalit të matricës në varësi nga trashësia e materialit [7].

Gjerësia e kanalit në varësi nga trashësia e materialit				
Trashësia T	0,5 – 2,5	3,0 – 8,0	9,0 – 10,0	12,0 dhe më lart
Gjerësia e kanalit V	6 x T	8 x T	10 x T	12 x T

Diagrami i përkuljes mund të fitohet nga formula (4.10) në varësi të faktorëve të ndryshëm si trashësia T , rrezja e përkuljes r_i , gjatësia anësore b .

Tabela 4.3. Forcat optimale të nevojshme për përkulje varësisht nga gjerësia e kanalit [7].

V	b	ri	T (mm)																					
			0.5	0.8	1	1.2	1.5	1.8	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	6	7	8	9	10	12	15	18	20
6	5	1	2.5	6.5	10																			
8	6	1.3	2	5	8	11																		
10	7	1.7	1.5	4	6	9	13																	
12	9	2		3	5	7	11	16																
15	12	2.7			4	6	9	13	16															
20	15	3.3				4	7	10	12	19														
26	18	4.2					5	7.5	9	14	21													
30	22	5						6.5	8	12	19	24												
32	23	5.4							7.5	11.6	17	23	30											
37	25	5.8								10	14.5	20	26	33										
42	29	6.7									13	17	23	29	33.5									
45	32	7.5										16	21	27	33	48								
50	36	8.3											19	24	30	43	58							
60	43	10												20	25	36	49	64						
70	50	11.5													21	31	42	55	59					
80	57	13.5														27	37	48	60	75				
90	64	15															32	42	54	66	95			
100	71	17																38	48	60	86	134		
130	93	22																	37	46	66	103	149	
180	130	30																		33	48	75	107	133
200	145	33																			43	67	97	119
250	180	42																				54	77	95

$$F = \frac{1.42 \cdot L \cdot R_m \cdot T^2}{1000 \cdot V} \quad (Ton)$$

5. INXHINIERIA PËRMES KOMPJUTERIT

CAE (Computer Aided Engineering)- Inxhinieria përmes kompjuterit mundësohet përmes softuerëve duke simuluar sistemin inxhinierik në mënyrë që të përmisojë dizajnin e produkteve ose ndihmon në zgjidhjen e problemeve inxhinierike të një numri të madh të industrive. Kjo përfshinë simulimet, optimizimin dhe validimin e produkteve, procesimin dhe prodhimin e veglave.

CAE është term që përdoret për të përshkruar procedurat e të gjithë procesit inxhinierik nga dizajni dhe testeve virtuale me algoritme numerike të sositikuara për planifikim të prodhimit. Për veç dizajnimin, përkrahë proceset inxhinierike dhe lejon përfomimin e testeve dhe simulimeve, vetive fizike të produktit pa pasur nevojë për një prototip. Simulimet dhe analizat që më së shumti përdoren sa i përket CAE janë:

- *Analiza me metodën e elementeve të fundme MEF,*
- *llogaritjet dinamike të fluideve,*
- *analizat termike,*
- *dinamika e terësisë së trupave dhe optimizimi.*

CAD (Computer Aided Design)- KPK (Konstruktimi përmes kompjuterit) është teknologji që dizajnon produktin dhe dokumenton fazat e modelimit të procesit inxhinierik. Pra duke përdorë sistemet kompjuterike (softuerët) ndihmon në krijimin, modifikimin dhe optimizimin e dizajnit.

Programet moderne CAD:

- *Rrisin produktivitetin e inxhinierit,*
- *përmisojnë kualitetin e dizajnit,*
- *përmisojnë komunikimin përgjatë dokumentacionit,*
- *krijojnë databaza për procesin e prodhimit.*

CAM (Computer Aided Manufacturing) – PPK (Prodhimtaria përmes kompjuterit) përdorë softuerët për kontrollin e veglave të makinave. Sipas Siemens ajo i referohet përdorimit të kontrollit numerik NC, softuerëve në krijimin e G kodeve për të futur në funksion CNC makinat.

Në krahasim me makinat me operim manual CAM ofron:

- *Shpejtësi më të madhe në prodhimin e produkteve,*
- *saktësi më të madhe dhe qëndrueshmëri,*
- *efikasitet më të madh.*

Sistemet CAE/CAD/CAM paraqesin një teknologji e cila përdor sistemet kompjuterike dhe paket- programet (softuerët) përcjellëse si një vegël ndihmëse për realizimin e këtyre funksioneve që kanë të bëjnë me prodhimin ose sistemin:

- *modelimin,*
- *analizat, rregullimin e dokumentacionit teknik,*
- *prodhimin,*
- *përdorimi dhe mirëmbajtja.*

5.1. Procesi i konstruktimit

Procesi i konstruktimit është proces i shndërrimit të informacioneve në një nivel më të lartë nga ai më i ulët, ashtu që të vë deri te formësimi i produktit. Për dallim nga problemet shkencore ose matematikore, problemet konstruktive nuk kanë zgjidhje të vetme, pra nuk ekziston „zgjidhje e drejtë“. Zgjidhja që aktualisht merret si „e mirë“ shumë shpejtë shndërrohet në “të dobët“, si rrjedhojë e zhvillimit të shpejtë të njohurive të reja.

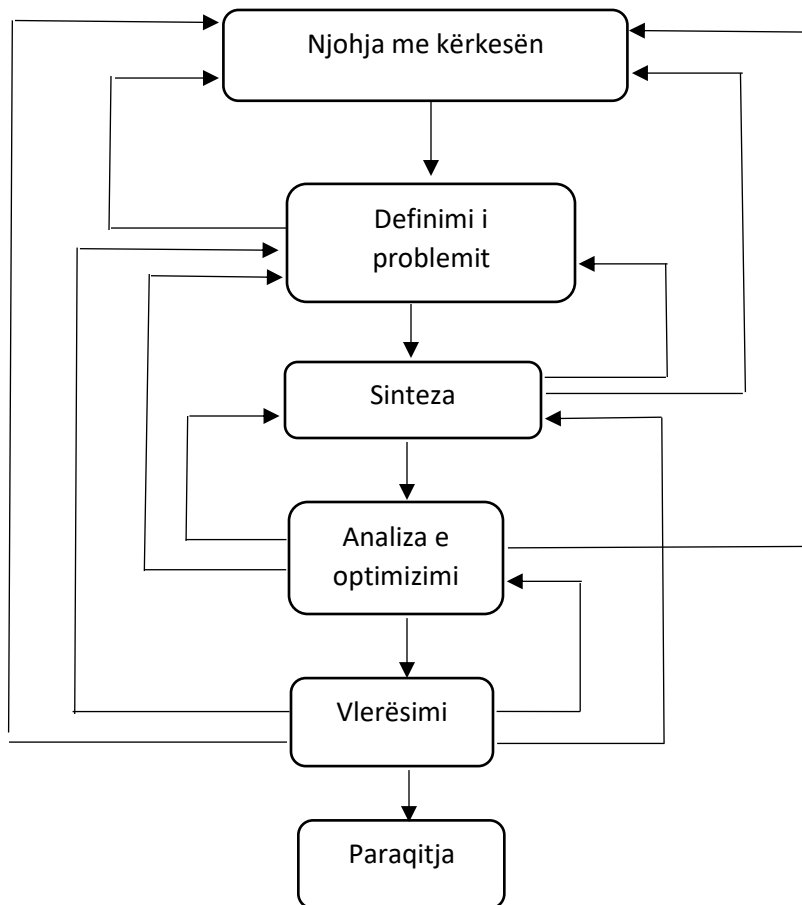


Fig. 5.1. Fazat e procesit të konstruktimit [8].

Konstruktimi është çështje që gjithnjë kërkon zgjidhje të detyrave të shtruara. Në inxhinieri, ka kuptime të ndryshme varësisht nga lëmia. Disa me „konstruktiv“ nënkuptojnë

vizatimin e detaleve dhe pjesëve të ndryshme, kurse në disa degë të inxhinierisë, kjo fjalë zëvendësohet me termat „sistemet inxhinierike“ ose „teoria e zgjidhjes së aplikuar“. (Buza 2009)

Modeli i përgjithshëm i procesit të konstruktimit, sipas Hubkës karakterizohet me këto veti:

- *procesin e konstruktimit e definojnë si transformim të informatave,*
- *e tregojnë strukturën themelore të procesit,*
- *operacionet e procesit të konstruktimit i kryen konstruktori me mjetet e tij të punës,*
- *në transformimin e informatave marrin pjesë edhe faktorë të tjerësi, informatat në dispozicion, teknika e paraqitjes, kushtet e punës, cilësia e udhëheqjes me procesin e konstruktimit, metodat e zbatuara të punës etj. (Avdiu 2015)*

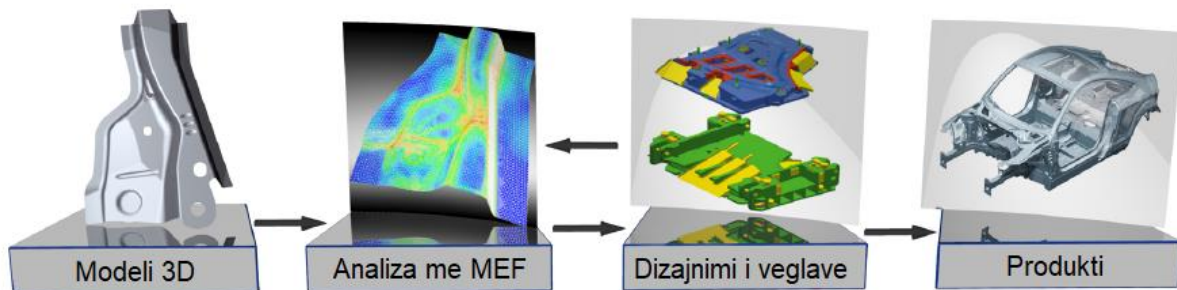


Fig. 5.2. Fazat e procesit të dizajnit të fletave metalike [9].

Përpos fazave të procesit të konstruktimit faktorë tjerë që duhet pasur parasysh janë:

- *kushtëzimet gjatë konstruktimit (sforcimi, besueshmëria, kushtet termike, korrozioni, mvëshja, fërkimi, përpunimi, dobia, çmimi, siguria, pesha ose vëllimi, zhurma, pamja ose forma, përmasat, përshtatshmëria, kontrolla, ngurtësia, sipërfaqja përfundimtare, lubrifikimi, mirëmbajtja etj).*
- *Rregullat dhe standardet, arsyeshmëria ekonomike. (Buza 2009)*

5.2. Metoda e elementeve të fundme

Analiza përmes metodës së elementeve të fundme (MEF) është simulim i ndonjë fenomeni fizikë dhe përdoret për të zvogëluar numrin e prototipeve dhe eksperimenteve, bënë optimizimin e komponentëve në fazat e dizajnit për të zhvilluar produkte më të mira, më shpejtë. Shumica e proceseve përshkruhen duke përdorur ekuacionet diferenciale parciale. MEF mundëson në parashikimin e sjelljeve të trupave të influencuara nga dukuritë fizike përfshirë këtu:

- *Sforcimet mekanike,*
- *vibrimet,*
- *lodhjet e materialit,*
- *lëvizjen,*
- *transferimin e nxehtësisë,*
- *rrjedhjen e fluideve,*
- *elektrostatike dhe*
- *injektimin e plastikave.*

Tipike për MEF është krijimi i një modeli që strukturën e ndan në një numër të elementeve duke formuar të ashtuquajturën “rrjetë” ndaj një sistemi koordinativ të zakonshëm, *fig. 6.2*. Pikat e koordinatave quhen “node” (kulme) dhe nevojiten si vende në model për të cilat të dhënat dalëse (rezultatet) do të përcaktohen.

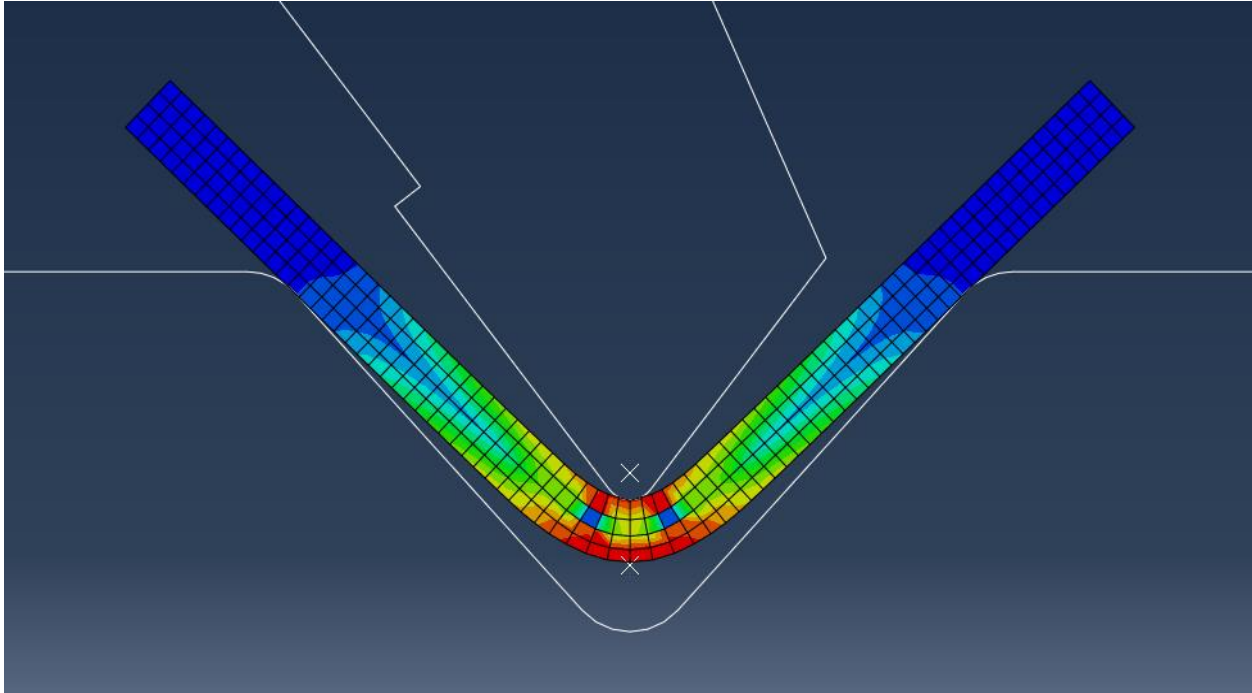


Fig. 5.3. Fleta metalike e ndarë në elemente (rrjeta).

Duke përdorur mundësitë grafike të CAD-it gjenerohet rrjeta e tërësishme ndërlidhëse dhe përgatiten të dhënat hyrëse për programet ekzistuese të MEF- it. Poashtu, është e nevojshme të përdoren llojet e ndryshme të elementeve për t'ia përshtatur gjeometrinë e pjesës, e cila në shumë raste është jo e rregullt.

MADHËSITË HYRËSE DHE MADHËSITË DALËSE

“Secili sistem ka madhësitë hyrëse dhe madhësitë dalëse, të cilat janë të lidhura funksionalisht mes veti dhe që karakterizohen me gjendje të ndryshme kur lidhjet ndërrohen.

Në përgjithësi sistemet makinerike si madhësi hyrëse dhe si madhësi dalëse kanë materialin, energjinë dhe të dhënat (informatat). Derisa materiali si madhësi hyrëse mund të jetë lëndë e parë/gjysëmprodhim, materiali si madhësi dalëse do të jetë gjysëmprodhim/prodhim final. Energjia e nevojshme që lëndën e parë/gjysëmprodhimin ta shndërrojë në gjysëmprodhim/prodhim

final do të transformohet, pra energjia elektrike do të shpenzohet duke u shndërruar përmes makinave në energji mekanike për realizimin e procesit përkatës.

Të dhënat si madhësi hyrëse janë të mbledhura nga përvoja e përparme, nga llogaritjet e bëra për secilën etapë të procesit, kurse të dhënat si madhësi dalëse do të paraqesin të dhënat e fituara gjatë realizimit të procesit në fjalë, duke i mundësuar inxhinierit konstruktor të krahasojë këto të dhëna mes veti për të vlerësuar se sa parashikimet kanë qenë afër procesit real, si dhe duke krijuar një bazë të re të të dhënave për një proces konstruktiv të ngjashëm me atë të saporealizuar“.

(Buza 2009)

ANALIZAT STATIKE DHE DINAMIKE

Analizat statike llogarisin efektin e ngarkesave të qëndrueshme në strukturë duke anashkaluar inercinë dhe efektin e lëkundjeve të shkaktuara nga forcat në intervale të ndryshme kohore. Megjithatë mundë të përfshijnë ngarkesat e qëndrueshme (sikur graviteti dhe shpejtësia këndore) dhe ngarkesat që ndryshojnë me kohën të cilat konsiderohen statike ekuivalente (era, ngarkesat sizmike). Analizat statike përcaktojnë forcat, zhvendosjet, sforcimet dhe zgjatimet dhe mirren parasysh kur konstatohet se shpejtësia është e barabartë me zero në një sistem.

Analizat dinamike bëjnë llogaritjen e forcave, shpejtësive dhe nxitimeve të shkaktuara nga forca në sistem për intervale të caktuara kohore. Rezultatet e analizave dinamike janë në formë tabelare ose grafike, ku forca, shpejtësia ose shpejtimi jepen në funksion të kohës, ose forca në funksion të zhvendosjes etj.

6. PËRKULJA E LEJUAR DHE KTHIMI ELASTIK SI INDIKATOR NË DHËNIEN E FORMËS SË SAKTË TË FLETËS METALIKE (PRODUKTIT)

Njëra nga aspektet më të rëndësishme të formësimit të mirë të fletës metalike nga praktika konstruktuese dhe prodhuese është saktësia e paraqitjes së objekteve tre dimensionale në dimensionin 2d të fletës që më pastaj të prehet dhe të formësohet në produktin final. Dimensionet fillestare dhe shpuarja e vrimave jokorrekte rezulton me skrap. Nëse dëshirojmë që këtë problem ta reduktojmë duhet që një numër i madh i prototipeve të prodhohet ashtu që të arrihet saktësia e kërkuar. Për këtë qëllim, konstante të përshtatshme përdoren nga CAD/CAM programet moderne ashtu që të gjenerohet dizajni i nevojshëm për gjatësi korrekte, madhësi, lloj të materialit dhe kualitet, ndër të tjera; që të ndikojë fuqishëm në precizitetin e kalkulimeve për madhësinë e vërtetë e cila duhet të prehet. Konstantet e përkuljeve të lejuara, të elasticitetit llogariten nga mostrat e thjeshta për një numër të materialeve të cilat mund të përdoren nga softuerët e dizajnit për të përmisuar shpejtësinë e prodhimit si dhe në të njejtën kohë cilësinë e produkteve. (Vairis 2015)

Në përkuljen e metaleve njëri ndër problemet kryesore është të gjendet gjatësia e fletës metalike të shtrirë për secilën palosje. Janë shumë metoda që inxhinierët përdorin në mënyrë që të përcaktohet gjatësia e sheshtë, e cila gjatësi do të gjenerojë dimensionet e dëshiruara të pjesës së palosur. Disa nga metodat janë thjeshtë rregulla bazike të cilat bazohen në eksperiencë, lloj dhe trashësi të materialit, rreze të përkuljes, tip të makinës etj. Kompjuterët nga ana tjetër janë të natyrës analitike, prandaj kur me anë të programit kompjuterik simulohet për kuljen e fletës metalike dhe largimin e ngarkesës atëherë kompjuteri kërkon mjete analitike që ta paraqes procesin.

6.1. Përkulja e lejuar

Përkulja e lejuar përshkruhet si shuma e gjatësive të secilës pjesë të shtrirë plus gjatësia e përkuljes së regjionit të shtrirë. Kjo gjatësi e regjionit të përkulur dhe të shtrirë definohet si “përkulje e lejuar”. Në mënyrë që të kalkulojmë përkuljen e lejuar ekuacioni i mëposhtëm përcakton gjatësinë totale të shtrirë kur vlerat e përkuljes së lejuar vihen në përdorim:

$$L_T = A + B + L_{pL} \quad (6.1)$$

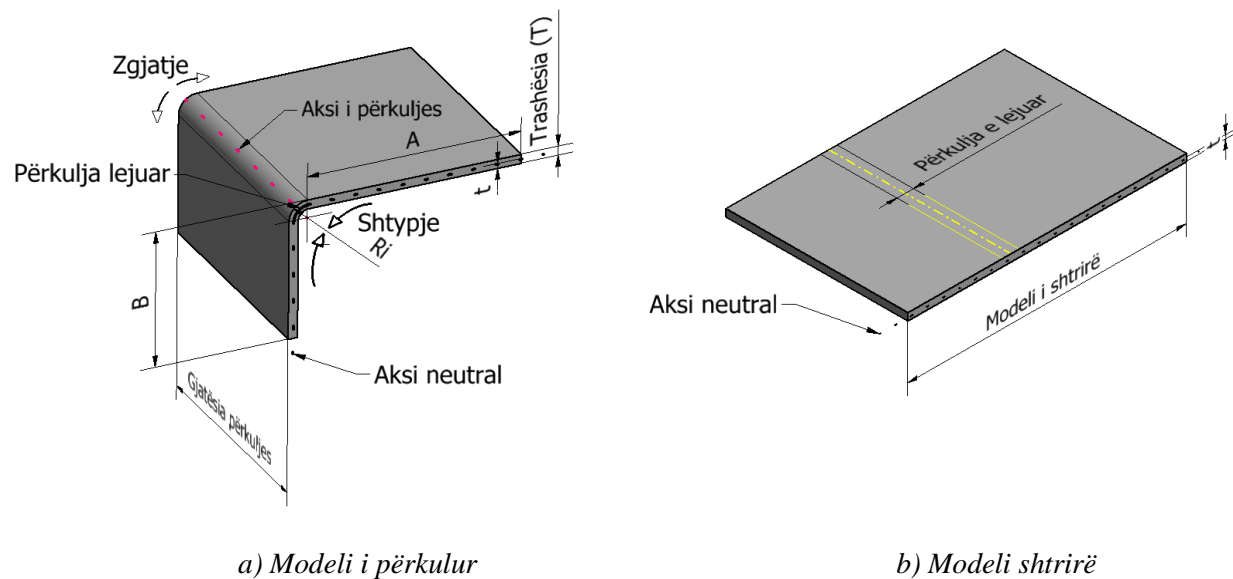


Fig. 6.1. Madhësitë karakteristike gjatë përkuljes.

Me ndihmën e faktorit K i cili përdoret për të paraqitur se si fleta metalike paloset ose shpaloset mbi një gamë të gjere të parametrave gjeometrik. Është vlerë e veçantë që llogaritë përkuljen e lejuar të trashësive të materialit, rrezeve të lakimit dhe këndeve. Aksi neutral përcaktohet si një seksion imagjinar përgjatë regjionit të përkuljes ku nuk hasim fare zgjatje ose shtypje. Pra paraqet vendin e vetëm brenda fushës së përkuljes pa deformime, atëherë harku në fushën e përkulur gjatë aksit neutral ka të njejtën gjatësi në përkulje apo edhe i shtrirë. Prandaj,

përkulja e lejuar është e barabartë me gjatësinë e harkut të aksit (fletës neutrale) në regjionin e përkulur. Vendndodhja e aksit neutral varet nga duktiliteti. Përkulja e lejuar varësisht nga K -faktori llogaritet si në vijim:

$$\delta = \pi(R_i + KT) \frac{\beta}{180^\circ} \quad (6.2)$$

$$K = \frac{t}{T} \quad (6.3)$$

ku:

δ - përkulja e lejuar,

R_i - rrezja e përkuljes,

K - faktori, i cili është një raport që paraqet distancën e aksit neutral në fletën metalike,

t - distanca nga sipërfaqja e brendshme tek aksi neutral,

T - trashësia e materialit,

β - këndi i përkuljes në shkallë (këndi përgjatë të cilit materiali përkulet).

Gjatësia e përgjithshme e shtrirë e mostrës varet nga K - faktori si dhe nga rrezja e brendshme e përkuljes R_i (të dy këta inpute që duhet dhënë softuerit për modelim për të llogaritur gjatësinë e shtrirë).

Pjesët nga fletat metalike janë të definuara nga gjendja e palosjes apo funksionale, por që janë të prodhuara (sajuara) nga fleta e rrafshët. Shuma e deformimeve varet nga disa ndryshore

(variabla). Sipas Autodesk Knowledge Network (2014) transformimi i modelit të palosur në gjendje të rrafshët kërkon llogaritjen e deformimeve duke përdorur një të një nga këto tri metoda:

1. Përafrimi linear duke përcaktuar K faktorin,
2. Nga vlerat e matura në tabelat e përkuljeve për materialet specifike, vlerat e këndeve të përkuljes dhe veglave.
3. Ekuacioneve që sigurojnë deformime uniforme (të njëjta) brenda këndit specifik dhe kushteve të kufizuara.

Ekuacionet me kompensim të përkuljes mundësojnë përcaktimin e gjatësisë totale të zhvilluar duke përdorur këtë ekuacion:

$$L_{Total} = L_1 + L_2 + \nu \quad (6.4)$$

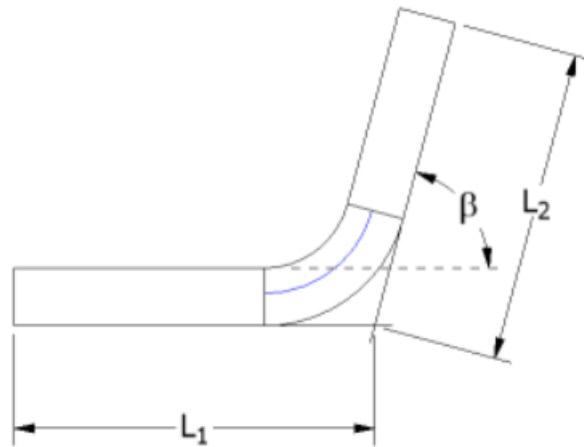


Fig. 6.2. Gjeometria e përkuljes [10].

ku:

L_{Total} - gjatësia totale e zhvilluar,

L_1 - gjatësia e përkuljes së parë,

L_2 - gjatësia e përkuljes së dytë.

ν - rezultatet e kalkulimeve të përkuljeve të lejuara.

AutoDesk Inventori (CAD program) llogaritë gjatësinë e përkuljes së lejuar duke përdorur ekuacionin në vijim. Për rastet e këndeve:

$$0^\circ \leq \beta \leq 90^\circ$$

$$L_{PL} = 2(R_i + T) \cdot \tan\left(\frac{\beta}{2}\right) + \delta \quad (6.5)$$

ku:

L_{PL} - gjatësia e përkuljes së lejuar,

T - trashësia e fletës metalike,

δ - rezultatet e kalkulimit të përkuljes së lejuar.

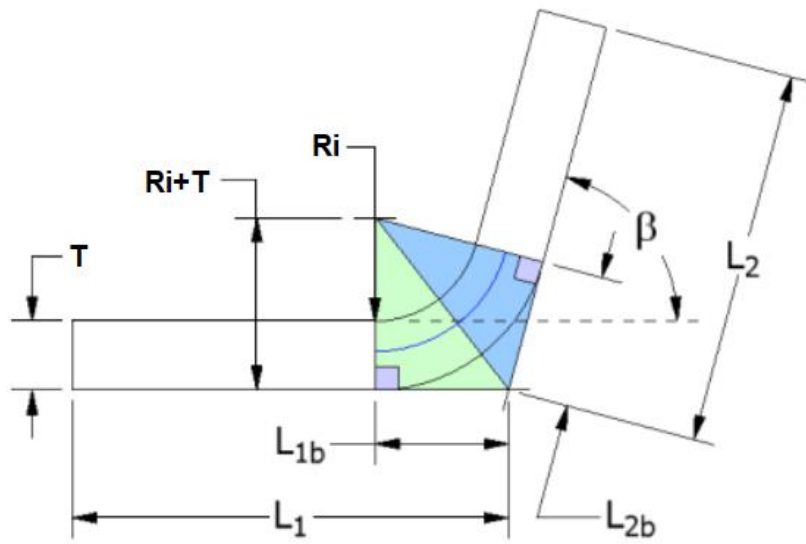


Fig. 6.3. Madhësitë për përkuljen e lejuar [10].

Nga fig. 5.3. kemi:

$$L_{Total} = (L_1 - L_{1b}) + (L_2 - L_{2b}) + L_{PL} \quad (6.6)$$

$$L_{Total} = L_1 + L_2 + \nu \quad (6.7)$$

$$(L_1 - L_{1b}) + (L_2 - L_{2b}) + L_{PL} = L_1 + L_2 + \nu \quad (6.8)$$

$$L_{PL} = L_{1b} + L_{2b} + \nu \quad (6.9)$$

$$(T + R_i) = \cos\left(\frac{\beta}{2}\right) \cdot H \quad (6.10)$$

$$L_{1b} = \sin\left(\frac{\beta}{2}\right) \cdot H \quad (6.11)$$

$$\frac{(T + R_i)}{\cos\left(\frac{\beta}{2}\right)} = \frac{L_{1b}}{\sin\left(\frac{\beta}{2}\right)} \quad (6.12)$$

$$L_{1b} = (T + R_i) \cdot \frac{\sin\left(\frac{\beta}{2}\right)}{\cos\left(\frac{\beta}{2}\right)} \quad (6.13)$$

$$(T + R_i) \cdot \tan\left(\frac{\beta}{2}\right) \quad (6.14)$$

$$2 \cdot (T + R_i) \cdot \tan\left(\frac{\beta}{2}\right) = L_{1b} + L_{2b} \quad (6.15)$$

$$L_{PL} = 2 \cdot (T + R_i) \cdot \tan\left(\frac{\beta}{2}\right) + \nu \quad (6.16)$$

Për rastet e këndeve: $90^\circ < \beta$

$$L_{PL} = 2(T + R_i) + \nu \quad (6.17)$$

Duke zgjeruar ekuacionin fillestar për të përfshirë rezultatet e llogaritjeve të përkuljeve të lejuara:

Nëse:

$$L_{1b} = T + R_i \quad (6.18)$$

$$L_{2b} = T + R_i \quad (6.19)$$

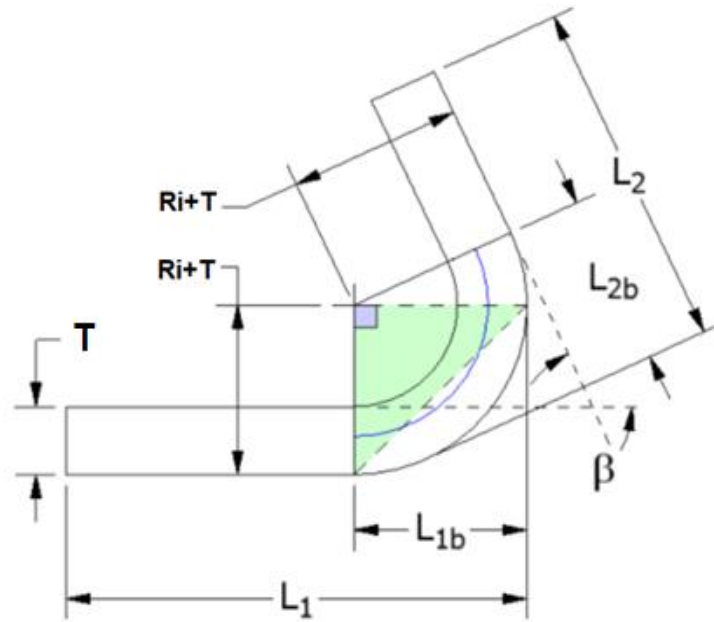


Fig. 6.4. Madhësitë për përkuljen e lejuar [10].

Nga ekuacioni (6.9) kemi:

$$L_{PL} = (T + R_i) + (T + R_i) + \nu \quad (6.20)$$

$$L_{PL} = 2(T + R_i) + \nu \quad (6.21)$$

Pasi që përkulja e lejuar veç se është përcaktuar K -faktori mund të nxirret nga:

$$L_{PL} = \pi \cdot \left(\frac{\beta}{180^\circ} \right) \cdot (R_i + K_{Faktori} \cdot T) \quad (6.22)$$

$$K_{Faktori} = \left(\frac{L_{PL} \cdot (180^\circ)}{\pi \cdot \beta \cdot T} \right) - \left(\frac{R_i}{T} \right) \quad (6.23)$$

Përkulja e zbritur (hequr) lejon përcaktimin e gjatësisë totale të zhvilluar duke përdorur ekuacionin:

$$L_{Total} = L_1 + L_2 - \delta \quad (6.24)$$

ku:

δ - rezultatet e kalkulimit të përkuljes së lejuar.

Ekuacioni i gjatësisë së përkuljes së zbritur siguron një metodë kalkulimi e cila mendohet si e kundërt me metodën e kompenzimit të përkuljes.

Për rastin e këndeve: $0^\circ \leq \beta \leq 90^\circ$

$$L_{PL} = 2(T + R_i) \cdot \tan\left(\frac{\beta}{2}\right) - \delta \quad (6.25)$$

Për rastin e këndeve: $90^\circ \leq \beta \leq 180^\circ$

$$L_{PL} = 2(T + R_i) - \delta \quad (6.26)$$

Nga analiza e formulave të më sipërme shihet që rrezja e përkuljes është faktor determinues në përcaktimin e vlerave të sakta të gjerësive të zhvilluara kur fleta metalike është e shtrirë. Ajo mundë të përcaktohet në varësi nga gjerësia e kanalit të matricës me ndihën e formulës:

$$r = 0.16 \cdot V \quad (6.27)$$

$\varphi_i = 180 - \alpha_1$ - këndi i përkuljes dhe

α_1 - këndi i profilit.

Të gjitha materialet kanë një modul elasticiteti të caktuar, kështu që secila do t'i nënshtrohet sigurisht një rikuperimi elastik pas shkarkimit të ngarkesës. Dimensionet përfundimtare të pjesës punuese pasi që ngarkesa ndalon së vepruari në të janë:

R_f - rrezja e përkuljes,

$\varphi_f = 180 - \alpha_2$ - këndi i përkuljes dhe

α_2 - këndi i profilit.

Këndi final pas kthimit elastik është më i vogël $\varphi_f < \varphi_i$ ndërsa rrezja e përkuljes më e madhe $R_f < R_i$.

Kemi dy mënyra për ta kuptuar dhe pastaj të kompenzohet kthimi elastik. Qoftë nëse zhvillojmë modelin parashikues për sasinë e tij që është vërtetuar eksperimentalisht apo edhe me anë të përcaktimit të vlerave të sasisë së kthimit elastik nga faktori K_s : (Vukota 2004)

Përkulja e lejuar e vijës neutrale L_n është e njejtë para dhe pas përkuljes:

$$L_n = \left(R_i + \frac{T}{2} \right) \cdot \varphi = \left(R_f + \frac{T}{2} \right) \varphi_f \quad (6.29)$$

Nga ky raport, faktori i kthimit elastik është:

$$K_s = \frac{R_i + \frac{T}{2}}{R_f + \frac{T}{2}} = \frac{\frac{2R_i}{T} + 1}{\frac{2R_f}{T} + 1} = \frac{\varphi_f}{\varphi_i} = \frac{180^\circ - \alpha_2}{180^\circ - \alpha_1} \quad (6.30)$$

Faktori i kthimit elastik K_s varet nga raporti R/T . Nëse $K_s = 1$ do të thotë që nuk kemi rikuperim elastik dhe $K_s = 0$ tregon për një efekt të plotë të rikuperimit elastik. Për të llogaritur kthimin elastik është zhvilluar një formulë e përafërt që varet nga R_i dhe R_f si në vijim:

$$\frac{R_i}{R_f} = 4 \left(\frac{R_i(Y \cdot S)}{ET} \right)^3 - 3 \left(\frac{R_i(Y \cdot S)}{ET} \right) + 1 \quad (6.31)$$

Gjatë konstruktimit të veglave përkatësisht matricës (die) dhe patricës (punch) si fillim duhet pasur parasysh llojin e përkuljes të cilën dëshirojmë ta aplikojmë, qoftë **përkulja në ajër** apo **përkulja me presim**. Përkulja në ajër ka avantazhet e veta ndaj asaj me presim për shkak se nevojitet forcë minimale për të përkulur detalin, si dhe mund të realizohen përkulje në kënd më të vogël se 90° . Tek përkulja me presim forca e cila aplikohet në përkulje është më e madhe se ajo në ajër meqë rast patrica dhe matrica puthiten njëra me tjetrën atëherë për pasojë kemi konsumim më të shpejtë të veglave dhe jetëgjatësi të tyre më të shkurtër për shkak të forcave të fërkimit. Si avantazh merret përkulja e saktë prej 90° pa pasur nevojë për faktorë korigjues.

Te përkulja në ajër për shkak të tendencës së materialit për t'u rikthyer në formën e mëparshme— efekti kthimit elastik, vlerat e tolerancës prej $3^\circ - 5^\circ$ duhet marrur për konsideratë. Për të parandaluar këtë efekt me qëllim që fleta metalike të përkulet me saktësi në këndin e dëshiruar ajo duhet të përkulet për një kënd α° më shumë.

Në tabelën më poshtë jepen vlerat e madhësive në relacion me njëra tjetrën si zhvendosja Δy këndi i përkuljes β dhe këndi i kthimit elastik α . Në mënyrë që të parandalohet kthimi elastik duhet përkulur më shumë për një kënd të njohur α , vlerat e të cilit në varshmëri nga gjerësia e kanalit V jepen në tabelen 6.1.

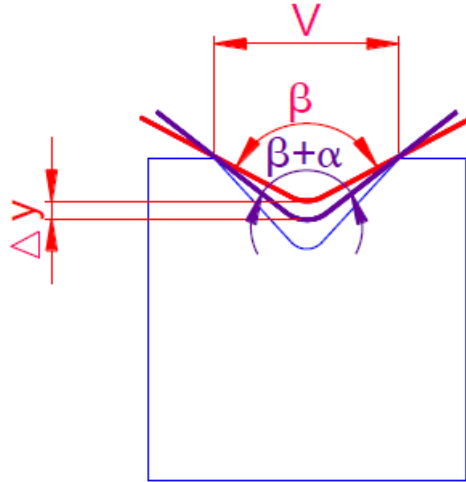


Fig. 6.6. Efekti kthimit elastik pas shkarkimit të patricës [7].

Tabela 6.1. Zhvendosja Δy varësisht nga këndi α i kthimit elastik dhe gjerësia e kanalit V [7].

V (mm)	α								
	1°	1.5°	2°	2.5°	3°	3.5°	4°	4.5°	5°
6	0.031	0.046	0.061	0.076	0.09	0.106	0.121	0.136	0.151
8	0.041	0.061	0.081	0.101	0.121	0.141	0.161	0.181	0.201
9.5	0.048	0.072	0.096	0.12	0.144	0.168	0.192	0.215	0.239
10	0.051	0.076	0.101	0.127	0.152	0.177	0.202	0.226	0.251
12	0.061	0.091	0.122	0.152	0.182	0.212	0.242	0.272	0.301
13	0.066	0.1	0.132	0.165	0.197	0.230	0.262	0.294	0.327
15	0.076	0.114	0.152	0.19	0.228	0.265	0.302	0.34	0.377
16	0.081	0.122	0.162	0.203	0.243	0.283	0.323	0.362	0.402
19	0.097	0.145	0.193	0.241	0.288	0.336	0.383	0.43	0.477
20	0.11	0.152	0.203	0.253	0.304	0.354	0.403	0.453	0.502
24	0.122	0.183	0.244	0.304	0.364	0.424	0.484	0.544	0.603
25	0.127	0.19	0.254	0.317	0.379	0.442	0.504	0.566	0.628
30	0.153	0.23	0.305	0.380	0.455	0.53	0.605	0.679	0.754
32	0.163	0.244	0.325	0.405	0.486	0.566	0.645	0.725	0.804
35	0.178	0.267	0.355	0.443	0.53	0.619	0.706	0.793	0.849
38	0.194	0.299	0.386	0.481	0.577	0.672	0.766	0.861	0.955
40	0.204	0.305	0.406	0.507	0.607	0.707	0.807	0.906	1.005
50	0.255	0.381	0.508	0.633	0.759	0.884	1.01	1.132	1.256
52	0.265	0.4	0.53	0.66	0.789	0.919	1.05	1.178	1.306
55	0.28	0.42	0.56	0.7	0.835	0.972	1.109	1.246	1.382
60	0.306	0.46	0.61	0.76	0.911	1.06	1.21	1.36	1.51
63	0.321	0.48	0.64	0.8	0.96	1.11	1.27	1.43	1.58
70	0.357	0.54	0.71	0.89	1.06	1.24	1.41	1.59	1.76
76	0.387	0.58	0.77	0.96	1.15	1.34	1.53	1.72	1.91
80	0.41	0.61	0.81	1.01	1.21	1.42	1.61	1.81	2.01

7. FORMËSIMI I PRODUKTIT - METODA NUMERIKE PËR PËRKULJEN E LEJUAR DHE ANALIZAT ME ELEMENTE TË FUNDME PËR KTHIMIN ELASTIK

Gjatë formësimit të produkteve nga fletat metalike çdo konstrukterë gjatë dizajnit të pjesëve me njërin nga CAD programet (AutoDesk Inventor, SolidWorks etj), duhet të pasur kujdes në gjatësinë e përkuljes së lejuar, faktorë ky që determinon gjerësinë e fletave përpara se ato të deformohen ashtu që pas procesit të përkuljes të arrihen gjatësisitë e dëshiruara të secilit detal në mënyrë që të mos shfaqen defekte gjatë montimit të pjesëve.

Faktorë që duhet pasur parasysh gjatë procesit të përkuljes në mënyrë që më pas të gjenerohen tabela për softuerët e dizajnit janë:

- *Lloji i materialit (psh. çelik i butë, inoksi, alumini) i cili përkulet,*
- *trashësia e materialit,*
- *dimensionet e matricës (kanë të bëjnë direkt me faktorin R_i) dhe*
- *dimensionet e gjerësisë së kanalit të matricës.*

7.1. Metoda numerike për përkuljen e lejuar

Të dhënat hyrse:

Nga ekuacioni (5.27) $R = 0.16 \cdot V$, për llojin e matricës të paraqitur në figurën 7.1., kemi:

Gjerësia e kanalit: $V := 10 \text{ mm}$

$$R_i := 0.16 \cdot V$$

$$R_i = 1.6 \text{ mm}$$

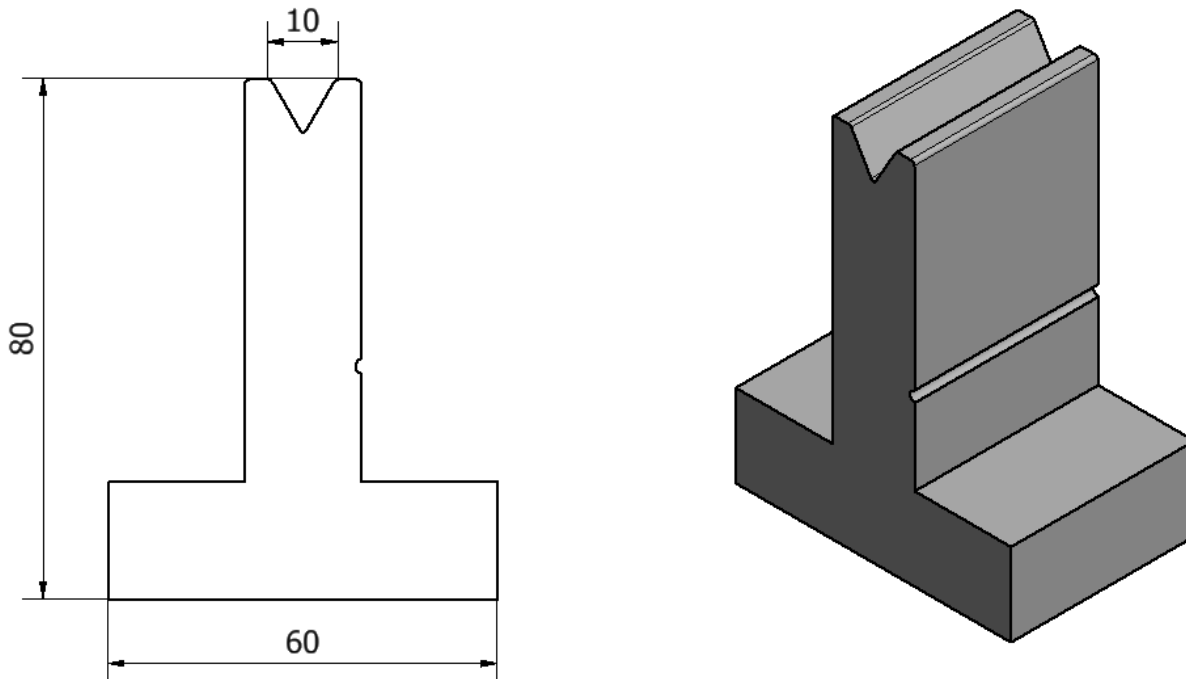


Fig. 7.1. Matrica (die) e llojit US 220 h80.

Për llojin e materialit çelik i butë: $\underline{K} := 0.44$

Trashësia e materialit i cili do të formësohet: $\underline{T} := 1.5 \text{ mm}$

Intervali i përkufizimit për përkuljen në kënd të caktuar nga kushti : $0 \leq \beta \leq 90$

$$\beta := 0,5..90$$

Përkulja e lejuar:

$$\text{Nga (5.2) } \underline{\delta}(\beta) := \pi \cdot \frac{\beta}{180} \cdot [R_i + (K \cdot T)]$$

Gjatësia e përkuljes së lejuar të hequr:

$$\text{Nga (5.25) } L_{PL}(\beta) := \left[2(R_i + T) \cdot \tan\left(\frac{\beta \cdot \pi}{2 \cdot 180}\right) \right] - \delta(\beta)$$

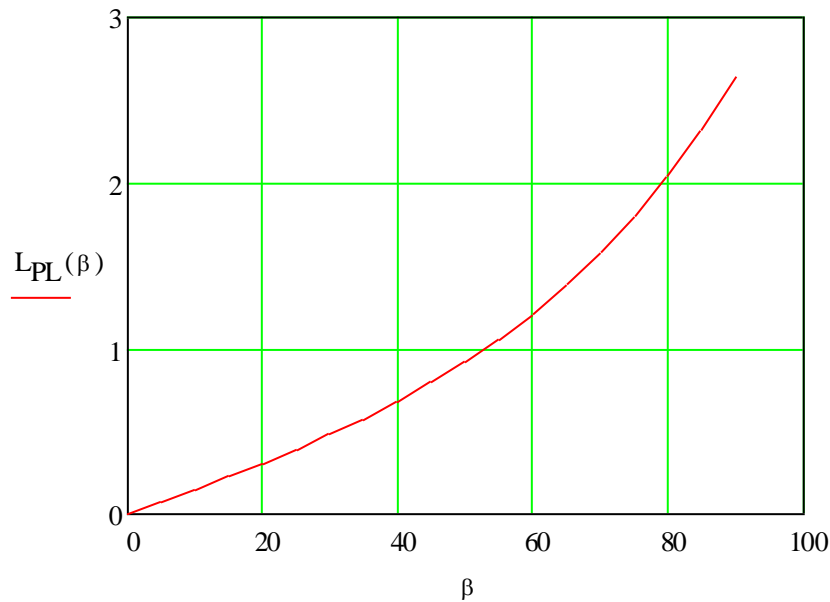


Fig. 7.2. Grafiku i funksionit të gjatësisë së përkuljes së lejuar L_{PL} (mm)

në varësi nga këndi i përkuljes β° për interval të cakutur.

Nga paraqitja grafike vërehet se me rritjen e këndit β° rritet edhe vlera e gjatësisë e cila duhet hequr kur fleta metalike është e shtrirë në mënyrë që pas procesit të përkuljes të arrihen dimensionet e dëshiruara. Për këndin karakteristik prej 90° :

$$L_{PL}(90) = 2.65 \text{ mm}$$

Tabela 7.1. Vlerat numerike të gjatësisë së përkuļjes së lejuar
në varësi nga këndi caktuar.

$L_{PL}(\beta) =$	$\beta =$
0	0
0.073	5
0.148	10
0.225	15
0.304	20
0.388	25
0.478	30
0.574	35
0.679	40
0.793	45
0.919	50
1.058	55
1.213	60
1.386	65
1.58	70
1.799	75
2.047	80
2.328	85
2.65	90

Intervali i përkufizimit për përkuljen në kënd të caktuar nga kushti: $90 \leq \beta \leq 180$

$$\beta := 90, 95 \dots 180$$

Gjatësia e përkuljes së lejuar të hequr:

$$\text{Nga (5.26) } L_{PL}(\beta) := 2 \cdot (R_i + T) - \delta(\beta)$$

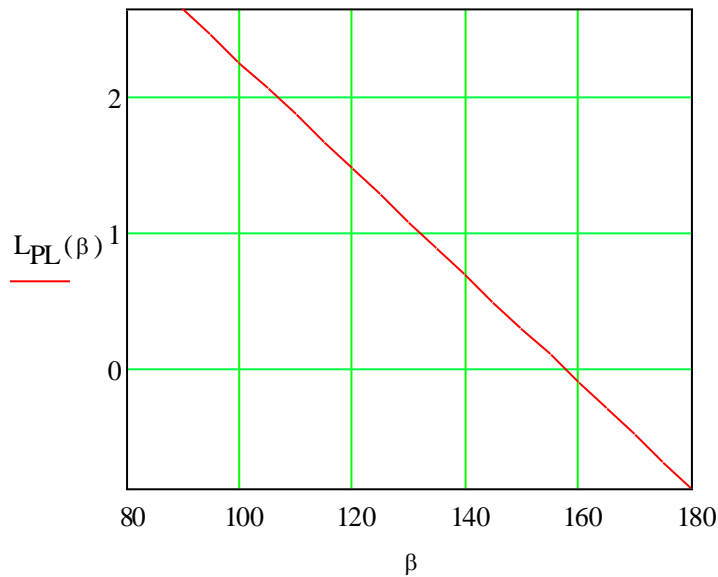


Fig. 7.3. Grafiku i funksionit të gjatësisë së përkuljes së lejuar L_{PL} (mm)

në varësi nga këndi i përkuljes β° për interval të cakutar.

Për shkak se funksioni (6.26) është funksion linear atëherë edhe nga grafiku më lartë shihet së varshmëria në mes madhësive është vijë e drejtë. Ku me rritjen e këndit β° zvogëlohet gjatësia e përkuljes së lejuar deri në vlerën zero. Për këndin karakteristik prej 135° : $L_{PL}(135) = 0.875$ mm.

Tabela 7.2. Vlerat numerike të gjatësisë së përkuljes së lejuar
në varësi nga këndi caktuar.

$L_{PL}(\beta) =$	$\beta =$
2.65	90
2.453	95
2.256	100
2.058	105
1.861	110
1.664	115
1.467	120
1.269	125
1.072	130
0.875	135
0.678	140
0.481	145
0.283	150
0.086	155
-0.111	160
-0.308	165
-0.506	170
-0.703	175
-0.9	180

Kur kemi të bëjmë me fletë metalike me trashësi më të madhe, nëse i referohemi tabelës 4.4 atëherë për $T = 2mm$ gjerësia minimale e matricës V duhet të jetë $15 mm$. Në rastin tonë gjatë formësimit të nënstacionit të çelikut për përkuljen e pjesëve me trashësi më të madhe është përdorur matrica e llojit si në figurën. 7.3.

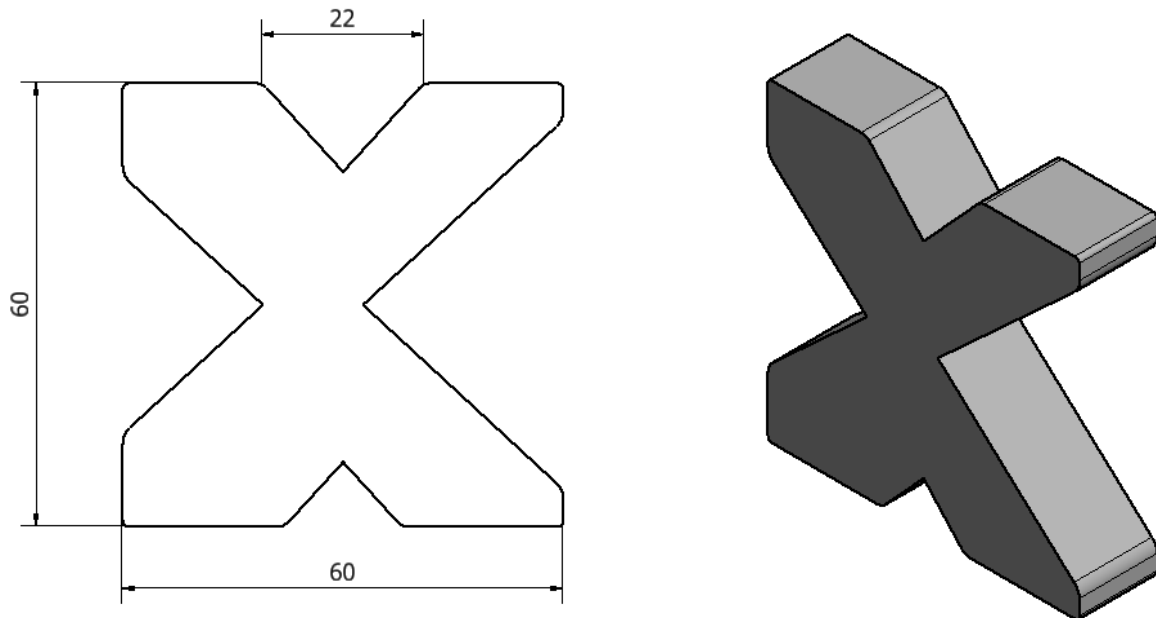


Fig. 7.4. Matrica (die) e llojit US 205-4V.

Për madhësitë hyrse: $T = 2\text{mm}$ dhe $V = 22\text{mm}$, dhe përdorimin e funksioneve dhe intervaleve të ngjashme sikur për rastet me lart kemi: $90 \leq \beta \leq 180$

$$\beta := 0,5..90$$

$$L_{PL}(\beta) := \left[2(R_1 + T) \cdot \tan\left(\frac{\beta \cdot \pi}{2 \cdot 180}\right) \right] - \delta(\beta)$$

$$L_{PL}(90) = 4.128 \text{ mm}$$

Nga lakorja e funksionit më poshtë shihet se me rritjen e gjerësisë së matricës rriten edhe vlerat e gjatësisë së përkujes së lejuar të hequr nga gjatësia totale e fletës metalike të shtrirë.

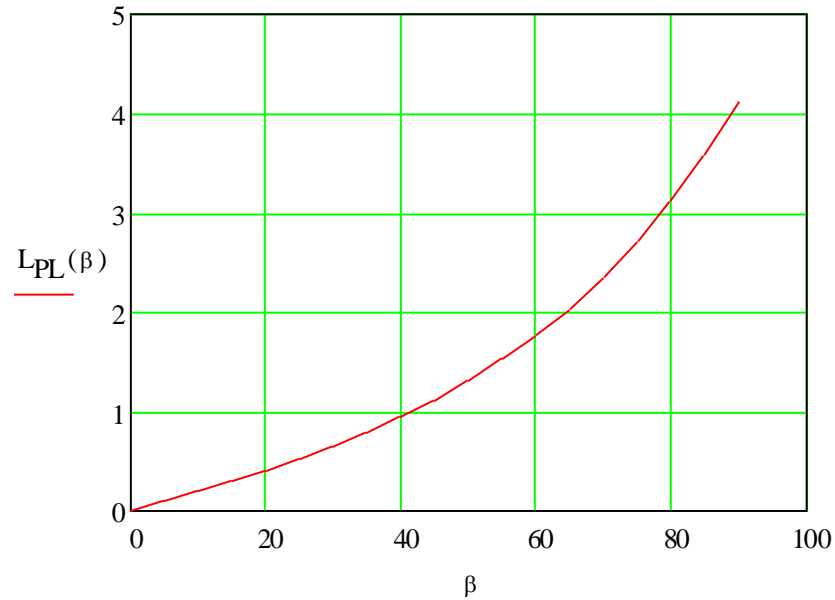


Fig. 7.5. Grafiku i funksionit të gjatësisë së përkuljes së lejuar L_{PL} (mm)

në varësi nga këndi i përkuljes β° në interval të caktuar për matricën $V=22$ mm. .

Për: $90 \leq \beta \leq 180$, atëherë gjenerojmë madhësitë tjera numerike dhe grafike të nevojshme me ndihmën e softuerit Mathcad.

$$\beta := 90, 95 .. 180$$

$$L_{PL}(\beta) := 2 \cdot (R_1 + T) - \delta(\beta)$$

$$L_{PL}(135) = 0.673 \text{ mm}$$

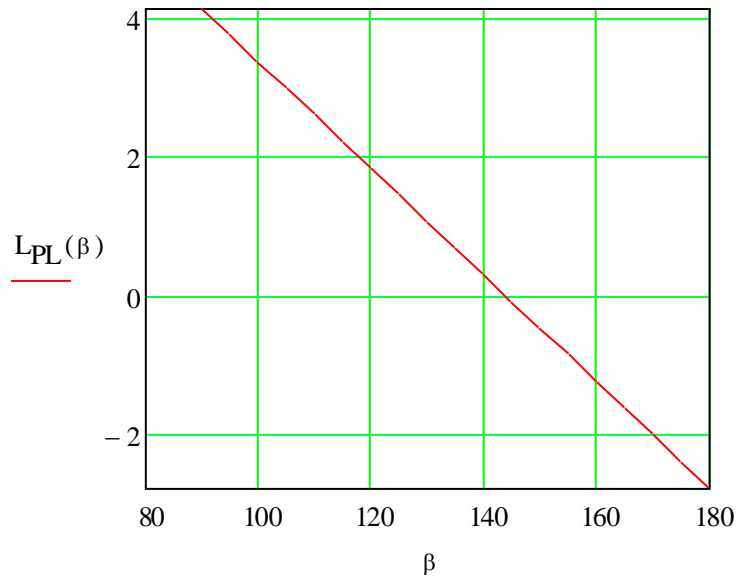


Fig. 7.6. Grafiku i funksionit të gjatësisë së përkuljes së lejuar L_{PL} (mm)

në varësi nga këndi i përkuljes β° në interval të caktuar për matricën $V=22$ mm.

Me ndihmën e këtyre ekuacioneve matematikore krijojmë tabelat e përkuljes, qoftë në Mathcad apo edhe MS Excel, ku më pas i zhvendosim sikur tekst dokument (notepad.txt) dhe i ngarkojmë në njërin nga softuerët për dizajnim. Nga figura 7.7. shohim se gjatësia e përkuljeve të lejuara shënohet me x , ku:

$$x = L_{PL}$$

gjatesite e perkuljeve te lejuar - Notepad

File Edit Format View Help

```

;
; The correction value X is applied as follows:
;
; L = A + B - x
;
; (L = unfolded length in flat pattern)
; (A = length of side A (outside measurement of bendingzone))
; (B = length of side B (outside measurement of bendingzone))
;
;-----
;
; Angle A expressed in degrees.
;
;-----
;
;
;UNITS for tolerance; thickness; bend radius and correction values
; use Autodesk Inventor standard units such as 'in' and 'mm'
/U      mm
;
;TOLERANCES valid for the whole file
;
/T1     0.000040
/T2     0.004000
/T3     0.004000
;
;

```

Fig. 7.7. Krijimi i tabelave të perkuljes si file.txt që mund të përdoret në njërën nga softuerët e dizajnit.

```

*** TABLE 2
;
;sheet thickness
/S      1.500000
;
;bending radii
/R      0.125000      0.500000      0.700000      1.000000      1.200000      1.500000
;opening angle: ----- correction value x -----
/A      0.000000      3.706693      2.332882      1.289229      0.441829      -0.325221      -1.743417
/A      5.000000      3.721785      2.406969      1.420084      0.624001      -0.093964      -1.417211
/A      10.000000     3.736877      2.481055      1.550938      0.806172      0.137292      -1.091005
/A      15.000000     3.751969      2.555142      1.681793      0.988343      0.368548      -0.764799
/A      20.000000     3.767060      2.629229      1.812648      1.170515      0.599804      -0.438593
/A      25.000000     3.782152      2.703315      1.943503      1.352686      0.831060      -0.112387
/A      30.000000     3.797244      2.777402      2.074357      1.534858      1.062316      0.213819
/A      35.000000     3.812336      2.851488      2.205212      1.717029      1.293572      0.540025
/A      40.000000     3.827428      2.925575      2.336067      1.899200      1.524828      0.866231
/A      45.000000     3.842520      2.999662      2.466922      2.081372      1.756085      1.192437
/A      50.000000     3.857612      3.073748      2.597776      2.263543      1.987341      1.518644
/A      55.000000     3.872703      3.147835      2.728631      2.445715      2.218597      1.844850
/A      60.000000     3.887795      3.221921      2.859486      2.627886      2.449853      2.171056
/A      65.000000     3.902887      3.296008      2.990341      2.810057      2.681109      2.497262
/A      70.000000     3.917979      3.370095      3.121195      2.992229      2.912365      2.823468
/A      75.000000     3.933071      3.444181      3.252050      3.174400      3.143621      3.149674
/A      80.000000     3.948163      3.518268      3.382905      3.356572      3.374877      3.475880
/A      85.000000     3.963255      3.592354      3.513760      3.538743      3.606134      3.802086
/A      90.000000     3.978346      3.666441      3.644614      3.720915      3.777777      4.201785
/A      95.000000     3.637846      3.322184      3.273456      3.317404      3.399295      3.617809
/A      100.000000    3.324704      3.010112      2.940922      2.958955      3.012699      3.171700
/A      105.000000    3.034762      2.725336      2.641141      2.638718      2.669774      2.780180
/A      110.000000    2.764596      2.463825      2.369279      2.351053      2.364075      2.435191
/A      115.000000    2.511354      2.222225      2.121310      2.091263      2.090232      2.130024
/A      120.000000    2.272636      1.997712      1.893845      1.855395      1.843729      1.859030
/A      125.000000    2.046399      1.787883      1.684000      1.640084      1.620719      1.617404
/A      130.000000    1.830889      1.590672      1.489298      1.442439      1.417900      1.401016
/A      135.000000    1.624581      1.404288      1.307589      1.259952      1.232403      1.206281
/A      140.000000    1.426139      1.227158      1.136983      1.090420      1.061713      1.030054
/A      145.000000    1.234377      1.057888      0.975809      0.931892      0.903597      0.869546
/A      150.000000    1.048233      0.895226      0.822567      0.782616      0.756057      0.722256
/A      155.000000    0.866743      0.738040      0.675894      0.641006      0.617277      0.585917

```

Fig. 7.8. Krijimi i tabelave të përkuljes si file.txt që mund të përdoret në njërin nga softuerët e dizajnit.

7.2. Analiza me elemente të fundme për kthimin elastik

Analizat me elemente të fundme i mundësojnë çdo konstruktor që gjatë përkuljes së fletëve metalike të materialit të caktojnë të gjejnë për secilën nyje apo element të caktojnë:

- *Sforcimet,*
- *shpejtësinë dhe nxitimet e nyjeve, elementeve,*
- *deformimet plastike,*
- *deformimet elastike,*
- *zhvendosjet e nyjeve, elementeve,*
- *lakoren sforcim- zgjatim,*
- *kthimin elastik etj*

Me ndihmën e softuerit Abaqus- CAE analizojmë përkuljet e fletës metalike në matricat V.

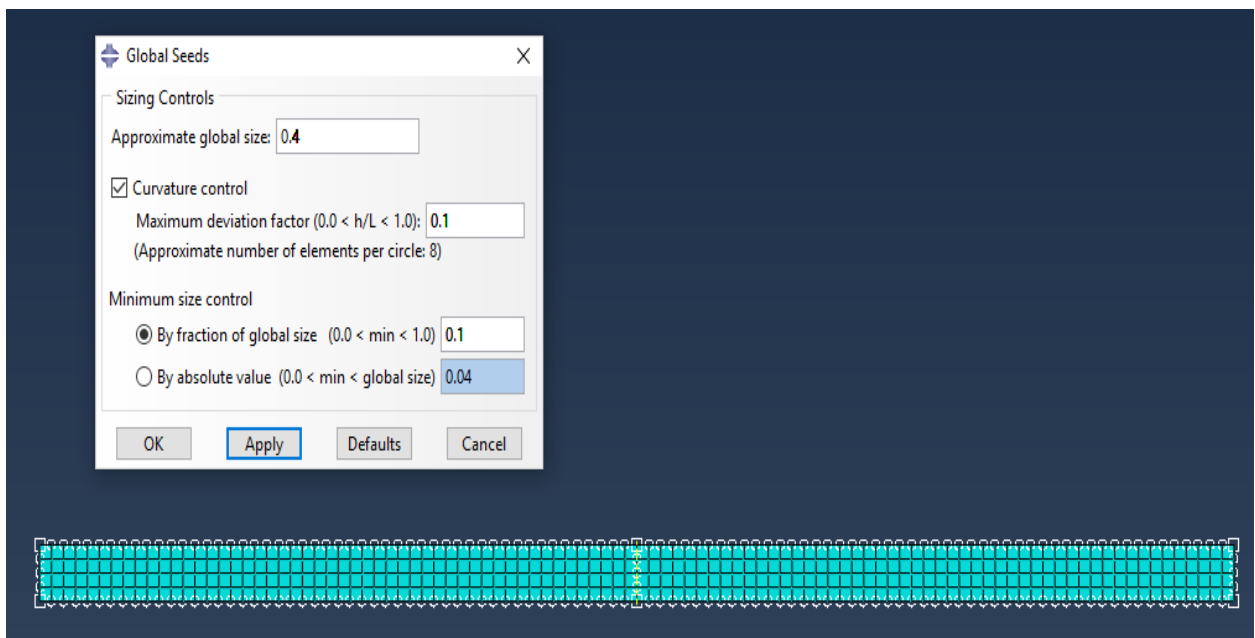


Fig. 7.9. Krijimi i rrjetës (elementeve) me madhësi 0.4 mm^2 për analiza me elemente të fundme.

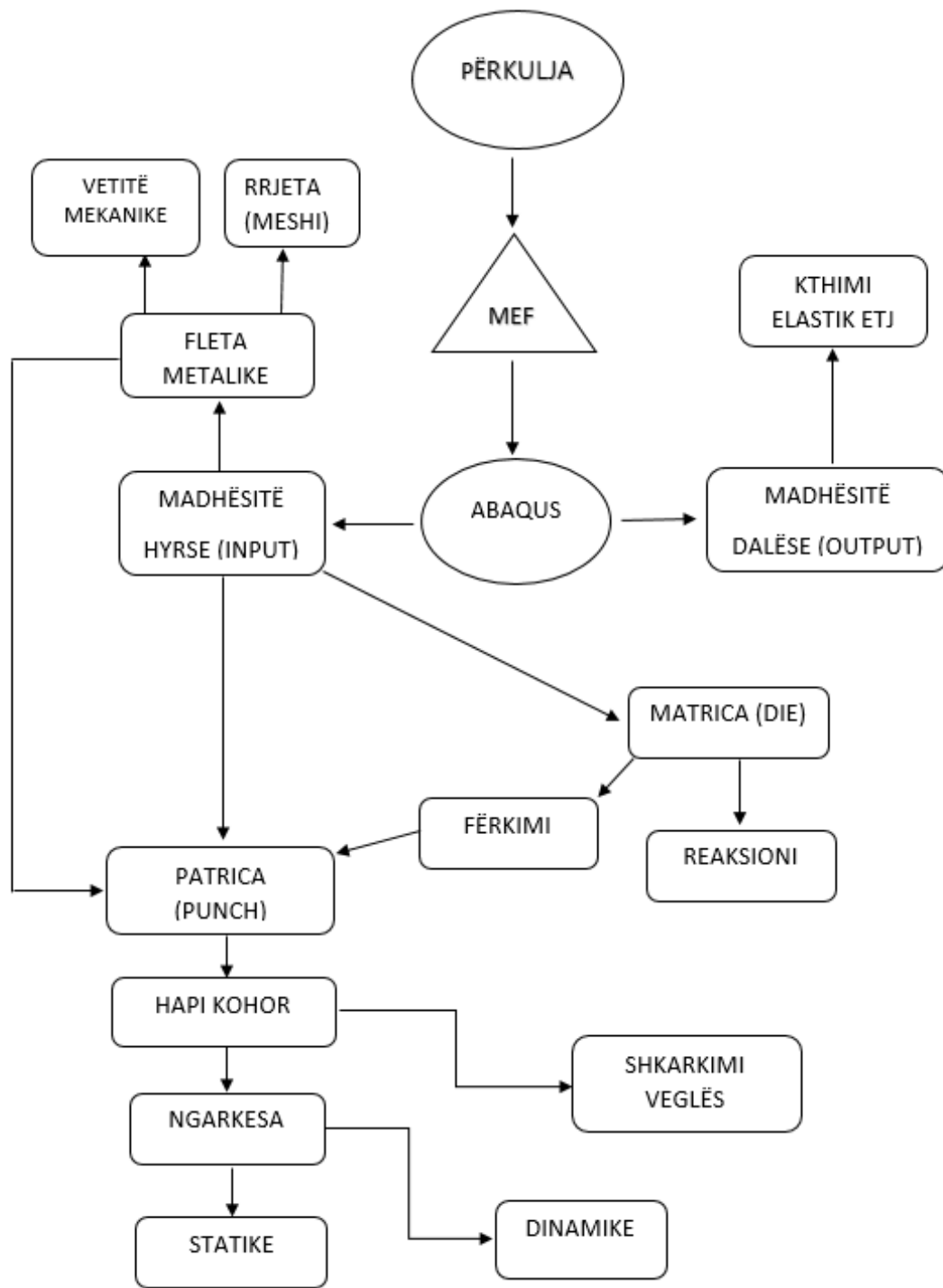


Fig. 7.10. Algoritmi i simulimit me MEF gjatë procesit të përkuljes.

Nga figura 7.10., shihet se kemi krijuar rrjetën (meshin) e fletës metalike e cila do t'i nënshtrohet përkuļjes nga patrica (punch). Në Abaqus CAE fleta metalike caktohet si e deformueshme dhe e materialit çelik me veti përkatëse:

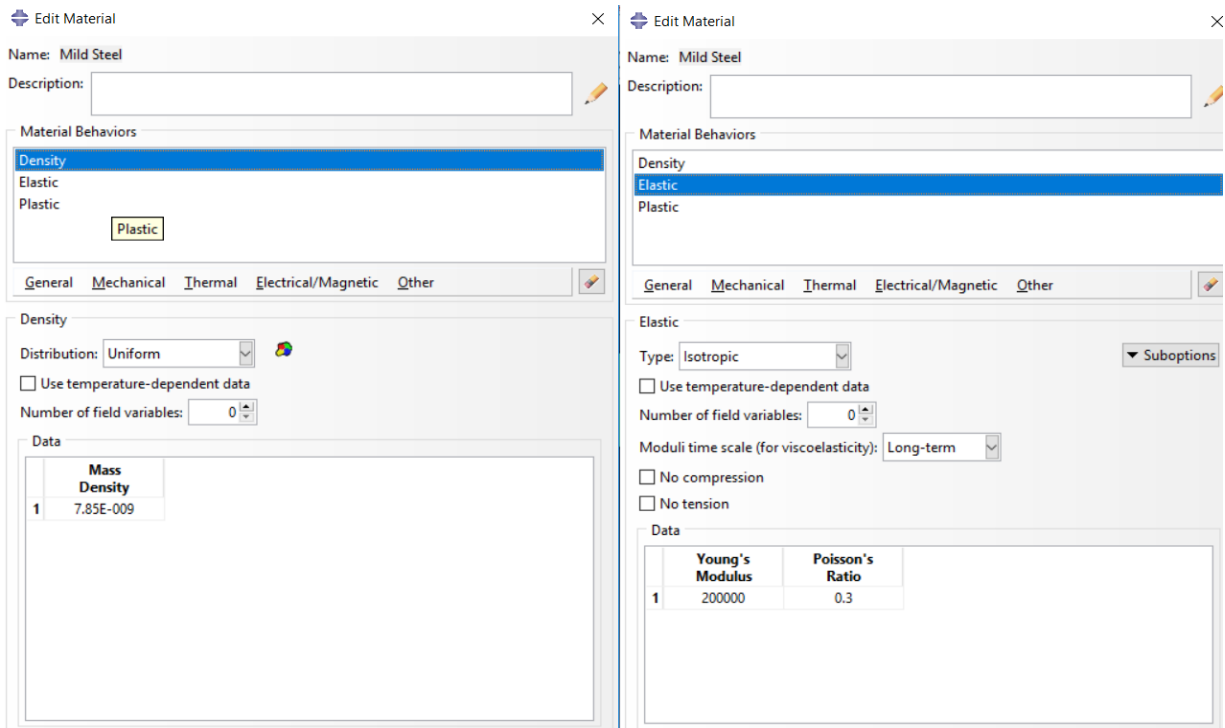


Fig. 7.11. Përcaktimi i karakteristikave mekanike të materialit.

Patrica (punch), matrica (die) V konsiderohen si rigjide (të pa deformueshme). Faktor tjetër determinues është koeficienti i fërkimit në momentin që patrica vepron në material $f = 0.5$. Metoda me elemente të fundme mundëson të gjenden qoftë sforcimet, deformimet etj për nje (node) të veçanta të tërësisë së trupit apo edhe elementeve të veçanta. Gjatë përkuļjes sforcimet e pjesës punuese gjenden në zonën e deformimeve plastike ashtu që fleta metalike merr formën e dëshiruar.

7.3. Analiza me MEF për fletën metalike në matricën (die) US 205-4V

Me ndihmën e programit ABAQUS CAE analizojmë veprimin e patricës (punch) US 148-60 për të realizuar përkuljen në ajër të matricës US 205-4V. Veglat të cilat janë përdorur edhe në praktikë për formësimin e shumë paneleve nga fletat metalike me trashësi deri 2 mm. Nga figura më poshtë shihet se sforcimet maksimale janë në kufirin e deformimeve plastike për çelik, meqë rast realizohet përkulja në këndin e dëshiruar dhe kanë vlerë prej 547.4 MPa. Zhvendosjet varësisht nga hapi kohor (step time) janë të ndryshme.

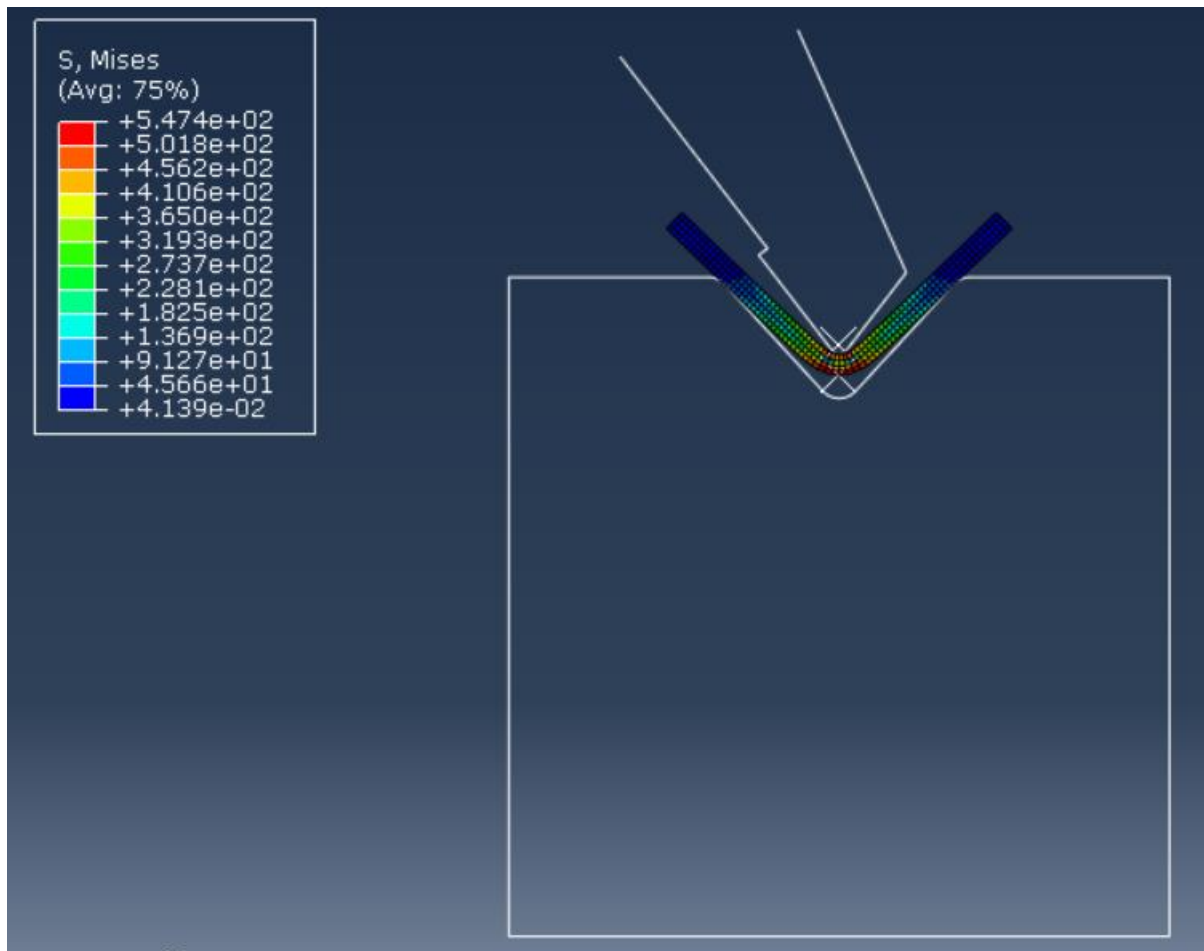


Fig. 7.12. Përkulja në ajër për fletën metalike me trashësi $T=2$ mm dhe gjatësi 40 mm .

Po që se dëshirojmë të paraqesim grafikisht lakoren sforcim- zgjatim së pari gjejmë vlerat numerike dhe lakoren për sforcime dhe zhvendosje të elementeve apo nyjeve të caktuara.

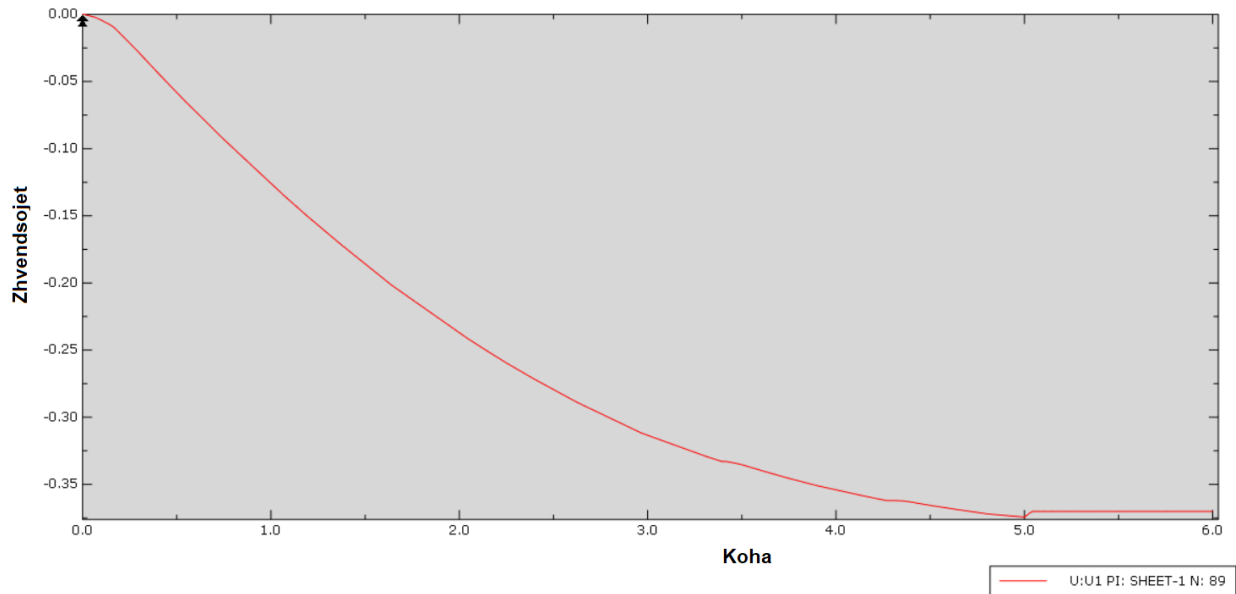


Fig. 7.13. Lakorja zhvendosjeve për nyjen 89.

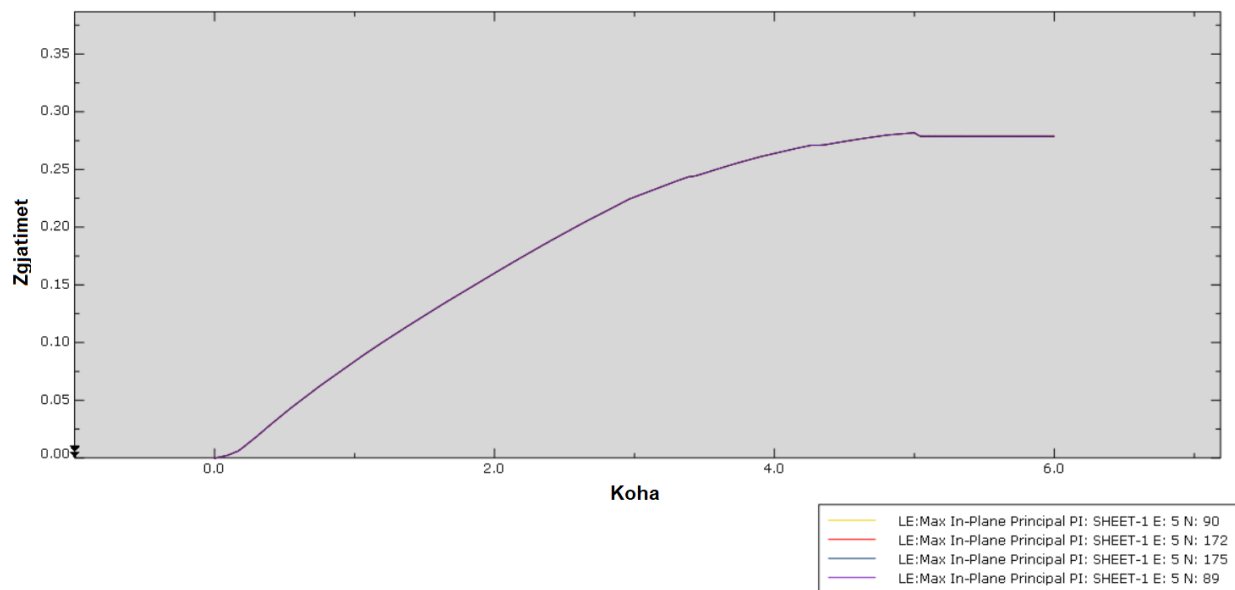


Fig. 7.14. Lakorja e zgjatimeve për nyjen 89.

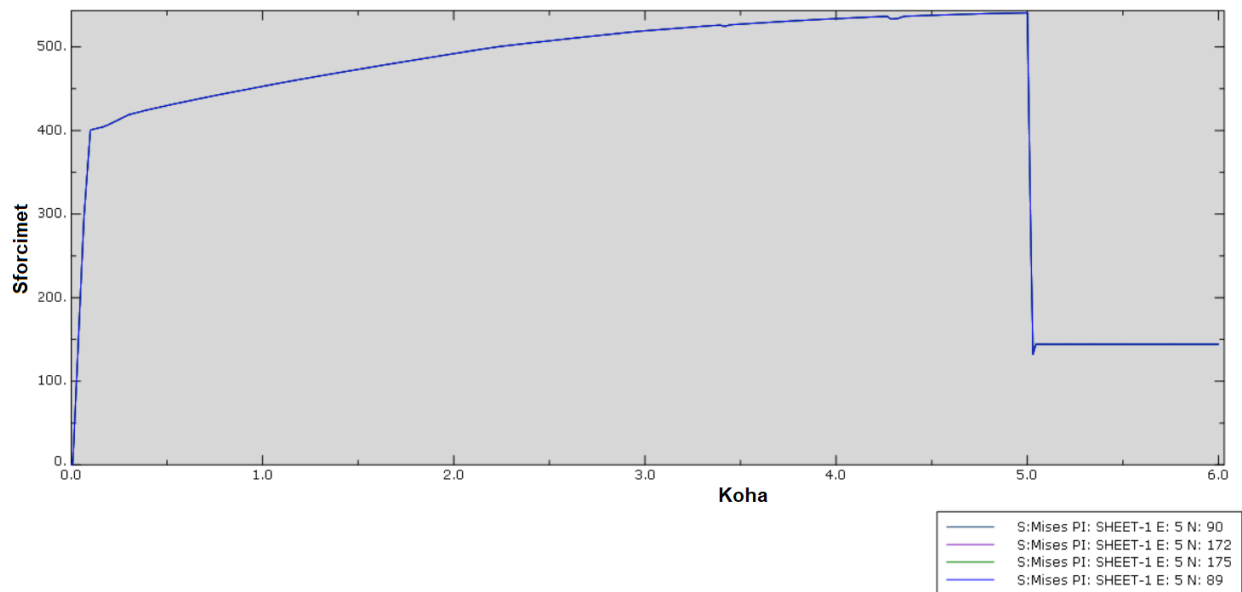


Fig. 7.15. Lakorja e sforcimeve për elementin 5 të nyjes 89.

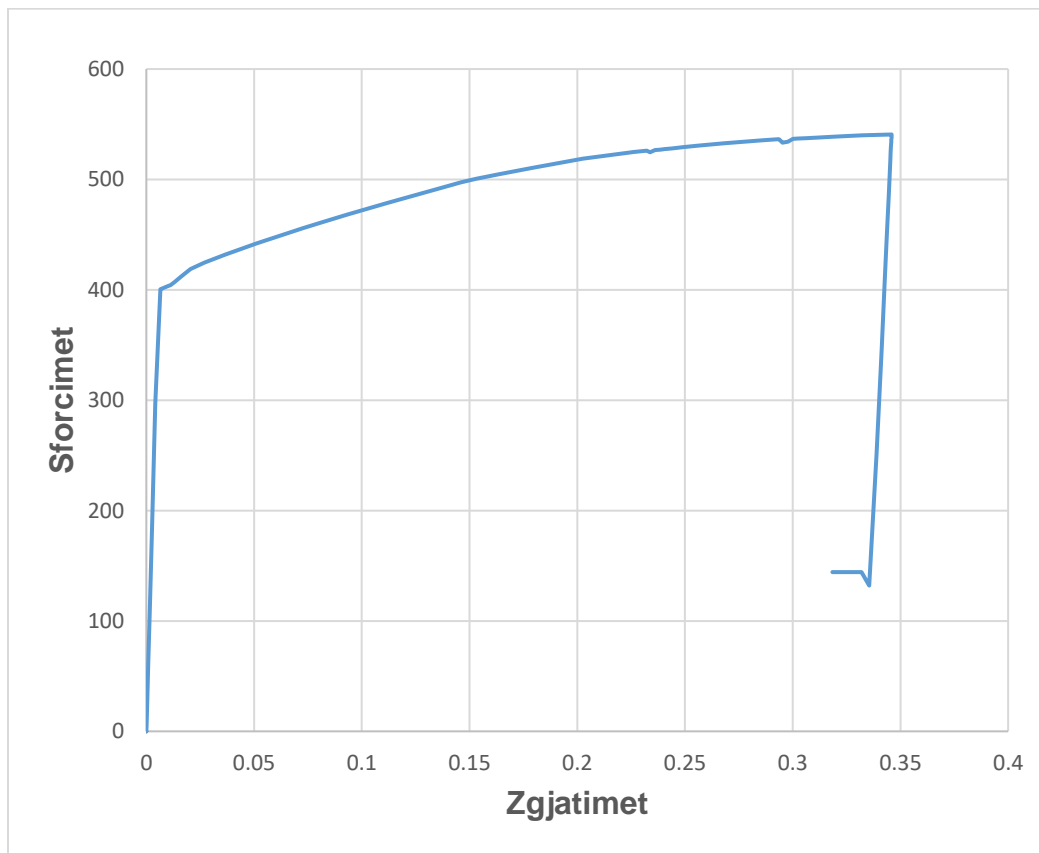


Fig. 7.16. Lakorja sforcim-zgjatim e elementit 5, nyjes 89.

Për të gjetur efektin sasior të kthimit elastik për nyjen apo elementin përkatës caktojmë:

- Koordinatat e nyjes 88 gjatë sforcimit maksimal: $-4.51496e+000$, $-5.68689e+000$,
- koordinatat e nyjes 88 pas shkarkimi të veglës: $-4.51496e+000$, $-5.68689e+000$.

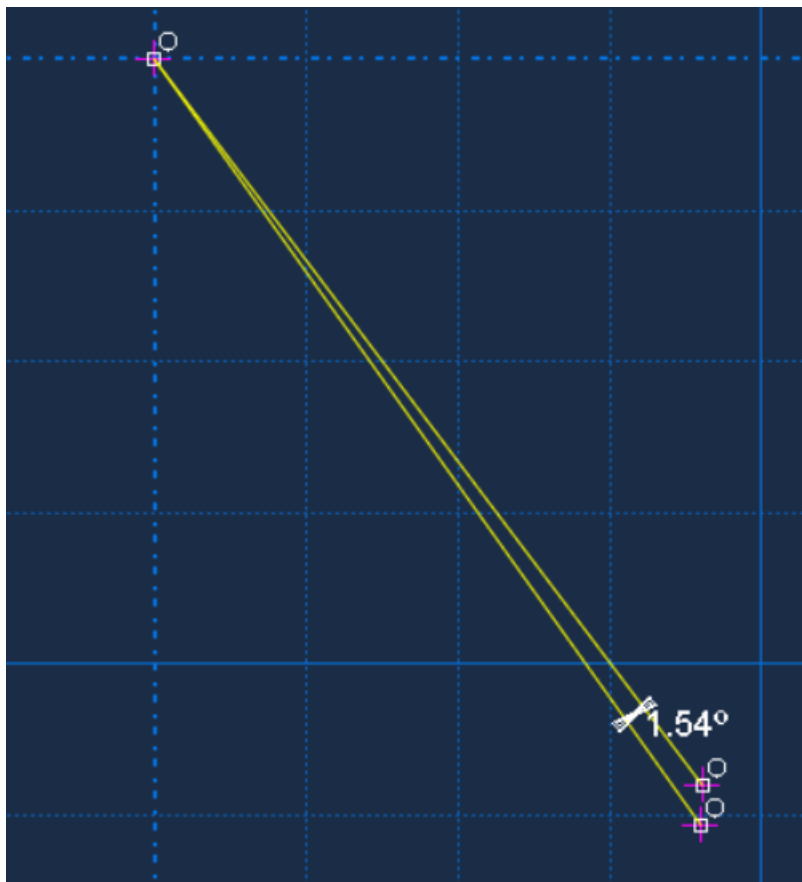


Fig. 7.17. Kthimi elastik i shprehur në shkallë.

Nga figura 7.17., shihet që kthimi elastik pas shkarkimi të veglës është 1.54° .

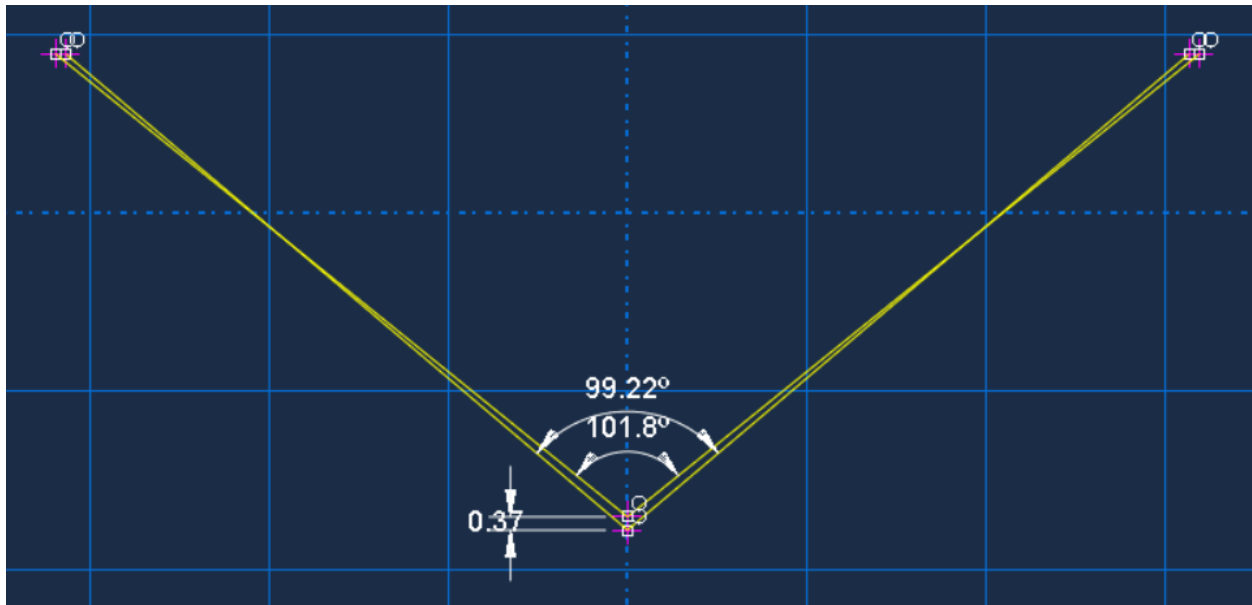


Fig. 7.18. Këndi i realizuar prej 99.22° kur përkulja arrin sforcimin maksimal dhe këndi i realizuar prej 101.8 pas shkarkimit të vegles (kthimi elastik).

Shihet se diferenca në shkallë pas kthimit elastik është 2.58° dhe zhvendosja $\Delta y = 0.37$ dhe nëse i referohemi të dhënave nga praktika të mbledhura nga tabela 6.1., dhe bëjmë krahasimin e rezultateve në mes modelit virtual dhe atij në realitet shohim se rezultate janë pothuajse të njëjta.

Nga tabela 6.1., për matricën me gjerësi të kanalit $V = 22\text{mm}$ kemi:

$\Delta y = 0.3$ për $\alpha = 2 - 3^\circ$ - vlera numerike të nxerrura nga provat empirike,

$\Delta y = 0.37$ për $\alpha = 2.58^\circ$ - vlera numerike të realizuar me metodën e elementeve të fundme.

7.4. Analiza me MEF për fletën metalike në matricën (die) US 220 h80

Analizojmë veprimin e patricës (punch) US 148-60 për të realizuar përkuljen në ajër të matricës) US 220 h80. Vegla të cilat janë përdorur edhe në praktikë për formësimin e shumë paneleve- kabineteve nga fletat metalike me trashësi deri 1.5 mm. Nga figura shihet se sforcimet maksimale janë në kufirin e deformimeve plastike për çelik të butë meqë rast realizohet përkulja në këndin e dëshiruar dhe kanë vlerë prej 567.3 MPa. Zhvendosjet varësisht nga hapi kohor (step time) janë të ndryshme.

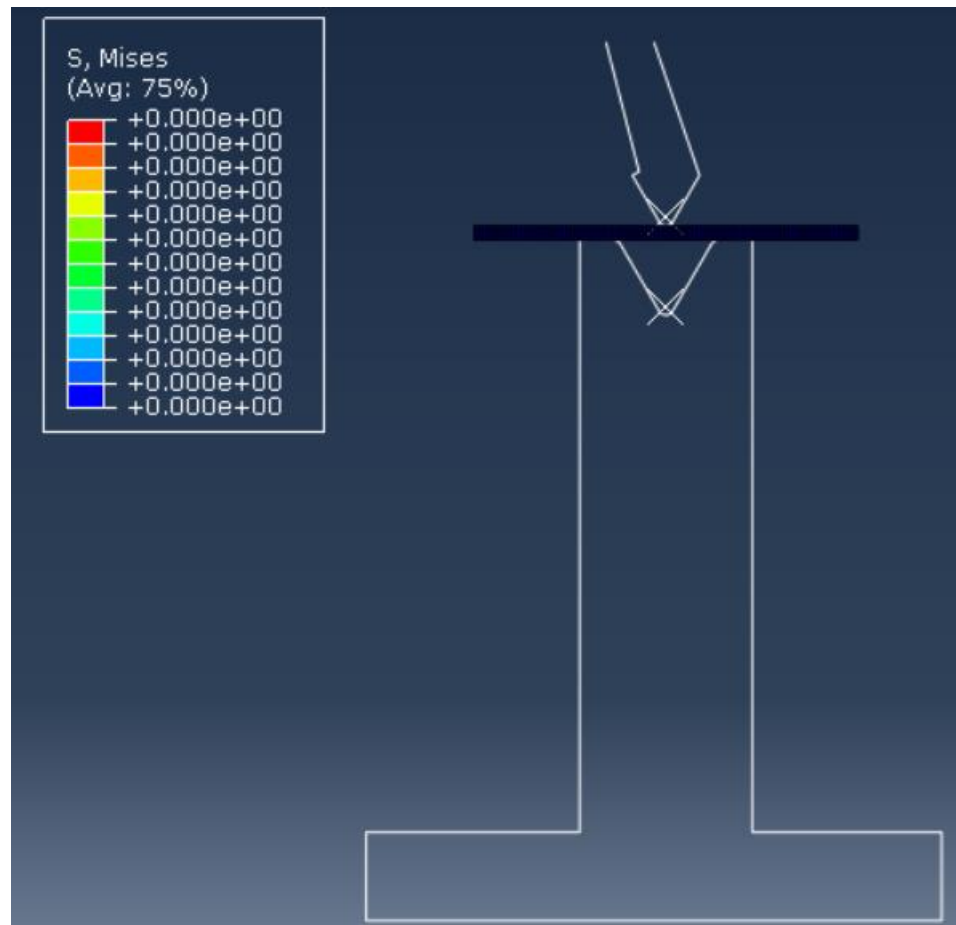


Fig. 7.19. Përkulja në ajër e realizuar në matricën die US 220 h80.

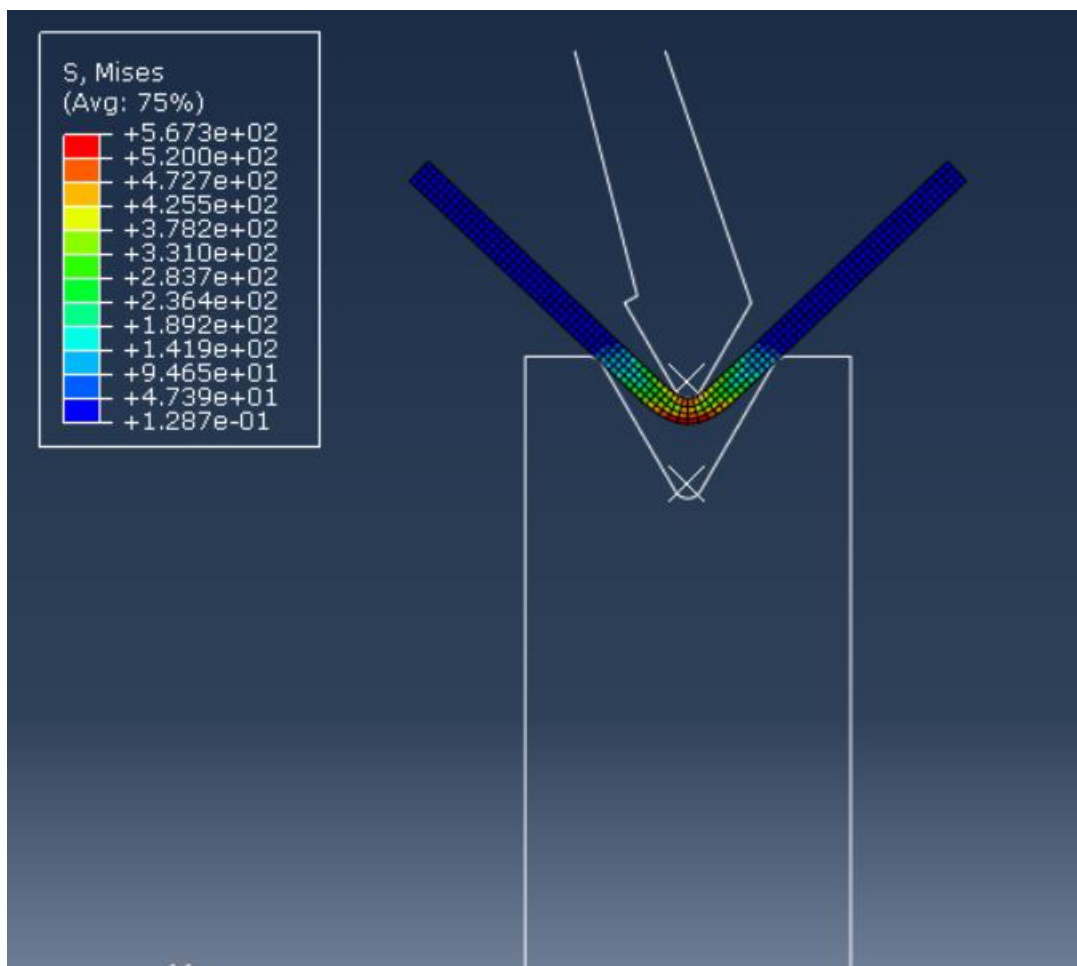


Fig. 7.20. Përkulja në ajër për fletën metalike me trashësi $T = 1.5\text{mm}$ dhe gjatësi 40mm .

Për të paraqitur grafikisht lakoren sforcim- zgjatim së pari gjejmë vlerat numerike dhe lakoren për sforcime dhe zhvendosje të elementeve apo nyjeve të caktuara.

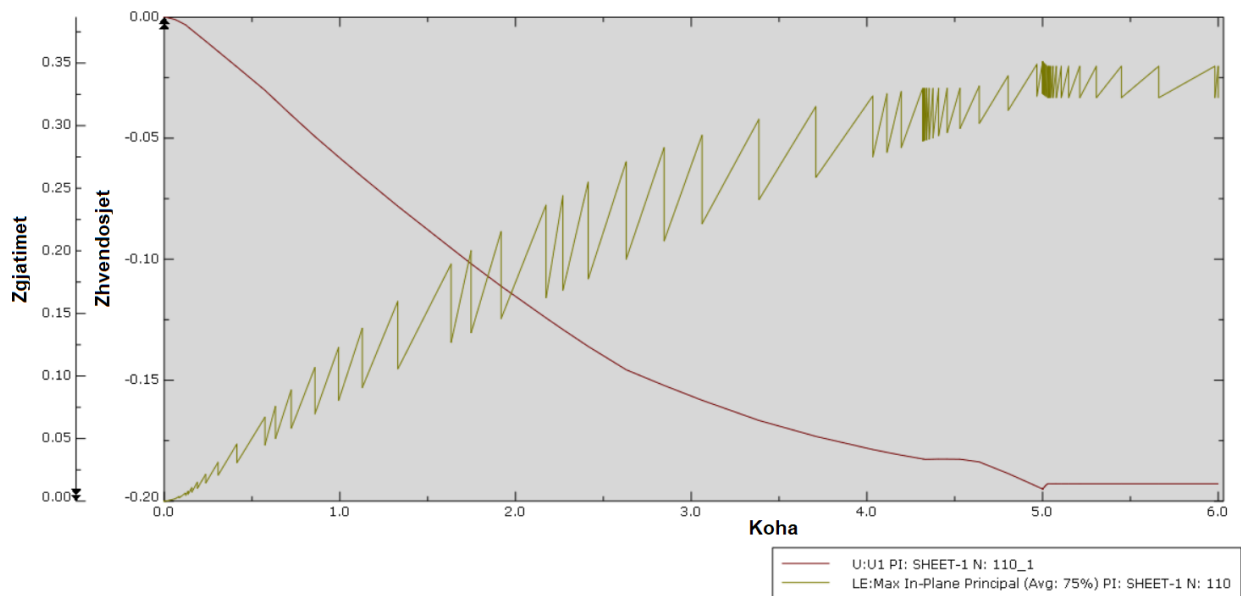


Fig. 7.21. Grafiku i zhvendosjeve, zgjatimeve për nyjen 110.

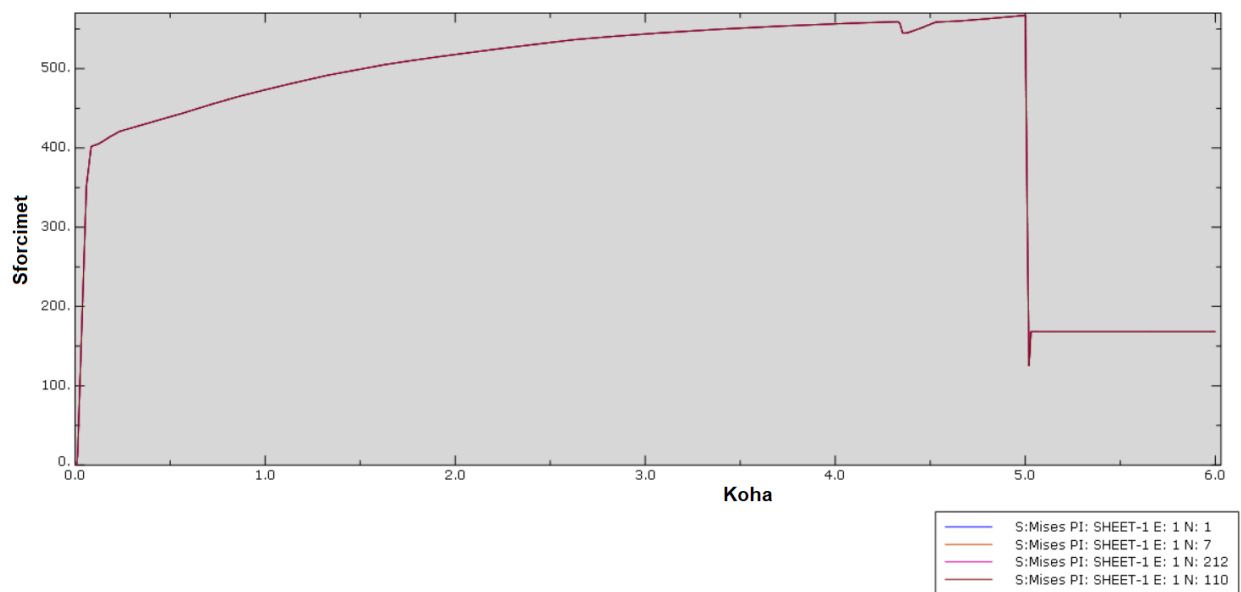


Fig. 7.22. Grafiku i sforcimeve për elementin 1.

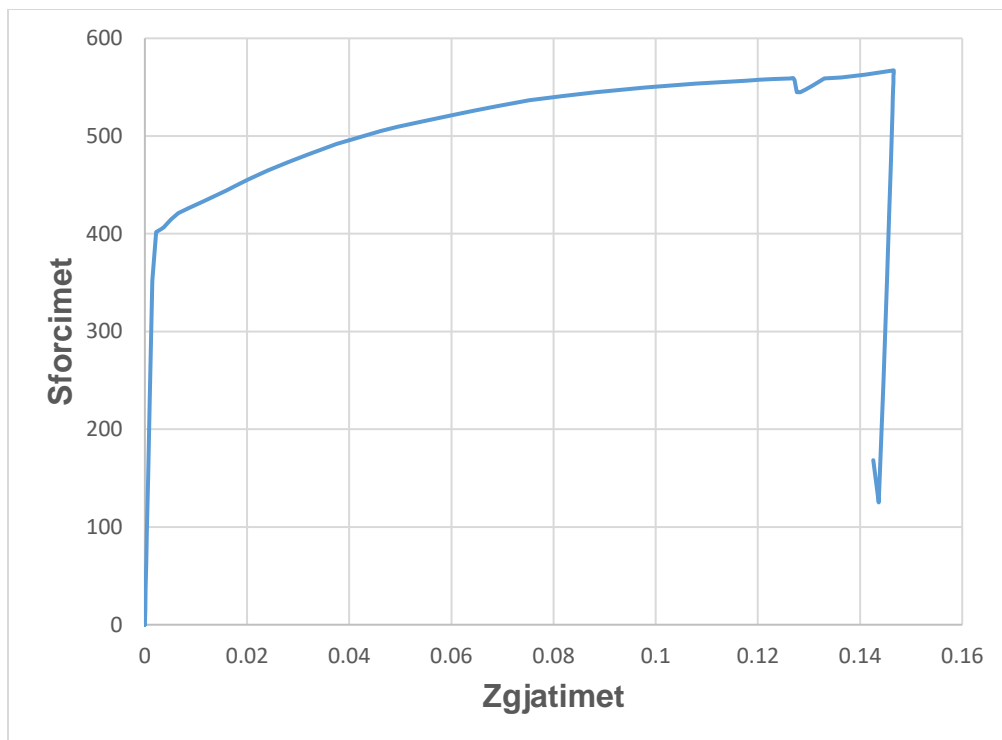


Fig. 7.23. Lakorja sforcim- zgjatim e elementit dhe nyjes përkatëse.

Për të gjetur efektin sasior të kthimit elastik për nyjen apo elementin përkatës caktojmë:

- Koordinatat e nyjes 5 gjatë sforcimit maksimal $-1.53907e+001$, $9.71147e+000$,
- koordinatat e nyjes 88 pas shkarkimi të veglës: $-1.56203e+001$, $9.53852e+000$.

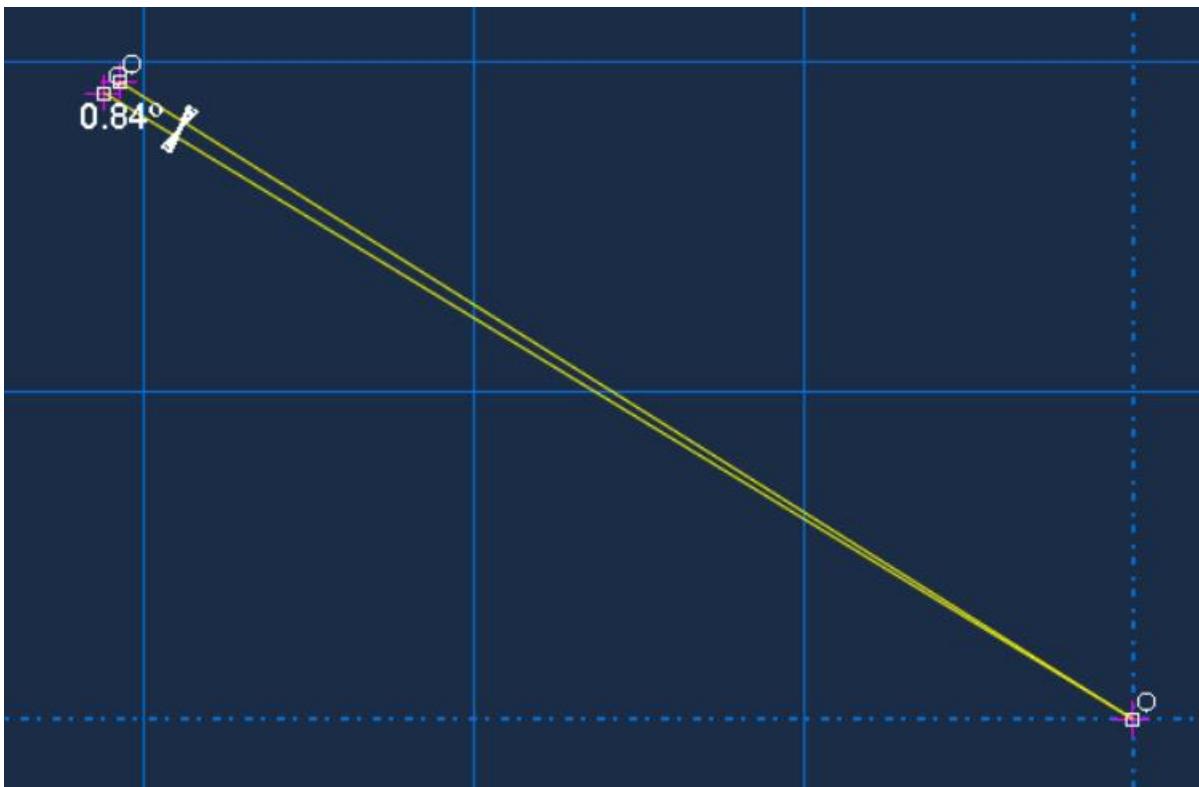


Fig. 7.24. Kthimi elastik i shprehur në shkallë.

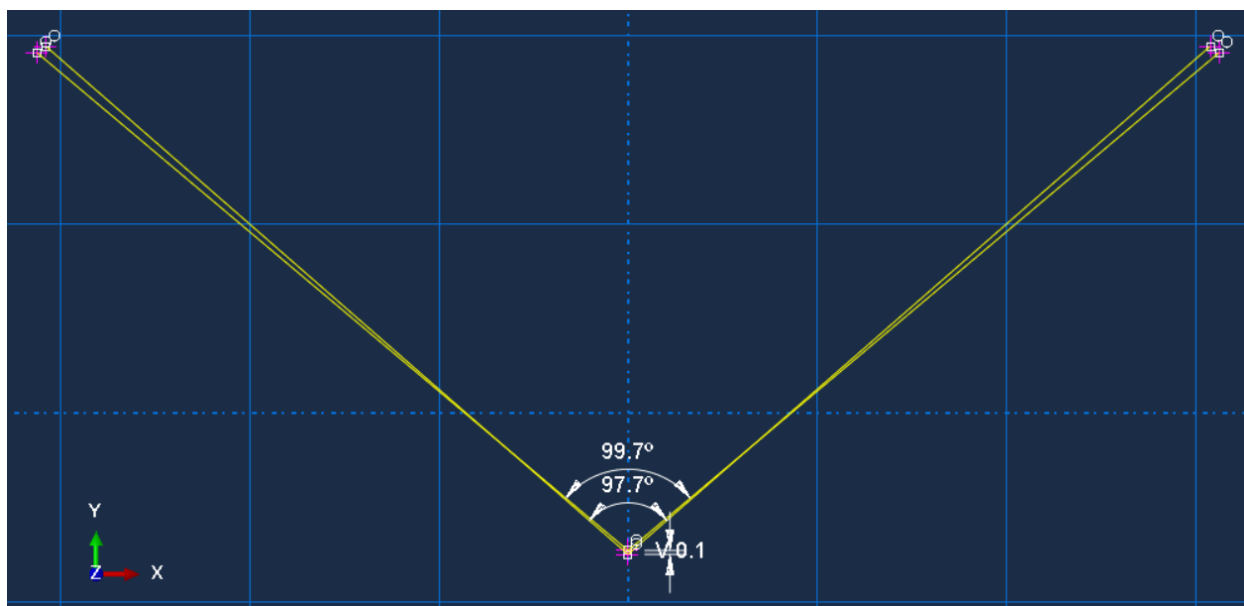


Fig. 7.25. Këndi i realizuar prej 97.7° kur përkulja arrin sforcimin maksimal dhe këndi i realizuar prej 99.7° pas shkarkimit të veglës (kthimi elastik).

Shihet se diferenca në shkallë pas kthimit elastik është 2° dhe zhvendosja $\Delta y = 0.1$ dhe nëse i referohemi të dhënave nga praktika të mbledhura nga tabela 6.1., dhe bëjmë krahasimin e rezultateve në mes modelit virtual dhe atij në realitet shohim se rezultate janë pothuajse të njëjta. Nga tabela 6.1., për matricën me gjerësi të kanalit $V = 10\text{mm}$ kemi:

$\Delta y = 0.1$ për $\alpha = 2^\circ$ - vlera numerike të nxerrura nga provat empirike,

$\Delta y = 0.0999$ për $\alpha = 2^\circ$ - vlera numerike të realizuar me metodën e elementeve të fundme.

7.5. Kthimi elastik në funksion të gjerësisë së matricës (die), rrezës së patricës (punch) dhe këndit të realizuar

Simulimi kompjuterik bëhet për fletën metalike me dimensione: gjatësi 40 mm , gjerësi 40 mm dhe trashësi sipas provës përkatëse. Karakteristikat tjera sipas tabelës në vijim:

Tabela 7.3. Karakteristikat mekanike (madhësitë hyrëse) të mostrës për simulim.

Fleta metalike 40x40, mm	
Materiali	Densiteti, kg/m^3
Çelik	7850
Deformimet elastike	
Moduli i Youngut, MPa	Koeficienti Poissonit
200	0.3
Deformimet Plastike	
Sforcimet plastike, MPa	Zgjatimet
400	0
420	0.02
500	0.2
600	0.5

Tabela 7.4. Parametrat e simulimit në funksion të gjerësisë së matricës.

Matrica (die) V	Rrezja e patricës (punch)	Trashësia
22 mm	0.8 mm	2 mm
16 mm	0.8 mm	2 mm
10 mm	0.8 mm	2 mm

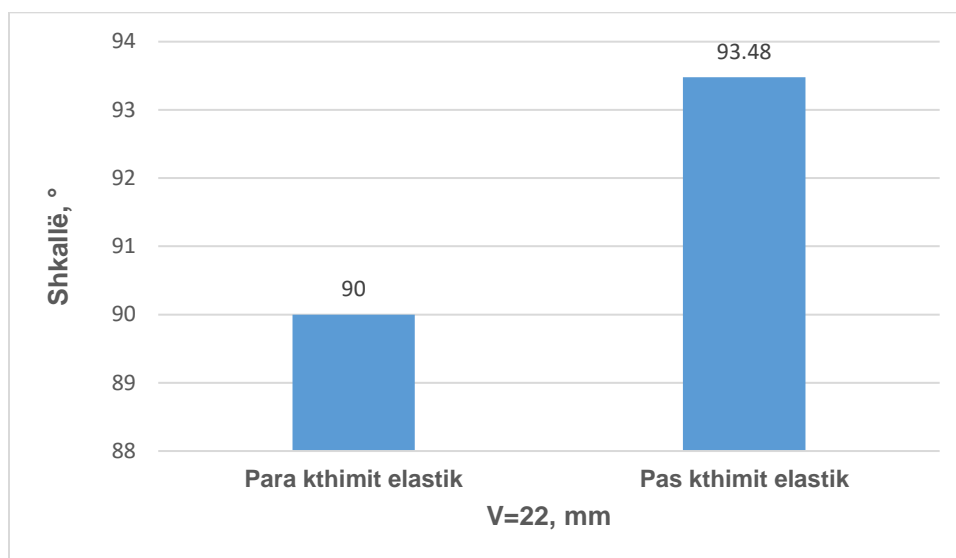


Fig. 7.26. Përkulja e realizuar para dhe pas kthimit elastik për matricën përkatëse.

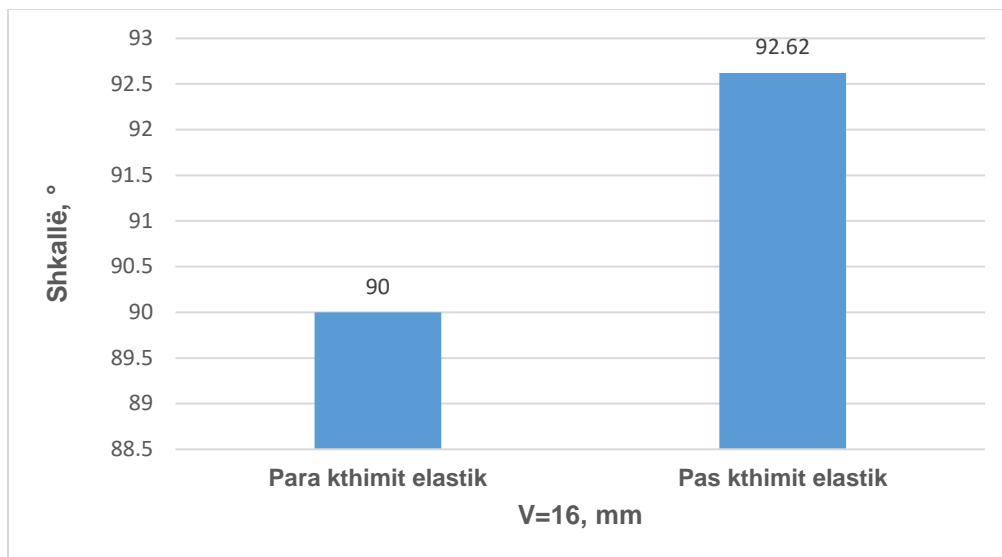


Fig. 7.27. Përkulja e realizuar para dhe pas kthimit elastik për matricën përkatëse.

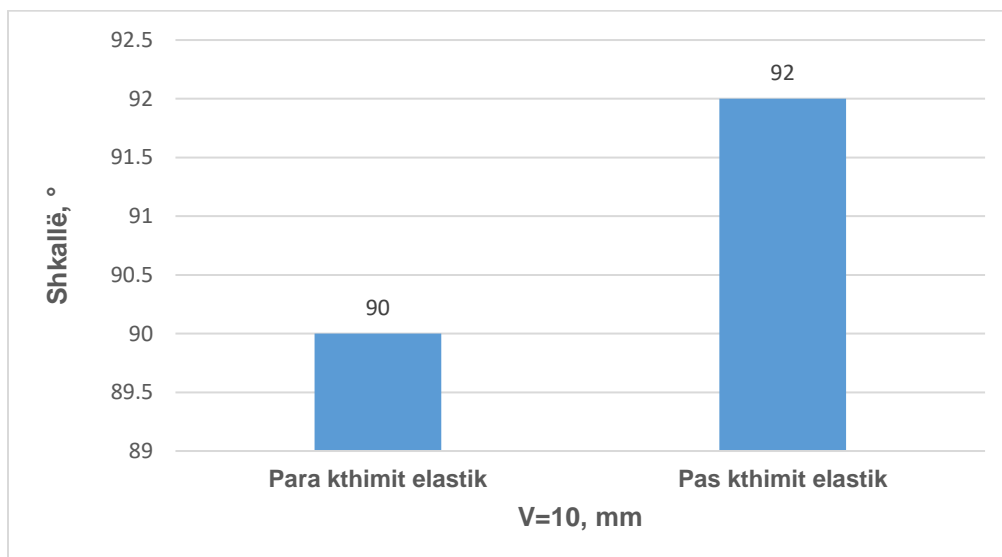


Fig. 7.28. Përkulja e realizuar para dhe pas kthimit elastik për matricën përkatëse.

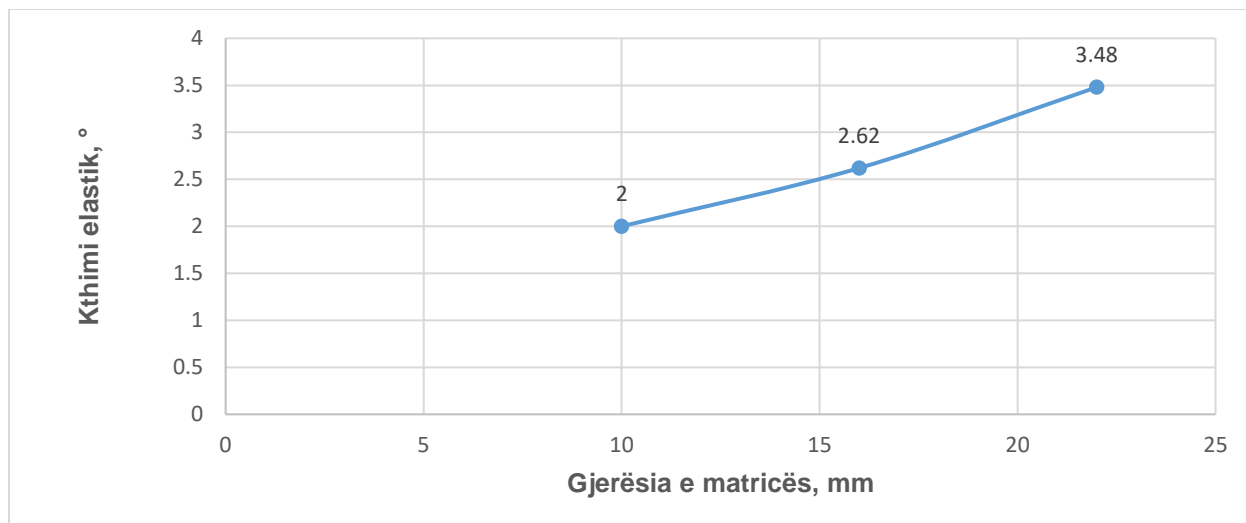


Fig. 7.29. Vlerat e kthimit elastik (springback) varësisht nga gjerësia e matricës.

Me rritjen e rrezës së patricës shihet se kthimi elastik gjithashtu ka tendencë të vogël për rritje.

Tabela 7.5. Vlerat e kthimit elastik në varësi nga gjerësia e matricës.

Matrica V22			
Rrezja patricës	0.8 mm	2 mm	3 mm
Fleta metalike	2 mm	2 mm	2 mm
Kthimi elastik	2.58	2.62	2.66

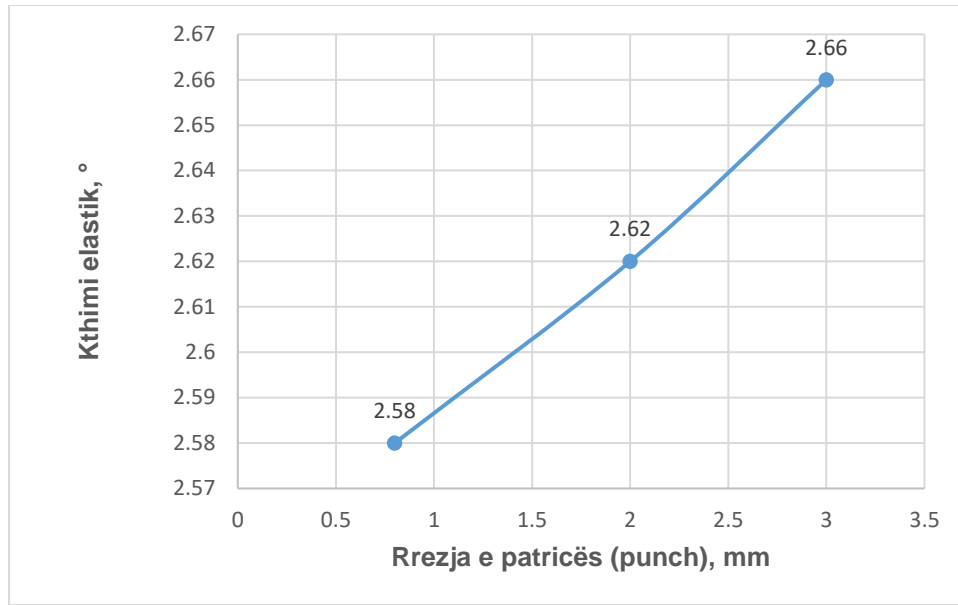


Fig. 7.30. Vlerat e kthimit elastik (springback) varësisht nga rrezja e patricës.

Në vazhdim analizojmë rastin e kthimit elastik në varësi nga këndi i përkuljes i cili do të realizohet tabela 7.6., Për shkak të gjeometrisë së veglës US 220 h80 këndi maksimal më i vogël i cili mund të realizohet është 60° . Për këtë arsye është bërë simulimi i kthimit elastik për kënd $60-135^\circ$. Nga rezultatet e marra kuptojmë se me zvogëlimin e këndit deformimet plastike janë më të mëdha në material, njëherit edhe sforcimet e mbetura, meqë rasti vlerat e kthimit elastik janë më të mëdha për kënde më të vogla dhe anasjelltas.

Tabela 7.6. Vlerat e kthimit elastik në varësi nga këndi i realizuar i përkuljes.

Matrica V10, T1.5					
Rrezja patricës	0.8 mm	0.8 mm	0.8 mm	0.8 mm	0.8 mm
Këndit realizuar	68	80	95	113	135
Kthimi elastik	2.35	2.22	2.02	1.81	1.68

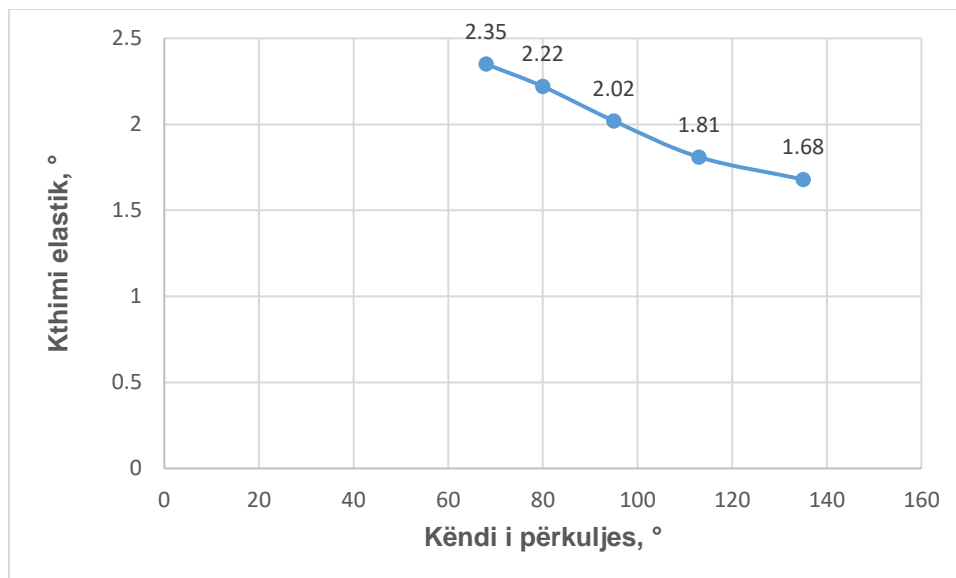


Fig. 7.31. Vlerat e kthimit elastik (springback) varësisht këndi i realizuar.

7.6. Kthimi elastik ne funksion të trashësisë së fletës metalike

Nga figura 7.31., shihet se me zvogëlimin e trashësisë së fletës metalike vlerat e kthimit elastik rriten dhe anasjelltas.

Tabela 7.7. Parametrat e simulimit në funksion të trashësisë së fletës metalike.

Matrica (die) V	Rrezja e patricës (punch)	Trashësia
22 mm	0.8 mm	0.5 mm
22 mm	0.8 mm	2 mm
22 mm	0.8 mm	3 mm

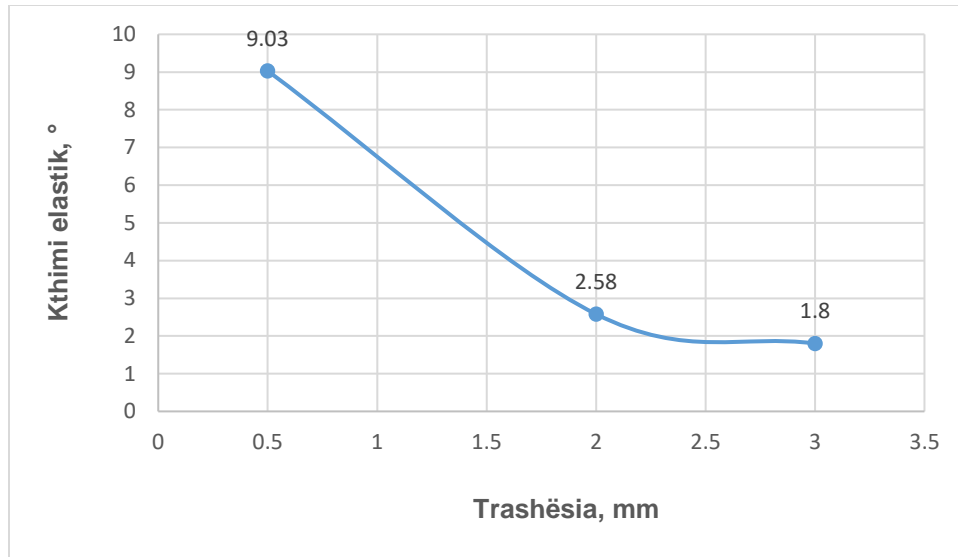


Fig. 7.32. Vlerat e kthimit elastik (springback) varësisht nga trashësia e fletës metalike.

7.7. Kthimi elastik ne funksion të koeficientit të fërkimit

Tek lyerja me fluid në mes veglave formësuese dhe pjesës punuese natyrisht se koeficienti i fërkimit do të zvogëlohet ashtu që edhe pas shkarkimit të veglës pjesa punuese do të mbetet në pozitën e saj të përkuljes (fig. 7.32.). Sforcimet maksimale që do të mbesin në material janë 208.6 MPa, të mjaftueshme për të ruajtur plasticitetin (formën) e dëshiruar. Për dallim nga lyerja solide koeficienti i fërkimit do të jetë më i madh gjë e cila ndikon që pas shkarkimit të veglës forcat më të mëdha të fërkimit do të tentojnë mos shkëputjen fletës nga patrica ashtu që fleta metalike do të ngritet në një distancë të caktuar (fig. 7.33.).

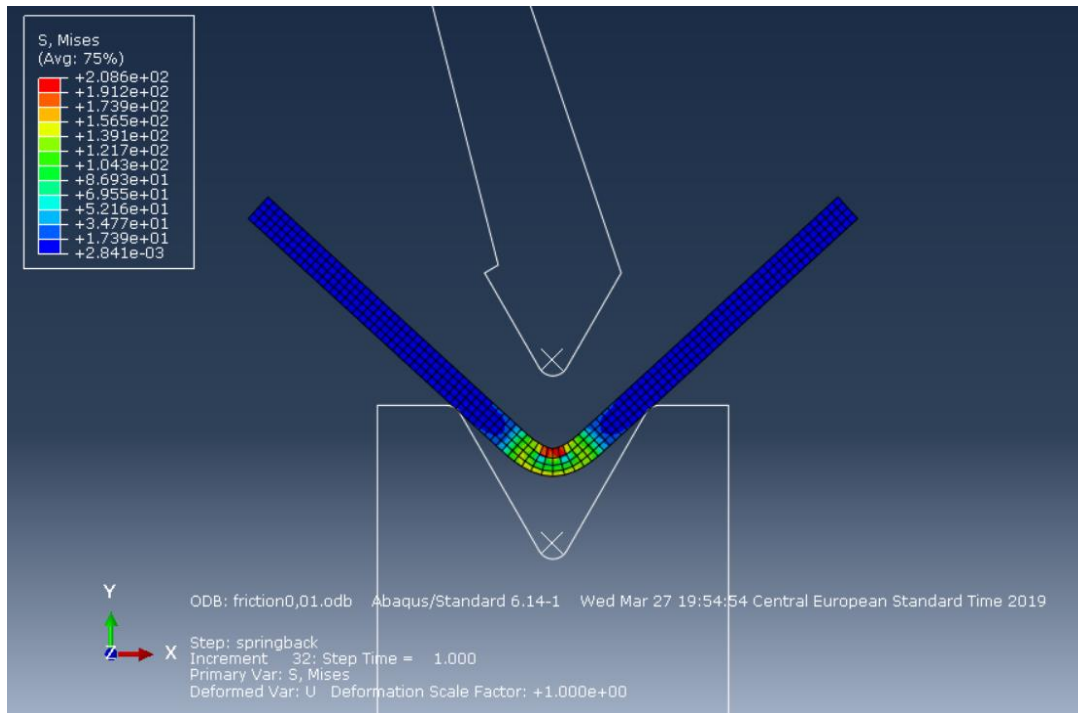


Fig. 7.33. Pamja e veglave për formësim pas kthimit elastik, me koeficient fërkimi 0.01.

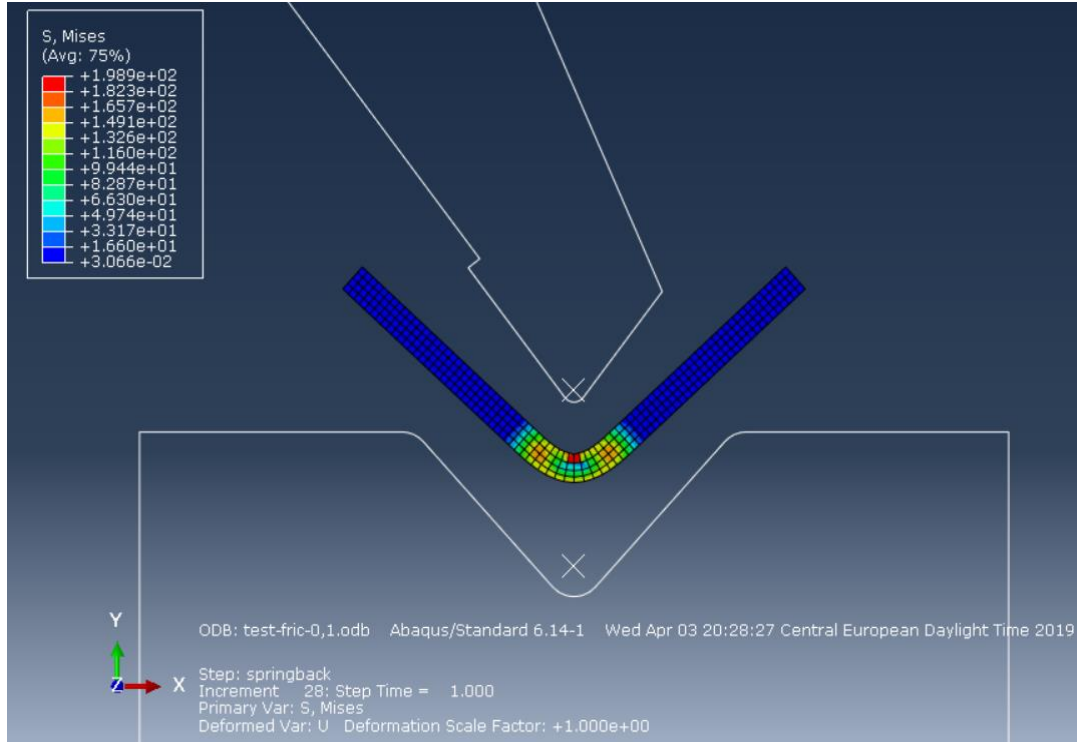


Fig. 7.34. Pamja e veglave për formësim pas kthimit elastik, me koeficient fërkimi 0.5.

Me rritjen e koeficientit të fërkimit f , forca normale e cila vepron në material është më e vogël, në rastin e koeficientit të fërkimit 0.5 pas kthimit elastik sforcimet maksimale të mbetura janë 198.9 MPa.

$$F_f = f \cdot F_N \quad (7.1)$$

$$F_N = \frac{F_\mu}{f} \quad (7.2)$$

Me anë të teknikave të simulimit MEF, për matricën (die) të llojit US 220 h80 (fig.7.34.) dhe patricën US 148-60 R0.8 realizojmë përkuljen e fletës metalike me trashësi 1.5 mm dhe gjatësi 40 mm nën vlerat e ndryshme të koeficientëve të fërkimit duke fituar rezultatet përkatëse të kthimit elastik.

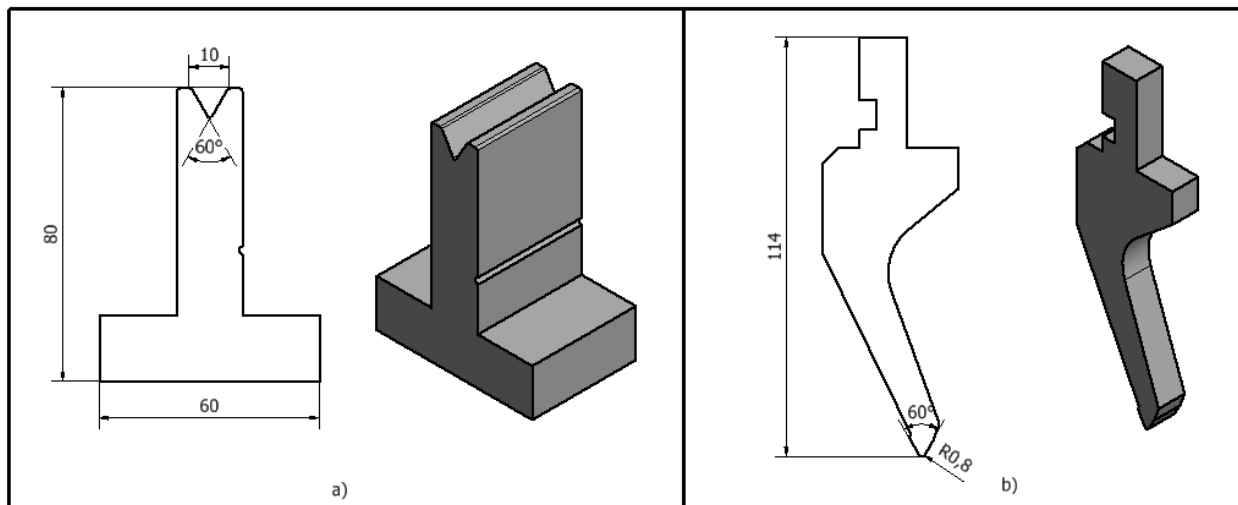


Fig. 7.35. a) Matrica US 220 h80.

b) Patrica US 140-60 R0.8.

Tabela 7.8. Kthimit elastik varësisht nga koeficienti i fërkimit në mes fletës metalike dhe patricës/ matricës.

Këndi realizuar	93.78	93.78	93.77	93.62	93.12	91.64	90.01
Këndi pas kthimit elastik	91.75	91.74	91.72	91.57	91.08	89.66	89.52
Kthimi elastik	2.03	2.04	2.05	2.05	2.04	1.98	0.49
f	0.005	0.01	0.05	0.1	0.25	0.9	1

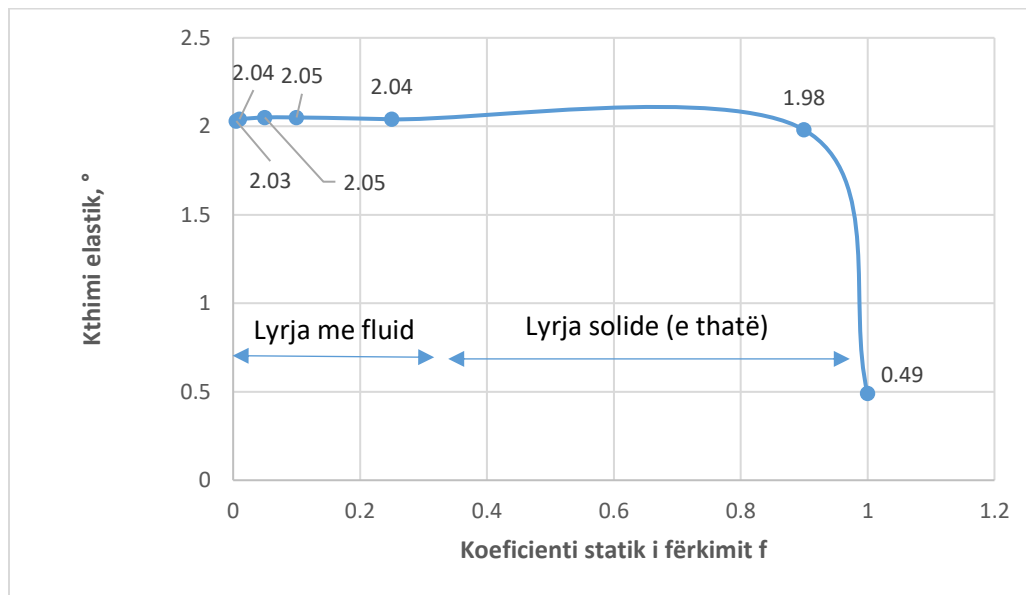


Fig. 7.36. Kthimi elastik në funksion të koeficientit statik të fërkimit.

Nga lakorja kthim elastik/ fërkim shihet me rritjen e vlerave të fërkimit kthimi elastik shënon ulje. Praktikisht vlera e koeficientit statik të fërkimit në mes materialeve çelik/ çelik është 0.15- 0.6, që do të thotë se për këtë lloj përkulje vlerat e kthimit elastik sillen rreth 2° .

7.8 Kthimi elastik ne funksion të llojit të materialit

Përsëri me anë të veglave të njejta (fig 7.36.) realizojmë përkuljen e materialeve të ndryshme me anë të simulimit me MEF, të fletës metalike me trashësi 1.5 mm. Në bazë të densitetit të lëndëve shihet se alumini është më i lehtë nga të gjithë metalet e tjera dhe për këtë ka vlerat më të mëdha të kthimit elastik.

Tabela 7.9. Kthimi elastik në funksion të llojit të materialit.

Lloji materialit	Alumini	Çeliku	Inoksi	Baker
Densiteti, kg/m^3	2700	7850	8000	8960
Kthimi elastik	5.11	2.03	1.49	1.01

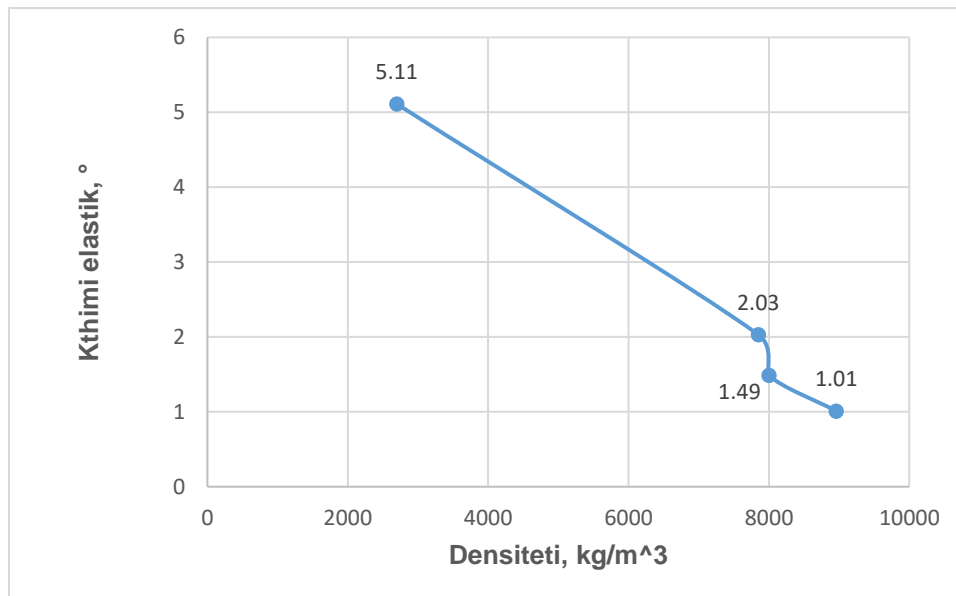


Fig. 7.37. Kthimi elastik varësisht nga densiteti materialit.

Me rritjen e densitetit të lëndës moduli i Youngut për elasticitetet rritet, ndërsa kthimi elastik zvogëlohet gjatë simulimeve.

8. KOMENTIMI REZULTATEVE DHE SUGJERIMET

Në pjesën e parë të kapitullit të 7- të me anë të llogaritjeve nga formulat nga teoria mekanike në programin Mathcad janë krijuar tabelat e përkuljeve të lejuara për veglat që kanë marrë pjesë praktikisht në formësimin e shumë kabineteve nga fletat metalike. Nga analiza e bërë shohim se përkuljet e lejuara të hequra nga fleta metalike gjatë dizajnit të pjesës varen nga:

- *gjerësia e matricës që ka marrë pjesë në formësim,*
- *faktori K varësisht nga lloji materialit,*
- *rrezja e përkuljes,*
- *trashësia e pjesës punuese,*
- *intervali i përkufizimit të këndit që do të realizohet.*

Nga analizat dhe nga rezultatet e fituara inxhinierve konstruktorë që punojnë në modelimin dhe prodhimin e produkteve nga metalet me trashësi të vogël u rekomandohet:

- *identifikimi i veglave, makinave që marrin pjesë në formësim të produktit,*
- *krijimin e tabelave të përkuljeve të lejuara dhe*
- *importimin e këtyre tabelave në njërin nga programet për dizajnim (Autodesk Inventor, Solidworks, Siemens NX) me qëllim përshpejtimin dhe precizitetin e produktit të ardhshëm.*

Simulimet e bëra me anë të ABAQUS CAE në pjesën e dytë të kapitullit të 7- të kanë vërtetuar supozimet nga teoria mekanike dhe në pjesë të caktuara është bërë krahasimi në mes modelit virtual dhe të dhënave të fituara nga provat empirike të prodhuesit “DURMA”. Rezultatet kanë qenë shumë të përafërta.

Rezultatet tregojnë rëndësinë e dizajnit të veglave dhe faktorëve tjerë në përcaktimin sasior të efektit të kthimit elastik:

- *Me rritjen e trashësisë së fletës metalike humbet elasticiteti, kthimi elastik është më i vogël pas shkarkimit të veglës dhe zgjatimet janë më të mëdha. Fenomeni i kthimit elastik bëhet pothuajse i padukshëm, prandaj kjo dukuri bëhet e rëndësishme gjatë projektimit të presave dhe dizajnit të fletave metalike me trashësi të vogël.*
- *rritja e gjerësisë së kanalit të matricës për të njejtin dizajn të patricës (punch) dhe pjesës punuese rezulton me rritje të kthimit elastik,*
- *rritja e rrezës së patricës megjithëse në vlera shumë të vogla ndikon në rritje të kthimit elastik,*
- *zvogëlimi i këndit të hapur të realizuar konsiston në zvogëlim të vlerave të kthimit elastik,*
- *vlerat e kthimit elastik varësisht nga koeficienti statik i fërkimit për lyerje me fluid apo të thatë në mes materialeve çelik/ çelik tregojnë vlera pothuajse identike, deri në atë çast kur kthimi elastik fillon të bie drastikisht me rritjen e koeficientit të fërkimit deri në vlera teorike $f=1$.*
- *sforcimet e mbetura pas kthimit elastik me rritjen e koeficientit statik të fërkimit zvogëlohen,*
- *me zvogëlimin e densitetit të lëndës pra për materiale më të lehta në vëllim të caktuar kemi rritje të kthimit elastik.*
- *me rritjen e densitetit të lëndës moduli i Youngut per elasticitet rritet, ndërsa kthimi elastik zvogëlohet gjatë simulimeve.*

Sugjerohet:

- *automatizimi i makinave presë ashtu që në bazë të caktimit manual apo edhe me anë të sensorëve të identifikohet gjeometria e veglave që realizojnë përkuljen.*
- *kompensimi i kthimit elastik me anë të rritjes automatike të forcës për realizimin e këndit të dëshiruar, gjë e cila edhe ndihmon në puthitjen e pjesëve në operacionet pasuese të montimit dhe realizimit të funksionit për të cilin është i destinuar kabineti metalik,*
- *leximi automatik i rezultateve nga tabela 4.4., për forcën optimale për përkulje sipas trashësisë maksimale të fletës metalike me këtë modelimin adekuatë të veglave në mënyrë që të eliminohet kthimi elastik.*

9. PËRFUNDIMI

Ideja e shtjellimit të kësaj materie ka lindë si rezultat i diversitetit të përdorimit dhe rolit të madh të fletave metalike pothuajse në të gjitha sferat. Përfshirë këtu industrinë e modelimit, formësimit të kabineteve elektrike nga edhe ka lindur ideja e studimit të tematikave mbi përkuljet e lejuara dhe kthimit elastik që pëson fleta metalike gjatë procesit të formësimit.

Sa i përket identifikimit të përkuljeve të lejuara të hequra nga fleta metalike e shtrirë, në regjenerimin e vlerave numerike duke përdorur formulat përkatëse varësisht nga dizajni i veglave që marrin pjesë në formësim është përdorur softueri Mathcad. Këto të dhëna më pas janë bartur në formë të tabelave ashtu që më pas inkorporohen në njërin nga CAD programet, në rastin e këtij studimi në Autodesk Inventor. Krijimi i këtyre tabelave me të dhëna përkatëse lehtëson dhe përshpejton mjaft shumë punën e inxhinerve të modelimit si dhe mundëson precizitet maksimal të fletave metalike pas procesit të përkuljes dhe montimit. Kjo saktësi bën të mundshme montimin e pjesëve pa ndonjë problem me anë të bulonave apo ribatinave duke krijuar kështu kutinë metalike si dhe realizimin e funksionit të saj. Tema dhe problemet e analizuar janë të rëndësisë së veçantë dhe mund të përdoren si mjet ndihmës edhe për inxhinierët e modelimit/ prodhimit në praktikë.

Me zhvillimin e hovshëm të CAE, e cila mundëson edhe simulimin e sjelljeve të trupave në mes veti me MEF, është zvogëluar kostoja e krijimit të prototipëve si dhe është bërë optimizimi i veglavë që marrin pjesë në konstruktim apo si detale përbërëse të vetë makniës.

Në pjesën e dytë të kapitullit të 7- të është studiuar fenomeni i kthimit elastik me anë të softuerit për simulime dhe analiza statiko- dinamike ABAQUS- CAE. Kontributi i studimit të kthimit elastik qëndron në parandalimin e shmangieve nga gjeometria (këndi) e caktuar të pjesëve që i nënshtrohet procesit të deformimit me anë të makinave presë. Është bërë krahasimi i

rezultateve të fituara nga simulimet kompjuterike me ato tabelare të fituara nga praktika nga prodhuesi i presave CNC “DURMA”. Rezultatet e fituara pak a shumë kanë qenë të njejta gjë e cila dëshmon në vertetësinë e teknologjisë CAE. Esenca e studimit të kthimit elastik qëndron në parashikimin numerik- sasior të kësaj vetie sidomos të fletave të holla metalike dhe bashkangjitjen e këtyre të dhënave në formë të algoritmeve të ndryshme, CNC makinave moderne të ndryshme, me qëllim të arritjes së saktësisë maksimale gjatë fazave të formësimit dhe më pas realizimin e funksionit të produktit të caktuar.

Prandaj, mund të themi se analiza e përkuljeve të lejuara praktikisht mund të ndihmojë në dizajnimin e produktit ndërsa analiza e kthimit elastik, sa do pak, në projektimin e vetë makinave të lakimit.

REFERENCAT

- [1] Boljanovic Vukota. (2004). *Sheet metal forming processes and die design*. New York: Industrial Press Inc. 200 Madison Avenue., (f. 16, 19, 53- 54, 65)
- [2] Perjuci Xhevat. (1994). *Rezistenca e materialeve I*. Prishtinë: Universiteti i Prishtinës (f. 53)
- [3] <http://smlease.com/entries/sheet-metal-design/difference-between-blanking-punching-piercing/>
- [4] <https://www.mate.com/technical-resources/tips-techniques/punching/die-clearance/>
- [5] <https://www.lomusa.com/wp-content/uploads/2017/11/Catalogo-utillaje-tipo-torreta-Amada-con-lubricante.pdf>
- [6] https://www.researchgate.net/figure/Force-penetration-curves-clearance-14-10-R-wp-14-R-wd-14-001-mm_fig8_3996817
- [7] <http://cncmanual.com/durma-ad-r-series-press-brake-user-manual/> (f. 43- 47)
- [8] Buza Shaban (2009). *Sistemet Cad/Cam*. Prishtinë
- [9] I.A. Burchitz. (2008). *Improvement of springback prediction in sheet metal forming*. Rotterdam: PrintPartners Ipskamp, Enschede.
- [10] <https://knowledge.autodesk.com/support/inventor-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2014/ENU/Inventor/files/GUID-7814AF4D-2C01-4357-B2EA-5FB2D27E0A76-htm.html>
- [11] Vairis Achilles. (2015). *Bend allowance constants for use in sheet metal forming*. Greece: Researchgate
- [12] Tomasz Trzepiecincki, Hirpa G. Lemu. (2017). *Effect of Computational Parameters on Springback Prediction by Numerical Simulation*. Norway
- [13] Wei Gan, R.H. Wagoner. (2004). *Die design method for sheet springback*. Columbus: International Journal of Mechanical Sciences 46

- [14] Avdiu Sadullah. (2015). *Metodika e konstruktimit (studimet master)*. Prishtinë
- [15] Aljibori, H, Hamouda.A. (2009). *Finite Element Analysis of Sheet Metal Forming Process*. EuroJournals Publishing
- [16] Firat, M.; Osman, M.; Kocabicak, U.; Ozsoy, M. *Stamping process design using FEA in conjunction with orthogonal regression. Finite Elem. Anal. Des.* 2010, 46, 992–1000.
- [17] Lingbeek, R.; Huétink, J.; Ohnimus, S.; Petzoldt, M.; Weiher, J. *The development of a finite elements based springback compensation tool for sheet metal products. J. Mater. Process. Technol.* 2005.
- [18] Nilsson, A.; Melin, L.; Magnusson, C. *Finite-element simulation of V-die bending: A comparison with experimental results. J. Mater. Process. Technol.* 1997
- [19] <http://sheetmetal.me/formulas-and-functions/bend-deduction/>
- [20] <https://www.plm.automation.siemens.com/global/en/our-story/glossary/computer-aided-engineering-cae/13112>
- [21] <https://www.simscale.com/docs/content/simwiki/general/whatiscae.html>
- [22] <https://www.e3seriescenter.com/modern-electrical-engineering-blog/cad-vs-cae-vs-cam-what-is-the-difference>
- [23] <https://www.autodesk.com/solutions/finite-element-analysis>