

ANALÝZA VYBRANÝCH KONŠTRUKČNÝCH ČASTI AKTUÁTORA DSM

Analysis of selected constructional points of actuator DSM

Lukáš Blaško, Petr Barón, Dušan Paulišin

Abstrakt: Cieľom tejto práce je poukázať na využitie vysokopresného aktuátora v praxi za konkrétne stanovených podmienok spoločnosťou SPINEA Technologies, s.r.o. Definovanie použiteľnosti je vykonané pri aplikácii metódy statickej analýzy a výpočtov v softvérovom programe. Prioritne je práca zameraná na namáhanie telesa pripojeného k ložiskovému reduktoru prostredníctvom skrutkového spoja za účinku radiálnych síl, axiálnych síl a krútiaceho momentu. Jednotlivé namáhania a ich výsledky sú popísané v závere práce, ktorý jednoznačne určuje konkrétne charakteristiky pre návrh a dimenzovanie aktuátora.

Key words: Aktuátor, reduktor, konštrukčné riešenie, analýza.

1. Úvod

Bezpodmienečným cieľom je neustále zlepšovanie a zvyšovanie kvality produktov vo svete. Súčasným trendom je vývoj aktuátorov s priechodzou dierou a aktuátorov na modulárnej báze, ktoré zabezpečujú všestrannejšie využitie bez prídavného zariadenia v praxi. Tento článok je zameraný na nový typ DSM aktuátora vzhľadom na požiadavky obchodného úseku spoločnosti SPINEA Technologies, s.r.o.

Účelom práce bolo oboznámenie sa s charakteristikou vysokopresných aktuátorov a možnosťami analýz, prostredníctvom ktorých boli vykonávané experimenty. Metódy použité v tomto článku boli zamerané na statickú analýzu napätia a deformácie v programe ANSYS. Jedná sa o namáhanie aktuátora vonkajšími radiálnymi a axiálnymi silami, ako aj krútiacim momentom. Teda analýzy sa zaoberali namáhaním na tlak, krut a ohyb. Vhodnosť DSM aktuátora pre realizáciu v praxi sa porovnávali dosiahnuté výsledky s danými hodnotami, ktoré boli poskytnuté spomínanou spoločnosťou.

2. Charakteristika aktuátora DriveSpin

Je to spojenie vysokopresného TwinSpin reduktora s vynikajúcimi mechanickými vlastnosťami a AC servomotorom v kompaktnom prevedení. Vynikajúce parametre sú garantované viac ako 20-ročnými skúsenosťami s výrobou reduktorov spoločnosťou SPINEA, s.r.o. Aktuátory sa vyznačujú vysokou presnosťou, vysokou klopnou a torznou tuhosťou, nízkymi vibráciami, malými zastavbovými rozmermi, nízkou hmotnosťou, vysokou životnosťou, jednoduchou inštaláciou. [3][4]

2.1. DriveSpin Modular

Stavebnicové rotačné polohovacie moduly DSM zabezpečujú riadený otočný pohyb a prenos krútiaceho momentu s vysokou presnosťou polohovania. Výstupná prírubka modulu umožňuje zachytávať radiálne aj axiálne sily. Moduly sa vyznačujú špeciálnou konštrukciou telesa, ktorá umožňuje univerzálne pripojenia aj bez prídavných zariadení. Dobrá zabudovateľnosť do konštrukcie a malé rozmery umožňujú z modulov DSM vytvárať kinematické zostavy pre technologické hlavice, ale aj prídavné zariadenia a polohovadlá. Výber veľkosti modulu závisí od požadovanej nosnosti a počtu stupňov voľnosti pohybovej osi. [4]

3. Analýza napätia a deformácie v telese DSM 070

Vzhľadom na požiadavky spoločnosti SPINEA Technologies s.r.o., boli experimenty zamerané na statickú analýzu napätia a deformácie v programe ANSYS. Pre vstup do analýz boli poskytnuté dáta zo strany spomínanej spoločnosti. Analýza sa zameriava na DSM modul vo veľkostnej rade 070. Pod DSM (stavebnicový rotačný polohovací modul) sa rozumie autonómny, funkčne a konštrukčne samostatný modul pre rotačné polohovacie osi pohybových mechanizmov s určenou integráciou funkcií, určenou inteligenciou, so schopnosťou mechanického a riadiaceho spájania sa s inými mechanickými modulmi do funkčne vyšších strojových systémov. [8]

Vzhľadom na minimálnu hrúbku steny telesa, ktorá sa rovná hodnote 4,5 mm bol zvolený dutý profil hliníkovej zliatiny EN AW-6082 [Al Si1MgMn] v tepelnom spracovaní T6, ktorého minimálna medza klzu $R_{p0,2}$ sa rovná 250 MPa (pozri Tab. 1). Táto hodnota bola východným parametrom pre porovnávanie výsledkov z analýz. Pre analýzu napätia a deformácie na teleso aktuátora bol použitý extrudovaný profil z vyššie uvedeného materiálu s ohľadom na svoje chemické a fyzikálne vlastnosti a s výhodami oproti iným materiálom (ako napríklad oceľ). Je ľahký, pevný, nekorodujúci, má možnosť vyrobiteľnosti zlúčením s lepšími vlastnosťami a využíva sa v širokom spektre priemyselných odvetví. Zároveň je pomerne stály, tvárny, kujný, má dobrú pevnosť v ťahu a dobrú elektrickú aj tepelnú vodivosť. [2]

Tab. 1. Technické údaje zliatiny EN AW-6082 [Al Si1MgMn] [6]

Extrudovaný profil								
Tepelné spracovanie	Hrúbka steny	R_m MPa		$R_{p0,2}$ MPa		A %	A_{50} %	Tvrdosť Typická hodnota HBW
		Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Min.	
Dutý profil T6	<5	290	-	250	-	8	6	95

V programe ANSYS sa vykonala analýza na namáhanie vonkajšími silami – radiálna sila, axiálna sila a krútiaci moment. Výsledky analýz boli vyhodnotené a určil sa vhodnosť telesa vzhľadom na jeho vysokú presnosť polohovania. Počas namáhania vonkajšími silami mohlo dôjsť k vysokým tlakom a následnej čiastočnej alebo totálnej deformácii telesa, ktorá by viedla k odchýleniu v stotínach milimetrov. V prípade nevyhovujúcich výsledkov bolo potrebné upraviť konštrukciu telesa v rámci rozmerov a to buď zosilnením slabých plôch zmenou návrhu telesa a zväčšením hrúbky materiálu na slabé plochy, alebo zmenou rozloženia dier a otvorov aktuátora, čo by zabezpečilo namáhanie na tenkých plochách.

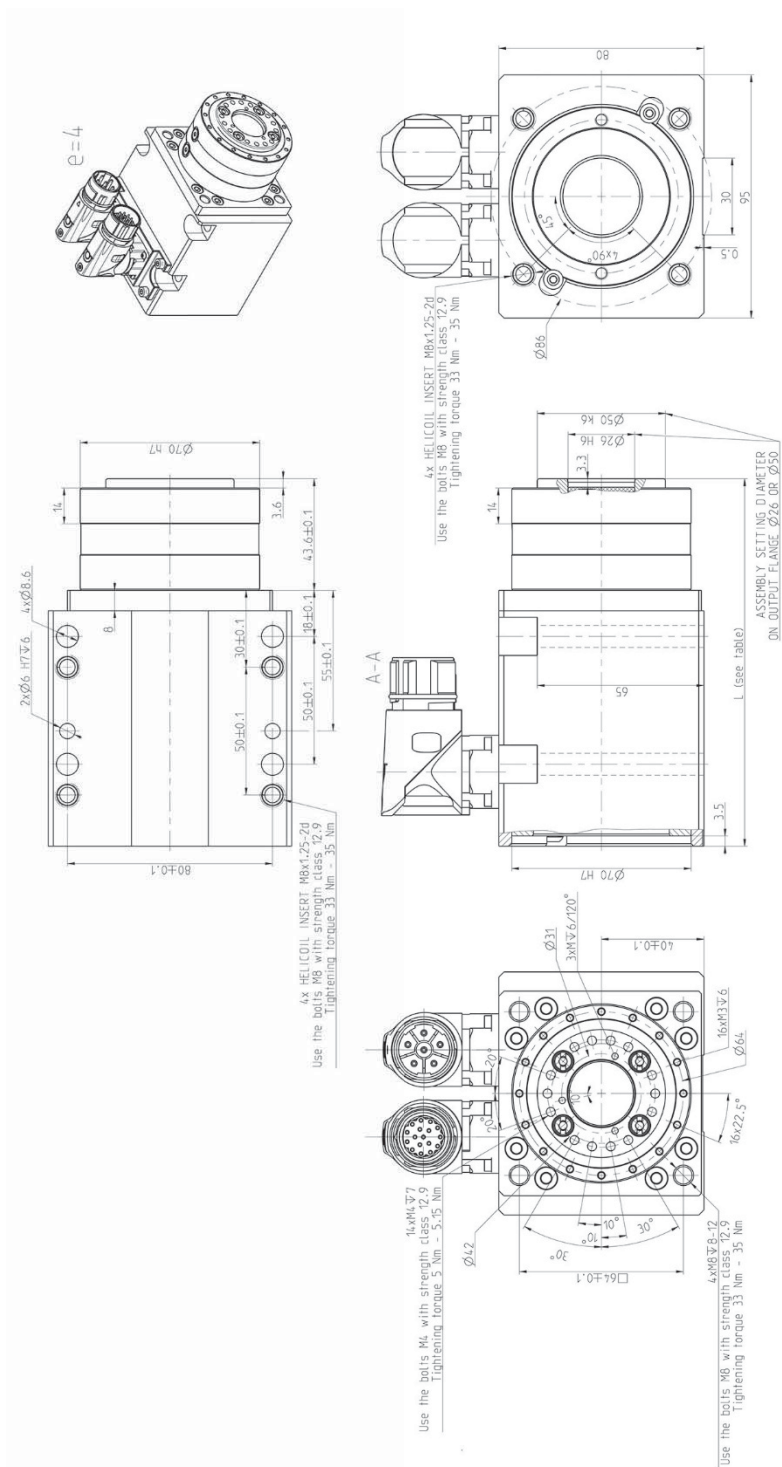
Výsledky boli porovnávané s medzou klzu vybraného materiálu. Vo fáze meraní pôsobili všetky sily na aktuátor naraz. Týmto experimentom sa ukázalo, či pôsobením všetkých síl môžu nastať vysoké deformácie spôsobené tlakom, prekročenie medze klzu, alebo totálna deformácia s výchylkou.

3.1. Analýza vstupných údajov

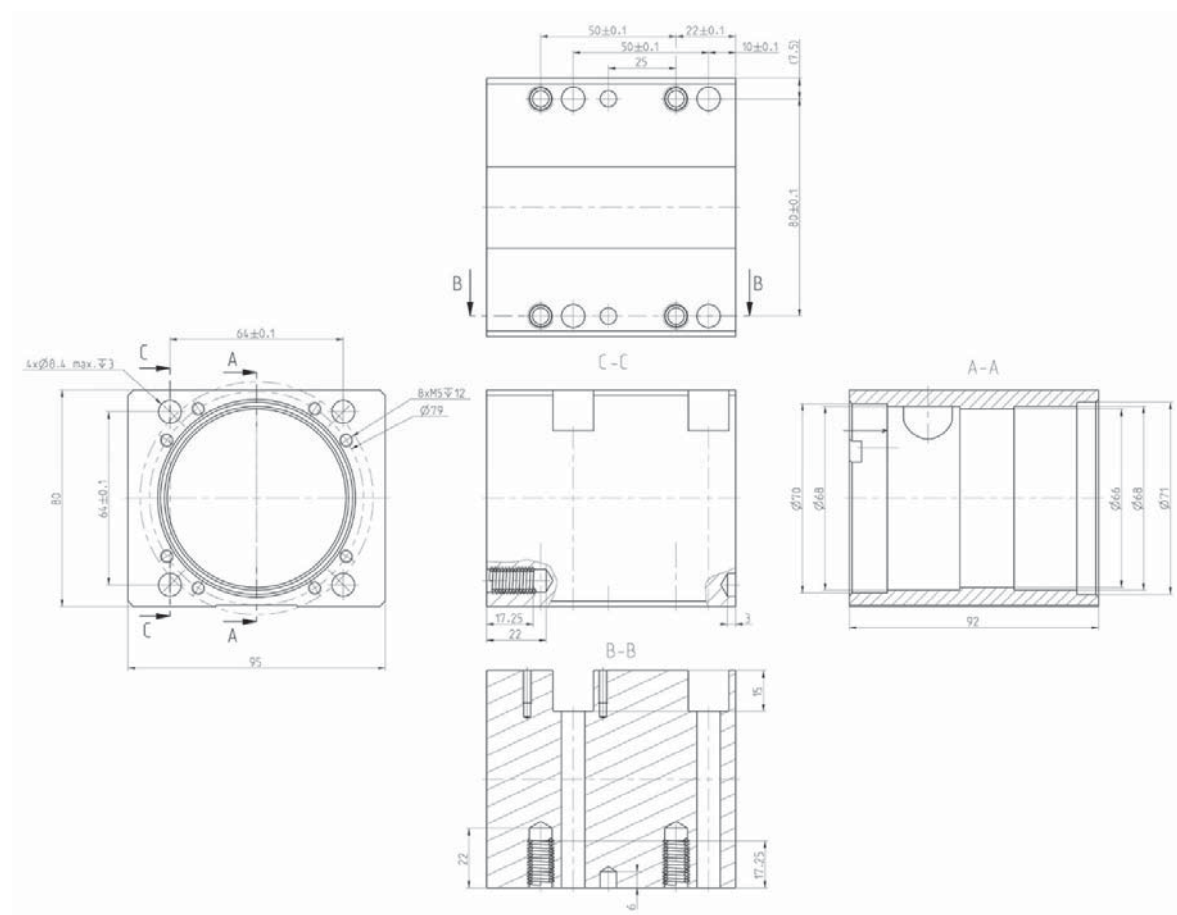
Koncepcia a vývoj novej rady DSM sa výkonovo a parametricky viaže na typovú radu DSM modulu z produkcie SPINEA Technologies, s.r.o.

Tab. 2. Technické údaje aktuátora DriveSpin DSM 070 [6]

	Označenie	Jednotky	DSM 070
Max. rozmer príruby telesa DSM modulu	$b \times b$	[mm]	80x95
Max. rozmer telesa prevodovky	A (a x a)	[mm]	70
Dĺžka modulu	L	[mm]	153,6
Maximálny výstupný krútiaci moment	T_R	[Nm]	100
Maximálny klopný moment ($\alpha=0$)	$M_{c \max}$	[Nm]	142
Dovolená axiálna sila	$F_{a \max}$	[kN]	3,7
Dovolená radiálna sila	$F_{R \max}$	[kN]	2,6



Obr. 1 Výkres zostavy modulu DSM 070 s uvedenými základnými rozmermi pre výpočet [7]



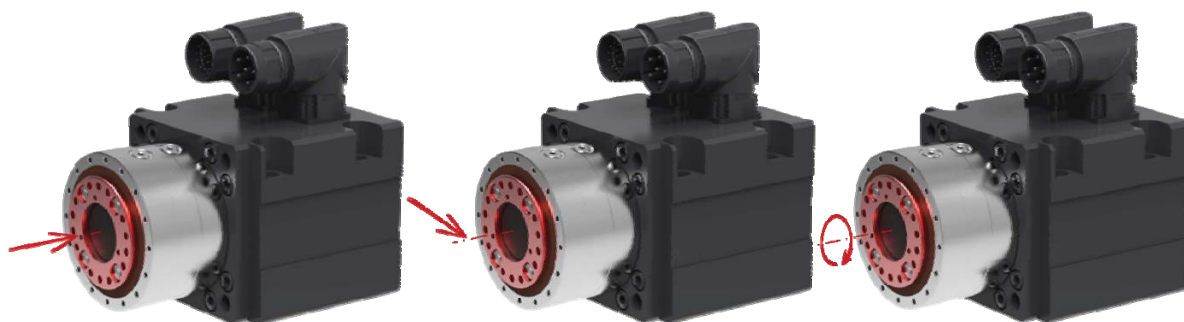
Obr. 2 Výkres základných rozmerov telesa pre modulu DSM 070 [7]

3.2. Analýza napätia a deformácie v telese DSM 070

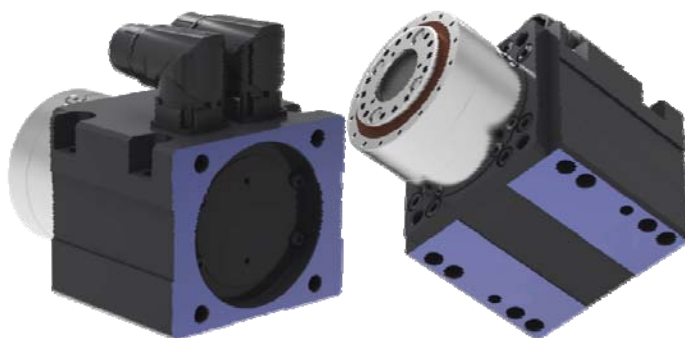
Analýza napätia a deformácie bola realizovaná v programe ANSYS. Jednalo sa o analýzu maximálneho napätia (von Mises), ktorá je založená na teórii von Mises-Hencky, známej ako teória šmykovej energie alebo teória maximálneho skreslenia [1][5]. Z vypočítaného maximálneho napätia a dovoleného napätia materiálu sa vypočítal koeficient bezpečnosti, ktorý sa musel rovnať minimálnej hodnote 3.

$$k = \frac{\sigma_{medzaktzu}}{\sigma_{vonMises}} \quad (1)[5]$$

Analýza deformácie sa vykonávala na základe simulácie totálnej deformácie, kde výsledná maximálna hodnota v mm musela byť menšia ako stanovená hodnota 20 μm (0,02 mm), ktorá bola zadaná ako požiadavka od obchodného úseku, vzhľadom na nasadenie modulu DSM do výrobných CNC strojov a zariadení. Analýza bola vykonaná s rôznymi uchyteniami telesa a s rôznym pôsobením vonkajších síl na teleso. Na teleso pôsobili tri sily a to axiálna sila $F = 3,7\text{kN}$ na prednú časť telesa, radiálna sila $F = 2,6\text{kN}$ a krútiaci moment $M_k = 100\text{ Nm}$. (Obr. 3) Všetky tieto pôsobenia síl boli simulované s rôznymi uchyteniami telesa. Prvá bola uchytená zadná časť telesa a bola vykonaná analýza a následne bolo upevnené teleso za jeho spodnú časť (Obr. 4).



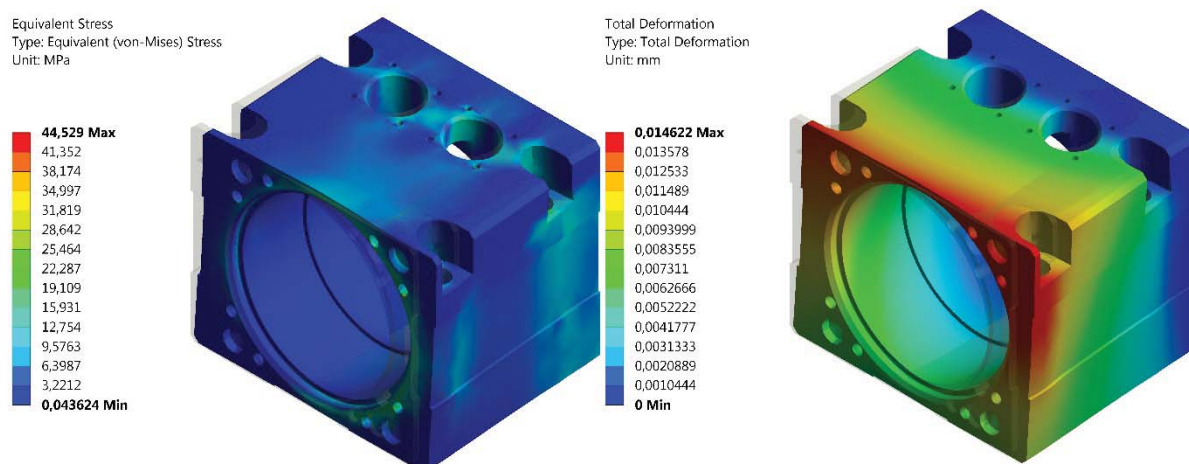
Obr. 3 Pôsobenie axiálnej sily (vľavo), radiálnej sily (v strede) a krútiaceho momentu (vpravo) na prevodovku aktuátora DSM 070



Obr. 4 Spôsoby uchytenia aktuátora DSM 070. Uchytenie za zadnú časť (vľavo) a za spodnú časť (vpravo) aktuátora

Zaťaženie telesa pri pôsobení všetkých síl a uchytení za zadnú časť telesa

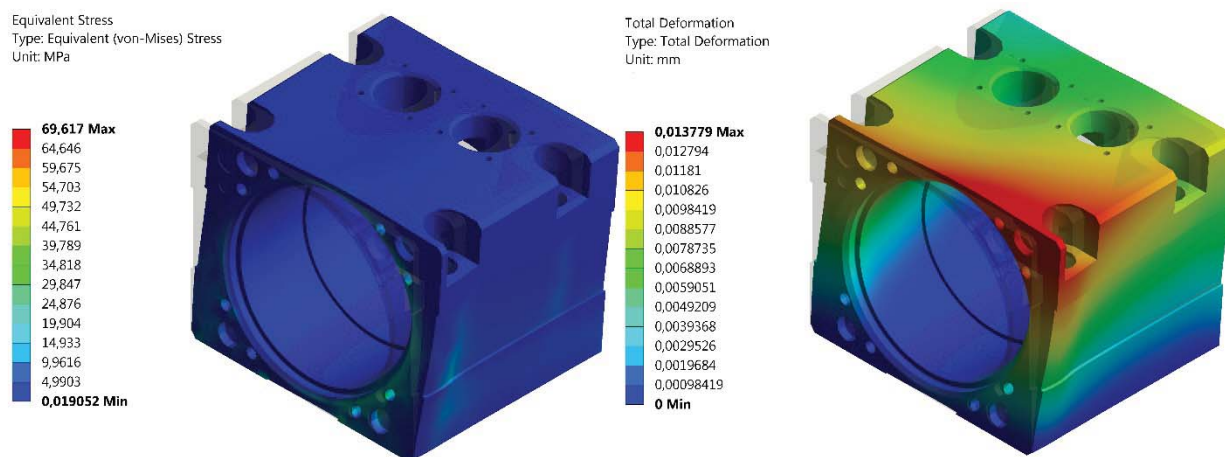
Teleso je zaťažované všetkými silami t.j. axiálnou silou, radiálnou silou a krútiacim momentom (Obr. 3) a jeho ukotvenie je za zadnú časť (Obr. 4). Hodnota napätia je zobrazená na Obr. 5 (vľavo), kde má maximálne napätia hodnotu 44,529 MPa. Hodnota dovoleného napätia pre materiál podľa EN AW 6082 má hodnotu 250 MPa. Koeficient bezpečnosti má hodnotu 5. Porovnanie zisteného a dovoleného napätia ($44,529 \text{ MPa} \leq 250 \text{ MPa}$) potvrdzuje, že navrhovaný materiál pri maximálnom pôsobení síl vyhovuje. Hodnota deformácie pri zaťažení všetkými silami na teleso (ukotvenie na zadnej časti) je zobrazená na Obr. 5 (vpravo), kde maximálna deformácia je 0,0146 mm. Na základe predpokladaného nasadenia modulu do výrobných CNC strojov a zariadení je hodnota deformácie vyhovujúca.



Obr. 5 Zobrazenie výsledného napätia všetkými silami na teleso (vľavo) a výsledná deformácia na teleso (vpravo) pri uchytení za zadnú časť telesa

Zaťaženie telesa pri pôsobení všetkých síl a uchytení za spodnú časť telesa

Teleso je zaťažované všetkými silami, t.j. axiálnou silou, radiálnou silou a krútiacim momentom Obr. 3 a jeho ukotvenie je za spodnú časť Obr. 4. Hodnota napätia je zobrazená na Obr. 6 (vľavo), kde má maximálne napätie hodnotu 69,617 MPa. Hodnota dovoleného napätia pre materiál podľa EN AW 6082 má hodnotu 250 MPa. Koeficient bezpečnosti má hodnotu 3. Porovnanie zisteného a dovoleného napätia ($69,617 \text{ MPa} \leq 250 \text{ MPa}$) potvrdzuje, že navrhovaný materiál pri maximálnom pôsobení síl vyhovuje. Hodnota deformácie pri zaťažení všetkými silami na teleso (ukotvenie na spodnej časti) je zobrazená na Obr. 6 (vpravo), kde maximálna deformácia je 0,0137 mm. Na základe predpokladaného nasadenia modulu do výrobných CNC strojov a zariadení je hodnota deformácie vyhovujúca.



Obr. 6 Zobrazenie výsledného napätia všetkými silami na teleso (vľavo) a výsledná deformácia na teleso (vpravo) pri uchytení za spodnú časť telesa

4. Záver

Podstatou článku bolo overenie hliníkovej zliatiny ako možnej deformovateľnej zložky telesa, pôsobením radiálnych a axiálnych síl súbežne s krútiacim momentom. Overovanie stavu a situácie počas experimentu bolo vykonávané prostredníctvom analýzy v programe ANSYS, ktorej výsledky sú určené v kapitole 3.2.

Pre ďalšiu možnú realizáciu experimentov by bolo najvhodnejšie simulovať dané analýzy pri dynamickom zaťažení, kde by boli dosiahnuté detailnejšie reálne podmienky, ktorými by bolo teleso namáhané v praxi. Keďže sa jedná o podrobné skúmanie tejto problematiky, je potrebné zabezpečiť na realizáciu dostatok časového horizontu.

Literatúra

- [1] SHRIVASTAVA, Suresh; GHOSH, Chiradeep; JONAS, John J. A comparison of the von Mises and Hencky equivalent strains for use in simple shear experiments. Philosophical Magazine, 2012, 92.7: 779-786.
- [2] Slovenský ústav technickej normalizácie: Hliník a zliatiny hliníka, odliatky, chemické zloženie a mechanické vlastnosti, Bratislava 2010,
- [3] ACTUATORS [online]. [s.a.]. [cit. 2017-04-10]. Dostupné na internete: <<http://www.spinea.com/products/drivespin/>>

- [4] DRIVESPIN [online]. [s.a.]. [cit. 2017-04-10]. Dostupné na internete: <<http://www.spinea.com/downloads/catalogues/DS/>>
- [5] Maximální napětí von Mises [online]. [s.a.]. [cit. 2017-04-19]. Dostupné na internete: http://help.solidworks.com/2011/Czech/SolidWorks/cworks/LegacyHelp/Simulation/Checking_stresses/prot_vonm.html
- [6] Interné zdroje SPINEA Technologies, s.r.o.: Technické údaje aktuátorov DriveSpin.
- [7] Interné zdroje SPINEA Technologies, s.r.o.: Výkresová dokumentácia aktuátorov DSM rady 070.
- [8] Interné zdroje SPINEA Technologies, s.r.o.: Aktuátory DriveSpin, produktová rada 070.
- [9] STN EN 755-2:2016, Hliník a zliatiny hliníka. Lisované tyče, rúry a profily. Časť 2: Mechanické vlastnosti.



Selected article from
Tento dokument byl publikován ve sborníku

**Nové metody a postupy v oblasti přístrojové techniky,
automatického řízení a informatiky 2017**
**New Methods and Practices in the Instrumentation,
Automatic Control and Informatics 2017**
29. 5. – 30. 5. 2017, Svatý Jan pod Skalou

ISBN 978-80-01-06300-2

Web page of the original document:
<http://control.fs.cvut.cz/nmp>
<http://iat.fs.cvut.cz/nmp/2017.pdf>

Obsah čísla/individual articles:
<http://iat.fs.cvut.cz/nmp/2017/>