

VYUŽITIE SIMULAČNÉHO PROGRAMU „DYNAFORM“ PRI OPTIMALIZÁCI VÝROBY VÝLISKU Z PLECHU

UTILISATION OF „DYNAFORM“ SIMULATION SOFTWARE IN PRESSED-PIECES PRODUCTION OPTIMIZATION

Roman LAZAR, Jozef BÍLIK

Autori: **Ing. Roman Lazar, PhD., Doc. Ing. Jozef Bílik, PhD.**
Pracovisko: **Ústav výrobných technológií, Katedra tvárnenia, Materiálovotechnologická fakulta STU**
Adresa: **Bottova 23, 917 24 Trnava, SR**
Tel.: **+421 918 646 033**
e-mail: roman.lazar@stuba.sk, jozef.bilik@stuba.sk

Abstract

Vytváranie modelov výliskov a nástrojov s využitím počítačovej simulácie sa s postupom času stalo pre sériovú výrobu nevyhnutnosťou. Modelovanie umožňuje získať hodnotné informácie o toku materiálu, o miestach s rizikom vzniku trhlin, zvlňenia alebo o hodnote veľkosti stenčenia steny materiálu, atď. v celom procese výroby výťažku. Tieto informácie pomáhajú realizovať vhodné zásahy a zmeny v technológii výroby už v štádiu prípravy a umožňujú optimalizovať tvar výlisku, tvar polotovaru, technologické podmienky ťahania a technologické zásahy do konštrukcie nástroja. Cieľom predkladaného článku je oboznámiť s možnosťou simulácie procesu ťahania pomocou simulačného programu DYNAFORM, resp. s využitím uvedeného programu pre optimalizáciu veľkosti pridržiavacej sily pridržiavača na stabilitu príruby konkrétneho výlisku.

The formation of pressed-pieces models and tools using the computer simulation became by time a necessary way of preparing of serial processing in stamping shops. This method provides, in whole manufacturing phases, the valuable information about material flow, danger of crack growth, waviness, size of thinning or thickness, etc. This information helps to realize the suitable interferences and changes in process technology already in its preparation phase and makes possible to optimize the stamp shape, cut shape, technological conditions of drawing a technological interference into the tool construction. The purpose of this article is to acquaint with the possibility of utilisation of simulation program DYNAFORM in stamping processing and the utilisation of given programme in the binder force optimization respectively, leading to the stable stamping flange formation.

Key words

pridržiavacia sila, simulácia, ťahanie, DYNAFORM

binder force, simulation, drawing, DYNAFORM

Úvod

Rozvoj počítačovej simulácie procesov plošného tvárnenia zaznamenáva v poslednom období dynamický rozvoj. Vyspelé firmy zaoberajúce sa sériovou výrobou výliskov si už v súčasnosti nevedia predstaviť navrhovanie výrobných procesov bez simulácie. Predovšetkým nové a zdokonalené konečno-prvkové programové systémy a vhodné hardvérové vybavenie umožňujú praktické využitie simulácie metódou konečných prvkov aj veľmi zložitých úloh v reálnom čase.

Veľmi významnú úlohu pri lisovaní výrobku z plechu zohráva rýchlosť realizácie navrhnutého výlisku s čo najmenšími nákladmi a v čo najkratšom čase. Počítačová simulácia predstavuje podstatné skrátenie etapy prípravy výroby od výkresu súčiastky po výrobu nástrojov, zníženie nákladov na prípravu výroby zložitejších súčiastok, lepšie využitie potenciálnych vlastností materiálu, nahradenie nákladného experimentu, odhalenie chýb pri navrhovaní procesov tvárnenia, zvýšenie rozmerovej a geometrickej presnosti výrobkov, možnosť rýchleho overovania variačných postupov.

Existuje niekoľko softvérov používaných pre simuláciu technologických procesov plošného tvárnenia, resp. pre predikciu lisovateľnosti jednoduchých a zložitejších tvarov výliskov metódou konečných prvkov, ako napr. ABAQUS, MARC, AUTOFORM, PAM-STAMP, ISO-PUNCH, DYNAFORM, atď. [1, 2].

Simulačný softvér eta/DYNAFORM

DYNAFORM je simulačný program určený pre plošné tvárnenie, ktorý rapídne znižuje riziko a náklady spojené s návrhom a vývojovým cyklom lisovacích nástrojov pomocou predikcie problémov spojených s procesom tváriteľnosti ešte predtým, ako nastane samotná výroba nástrojov. Chybné alebo okrajové návrhy lisovacích nástrojov, ktoré by nás pri ich úprave mohli stáť nekonečné množstvo pracovných hodín, lisovacieho času a materiálu, sú počítačom vyhodnotené len za zlomkové náklady. DYNAFORM predstavuje CAE programový balík vytvorený s cieľom napomáhať pri návrhu usporiadania pracovnej plochy nástroja s predvídaním tváriteľnosti oceľových plechových výrobkov, najmä čo sa týka tvorby: trhlín (praskania), vlnenia, stenčenia a odpruženia [3].

Modelovanie procesu lisovania

Modelovanie procesu lisovania môžeme rozdeliť na tieto etapy:

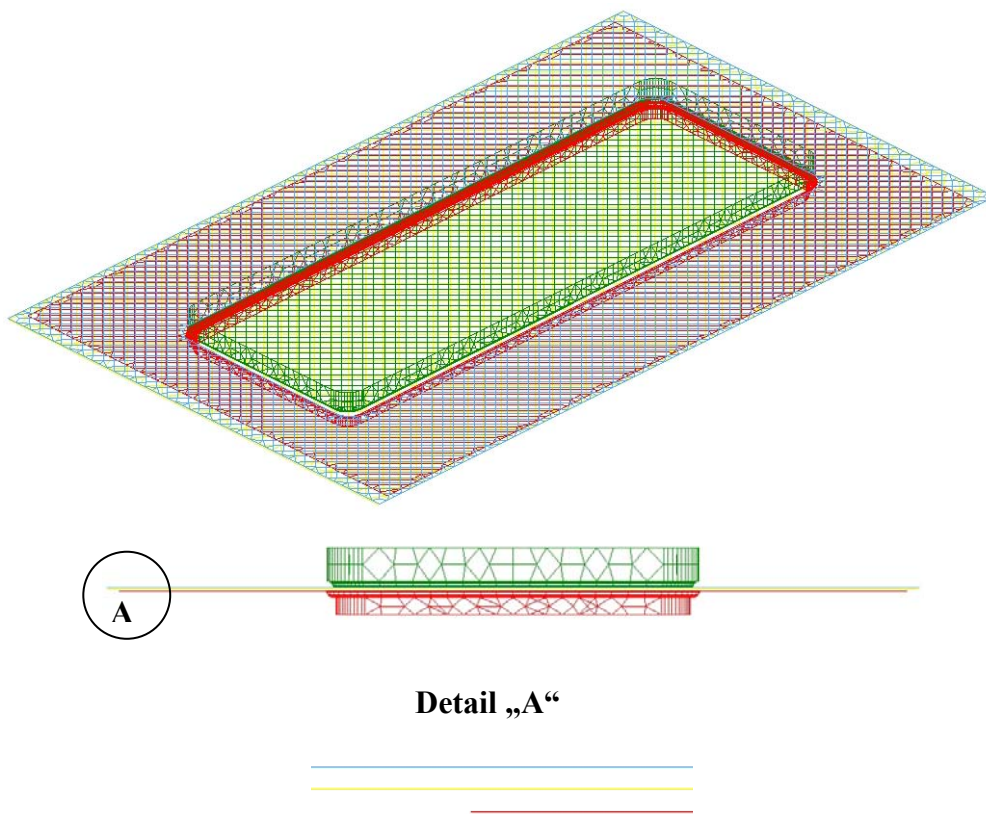
- ♦ vytvorenie činných plôch nástroja
- ♦ rýchle overenie lisovateľnosti výrobku pre navrhnutý nástroj, prípadné korekcie tvaru a rozmerov nástroja
- ♦ komplexná analýza procesu lisovania (napätovo-deformačná analýza, analýza stenčenia, odpruženia, atď., prípadné korekcie pri voľbe materiálu či dodatočné požiadavky na zmenu tvaru lisovacieho nástroja)

Vytvorenie činných plôch nástroja

Pre vytvorenie činných plôch nástroja je možné použiť niekoľko metód. Pokiaľ má konštruktér už predstavu o tvare a rozmeroch nástroja, je možné nástroj priamo skonštruovať v ktoromkoľvek CAD programe a získané dáta použiť pre simuláciu procesu lisovania.

Nevýhodou tejto metódy je, že sa obtiažne uskutočňujú akékoľvek zmeny do tvaru nástroja vo fáze numerickej simulácie procesu lisovania. Každá zmena vyžaduje úpravu CAD dát a celý proces numerickej simulácie začína prakticky od začiatku. Ďalšou možnosťou je použiť pre vytvorenie činných plôch nástroja podporné programy, do ktorých vstupom sú CAD dáta výrobku a pomocou takého programu sa jednoduchým a rýchlym spôsobom vytvorí ostatné funkčné plochy nástroja. Pri vytváraní plôch nástroja sú použité preddefinované procedúry a program tak rýchlo reaguje na prípadné zmeny geometrie nástroja.

V našom prípade pre vytvorenie činných plôch nástroja a pre získanie potrebných dát pre uskutočnenie simulácie procesu lisovania (plytkého ťahania) bol použitý CAD program CATIA V5. Jednotlivé plochy lisovacieho nástroja, ako aj prístrihu je potrebné pretransformovať z CAD modelu na škrupinovú sieť konečných prvkov – obr. 1. Z uvedeného obrázku vyplýva, že veľkosť pridržiavača nie je vhodne zvolená vzhľadom na veľkosť ťažnice (polotovar presahuje cez ťažnicu), čo môže viesť k strate stability lisovacieho procesu (vznik zvlnenia). Úprava (zväčšenie) rozmerov ťažnice z ekonomického hľadiska je nevhodné, preto sme sa venovali optimalizácii veľkosti pridržiavacej sily pre daný proces ťahania.



Obr. 1. Model technického tvaru nástroja - ťahadla

— **ťažník** — **ťažnica** — **pridržiavač** — **polotovar**

Rýchle overenie lisovateľnosti

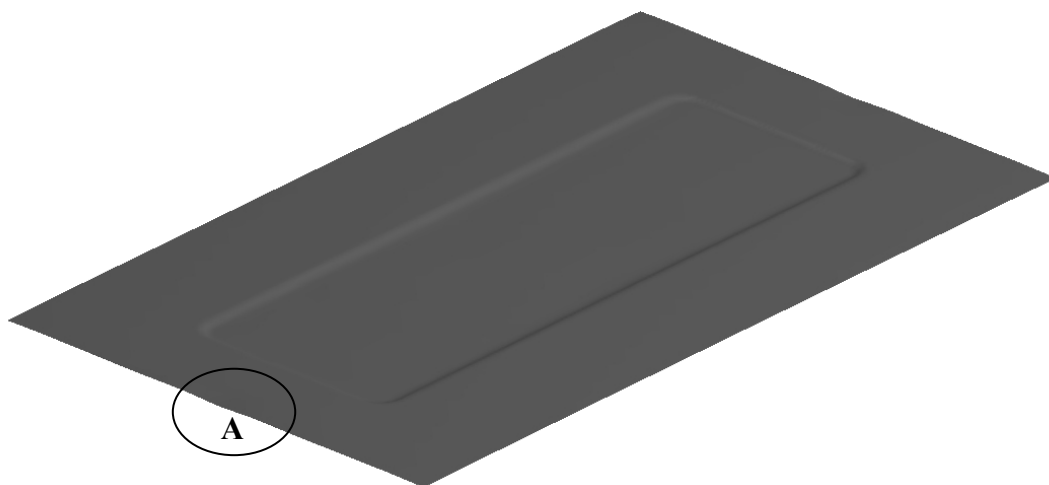
Pre rýchle overenie lisovateľnosti je možné použiť tzv. QuickSetup rozhranie, ktoré je súčasťou simulačného programu DYNAFORM. Skracuje čas namodelovania, ale nevýhodou

je menšia presnosť riešenia (zadávacie prostredie nie je až tak flexibilné, oproti klasickému rozhraniu), ale v tejto fáze tento fakt je možné zanedbať. Z výsledkov numerickej simulácie je možné dodatočne posúdiť vhodnosť navrhnutých tvarov a rozmerov nástroja a prípadne ich zmeniť.

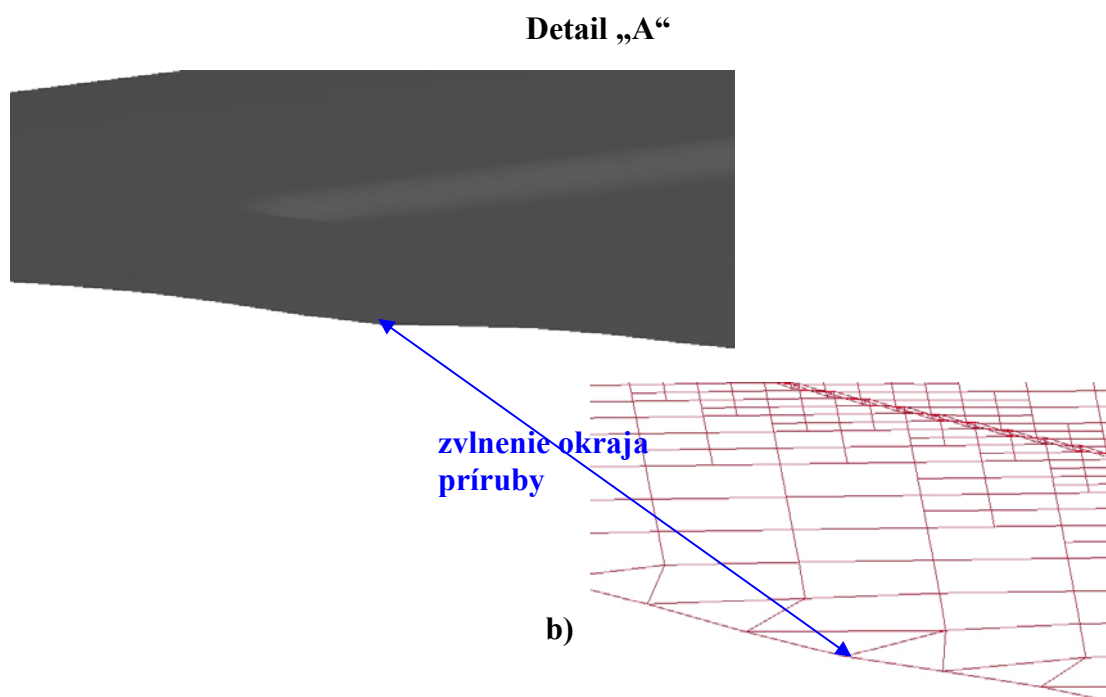
Komplexná analýza procesu lisovania

Pre komplexnú analýzu procesu lisovania je potrebné poznať vstupné dáta charakterizujúce tvárnený materiál a jeho chovanie počas procesu lisovania, kinematiku procesu lisovania (pohybové krivky), geometriu nástroja, veľkosť pridržiavacej sily a pod. Tieto dáta potrebujeme poznať, resp. získať pred samotným namodelovaním procesu. Zadávané vstupné hodnoty veľmi ovplyvňujú celú vierohodnosť matematického modelovania lisovania, resp. výsledky uskutočnenej simulácie.

Komplexná analýza bola uskutočnená na jednoduchom diele (kryte) z hlbokotlačného materiálu označenia St 12 podľa DIN 1623-72 (11 320) – rozmery polotovaru 492 x 820 x 0,8 mm. Pre výpočet procesu bolo potrebné zadať vzájomné pozície a pohyby lisovacích nástrojov. V riešenom príklade bolo použité jednočinné lisovanie s pohybom ťažníka, ktorý vtáhuje lisovaný materiál do pevnej ťažnice s dopredu zadefinovanou hĺbkou ťahania (v našom prípade 5 mm). Veľkosť pridržiavacej sily podľa pôvodného návrhu bola $F_p = 140\,000\text{ N}$ (14 t). Príklad vyhodnotenia výpočtu dokumentujú obr. 2a, b.

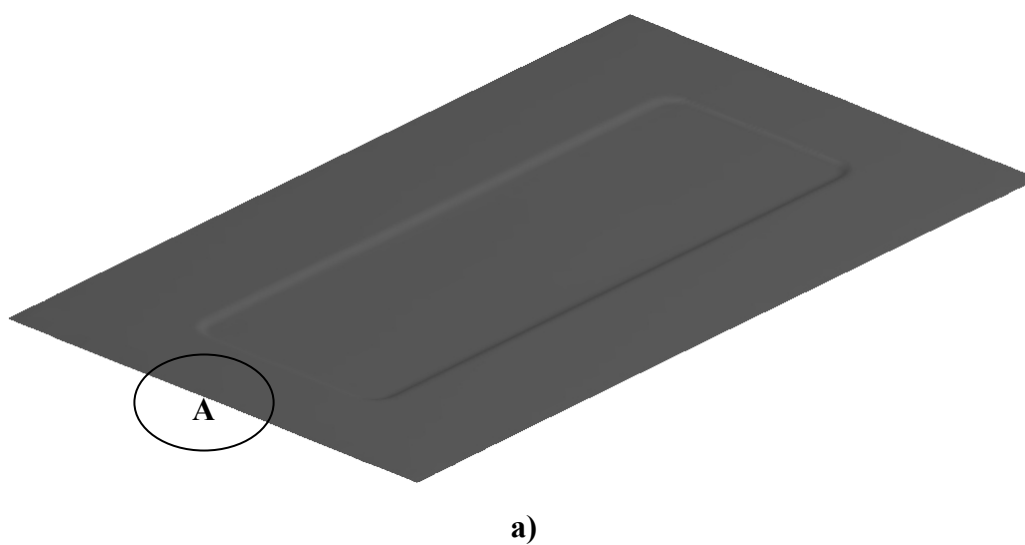


a)

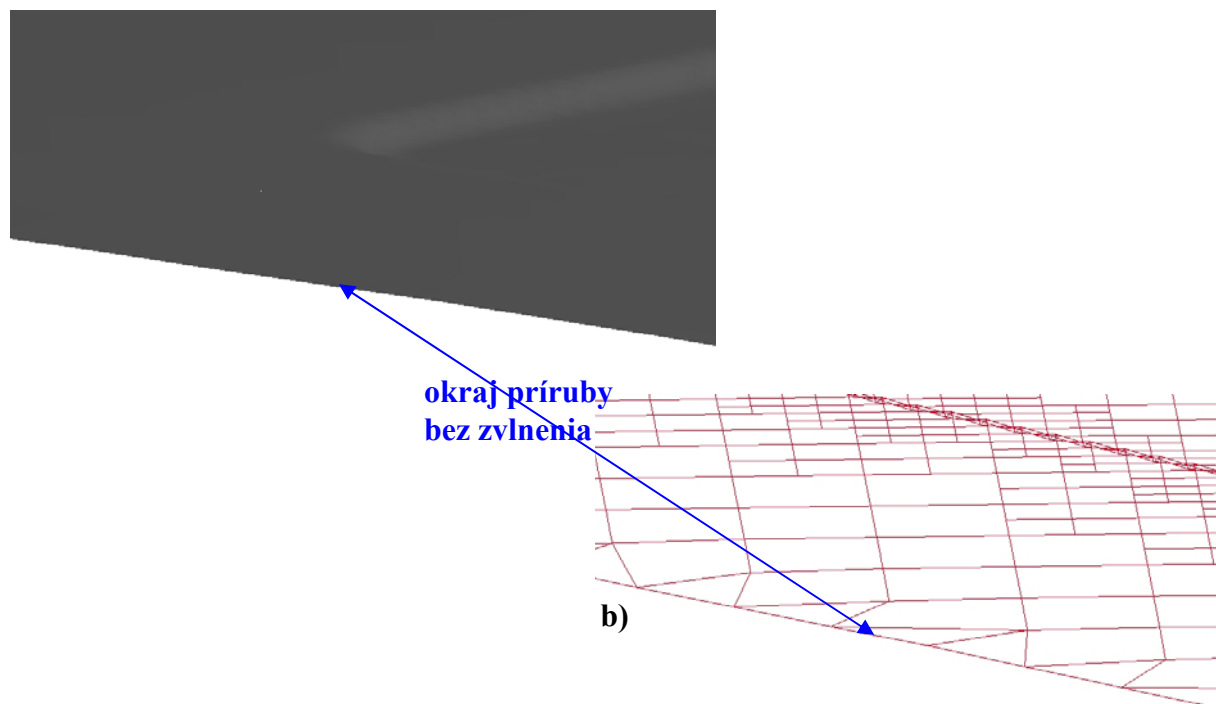


**Obr. 2. Ťahanie s pridržiavačom – nízka pridržiavacia sila F_p ($F_p=140\ 000\ \text{N}$)
*a – tvar výlisku po ťahaní, b – detail okrajovej časti príruby***

Z uvedeného vyplýva, že veľkosť pridržiavacej sily bola nevhodne navrhnutá, pretože dochádzalo k zvlneniu príruby v okrajovej časti výlisku, preto pre ďalšiu simuláciu bola pridržiavacia sila na základe výpočtov zväčšená na hodnotu $F_p = 652\ 125\ \text{N}$ (65,2 t). Príklad vyhodnotenia výpočtu dokumentujú obr. 3a, b.



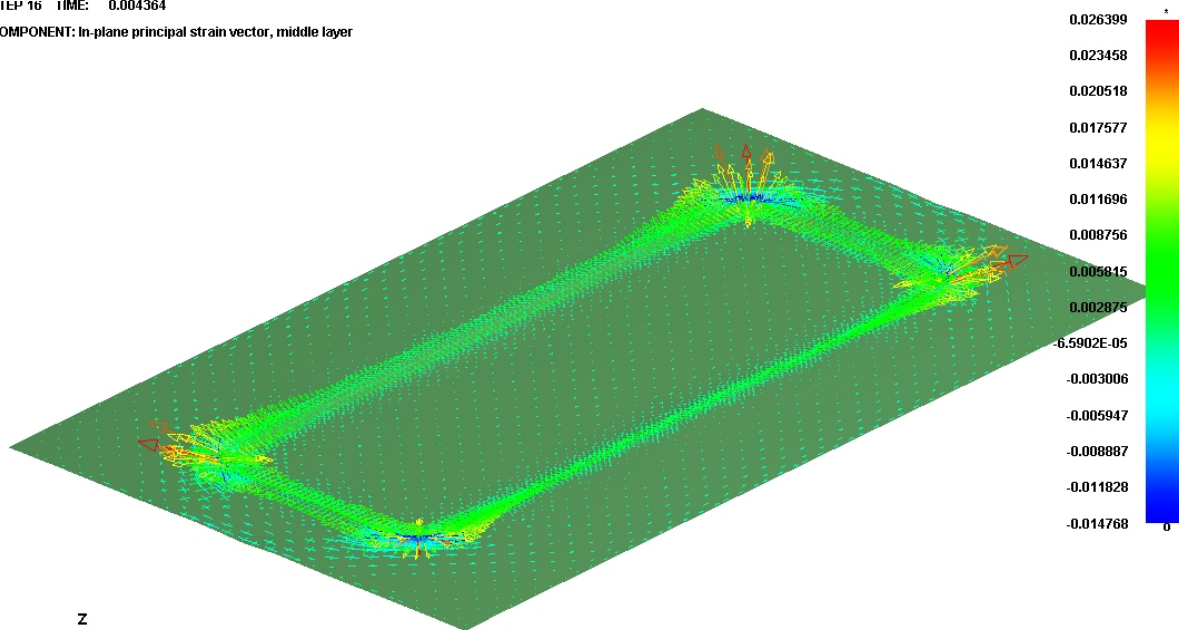
Detail „A“



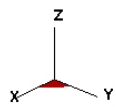
**Obr. 3. Ťahanie s pridržiavačom – optimálna pridržiavacia sila F_p ($F_p=652\ 125\ N$)
a – tvar výlisku po ťahaní, b – detail okrajovej časti prírubby**

Obr. 4a, b dokumentujú príklad vyhodnotenie numerickej simulácie pre priebeh hlavných vektorov napätí pri ťahaní s nízkou (obr. 4a) a optimálnou (obr. 4b) pridržiavacou silou. Z porovnania obr. 4a a obr. 4b je zrejmé, že pri nízkej pridržiavacej sile t.j. pri nízkom pridržiavacom tlaku (obr. 4a) je rozloženie napätí a tým aj pretvorení nerovnomernejšie ako pri optimálnej pridržiavacej sile (obr. 4.b) čo tiež ovplyvňuje stabilitu ťahania a rozloženie vnútorných zvyškových napätí vo výlisku.

_KRYT_TAHAIE_NIZKAFP
STEP 16 TIME: 0.004364
COMPONENT: In-plane principal strain vector, middle layer

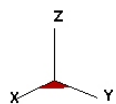
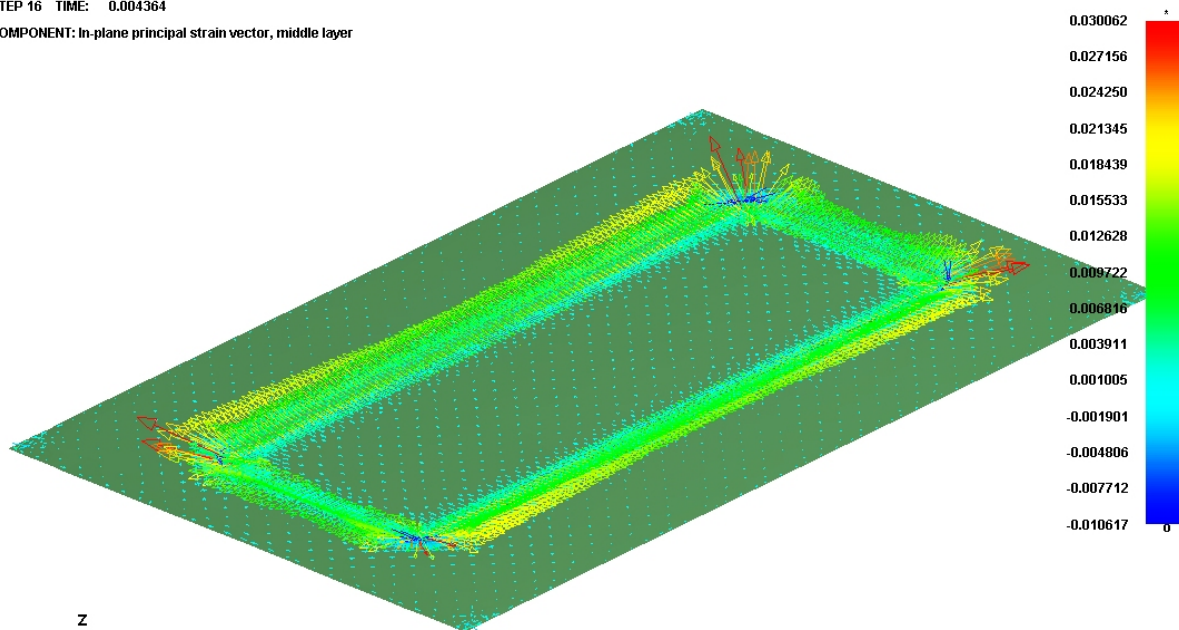


a)



ETA/POST

_KRYT_TAHAIE_OPTIMALNAFP
STEP 16 TIME: 0.004364
COMPONENT: In-plane principal strain vector, middle layer



ETA/POST

*Obr. 4. Príklad vyhodnotenia numerickej simulácie pre priebeh vektora napätí
a – nízka F_p , b – optimálna F_p*

Záver

V uvedenom príspevku bola na jednoduchom výlisku ukázaná možnosť uskutočniť návrh výroby daného výlisku vo virtuálnom prostredí s vykonaním optimalizácie pridrživacej sily F_p (analyzoval sa vplyv F_p na tvar okrajovej časti príruby). Pomocou programového softvéru DYNAFORM je možné pružne reagovať na požadované zmeny vo výrobe a podstatne tak skrátiť predvýrobnú etapu výroby a tým znížiť cenu výrobku.

V popísanej úlohe bol riešený prípad, keď tvar prístrihu bol známy a riešil sa tvar a rozmery nástroja. Ďalšou možnosťou využitia numerickej simulácie sú v prípady, keď hľadáme optimálny tvar prístrihu.

Simulačný program DYNAFORM nám okrem uvedených výsledkov umožňuje sledovať ďalšie parametre napr. zmien hrúbky steny výlisku (stenčenie), diagramu medzných deformácií, rozloženia napätí a pod.

Výsledky simulácie sú však do značnej miery závislé na vstupných podmienkach, medzi ktoré patria napr. mechanické vlastnosti materiálu, použitý postup ťahania, technologické podmienky a pod. Niektoré faktory vstupujúce do reálneho procesu lisovania sú len veľmi ťažko popísateľné a z tohto dôvodu je potrebné si uvedomiť, že výsledok numerickej simulácie je vždy zaťažení určitou chybou.

Zoznam bibliografických odkazov:

- [1] HRIVŇÁK, A., EVIN, E. *Lisovateľnosť plechov* (Predikcia lisovateľnosti oceľových plechov s vyššími pevnostnými vlastnosťami). Košice: Elfa, 2004.
- [2] SPIŠÁK, E. *Matematické modelovanie a simulácia technologických procesov – ťahanie*. Košice: Typo Press, 2000.
- [3] KOSTKA, P. New Phenomena at Simulation of Deep Drawing Process. In *Acta Mechanica Slovaca*, 2001, 5.
- [4] Dostupné na internete: <http://www.dynaform.com>
- [5] QIU, G.S., CHEN, L. W. The study on numerical simulation of the laser tailor welded blanks stamping. In *Journal of Material Processing Technology*, 2007, article is press.