



SOPRONI
EGYETEM |

FAIPARI MÉRNÖKI ÉS
KREATÍVIPARI
KAR

AZ ALKALMAZOTT MŰVÉSZET LÉTMÓDJAI ÉS A KREATÍV IPAR KIHÍVÁSAI NAPJAINKBAN

Faipari Mérnöki és Kreatívipari Kar Tudományos Kiadványa

Szerkesztette: Márfa Molnár László és Pásztory Zoltán



AZ ALKALMAZOTT MŰVÉSZET LÉTMÓDJAI ÉS A KREATÍV IPAR KIHÍVÁSAI NAPJAINKBAN

**FAIPARI MÉRNÖKI ÉS KREATÍVIPARI KAR TUDOMÁNYOS
KIADVÁNYA**

Szerkesztette: Márjai Molnár László és Pásztory Zoltán



SOPRONI EGYETEM KIADÓ

SOPRON, 2023

A kötet első 12 írása a Sopronban 2022. október 28-án *Az alkalmazott művészet létmódjai napjainkban* címmel megrendezett tudományos konferencia előadásainak szerkesztett anyagát tartalmazza.

A konferencia támogatói:

MTA VEAB Soproni Tudós Társaság Művészeti és Irodalomtudományi Szakbizottság

Magyar Tudományos Akadémia VEAB Képzőművészet, Művészetelmélet és Design
Munkabizottság

Soproni Egyetem Faipari Mérnöki és Kreatívipari Kar

Felelős kiadó: Prof. Dr. Fábíán Attila

a Soproni Egyetem rektora

Szerkesztette:

Dr. Márfa Molnár László és Dr. Pásztory Zoltán

Lektorálta:

Dr. Börcsök Zoltán

ISBN 978-963-334-453-8 (pdf)

<https://doi.org/10.35511/978-963-334-453-8>

Creative Commons licenc: BY-NC-SA 2.5



Nevezd meg! Ne add el! Így add tovább! 2.5 Hungary
Attribution – Non commercial – Share Alike 2.5 HUNGARY

Tartalom

Bevezetés.....	5
Művészeti szekció	
Posztmodern performansz.....	7
<i>Szabó Tibor</i>	
Az alkalmazott és az autonóm művészet szakrális alkotásokban.	15
<i>Karikó Sándor</i>	
Szépség és öröm. Gondolatok a hazai kortárs transzcendens művészetről.....	21
<i>Kovács-Gombos Gábor</i>	
A képi világ üzenetei. Két leány folyóirat margójára	30
<i>Fáyné dr. Dombi Alice</i>	
Ökoművészet és öködesign mint új paradigma?	40
<i>Zalavári József</i>	
Fenntartható létharmónia, esztétikum és a feminin reprezentációja	48
<i>Major Gyöngyi</i>	
Tér(más)kép(pen) - adalékok a kortárs építészeti ábrázolás eszköztárának áttekintéséhez.....	61
<i>Kósa Balázs, Markó Balázs</i>	
Képirás – képolvasás (illúzió és gyakorlat)	70
<i>Gáspárdy Tibor</i>	
A kortárs (alkalmazott) művészet értelmezhetősége.....	80
<i>Márfai Molnár László</i>	
Bepillantás művészet és természettudomány közös metszetébe.....	87
<i>Nagy Máté</i>	
„Ut pictura poesis” Az intermedialitás megjelenési formái Tandori Dezső költészetében	95
<i>Zámbó Bianka</i>	
A soproni műemlék épületek dokumentálásának bemutatása egy helyi példán keresztül.....	102
<i>Kósa Balázs, Markó Balázs, Tárkányi Sándor</i>	
A makett, mint szemléltető eszköz.....	113
<i>Horváth Péter György, Markó Balázs, Tárkányi Sándor, Antal Mária Réka, Kósa Balázs</i>	
A fa élettani hatása	123
<i>Boros Eszter</i>	
Művészet és innováció az információ korában	130
<i>Szécsi Gábor, Szilágyi Tamás</i>	
A térészlelés és térhasználat kognitív működése	145
<i>Mucsi Zsuzsanna Mária, Horváth Péter György</i>	
A design hét megjelenési szintje	152
<i>Reményi Andrea</i>	

Műszaki szekció

Kézi és gépi intarziakészítés összehasonlító elemzése	162
<i>Antal Mária Réka, Horváth Péter György</i>	
Vászonról kompozitig – Anyaghasználat a repülőgépgyártásban.....	178
<i>Zsákai Balázs, Alpár Tibor, Horváth Péter György</i>	
Ütemezési feladat eredményeinek nemparametrikus statisztikai elemzése	185
<i>Tóth Zsolt, Hegyháti Máté, Kulcsár Ernő, Ősz Olivér</i>	
Fenyő rönk és fűrészáru behozatal környezeti terhei.....	193
<i>Börcsök Zoltán, Pásztory Zoltán</i>	
A faenergetika racionális, környezetkímélő lehetőségei (kutatási összefoglaló).....	204
<i>Németh Gábor; Kocsis Zoltán</i>	
Faipari projektek szakirodalmi elemzése	212
<i>Novotni Adrienn</i>	
Faipari por-forgács elszívó hálózatok és a munkahelyi légtér fapor tartalmának kérdései ...	222
<i>Németh Gábor, Németh Szabolcs, Kocsis Zoltán, Magoss Endre</i>	
Természetes anyagok szigetelőképessége.....	230
<i>Szendi Dorina; Pásztory Zoltán</i>	

Foreign languages section

Thermal resistance values of natural fiber-based insulation panels and the impact of their thickness on the thermal transmittance values of an external wall structure.....	240
<i>Le Duong Hung Anh, Zoltán Pásztory</i>	
Developing Info-Droplets to model the dark flight phase of meteorite fall.....	252
<i>Agota Lang, Matyas Bejo, Benke Hargitai, Barnabas Molnar, Aron Sztojka</i>	
Social Network and Text Mining Analysis of Publications Related to Remote Sensing and R Programming.....	260
<i>Zsolt Tóth</i>	
Small and medium-sized enterprises (smes) in Hungary: industry 4.0 trends and challenges	272
<i>Ádám Fazekas, Endre Magoss, Veronika Suriné Lengyel</i>	
The effect of natural-based additive on paper.....	284
<i>Zsófia Kóczán, Katalin Halász, Edina Preklet, Zoltán Pásztory</i>	
Comparative social network analysis (SNA) of FP7 and Horizon 2020 projects on remote sensing	293
<i>Zsolt Tóth</i>	
Advancements in Sustainable Wood Furniture: A Comprehensive Review of Bonding Techniques and Adhesives	302
<i>Seda Baş, Levente Dénes, Csilla Csiha</i>	

Vászontól kompozitig – Anyaghasználat a repülőgépgyártásban

Zsákai Balázs, Alpár Tibor, Horváth Péter György

Zsákai Balázs: doktoranduszhallgató, informatikai osztályvezető, Soproni Egyetem Faipari Mérnöki és Kreatívipari Kar Cziráki József Faanyagtudomány és Technológiák Doktori Iskola, email: zsakai.balazs@uni-sopron.hu

Alpár Tibor habil. Egyetemi docens, Soproni Egyetem Faipari Mérnöki és Kreatívipari Kar, Faipari és Műszaki Intézet, email: alpar.tibor@uni-sopron.hu

Horváth Péter György habil. Egyetemi docens, Soproni Egyetem Faipari Mérnöki és Kreatívipari Kar, Faépítészeti Intézet, email: horvath.peter.gyorgy@uni-sopron.hu

DOI: https://doi.org/10.35511/978-963-334-453-8.Zsakai_B-Alpar_T-Horvath_P

Absztrakt

A tanulmány célja, hogy átfogó képet adjon a repülőgépgyártásban alkalmazott anyagok és dizájn-elvek fejlődéséről. Száz éve a fa, ötven évvel ezelőtt az alumínium uralta a repülőgépipart. Mára a másodrendű szerkezeti anyagok nagy része szénszál-erősítésű polimerekből és méhsejtes anyagokból áll, míg a kritikus részek esetében új, vagy korábban megmunkálhatatlan fémek kerültek bevonásra az anyag-mixbe. Az értekezésben bemutatásra kerülnek ezen innovatív anyagok és felhasználási területeik.

Kulcsszavak: repülőgépipar, repüléstörténet, anyagtechnológia, kompozitok, szuperötvözetek

Az aviatika úttörői

Az 1800-as évek közepén először szabadalmaztatott repülő szerkezetet a francia Félix du Temple de la Croix, de a legkorábbi önerőből végrehajtott repülésre 1903-ig kellett várni. A Wright fivérek, akik a világon elsőként hajtottak végre sikeres repülést motoros, levegőnél nehezebb géppel, a század elején elérhető legkönnyebb anyagokat használták gépük megalkotásához.

A sárkány nagyrészt fából készült, melyet a szárnyakon vászon borított, a motor pedig egy alumínium blokk köré épült. Az elkövetkezendő évek fejlesztései nagy változatosságot hoztak a repülőgépek formája terén, azonban a kor szakértői egyetértettek a repüléshez használható anyagok „receptjében”: A fából készült váz szerkezeti merevségét feszítőhuzalok segítségével lehet elérni, a különböző felületeket pedig vászonnal kell borítani a legkisebb súly érdekében.

A szemléletváltás nem sokat váratott magára: Hugo Junkers elsőként ismerte fel, hogy nagyobb terhek szállításához már nem lehet megfelelő faszerkezeteket létrehozni a súly jelentős növekedése nélkül. 12 évvel a Wright Flyer történelmi felszállása után emelkedett levegőbe az első, teljes egészében fémből készült repülőgép, a Junkers J1. Az acélborítású

monoplán kísérletei vezettek végül a Luftwaffe által üzemeltetett, páncélzattal is ellátott Junkers J.I felderítő- és csatarepülőgép kifejlesztéséig. S bár a „Bádogszamár” sosem került sorozatgyártásba, Junkers úttörő gondolatai elindították a repülőgépfeljesztőket az anyag-evolúció útján, hogy a gépmadarak egyre erősebbek, könnyebbek, gyorsabbak és hatékonyabbak lehessenek (Grosz, 1984).

Az aranykor

Az első világháborút követő békeidőben sem állt meg a repülőgépipar fejlődése. A húszas években aranykorukat élő repülőgép-versenyek a lehető legnagyobb teljesítmény és sebesség elérésére ösztönözték a tervezőket. Az egyik leghíresebb aviátor, Howard Hughes első között mondott le a kétfedelű szárnyelrendezésből adódó többlet-felhajtóerőről, és végletekig karcsúsított gépének építéséhez alumínium ötvözetekkel kezdett kísérletezni. A H-1-es olyan úttörő technológiákat vonultat fel, mint az egyedileg megmunkált, süllyesztett fejű szegecsek alkalmazása, vagy a hidraulikusan behúzható futómű. Elsőként találkozhatunk egy bizonyos fokú modularitással a repülőgéptervezés történetében, ugyanis Hughes kétféle szárnyat gyártott a géphez: Egy nagy fesztávolságút, mely alacsony átesési sebességet biztosított a versenyek szűk fordulói során, valamint egy rövidebbet, ami a legkisebb káros légellenállást biztosította a rekordkísérletek alkalmával. A H-1-es 1935-ben beállította a szárazföldi repülőgépek 567 km/órás sebességrekordját, majd 1937-ben 518 km/órás átlagsebességgel alig 7 és fél óra alatt teljesítette a Los Angeles – New York City távolságot (Kranz, E.).

A fejlesztésekből azonban nem csak a versenypilóták profitáltak: Az alumínium használatával nyert súlycsökkentés a sebesség növekedése mellett a hatékonyabb tüzelőanyag-fogyasztást is elősegítette, így megnyílt az út a gazdaságosabban üzemeltethető légi járatok felé. A húszas évek úttörője ezen a téren Henry Ford volt, aki Junkers konstrukciós elvei mentén kifejlesztette a Ford Trimotort, a „Bádogliát”. A motorizált személyi közlekedés úttörője ezzel a hárommotoros, válszárnyas fémépítésű repülőgéppel indította útjára a biztonságos, megbízható és gazdaságos repülőgépek és repülőgépmotorok fejlesztéséért folyó versenyt, mely a mai napig tart.

A polgári légi közlekedésben igazi reformot jelentett a Douglas DC-3-as típusának megjelenése 1935-ben, mely új távlatokat nyitott a szállítási feladatok ellátásában. Ez volt az első közforgalmú repülőgép, mely hasznot termelt a légitársaságok számára. Az addigi leggyorsabb, megfelelő hatótávolsággal bíró, gazdaságosan üzemeltethető, és az utasok számára immár valós komfortot nyújtó fémépítésű kétmotoros létrejötté nemzeti örökséget is

hordoz. A gép rendkívüli kezelhetőségét és kiváló aerodinamikai tulajdonságait jelentős részben a – repülőgépipítésben azóta is sztenderdnek számító – szárny-törzs átmenet kialakításának köszönheti, melynek tervezése, valamint a teszteléshez használt szélcsatorna megalkotása egyaránt Kármán Tódor munkáját dicséri (Greenberg, 1983). Ez a repülőgép volt az első, mely héjszerkezetű, kör keresztmetszetű törzssel készült, jóidőre meghatározva a kereskedelmi repülőgépek alapvető formáját. Az orosz Liszunov gyárban Li-2 néven készültek a DC-3-as hazánkban is rendszeresített, licenszelt másai.

Harcban edzett szerkezeti anyagok

Ugyan a harmincas évek végére már a fém repülőgépek uralták az eget, akadtak tervezők, akik az akkori legmodernebb faalapú technológiákat használták. 1936-ban a DeHavilland Albatross utasszállító repülőgép törzsét szendvicsszerkezet alkotta, melyben nyírfa rétegeltelemek között balsa lapok kerültek beépítésre. A technológiát az Angol Királyi Légierő Mosquito bombázója tette híressé: Amellett, hogy könnyű és nagy teljesítményű konstrukció volt, elkerülte a háborús időkben stratégiai fontosságú alumínium felhasználásának szükségességét, és a repülőgépekre specializálódott fémművesek helyett a faipari szakemberek készségeit használhatták a gyártás során.

Az Atlanti-óceán túlsó partján a katonai stratégiához - erő, tartósság, mozgékony és fegyverzettség - szánt repülőgépek tervezésébe kezdtek. A Boeing P-26 "Peashooter" az USA légierőjében állt szolgálatba, mint az első teljesen fémből készült vadászgép, mely a hagyományos repülőgép dizájnt vegyítette a legújabb anyagok felhasználásával (Dundervill, 1997). A dúcok nélküli szárny kellő merevségét dűr alumínium kettős főtartó, bordák és szegecselt merevítőgerendák biztosították. A szárnyak sodronyos feszítése és a fix futómű ugyan visszalépésnek tűnhet, de a Boeing mérnökei így tudták szavatolni a megfelelő súlyt ahhoz, hogy a típus képes legyen a 235 mérföld/órás sebességre.

Az anyagtechnológiák fejlődési üteme a II. világháború alatt sem hagyott alább. Miután Japán korlátozta a fémkereskedelmet az Egyesült Államokkal szemben, a repülőgépgyártók az alumínium alkatrészek helyettesítésére gumit és műanyagokat kezdtek használni a nem teherviselő elemek, később jelentősebb szerkezeti egységek (pl. vákuumformázott radarkupolák) kiváltására.

A negyvenes évek végére a nagysebességű repüléssel kapcsolatos kutatások olyan kísérleti repülőgépeket hoztak létre, mint a Bell X-1, amely először volt képes szuperszonikus repülésre. Az extrém sebesség extrém szilárdságot és hőállóságot igényel, ami az

alumíniumötvözetek kifejlesztéséhez és az aerodinamikai felmelegedés hatásait mérséklő egzotikus anyagok használatához vezetett. A gyártók olyan anyagokból építettek repülőgépeket, mint

- Fejlett szén-szén kompozitok
- Szilícium-karbid kerámia bevonatok
- Titán-alumínium ötvözetek
- Nagy szilárdság/súlyarányú, kerámiaszálakkal erősített titánötvözetek

Irány a Hold!

A háborút követően a nemzetek figyelmüket az égbolton túlra fordították. A NASA a műanyagokhoz, a kevlárhoz és a nejlonhoz fordult az űrversenyben vívott csatában.

A szálerősítésű műanyagok széles körben való elterjedése a 60-as évekre datálható. A szálerősítésű mátrixok poliészter, vinilészter és epoxi gyantákat használtak, amelyeket üveg-, szén- vagy bórszálakkal erősítettek.

Ugyan a fával összefüggésben, de már a 30-as évek vége óta léteznek kompozit anyagokból épült repülőgépek, mint a Hughes által tervezett repülő hajó, amelynek alapanyaga nyírfából készült Duramold (fenolos gyantával impregnált és 280° F-on laminált nyírfa). A 70-es évektől kezdve a kompozit anyagok egyre fontosabb szerepet játszottak a védelmi és hadiiparban, különösen a radarhullám-elnyelő tulajdonságuknak köszönhetően (Beukers, 2005).

A kompozit anyagok alkalmazásának előnyei:

- Alacsonyabb anyagköltség
- Könnyebb súly és nagyobb szilárdság
- Radaros lopkodó minőség
- Áramvonalas formák létrehozása, amelyek fával vagy fémmel nem voltak lehetségesek

Új generációs anyagok körképe

Valamennyi sorozatgyártó ágazat között a repülőgépgyártás, anyaghasználati szempontból a repülőgépmotorok gyártása egyedülállónak tekinthető. A hajtómű a repülőgép legösszetettebb eleme, a legtöbb egyedi alkatrészt tartalmazza, és leginkább meghatározza az üzemanyag-hatékonyságot. Az új generációs hajtóművek –és a bennük lejátszódó akár 2100 °C hőmérsékletű égési folyamat- megjelenése hozzájárult az új anyagok iránti kereslet

növekedéséhez. Ezen igények kielégítése érdekében a hőálló szuperötvözetek (HRSA) és néhány nem fémes kompozit anyag, például a kerámiák, az elmúlt években kerültek be a repüléstudomány anyagegyenletébe. A repülőgépipari alkatrészek megmunkálásakor a folyamat kockázata is magas: Mivel 35 000 láb magasságban nincsen helye a legapróbb hibának sem, a tűréshatárok szinte minden más iparágnál pontosabbak. A repülőgépipar anyagai maguk is befolyásolják az alkatrészek tervezését: A gyárthatósági tervezés (DFM) az alkatrészek kiegyensúlyozott megközelítésű tervezésének mérnöki művészete, amely figyelembe veszi mind az alkatrész funkcióját, mind a gyártási követelményeket. Az anyag- és az alkatrésztervezés egymást irányítja, nem pedig az egyik követi a másikat. A repülőgépgyártásban szabványosított alumíniumok (6061,7050,7075) és hagyományos fémek (718-as nikkel, Ti6Al4V titán, 15-5PH rozsdamentes acél) továbbra is folyamatos alkalmazásban állnak (Rafi et al., 2013), azonban fokozatosan átveszik a helyüket olyan új ötvözetek, melyeket a költségek és a teljesítmény javítására terveztek. Az iparban újra teret hódít az alumínium, azonban már közel sem az elődeink által ismert formában. A titán-aluminid (TiAl) és az alumínium-lítium (Al-Li) az 1970-es évek óta léteznek, mégis csak az ezredforduló óta nyernek egyre nagyobb teret. A TiAl könnyebben megmunkálható, mint az alfa-béta titán, és javíthatja a repülőgéphajtóművek tolóerő-súly arányát, mivel a nikkelötvözetekhez képest feleannyi a tömege. A hagyományosan Ni alapú szuperötvözetekből készült alacsony nyomású turbinalapátok és nagy nyomású kompresszorlapátok ma már TiAl alapú ötvözetekből készülnek. A General Electric úttörő szerepet játszott ebben a fejlesztésben, és a GEnx hajtóművében -a 3D nyomtatással készült szén-szálakompozit lapátsor mellett- TiAl alacsony nyomású turbinalapátokat használ, ami az anyag első nagyszabású alkalmazása kereskedelmi repülőgéphajtóművön (Dahar et al., 2020).

Az Al-Li esetében a lítium hozzáadása alacsonyabb sűrűség és súly mellett erősíti az alumíniumot, ami a repülőgépipar anyagfejlődésének két katalizátora. Nagy szilárdsága, sérüléstűrése, korrózióállósága és hegesztésbarát jellege miatt jobb választás a hagyományos alumíniumoknál a repülőgépek vázában. Az ötvözet az Airbus repülőgépeken túl megtalálható a SpaceX Falcon 9 hordozórakéta üzemanyag- és oxidálóanyag-tartályaiban is, és széles körben használják a NASA rakéta- és űrsiklóprojektjeiben.

A titán 5553 (Ti-5553) egy másik fém, amely viszonylag új a repülőgépiparban, nagy szilárdsággal, könnyű súllyal és jó korrózióállósággal rendelkezik.

Kompozitok a csúcson

A kompozit anyagok egyre nagyobb szeletet képviselnek a repülőgépipar anyagportfóliójából. Csökkentik a súlyt és növelik az üzemanyag-hatékonyságot, miközben könnyen kezelhetők, tervezhetők, alakíthatók és javíthatók. Az egykor csak könnyű szerkezeti részek gyártására használt kompozitok alkalmazási köre mára a funkcionális alkatrészekig - mint a szárny- és törzsborítások, hajtóművek és futóművek- terjed. Az előformázott kompozit alkatrészek nem csökkentik a nehéz kötőelemek és illesztések számát, amelyek potenciális hibaforrások a repülőgépen belül.

A következő generációs anyagok közé tartoznak a CMC kompozitok, melyek évtizedes tesztelés után nemrég jelentek meg a gyakorlatban. Kerámia mátrixból állnak, amelyet tűzálló szál, például szilíciumkarbid (SiC) erősít. Alacsony sűrűség/tömeg, nagy keménység, és kiváló hő- és kémiai ellenállás jellemzi őket. Külön megmunkálás nélkül formázhatók, így ideálisak a repülőgépmotorok belső alkatrészeihez, kipufogórendszerekhez és más "forró zónás" szerkezetekhez - akár a korábban felsorolt legújabb HRSA-fémek helyettesítésére is.

A repülőgépiparban az elkövetkező években tovább fog változni az anyagösszetétel: a kompozitok, az újonnan megmunkálhatóvá vált fémek, és az új fémes anyagok egyre inkább elfoglalják a hagyományos anyagok helyét. Az alkatrészek száma csökkenni fog, és a tervezés továbbra is szorosan együttműködik majd az anyagtechnológiákkal. A szerszámgépgyártók és a forgácsolószerszám-gyártók olyan eszközöket fejlesztenek, amelyekkel a jelenleg használhatatlan anyagokat megmunkálhatóvá tehetik. Mindezt a repülőgépgyártás költségeinek csökkentése, a gazdaságosság javítása, valamint a légi közlekedés ökológiai lábnyomának csökkentése érdekében teszik.

Összefoglalás

A repülőgépipari anyaghasználat fejlődésének bemutatásához az aviatika történelmét, valamint az anyagtechnológia- és a megmunkálási eljárások evolúcióját állítottuk párhuzamba a kapcsolódó szakirodalom feltárásával. A repülés kezdetétől, példákon keresztül mutattuk be a szerkezeti materiák típusait, alkalmazásuk ipari jelentőségét, kitérve a jelenkorban fejlesztett technológiákra. Megállapítható, hogy míg kezdetben a légiközlekedésben az elérhető legkönnyebb és legjobban megmunkálható anyagokat preferálták, addig mára –a megnövekedett igénybevételek, környezetvédelmi- és gazdaságossági elvárások következtében- a repülőgépipar az anyagtechnológiák fejlődésének egyik fő hajtóereje.

Bibliográfia

- Bachmann, J., Hidalgo, C., Bricout, S., 2017. *Environmental analysis of innovative sustainable composites with potential use in aviation sector—A life cycle assessment review*. Science China Technological Sciences, 60, 1301–1317.
DOI: <https://doi.org/10.1007/s11431-016-9094-y>
- Beukers, A., van Hinte, E., 2005. *Flying Lightness*, 010 Publishers, Rotterdam.
- Dahar, M. S., Tamirisakandala, S. A., Lewandowski, J. J., 2020. *Integrated Computational Materials Engineering of Gamma Titanium Aluminides for Aerospace Applications*. MATEC Web of Conferences. DOI: <https://doi.org/10.1051/mateconf/202032108002>
- Dundervill, R. F., Gerity, P. F., Hyder, A. K., Luessen, L. H., 2017. *Defense Conversion Strategies*, ISBN: 978-94-017-1213-2
- Greenberg, J. L., Goodstein, J. R., 1983. *Theodore von Kármán and the arrival of applied mathematics in the United States, 1930-1940*. Humanities Working Paper, 77. California Institute of Technology, Pasadena, CA.
- Grosz, P., Terry, G., 1984. *The Way to the World's First All-Metal Fighter*. Air Enthusiast Twenty-Five.
- Kranz, E., *Hughes H-1 Racer*. FliegerWeb.com Magazin. Forrás: <https://www.fliegerweb.com/de/lexicon/Geschichte/Hughes+H-1+Racer-580> (2022.09.28)
- Rafi, H. K., Starr, T. L., Stucker, B. E. 2013. *A comparison of the tensile, fatigue, and fracture behavior of Ti-6Al-4V and 15-5 PH stainless steel parts made by selective laser melting*. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 69, 1299–1309.
DOI: <https://doi.org/10.1007/s00170-013-5106-7>

Abstract

Balázs Zsákai, Tibor Alpár, Péter György Horváth

From canvas to composite - Aerospace materials

The aim of this study is to provide a comprehensive overview of the development of materials and design principles in aerospace engineering. One hundred years ago, wood dominated the aircraft industry, fifty years ago aluminium was in the spot. Today, most of the secondary structures are made of carbon fibre-reinforced polymers and honeycomb materials, while new or previously unmachinable metals have been added to the material-mix for critical parts. The essay will present these innovative materials and their areas of application.

Keywords: aerospace, aeronautical history, materials technology, composites, superalloys