

SZENDVICSSZERKEZET ANALÍTIKUS ÉS NUMERIKUS VIZSGÁLATA ALUMÍNIUMHAB ESETÉN

ANALYTICAL AND NUMERICAL INVESTIGATION OF A SANDWICH BEAM WITH ALUMINIUM FOAM

Alaa Al-Fatlawi*, Jármái Károly**, Kovács György***

ABSTRACT

The purpose of the research is to develop a new lightweight sandwich structure that can be used as elements of air containers. The structure is made of aluminum foam with fiber reinforced composite cover plates. Nine different combinations of laminated glass and/or carbon fiber reinforced plastic sheets were tested. A finite element analysis of the sandwich structures was presented. The single-objective optimization of the new sandwich structure was achieved with minimal weight. Five design criteria were considered: stiffness of the structure, shear failure of the topsheet, shear of the core, wrinkling of the topsheet, size limitations of the design variables. The elaborate composite structure results in significant weight savings due to the low density.

1. BEVEZETÉS

A tanulmány célja egy könnyűszerkezet kialakítása, amely szálakkal erősített műanyag fedőrétegekből (kilenc különféle laminált üvegszál és/vagy szénszállal erősített műanyag fedőlapok kombinációja) és alumínium (Al) habmagból áll. A szálerősítésű műanyag lap és a mag kicsi sűrűséggel és nagy fajlagos merevséggel rendelkezik, ami megfelel a merevségi követelményeknek és csökkentheti a szendvicsszerkezet súlyát. A kidolgozott szerkezeti modell felhasználható konténerek falának, padlójának és tetejének gyártására, hogy megfeleljen a hajózási és légitársaságok követelményeinek.

A könnyű konténerek alkalmazásának célja jelentős súlymegtakarítás elérése a hagyományos acél konténerekhez képest, ami a járművek alacsonyabb üzemanyag-fogyasztását eredményezi és a környezeti károkat csökkenti.

A szendvicsszerkezetek kompozit homloklapokból és a fémhabmagból sokféle műszaki alkalmazásban, például repülőgépiparban és autóiparban széles körben alkalmazhatók, előnyös tulajdonságaik révén, például a nagy hajlítási merevség és szilárdság/súlyarány miatt [1]. Huang és Alspaugh [2] ismertettek egy módszert a szendvicsszerkezetek minimális súlyának meghatározására. A hajlító feszültséggel, nyíró feszültséggel és

alakváltozással kapcsolatos leggyakoribb tervezési feltételeket vették figyelembe, ahol az előlap vastagsága és a mag vastagsága voltak a tervezési változók. Gibson [3] analitikai módszert mutat be a habmagos szendvicsszerkezet optimális vastagságának és sűrűségének meghatározására a súly minimalítása céljából. Gibson és Triantafyllou leírták, hogyan lehet minimalizálni egy habmaggal ellátott szendvicsszerkezet súlyát. Az elemzés megadta az optimális mag- és fedőlap vastagságot, valamint a mag sűrűségét [4].

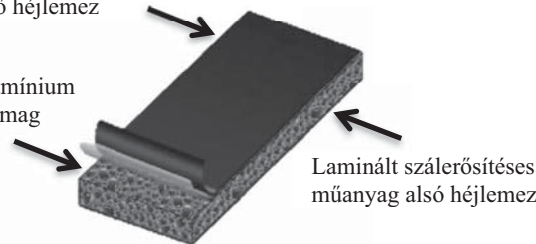
Zenkert és Bitzer könyveiben számos módszert és algoritmust ismertettek a szimmetrikus és aszimmetrikus lapokkal ellátott szendvicsszerkezetek súlyának minimalítása céljából és hajlítási és csavarási merevségi követelményeket vettek figyelembe [5-6]. Kota és Jármái szintén nagyon jól skálázható diszkrét Firefly algoritmust mutattak be optimáló módszerként.

Az Excel Solver beépített, redukált gradiens és evolúciós algoritmusait szintén összehasonlították hasonló problémák megoldásával [7]. Hazim és Jármái meghatározták a robotkarok minimális szerkezeti méreteit [8]. Számos kutató tanulmányozta a hibrid kompozit anyagoknak a szerkezet mechanikai tulajdonságaira gyakorolt hatását [9]. Dong és Davies megvizsgálták az üveg- és szénszálakból álló hibrid kompozitok hajlító merevségét [10].

A hibrid hatás megfigyelhető amikor a szálerősített műanyag rétegek beépítésre kerülnek hagyományos szendvicspanelekbe alumínium fedőlemezekkel [11]. Sok algoritmus áll rendelkezésre a kompozit laminált szerkezetek optimalizálására [12]. Néhány tanulmány a szendvicsszerkezet költségeit tekintette tervezési célként [13].

Laminált szálerősítéses műanyag
felső héjlemez

Alumínium
habmag



1. ábra Alumínium habmagos szendvicsszerkezet laminált kompozit fedőlapokkal

* doktorandusz, Miskolci Egyetem Energetikai és Vegyipari Gépészeti Intézet

** egyetemi tanár, Miskolci Egyetem Energetikai és Vegyipari Gépészeti Intézet

*** egyetemi docens, Miskolci Egyetem Logisztikai Intézet

1. táblázat A vizsgált szendvicsszerkezet szerkezeti elemeire vonatkozó adatok

Merevítő szálak	Dimenzió					Sűrűség			Tömeg		
	l	b	h	t_c	t_f	ρ_c	ρ_g	ρ_{cr}	W_{core}	W_{skin}	W_t
Egység	mm	mm	mm	mm	mm	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³	kg	kg	kg
Üvegszál	1000	100	24	20	2	300			0.6	0.38	1.36
Szénszál	1000	100	24	20	2	300	1900	1600	0.6	0.32	1.24
Hibrid	1000	100	24	20	2	300			0.6	0.35	1.30

Ahol l a hosszúság, b a szendvicsszerkezet szélessége, ρ_g az üvegszál/epoxigyanta laminált sűrűsége, ρ_{cr} a szénszál/epoxigyanta laminált sűrűsége, ρ_c a hab sűrűsége, t_f az előlap vastagsága, t_c a hab mag vastagsága és h a szendvicsszerkezet teljes vastagsága. W_{core} a habmag tömege, W_{skin} a fedőlap súlya, W_t a szendvicsszerkezet teljes tömege.

2. EGY ÚJ SZENDVICSSZERKEZETI MODELL

Az újonnan készített szendvicsszerkezet alumínium (Al) habmagból áll, laminált üvegszállal és/vagy szénszállal megerősített műanyag fedőlapokkal. Lásd az 1. ábrát. Az ebben a szerkezetben alkalmazott mag és a fedőlapok mérete és súlya az 1. táblázatban található.

A szimmetrikus szendvicsszerkezetekre vonatkozó hajlítási modell műszaki jellemzői a MIL-STD-401B [14] szabványban megadott modell alapján kerültek meghatározásra.

2.1. Az alumínium habmag

A habmag zárt cellás, ötvözött alumíniumból készült. A mag mechanikai tulajdonságai ideálissá teszik számos felhasználásra. Ezek a tulajdonságok magukban foglalják a nagy szilárdságot és a nagy merevség/tömeg arányt és a magas energiaelnyelést, amint azt a 2. táblázat mutatja [15].

2. táblázat A Cymat A35620SC 030SS stabilizált alumínium hab adatai

E	Rugalmassági modulus	1200	MPa
	nyomásra		
ν	Poisson arány	0.33	----
G	Nyírási rugalmassági modulus	1000	MPa
σ	Nyomószilárdság	4	MPa
τ	Nyírási szilárdság	1	MPa
ρ	Sűrűség	300	kg/m ³

2.2. Laminált szálakkal erősített műanyag fedőlapok

Kilenc különféle szendvicsszerkezetet vizsgáltunk meg, amelyek Al-habmagból állnak két fedőlemezzel. A laminált üvegszállal és/vagy szénszállal megerősített műanyag fedőlapok szimmetrikusak a szendvicsszerkezet középsíkjához képest. Minden fedőlap négy rétegből áll. A szövet orientációja a fedőlapokban keresztiréteggel (0°, 90°) és szögiréteggel ±

45°. A 3. táblázat tartalmazza a különféle kompozit rétegek mechanikai tulajdonságait.

Üvegszál/epoxigyanta fedőlapok

Három konstrukciót vizsgáltunk: Al-habmagos szendvicsszerkezet 4 rétegű felső és 4 rétegű alsó fedőlapokkal, üvegszál/epoxigyanta szövetből, a következő szálorientációkkal (0°, 90°, 0°, 90°), (0°, 90°, +45°, -45°) és (+45°, -45°, +45°, -45°).

Szénszál / epoxigyanta fedőlapok

Három konstrukciót vizsgáltunk: Al-habmagos szendvicsszerkezet 4 rétegű felső és 4 rétegű alsó fedőlapokkal, szénszál/epoxigyanta szövetből, a következő szálorientációkkal (0°, 90°, 0°, 90°), (0°, 90°, +45°, -45°) és (+45°, -45°, +45°, -45°).

3. táblázat Kompozit anyagok mechanikai tulajdonságai [16]

Szálirány 0°, 90° a terhelés tengelye irányában, száraz, szobahőmérsékleten, $V_f = 50\%$				
Jellemző	Szimbólum	Üvegszál	Szénszál	Egység
Young mod. 0°	E_1	25	70	GPa
Young mod. 90°	E_2	25	70	GPa
Nyírási modulus síkban	G_{12}	4	5	GPa
Fő Poisson arány	ν_{12}	0.2	0.1	----
Határ húzófesz. 0°	X_t	440	600	MPa
Határ nyomófeszültség 0°	X_c	425	570	MPa
Határ húzófesz. 90°	Y_t	440	600	MPa
Határ nyomófeszültség 90°	Y_c	425	570	MPa
Határ nyírófeszültség síkban	S	40	90	MPa
Szálirány ±45° a terhelés tengelye irányában, száraz, szobahőmérsékleten, $V_f = 50\%$ (fabric)				
Jellemző	Szimbólum	Üvegszál	Szénszál	Egység
Young mod. 0°	E_1	12.2	19.1	GPa
Young mod. 90°	E_2	12.2	19.1	GPa
Nyírási modulus síkban	G_{12}	8	30	GPa
Fő Poisson arány	ν_{12}	0.53	0.74	----
Határ húzófesz. 0°	X_t	120	120	MPa
Határ nyomófeszültség 0°	X_c	120	120	MPa
Határ húzófeszültség. 90°	S	150	310	MPa

Hibrid lapok (üveg- és szénzásal rétegek kombinációja)

Három konstrukciót vizsgáltunk: Al-habmagos szendvicsszerkezet 4 rétegű felső és 4 rétegű alsó fedőlapokkal (két külső szénzásal és két belső üvegszálás réteggel). A hibrid előlap a szénzásal és az üvegszál/epoxigyanta rétegek kombinációja, amelyek különböző szál-orientációval rendelkeznek: $(0^\circ, 90^\circ, 0^\circ, 90^\circ)$, $(0^\circ, 90^\circ, +45^\circ, -45^\circ)$ és $(+45^\circ, -45^\circ, +45^\circ, -45^\circ)$.

3. A SZENDVICSSZERKEZETEK VÉGESE-ELEMES VIZSGÁLATA

Ebben a részben az alakváltozást, a héj feszültséget és a mag nyíró feszültségét numerikus szimulációval vizsgáltuk. A végeelemes analízist a Digimat – HC program segítségével végeztük a 4 pontos hajlítási modell esetén. Ahol P az alkalmazott terhelés, δ a szendvicsszerkezet alakváltozása, σ_{skin} a héj feszültség és τ_{core} a mag nyíróterhelése. A végeelem számítás eredményei a következőkben találhatóak (4-6. táblázat) és a 2-4. ábrák. A kilenc eredményből hármatot mutatunk be helytakarékossgái okból.

4. A VIZSGÁLT SZENDVICSSZERKEZET OPTIMÁLÁSA MINIMÁLIS SÚLYRA

Kidolgozásra került az újonnan épített szendvicsszerkezet optimálási módszere (1. ábra). A szálak elhelyezése a fedőlapokban 0° , 90° és $\pm 45^\circ$ szöget zár be a hossz tengellyel. A tervezési változók a t_f fedőlap vastagsága és a t_c magvastagság a szendvicsszerkezetek súlyának minimalizálása céljából (1-3 egyenletek). Az optimálás során öt tervezési feltételt vettünk figyelembe (4-8 egyenletek). Az optimálási probléma egyenleteit az alábbiakban mutatjuk be [17]. Az első a fedőlap

tönkrementele, amit a klasszikus réteg elmélettel és Tsai-Hill kritériumai alapján a laminált fedőlap mechanikai tulajdonságai ismeretében számítottunk ki [18]. Az optimálási probléma további méretezési feltételei a szendvicsszerkezet merevsége, a fedőlap tönkrementele, a mag nyírása, a fedőlap ráncosodása. Ezeket kiszámoltuk minden magvastagság és fedőlap vastagság esetén.

Mindezen adattal minden lépésnél kiszámítottuk a fedőlap minimális vastagságát, amely megfelel a meghatározott terhelésnek és a szükséges merevségnek (4. képlet). A szoftver kiszámítja a szendvicsszerkezet minimális súlyát, amely megadja a fedőlap vastagságát és a mag vastagságát. Ez a szoftver a módosított változata a 2017-es szendvicsszerkezet optimálási programnak, mely elérhető a GitHubon [19]. A program úgy került kifejlesztésre, hogy kezelni tudja a hajlítási modellt.

A numerikus Digimat-HC program eredményeit bemeneti alapadatokként használtuk a kívánt eredmények eléréséhez (maximális deformáció δ_{max} és maximális terhelés P_{max}).

4.1. A szerkezet teljes tömege, mint célfüggvény

Üvegszál/epoxigyanta fedőlapok tömege alumínium habmaggal:

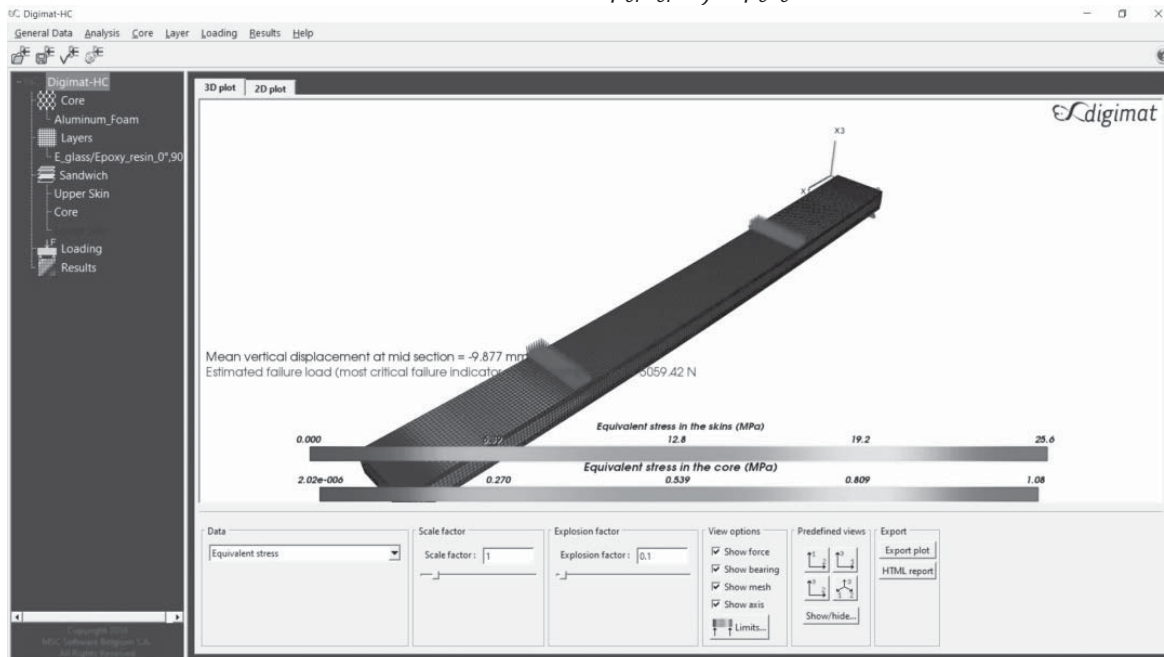
$$W_t = W_f + W_c = 2 W_g + W_c = 2 \rho_g t_g l b + \rho_c t_c l \quad (1)$$

Szénzásal/epoxigyanta fedőlapok tömege alumínium habmaggal:

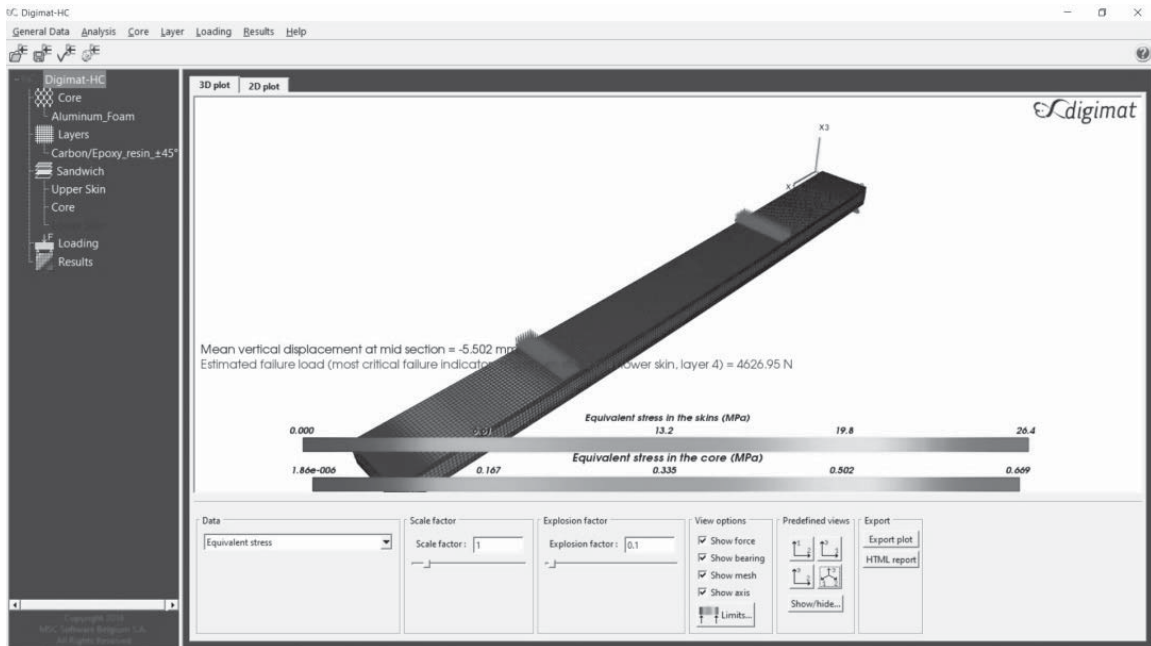
$$W_t = W_f + W_c = 2 W_{cr} + W_c = 2 \rho_{cr} t_{cr} l b + \rho_c t_c l b \quad (2)$$

Alumínium habmaggal ellátott hibrid fedőlapok tömege:

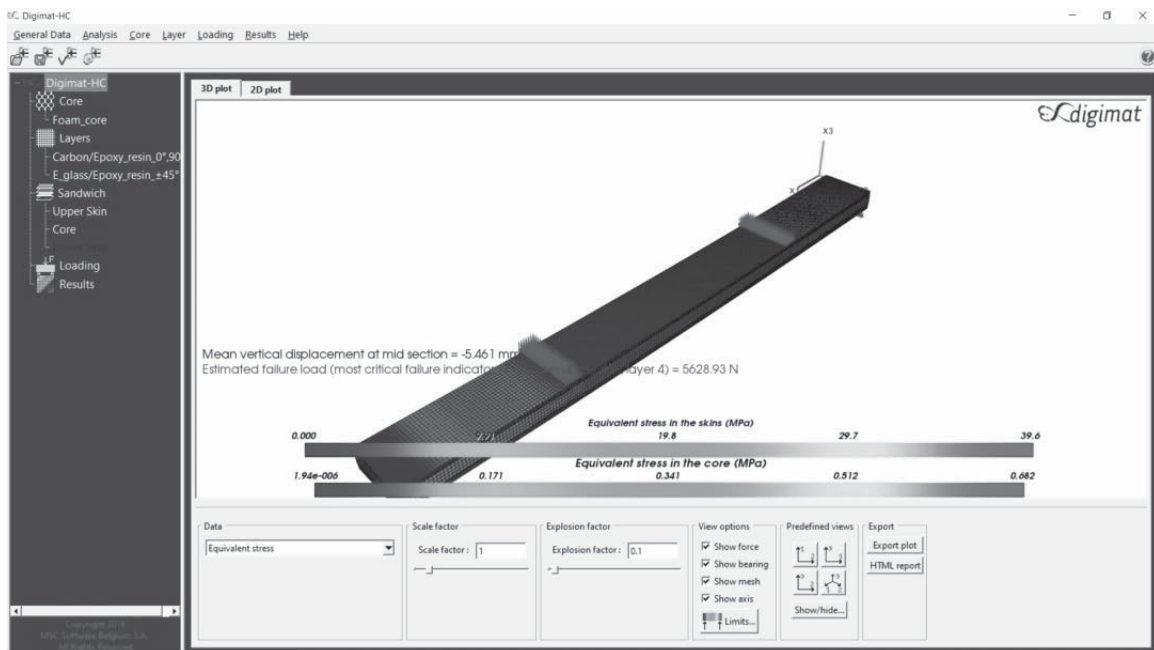
$$W_t = W_f + W_c = 2(W_g + W_{cr}) + W_c = 2(\rho_g t_g l b + \rho_{cr} t_{cr} l b) + \rho_c t_c l b \quad (3)$$



2. ábra: A Digimat – HC programmal kapott numerikus eredmények; $(0^\circ, 90^\circ, 0^\circ, 90^\circ)$ szálrendezésű üvegszál/epoxigyanta fedőlemezes Al habmagos szendvicsszerkezet hajlító modellje



3. ábra: A Digimat – HC programmal kapott numerikus eredmények; ($\pm 45^\circ, \pm 45^\circ$) szálrendezésű szénzál/epoxigyanta fedőlemezes Al habmagos szendvicsszerkezet hajlító modellje



4. ábra: A Digimat – HC programmal kapott numerikus eredmények; ($0^\circ, 90^\circ, +45^\circ, -45^\circ$) szálrendezésű hibrid fedőlemezes Al habmagos szendvicsszerkezet hajlító modellje

4.2. Méretezési feltételek

A szendvicsszerkezet merevségének korlátozása

A szendvicsszerkezet minimális merevségét $(EI)_{\min}$ a megadott adatok és a Digimat – HC program numerikus eredményeként kapott δ és P felhasználásával számoltuk.

$$(EI)_{\min} = \frac{P l^3}{B_3 \delta} \leq D = \frac{E_f t_f h^2 b}{2} \quad h = t_c + t_f \quad (4)$$

A fedőlapok tönkremenetelének korlátozása

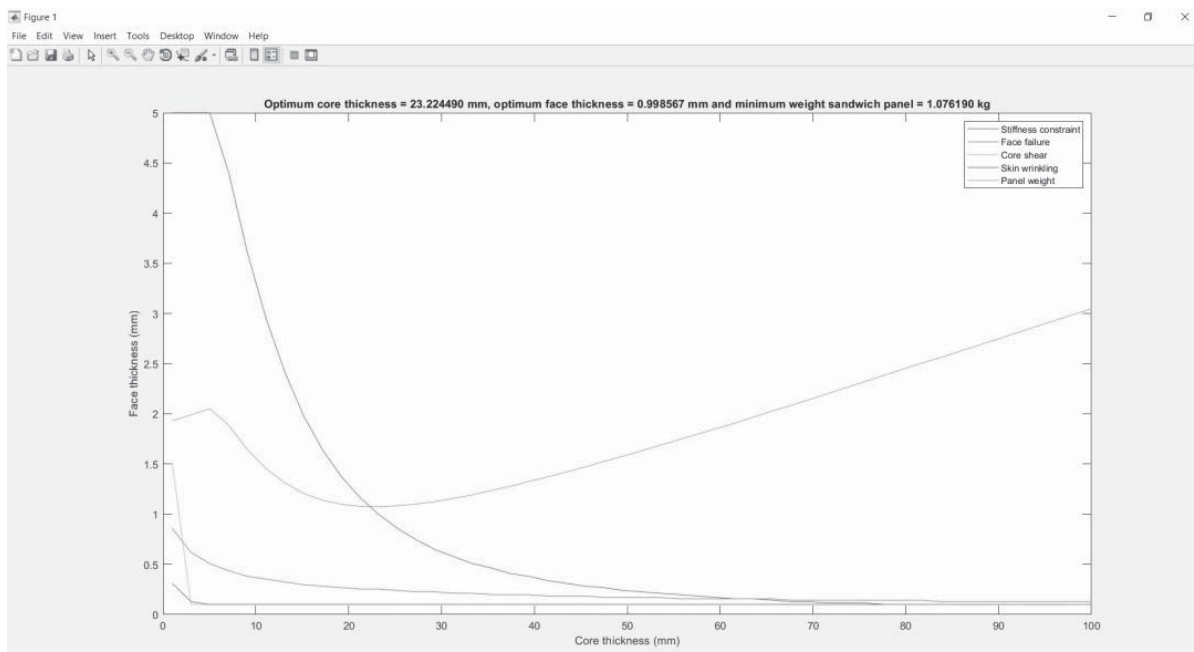
$$P_{act} \leq P_{ff} = \frac{\sigma_f b t_f h}{B_1 l} \quad (5)$$

A mag nyirásának korlátozása

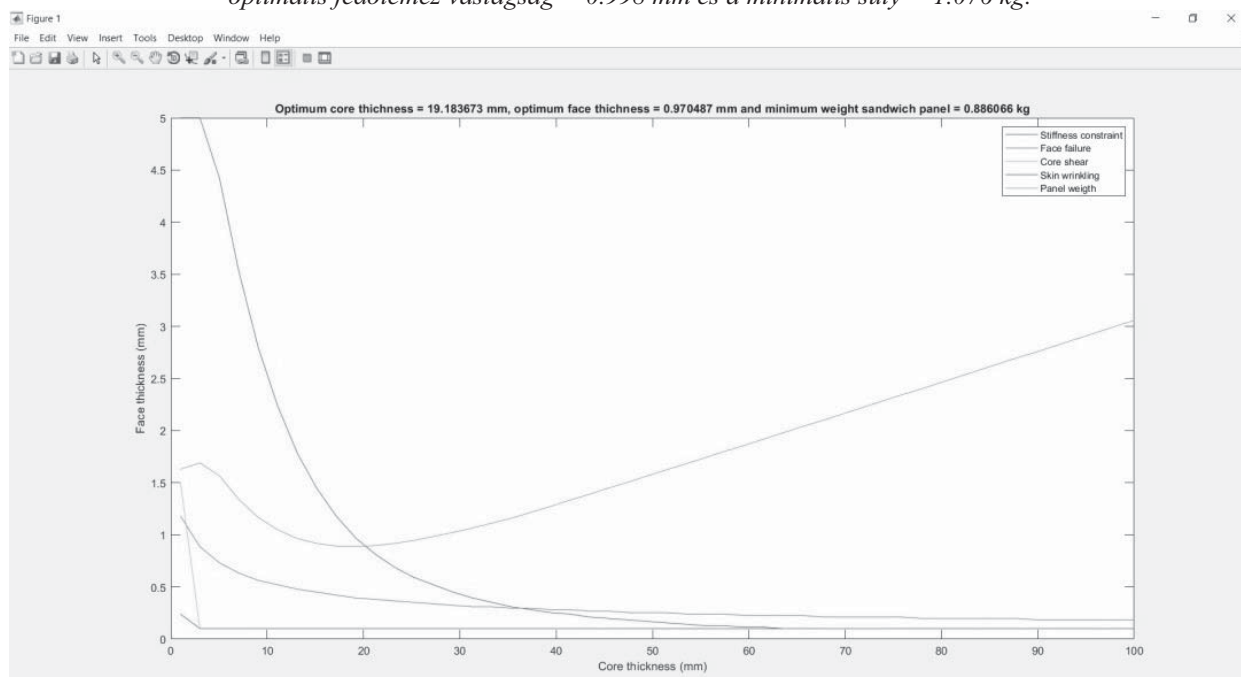
$$P_{act} \leq P_{cs} = \frac{\tau_c b h}{B_2} \quad (6)$$

A fedőlap ráncosodásának korlátozása

$$P_{act} \leq P_{wr} = \frac{b t_f h}{2 B_1 l [E_C G_C E_f]^{1/3}} \quad (7)$$



5. ábra Elméleti eredmények a MATLAB program és a hajlítási modell alkalmazásával; a szendvics szerkezet üvegszál/epoxigyanta rétegekből ($0^\circ, 90^\circ, 0^\circ, 90^\circ$) és Al habmagból áll. Az optimális habvastagság = 23.224 mm, az optimális fedőlemez vastagság = 0.998 mm és a minimális súly = 1.076 kg.



6. ábra. Elméleti eredmények a MATLAB program és a hajlítási modell alkalmazásával; a szendvics szerkezet szénaszál/epoxigyanta rétegekből ($+45^\circ, -45^\circ, +45^\circ, -45^\circ$) és Al habmagból áll. Az optimális habvastagság = 19.183 mm, az optimális fedőlemez vastagság = 0.970 mm és a minimális súly = 0.886 kg.

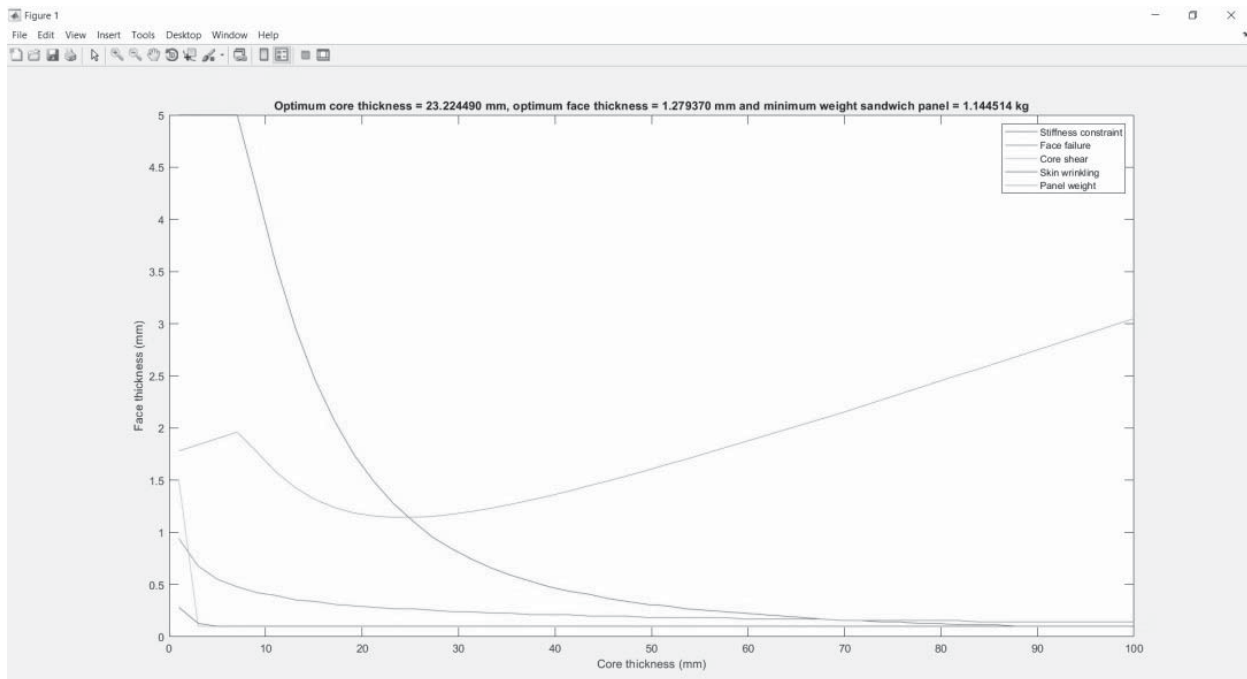
Tervezési változók méretkorlátozása

$$10 \leq t_{c \text{ opt}} \leq 100 \text{ és } 0.1 \leq t_{f \text{ opt}} \leq 5 \text{ [mm]} \quad (8)$$

ahol $B_1 = \frac{1}{8}$, $B_2 = \frac{1}{2}$, $B_3 = \frac{768}{11}$ és $P_{\text{act}} = 1000 \text{ N}$ (szabadon felfekvő, hajlított tartó modell).

4.3. Az optimalás eredményei

Az optimális magvastagság $t_{c \text{ opt}}$, az optimális fedőlemez vastagság $t_{f \text{ opt}}$ és a minimális súly W_{min} , amint azt a 4-6. táblázatok és az 5-7. ábrák mutatják.



7. ábra. Elméleti eredmények a MATLAB program és a hajlítási modell alkalmazásával; a szendvicsszerkezet hibrid rétegekből áll (0° , 90° , $+45^\circ$, -45°) és Al habmagból áll. Az optimális habvastagság = 23.224 mm, az optimális fedőlemez vastagság = 1.279 mm és a minimális súly = 1.144 kg

5. AZ EREDMÉNYEK KIÉRTÉKELÉSE

5.1. Numerikus eredmények különféle típusú rétegelt kompozit fedőlapok esetén

Az alumínium habmagos szendvicsszerkezetek és a különféle típusú kompozit fedőlapok numerikus eredményei szerint – amint azt a 4-6. táblázatok és a 2-4. ábrák mutatják – a szendvicsszerkezetek alakváltozása és a mag nyíró feszültsége a szénszál/epoxigyanta fedőlap esetén kisebb, mint a hibrid szerkezetnél és az üvegszál/epoxigyanta fedőlapos szendvicsszerkezetek hajlítási és mag nyíró feszültsége kisebb, mivel a szénszál merevsége nagyobb, kisebb tömeg mellett, mint az üvegszálé. Az üvegszál/epoxi-gyantával ellátott szendvicsszerkezetek héjfeszültsége kisebb, mint a szénszál/epoxi-gyantával és a hibrid fedőréteggel ellátott szendvicsszerkezetek héj-feszültsége, mivel az üvegszál rugalmasabb a szénszálhoz képest.

5.2. Numerikus eredmények a kompozit rétegek eltérő szálorientációja esetén

Az alumíniumhab maggal ellátott szendvicsszerkezetek numerikus eredményei jelentősen eltérőek a (0° , 90°) és a ($\pm 45^\circ$) szálorientációjú kompozit fedőlapok alkalmazása esetén. A szendvicsszerkezetek alakváltozása és a mag nyírófeszültsége a (0° , 90° , 0° , 90°) szálorientációval kisebb, mint a (0° , 90° , $+45^\circ$, -45°) és a ($+45^\circ$, -45° , $+45^\circ$, -45°) szálorientációk

esetén, mivel a (0° , 90° , 0° , 90°) szög esetén magasabb a Young-féle rugalmassági modulus mint a ($+45^\circ$, -45° , $+45^\circ$, -45°) szálorendezés esetén.

A ($+45^\circ$, -45° , $+45^\circ$, -45°) szálorientáció esetén a fedőlemez héjfeszültsége kisebb, mint a (0° , 90° , 0° , 90°) és a (0° , 90° , $+45^\circ$, -45°) szálorendezés esetén. Tehát az egyes rétegek különféle szálorendezésének vannak előnyei és hátrányai is egyaránt, ezért az adott terhelés jellege mutatja meg, melyiket érdemes választani.

5.3. Elméleti eredmények különféle típusú rétegelt kompozit fedőlapok esetén

Az elméleti eredmények szerint – amint azt a 4-6. táblázatok és az 5-7. ábrák mutatják – a szénszál/epoxi-gyantával ellátott szendvicsszerkezetek tömege kisebb, mint az üvegszál/epoxigyanta és a hibrid fedőlapok alkalmazása esetén a szendvicsszerkezetek tömege. A szénszál kompozit drágább, de erősebb.

5.4. Elméleti eredmények a kompozit rétegek eltérő szálorientációja esetén

Az alumíniumhab maggal és az eltérő szálorányú kompozit anyagú szendvicsszerkezetek elméleti eredményei szerint a (0° , 90°) és a $\pm 45^\circ$ szálorányok alkalmazása esetén a szendvicsszerkezet tömege kisebb a ($+45^\circ$, -45° , $+45^\circ$, -45°) szálorientációval, mint a (0° , 90° , 0° , 90°) és a (0° , 90° , $+45^\circ$, -45°) szálorientációkkal.

4. táblázat Analitikus és numerikus eredmények a (0°, 90° és ±45°) szálrendezésű üvegszál/epoxigyanta réteges fedőlapokból és alumínium habmagból álló szendvicsszerkezetek esetén

Üvegszálás	Numerikus eredmények				Optimális eredmények			W_t	$W_{red.}$
	P	δ	σ_{skin}	τ_{core}	$t_{c opt}$	$t_{f opt}$	W_{min}		
Szimbólum	P	δ	σ_{skin}	τ_{core}	$t_{c opt}$	$t_{f opt}$	W_{min}	W_t	$W_{red.}$
Egység	N	mm	MPa	MPa	mm	mm	kg	kg	%
0°, 90°, 0°, 90°	1000	9.877	25.6	1.08	23.224	0.998	1.076	1.36	20.88
0°, 90°, ±45°	1000	10.949	28.4	1.18	23.244	1.012	1.081	1.36	20.51
±45°, ±45°	1000	12.597	25.1	1.36	23.224	0.984	1.070	1.36	21.32

5. táblázat Analitikus és numerikus eredmények a (0°, 90° és ±45°) szálrendezésű szénszál/epoxigyanta réteges fedőlapokból és alumínium habmagból álló szendvicsszerkezetek esetén

Szénszálás	Numerikus eredmények				Optimális eredmények			W_t	$W_{red.}$
	P	δ	σ_{skin}	τ_{core}	$t_{c opt}$	$t_{f opt}$	W_{min}		
Szimbólum	P	δ	σ_{skin}	τ_{core}	$t_{c opt}$	$t_{f opt}$	W_{min}	W_t	$W_{red.}$
Egység	N	mm	MPa	MPa	mm	mm	kg	kg	%
0°, 90°, 0°, 90°	1000	3.746	26.6	0.54	21.204	1.110	0.991	1.24	20.08
0°, 90°, ±45°	1000	4.281	29.3	0.57	21.204	0.998	0.955	1.24	22.98
±45°, ±45°	1000	5.502	26.4	0.67	19.183	0.970	0.886	1.24	28.54

6. táblázat Analitikus és numerikus eredmények a (0°, 90° és ±45°) szálrendezésű hibrid réteges fedőlapokból és alumínium habmagból álló szendvicsszerkezetek esetén

Hibrid szálás	Numerikus eredmények				Optimális eredmények			W_t	$W_{red.}$
	P	δ	σ_{skin}	τ_{core}	$t_{c opt}$	$t_{f opt}$	W_{min}		
Szimbólum	P	δ	σ_{skin}	τ_{core}	$t_{c opt}$	$t_{f opt}$	W_{min}	W_t	$W_{red.}$
Egység	N	mm	MPa	MPa	mm	mm	kg	kg	%
0°, 90°, 0°, 90°	1000	5.185	37.6	0.66	23.224	1.181	1.110	1.30	14.61
0°, 90°, ±45°	1000	5.461	39.6	0.68	23.224	1.279	1.144	1.30	12.00
±45°, ±45°	1000	9.708	30.9	1.07	23.224	1.096	1.080	1.30	16.92

6. ÖSSZEFOGLALÁS

A tanulmány célja egy új szendvicsszerkezet kidolgozása volt, amely felhasználható könnyűszerkezetes konténerek falának, padlójának és tetőjének előállítására. A könnyűszerkezetes konténerek alkalmazásának elsődleges célja a súlymegtakarítás a hagyományos acél konténerekhez képest, ami a járművek alacsonyabb üzemanyag-fogyasztását és így kevesebb környezetkárosítást eredményez.

Az új szendvicsszerkezet alumíniumhab magból áll, felső és alsó kompozit fedőlapokkal. Kilenc különféle laminált üvegszál és/vagy szénszállal erősített műanyag fedőlap-kombináció vizsgálata történt. A tanulmányban bemutatásra került a vizsgált szendvicsszerkezetek végelelemes analízise is.

Optimálási módszer került kidolgozásra az új szendvicsszerkezetnél. Az optimálás során a célfüggvény a szerkezet teljes tömege volt, öt méretezési feltétel lett figyelembe véve, amelyek a következők voltak: a szerkezet teljes merevsége, a fedőlap tönkremenetele, a mag nyírása, a fedőlap ráncosodása és a méretkorlátozási feltételek a tervezési változók esetében.

Az új szendvicsszerkezeti modell egycélűfüggvényes optimálását sikerült végrehajtani minimális súly mellett. Az esettanulmányban az optimális szerkezet, amely biztosítja a szendvicsszerkezet minimális súlyát, egy (+45°, -45°, +45°, -45°) szálrendezésű szénszál/epoxigyanta fedőlapokból és alumínium habmagból álló szerkezet, amelynek vastagsága 19,183 mm. Ez az optimális szendvicsszerkezet 28,54%-os súlymegtakarítást

eredményez az eredeti szerkezethez képest (5. táblázat).

A kutatás eredményei alapján arra lehet következtetni, hogy a kidolgozott szendvicsszerkezet jól alkalmazható azokban az alkalmazásokban, ahol a súlymegtakarítás a legfontosabb tervezési cél.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A cikkben ismertetett kutató munka az EFOP-3.6.1-16-2016-00011 jelű „Fiatallodó és Megújuló Egyetem – Innovatív Tudásváros – a Miskolci Egyetem intelligens szakosodást szolgáló intézményi fejlesztése” projekt részeként – a Széchenyi 2020 keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

IRODALOM

- [1] XIANG L., GANGYAN L., CHUN H., WANG M. Y. Optimum design of composite sandwich structure subjected to combined torsion and bending loads, *Applied Composite Materials*, China, Vol. 19, No. 3–4, 2012, pp. 315–331.
- [2] HUANG S., ALSPAUGH D. Minimum weight sandwich beam design, *AIAA Journal*, Purdue University, West Lafayette, Vol. 12, No. 12, 1974, pp. 1617-1618.
- [3] GIBSON L. Optimization of stiffness in sandwich beams with rigid foam cores, *Materials Science and Engineering*, Vol. 67, No. 2, 1984, pp. 125–135.
- [4] TRIANTAFILLOU T., GIBSON, L. Minimum weight design of foam core sandwich panels for a given strength, *Materials Science and Engineering*, Vol. 95, 1987, pp. 55–62.
- [5] ZENKERT D. *An introduction to sandwich construction*,

- Engineering Materials Advisory Services, Emas Publishing, London, 1997.
- [6] BITZER T. *Honeycomb Technology: Materials, Design, Manufacturing, Applications and Testing*, London, Chapman & Hall, 1997.
- [7] KOTA L., JÁRMAI K. Efficient algorithms for optimization of objects and systems. *An International Journal for Engineering and Information Sciences, Pollack Periodica*, Vol. 9, No. 1, 2014, pp. 121-132.
- [8] HAZIM N., JÁRMAI K. Kinematic-Based Structural Optimization of Robots, *An International Journal for Engineering and Information Sciences, Pollack Periodica*, Vol. 14, No. 3, 2019, pp. 213–222.
- [9] JAMES G., CHRISTOS P. Flexural Response of Inorganic Hybrid Composites With E-Glass and Carbon Fibers, *Engineering Materials and Technology*, Vol. 132, No. 2, 2010, pp. 1-8.
- [10] CHENSONG D., IAN D. Optimal Design for the Flexural Behaviour Of Glass and Carbon Fibre Reinforced Polymer Hybrid Composites, *Materials and Design*, Vol. 37, 2012, pp. 450–457.
- [11] Fajrin J., Zhuge Y., Bullen, F., Wang H. Significance analysis of flexural behavior of hybrid sandwich panels, *Open Journal of Civil Engineering*, Vol. 3, No. 3B, 2013, pp. 1–7.
- [12] RODRIGUES G., GUEDES, J., FOLGADO J. Combined topology and stacking sequence optimization of composite laminated structures for structural performance measures, *In 4th Engineering Optimization Conference, Taylor & Francis Group*, London, 2015.
- [13] CHRISTOS K. Simultaneous cost and weight minimization of composite stiffened panels under compression and shear. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, Vol. 28, No. 5, 1997, pp. 419–435.
- [14] HEXCEL Composites Publication. *Mechanical Testing of Sandwich Panels, Technical Notes*. 2007, Online, Accessed in September 2019, Available on: https://www.hexcel.com/user_area/content_media/raw/SandwichPanels_global.pdf
- [15] MatWeb Material Property Data. *Cymat Stabilized Aluminium Foam*, Online, Accessed September 2019, Available on: <http://www.matweb.com/search/datasheet.aspx?MatGUID=bdd72d2af76c4e379ff82766b747ff9a>
- [16] Performance Composites Limited. *Composite Materials Engineering Specialists In Carbon Fibre*. 2009, Online, (Accessed September 2019), Available on: http://www.performance-composites.com/carbonfibre/mechanicalproperties_2.asp
- [17] HEXCEL Composites Publication. *Honeycomb Sandwich Design Technology*. 2007, Online, Accessed in September 2019, Available on: https://www.hexcel.com/user_area/content_media/raw/Honeycomb_Sandwich_Design_Technology.pdf
- [18] KOLLÁR L., SPRINGER G. *Mechanics of Composite Structures*. London, Cambridge University Press, 2003.
- [19] SPILLER D. *Composite Sandwich Optimizer*. 2017, Online, (Accessed September 2019). Available on: <https://github.com/dinospiller/Composite-Sandwich-Optimizer>



3rd International Conference on Vehicle and Automotive Engineering VAE2020

2-4. September 2020. Miskolc, Hungary



Konferencia felhívás

Tisztelettel hívunk minden érdeklődőt a 3-dik Nemzetközi Gépjármű- és Autóipari mérnöki Konferenciára (VAE2020), melyet 2020. szeptember 2-4 között tartunk Miskolcon. A konferencia célja, hogy összehozza a tudományos és ipari területek szakértőit, és bemutassa ezen területek fejlődését.

A konferencia fő témakörei:

- A. Hagyományos hajtómű és emisszió
- B. Alternatív hajtóművek
- C. Jármű dinamika
- D. Anyagok és gyártás
- E. Járműelektronika
- F. Autonóm járművek
- G. Zaj és rezgés
- H. Aktív és passzív biztonság
- I. Fenntarthatóság
- J. Oktatás
- K. Járműszerkezetek és felületek tervezése
- L. Optimálás
- M. Hegesztés
- N. Többcsuklós szerkezetek

A cikkek megjelentetése:

Az összes cikk elbírálásra kerül és az elfogadottakat a Springer Verlag által kiadott, a Scopus által indexált *Lecture Notes in Mechanical Engineering* sorozatban jelentetjük meg, a korábbi konferenciákhoz hasonlóan (<https://www.springer.com/gp/book/9783319756769>, <https://www.springer.com/gp/book/9783319511887>). A 2018-as kiadványnak 118 ezer letöltése volt eddig. A kiadvány valamennyi regisztrált résztvevő számára elektronikus úton lesz elérhető a konferenciára érkezéskor. A benyújtott cikkeknek eredetinek kell lenniük, máshol nem jelentek meg. A cikk terjedelme legalább 6 oldal, maximum 16 oldal. A szerzőnek előadást kell tartania. Szponzorálásra, kiállításra, standra van lehetőség lásd honlap.

Ütemterv:

	Az esemény határideje
Felhívás megjelentetése	
Absztrakt benyújtása	2020. január 31.
Absztrakt elfogadása	2020. február 15.
Teljes cikk benyújtása	2020. március 20.
Teljes cikk elfogadása	2020. április 30.
Részvételi díj fizetése	2020. május 15.
Konferencia	2020. szeptember 2-4.

A konferencia nyelve angol. Az absztrakt szövegnek 300 és 500 szó között kell lennie. Konferencia díja: 290 euró/fő (2020 május 15.). A publikálás díja: 150 Euro/cikk (2020 május 15.).

További részletekért forduljon a következőhöz:

Prof. Dr. JÁRMAI, Károly, Miskolci Egyetem
3515 Miskolc, Egyetemváros Tel. +36-46-565111 ext 2929

A konferencia honlapja

<http://vae2020.uni-miskolc.hu>
E-mail: vae2020@uni-miskolc.hu

CONTENTS

1. NEURAL NETWORKS FOR LEARNING INVERSE KINEMATICS OF ROBOTS: REVIEW AND APPLICATION	5
Hazim Nasir Ghafil, Károly Jármai	

Deep learning for Inverse Kinematic problem of robot manipulators was investigated by many works considering the planar case. In this paper, the performance of the three learning algorithms; Levenberg-Marquardt algorithm, Bayesian Regularization algorithm, and Scaled Conjugate Gradient algorithm is studied will learning single hidden layer network how to solve the Inverse Kinematic problem of a three degree of freedom robot manipulator.

2. BEAM WITH FIXED SUPPORT AT ONE END OPTIMIZATION IN CASE OF ECCENTRIC LOAD	11
Antal Erdős, Károly Jármai	

In this article the optimization of a beam with opened cross section. is shown considering the stress and deflection calculations. This type of cross-section is very sensitive to the eccentricity of the load, because of the effect of the warping torsion. This type of model could be used in case of machine tools, for example press or drill machines. Because the accuracy of the manufacturing procedure and the workpiece the deflection of the beam must be minimal. On the other hand, the lifetime of the machine should be maximal.

3. OPTIMUM DESIGN OF WELDED ASYMMETRIC I-BEAMS FOR MINIMUM WELDING SHRINKAGE	19
Károly Jármai, Máté Petrik	

A calculation system has been developed to determine the optimum dimensions of asymmetric I-beams for minimum shrinkage. The objective function is the minimum mass, the unknowns are the I-beam dimensions, the constraint are the stress, local buckling and deflection. We have considered different steel grades (235, 355, 460 MPa yield stress) and different aluminium (90, 155, 240 MPa yield stress). The material, the span length and the loading have been changed. It is shown, that using optimum design, one can reduce the welding shrinkage with prebending and can save material cost as well.

4. OPTIMIZATION OF OVERHEAD TRAVELLING CRANE WITH FPA ALGORITHM ON GPU	27
Szilárd Nagy, Károly Jármai	

Nature-inspired evolutionary optimization algorithms are powerful tools for solving non-linear problems. Sometimes they require huge computation capability, and they may be slow. In this paper, we propose a possible parallelization method for computation of base FPA algorithm and one group of fitness function. Proposed method simulated with three test function and an optimization of main girder of overhead travelling crane.

5. PUBLICATION AND MODERN SEARCH OF THE LITERATURE: INTRODUCTION OF USING SCOPUS	33
Viktória Kállai, Károly Jármai	

The Scopus is a database, which has the largest collection of abstracts and citations. Furthermore, with different intelligent tools it makes possible the observation of researches. Using Scopus one can not only search and find relevant information about the searched topic, but it is possible to find research groups, and to make statistical analysis of articles, authors or journals. It offers a huge amount and comprehensive content at one source. Information related to all disciplines can be searched easily and efficiently. It provides access to thousands of articles, millions of author profiles and billions of citations cited.

6. ANALYTICAL AND NUMERICAL INVESTIGATION OF A SANDWICH BEAM WITH ALUMINIUM FOAM	40
Alaa Al-Fatlawi, Károly Jármai, György Kovács	

The purpose of the research is to develop a new lightweight sandwich structure that can be used as element of air containers. The structure is made of aluminium foam with fiber reinforced composite cover plates. Nine different combinations of laminated glass and/or carbon fiber reinforced plastic sheets have been tested. A finite element analysis of the sandwich structures was presented. The single-objective optimization of the new sandwich structure was achieved with minimal weight. Five design criteria have been considered: stiffness of the structure, shear failure of the topsheet, shear of the core, wrinkling of the topsheet, size limitations of the design variables. The elaborate composite structure results in significant weight savings due to the low density.

GÉP

INFORMATIVE JOURNAL

for Technics, Enterprises, Investments, Sales, Research-Development, Market of the Scientific Society of Mechanical Engineering

Dr. Döbröczöni Ádám
President of Editorial Board

Vesza József
General Editor

Dr. Jáрмаi Károly
Dr. Péter József
Dr. Szabó Szilárd
Deputy

Dr. Barkóczi István
Bányai Zoltán
Dr. Beke János
Dr. Bercsey Tibor
Dr. Bukoveczky György
Dr. Czitán Gábor
Dr. Danyi József
Dr. Dudás Illés
Dr. Gáti József
Dr. Horváth Sándor
Dr. Illés Béla
Kármán Antal
Dr. Kalmár Ferenc
Dr. Orbán Ferenc
Dr. Pálincás István
Dr. Patkó Gyula
Dr. Péter László
Dr. Penninger Antal
Dr. Szabó István
Dr. Szántó Jenő
Dr. Szűcs Edit
Dr. Tímár Imre
Dr. Tóth László
Dr. Varga Emilné Dr. Szűcs Edit
Dr. Zobory István

DEAR READER,

Research at the University of Miskolc at the 4th Center for Excellence is under the heading *Innovative Vehicle Engineering, Power Engineering and Mechanical Engineering and Technologies*. The Center's objective is to develop research potential through research that innovates modelling, design and technological processes, in line with the European Union's drive to foster innovation, and the application and development of the most efficient environmental technologies. The Center for Excellence wants to improve the results achieved with new ones. The 2014-2020 research period will be completed slowly, and the GINOP and EFOP applications launched earlier will be also finished. Hopefully there will be similar research projects in the next research cycle.

In 2016 at the University of Miskolc, a car engineer training course started and created new challenges. The new PhD students who came to Stipendium Hungaricum to us also gave impetus to certain areas. We intend to introduce these new directions and results with this issue.

Most of the articles are the result of the 6th Scientific Group of 4th KK, the topic of which is the Optimum Design of the Engineering Support and Frame Structures. All articles are linked to the Department of Chemical Machinery at the Institute of Energy and Chemical Machinery.

The described articles partially were carried out as part of the EFOP-3.6.1-16-2016-00011 "Younger and Renewing University – Innovative Knowledge City – institutional development of the University of Miskolc aiming at intelligent specialisation" project implemented in the framework of the Széchenyi 2020 program. The realization of this project is supported by the European Union, co-financed by the European Social Fund."

Prof. Dr. Károly Jáрмаi
leader of the Center of Excellence

Managing Editor: Vesza József. Editor's address: 3534 Miskolc, Szervezet utca 67.

Phone/fax: (+36-46) 379-530, (+36-30) 9-450-270 • e-mail: mail@gepujsag.hu

Published by the Scientific Society of Mechanical Engineering, 1147 Budapest, Czobor u. 68., Postal address: 1371, Bp, Pf. 433

Phone: 202-0656, Fax: 202-0252, E-mail: a.gaby@gteportal.eu, Web: www.gteportal.eu

Web: http://www.gepujsag.hu * Kereskedelmi és Hitelbank: 10200830-32310236-00000000

Publisher: Dr. Igaz Jenő, Managing Director

Gazdász Nyomda Kft. 3534 Miskolc, Szervezet u. 67. Telefon: 06-46/379-530 • e-mail: gazdasz@chello.hu

Distributed to subscribers by Magyar Posta Zrt, Postal address: 1900 Budapest

Subscription: subscription can be ordered at any Hungarian post office, from postmen, from the link: www.posta.hu WEBSHOP

(https://eshop.posta.hu/storefront/), via e-mail: hirlapelfizetes@posta.hu, by phone: 06-1-767-8262, or mail to: MP Zrt. 1900 Budapest

Subscription: subscription can be ordered from overseas and to overseas at Magyar Posta Zrt. Visit: www.posta.hu WEBSHOP (https://eshop.posta.

hu/storefront/), mail to: 1900 Budapest, 06-1-767-8262, or hirlapelfizetes@posta.hu

Domestic subscription prices are: HUF 1,260 a single copy and HUF 2,520 a double copy.

INDEX: 25 343 ISSN 0016-8572

The published articles have been reviewed.

The publication is supported by the National Cultural Fund of Hungary

AZ ELSŐ ZÁRÓVIZSGA A JÁRMŰMÉRNÖKI SZAKON

Elérkezett a nagy nap. A 2016-ban elindult járműmérnök képzés 2020-ban végzős hallgatókat 'termett'. A Gépészmérnöki és Informatikai Kar 2015-ben határozta el, hogy a környező és egyre szaporodó járműgyártáshoz kapcsolódó vállalatok növekvő szakember igényeit ezen a területen is igyekeznek kielégíteni. Az elmúlt három és fél év során rengeteg dolog történt. Megtelt a négy évfolyam, voltak szakmai napok, tanulmányutak, konferenciák. Idén is szeptemberben 2-4 között lesz a 3-dik Járműmérnöki konferencia, VAE2020. Érdekesség, hogy a végzettek 2/3-a továbbmegy MSc-re.



A 2020-as záróvizsga bizottsága és hallgatói



A 2019-es müncheni tanulmányút résztvevői



A 2016-os elsőéves járműmérnök hallgatók

Jármai Károly szakfelelős

KÖNYVAJÁNLÓ

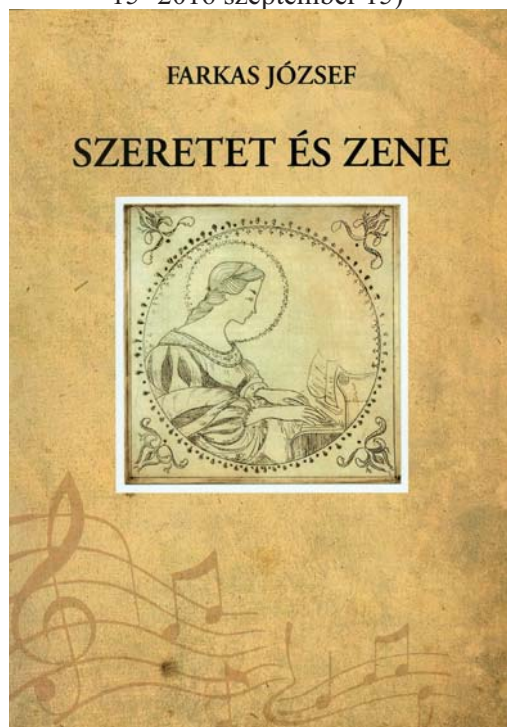
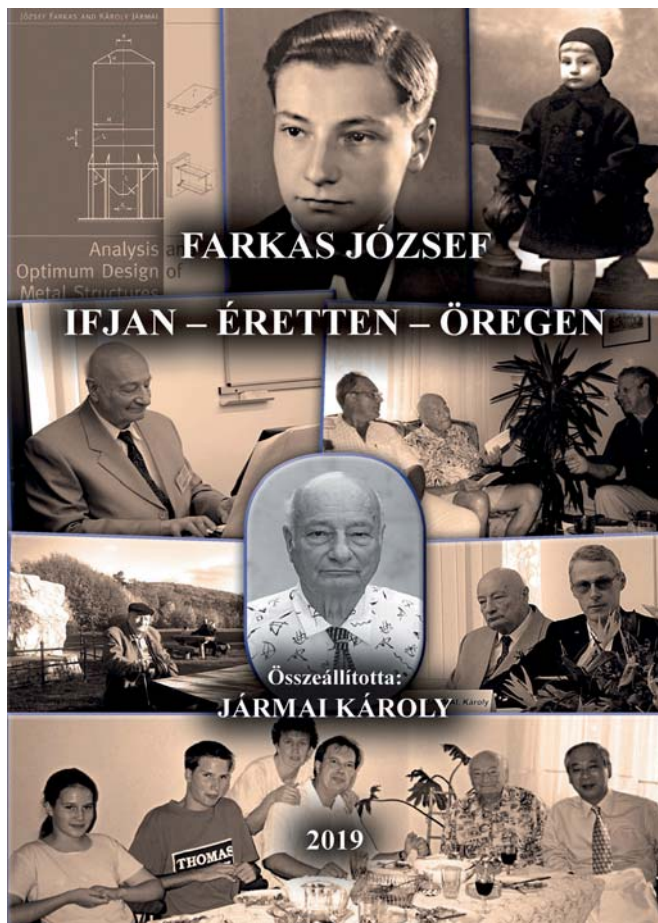
Farkas József Ifjan-éretten-öregem

Gazdász-Elasztik Kiadó és Nyomda, Miskolc, 187 old. 2019, ISBN 978-615-80212-8-9

E-mail: gazdasz@upcmail.hu

Tóth László, a Baylogi Intézet korábbi igazgatója, a Miskolci Egyetem volt professzora elindított egy sorozatot 2001-ben Ifjan-éretten-öregem címmel. Bemutatott egyetemi és nem egyetemi professzorokat, szakembereket. Életútjukat, szakmai eredményeiket. Megkértem, hogy bekapcsolódhassak ebbe a sorozatba és írhasak volt kollégámról, tanítómesteremről Farkas Józsefről.

Farkas József emeritusz professor, a műszaki tudomány doktora (1927 december 15 -2016 szeptember 15)



tervezése, hegesztési maradó feszültségek számítása, szerkezetoptimalás. Ő honosította meg a szerkezetoptimalást, ahol a szerkezet analízis, a szerkezet szintézissel összekapcsolódik. Bemutatta sok szerkezetnél, hogy a tervező matematikai módszerek alkalmazásával meg tudja határozni a legjobb megoldást, tud tömeget és költséget csökkenteni.

Nagyszámú tudományos cikke jelent meg, főként angol nyelven. Több magyar és angol nyelvű szakkönyvet írt részben társszerzőkkel, melyek hazai és nemzetközi kiadóknál, a Műszaki, az Akadémiai Kiadónál, a Gazdász Kiadónál és Nyomdánál, az Ellis Horwood, a Balkema, a Millpress, a Horwood és a Springer Kiadóknál jelentek meg.

Mérnökgenerációkat oktatott. Részt vett a nemzetközi hegesztőmérnök, illetve a nemzetközi hegesztett szerkezettervező mérnök képzésekben. A Nemzetközi Hegesztési Intézet munkájába már a 60-as évektől bekapcsolódott és magyar képviselő volt a hegesztett szerkezetek tervezésével és a szerkezetek fáradásával foglalkozó bizottságokban.

Farkas József nagyon szerette a zenét. Játszani is, hallgatni is. Úgy érezte, hogy írnia kell a zenéről, hogy át tudja adni másoknak azt a felemelő érzést, amit érzett a hallgatásukkor. Négy könyve jelent meg magyar és angol nyelven a komoly zenéről. Rendszeresen készített CD-ket, melyeken orgonált, mely sokoldalúságát bizonyítja. A kutatók éjszakája rendezvény során a Zenepalotában orgonált évről évre.

A könyvben volt tanítványai, kollégái és rokonai írnak róla, mit jelentett számukra, milyen élményeik társulnak személyéhez. Javasolom mindenkinek elolvasásra.

Jármái Károly