

# MATERIALE MODERNE, ADEZIVI ȘI PROCEDEE TEHNOLOGICE SPECIALE FOLOSITE ÎN AVIAȚIE

Ing. Bogdan SPINEANU, Ing. Traian TOMESCU, Ing. Tudor-Mihai TOMESCU

Sucursala AGIR Brașov

**REZUMAT.** Lucrarea prezintă aspecte privind progresul tehnic și unele perspective în utilizarea de materiale moderne, adezivi și procedee tehnologice speciale folosite în construcția de aeronave.

**Cuvinte cheie:** aeronave, materiale moderne, adezivi, uzinare chimică.

**ABSTRACT.** The paper presents some aspects of technical progress and prospects in the use of modern materials, adhesives and special technological methods used in aircraft construction.

**Keywords:** aircraft, modern materials, adhesives, chemical machining.

Unul dintre principalele obiective urmărite în proiectarea și realizarea de aeronave este obținerea unui raport cât mai mare între rezistența structurilor de aeronave și greutatea acestora. Rezultă implicit că obiectivul reducerii greutății aeronavelor este urmărit în mod deosebit în aviație iar utilizarea unor materiale moderne noi sau a unor procedee tehnologice speciale care urmăresc reducerea de greutate cum ar fi asamblarea prin lipire cu adezivi sau uzinarea chimică.

Industria Aeronautică a reprezentat mereu vârful de lance al celorlalte industrii de-oarece a utilizat tehnologii avansate, de pionierat sau cercetare recentă. Aparatele de zbor trebuie să fie sigure, fiabile, moderne, într-un cuvânt, fără cusur, căci este în joc viața oamenilor. Un aspect deosebit al rezistenței aeronavelor este și rezistența la fulgere având în vedere faptul că aceste fenomene meteorologice se întâlnesc frecvent în atmosfera terestră. Pe durata vieții unei aeronave (resursa de zbor), eventualitatea apariției fulgerelor este destul de mare iar statistic, avioanele sunt lovite cel puțin o dată la 2 ani de fulgere dar de cele mai multe ori fără urmări deosebit de grave pentru pasagerii și echipajul aeronavei. Unul din marile avantaje al structurilor din materiale compozite îl reprezintă greutatea redusă care după cum se știe este deosebit de importantă în proiectarea aeronavelor.

Pe de altă parte materialele compozite din fibră de carbon sau fibră de sticlă (CFRP – carbon fiber reinforced plastic și GFRP – glass fiber reinforced plastic) au marele dezavantaj că nu prezintă conductivitate electrică (impedanța fiind mare) și astfel structura este sensibilă în eventualitatea apariției unor fulgere. Se impune deci proiectarea și realizarea structurilor de aviație din materiale compozite rezistente la fulgere. Astfel, fulgerele pot crea zone de

temperatură înaltă care topesc sau chiar vaporizează rășinile din materialele compozite. Până în anii 1960, avioanele nu erau prevăzute cu această « cușcă Faraday » și au existat câteva accidente din această cauză. Conform ICAO (International Civil Aviation Organization) în ultimii ani siguranța zborului a crescut (vezi statistica de accidente din tabelul 1) datorită perfecționării metodelor de proiectare, a creșterii coeficienților de siguranță, a utilizării de noi materiale și procedee tehnologice.

*Tabelul 1. Evoluția accidentelor aviatice pe glob (număr de accidente la un million de zboruri)*

Anul	2009	2010	2011	2012	2013
Număr total de accidente la un million de zboruri	4,1	4,2	4,2	3,2	2,8

Pentru a evita posibilitatea de a fi lovit de fulger, piloții evită zonele de furtună, dar acest lucru nu este întotdeauna fezabil iar pentru a putea continua zborul și după ce aeronava a fost lovită de fulgere, structura aeronavelor trebuie protejată prin diferite metode, printre care enumerăm :

– aplicarea de vopsele speciale cu conductivitate electrică.

– fuselaje prevăzute cu plase din sârmă de cupru sau bronz instalate direct pe învelișul exterior « împământarea ». Aceasta presupune existența unei rețele electrice (ESN-electrical structural network) capabila să transfere total sau parțial curentul electric și sarcina electrostatică

În acest caz, dacă fulgerul lovește să zicem în aripă, curentul este direcționat de această rețea și iese prin altă zonă, fără să distrugă structural integritatea aeronavei (vezi fig. 1).

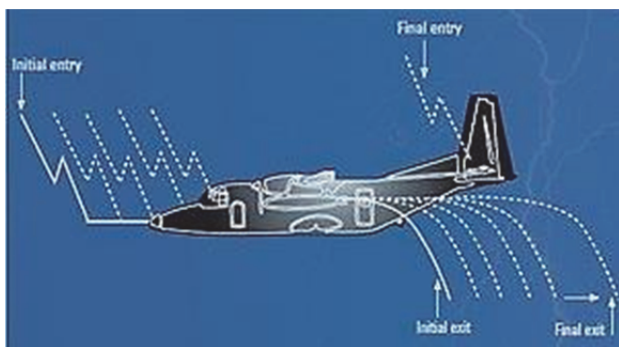


Fig. 1. O reprezentare a unor puncte posibile de intrare și de ieșire ale fulgerului în cazul unui avion aflat în zbor.

O metodă de protecție inovatoare împotriva fulgerelor este și patentul propus de firma Automated Dynamics, un producător de echipament AFP (automated fiber placement) și AT L (automated tape laying) și presupune integrarea rețelei de sârmă metalică direct în benzile de Pre-preg ale materialelor compozite și automatizarea încorporării în fibra de carbon, utilizând tehnici și echipamente tradiționale pentru depunerea benzilor (Tape). Cu alte cuvinte, fibra de carbon este pre-impregnată cu sârmă metalică și astfel integrată complet în matricea compozită, reducând costurile de producție.

Utilizarea materialelor moderne în realizarea de aeronave este corelată cu progresul tehnic acesta fiind impulsivat de cercetările continue care au ca scop mărirea rezistenței și fiabilității, reducerea greutateii proprii și creșterea performanțelor aeronavelor.

Un alt aspect care este direct legat de reducerea greutateii în paralel cu mărirea rezistenței structurilor de aeronave este realizarea unor componente utilizând procedee tehnologice speciale și utilizarea de adezivi pentru realizarea unor asamblări rezistente care să prezinte fiabilitate.

Dintre procedeele tehnologice speciale care asigură reducerea greutateii în paralel cu mărirea rezistenței structurilor de aeronave prezentăm o metodă de prelucrare a unor piese din aliaje de aluminiu care se bazează pe îndepărtarea unor părți de material din piese care măresc greutatea fără a mări și rezistența prin procedee chimice în loc de prelucrări mecanice prin așchiere.

Lipirea cu adezivi în industria aeronautică este din ce în ce mai mult utilizată deoarece este un procedeu de asamblare nedemontabilă care contribuie la reducerea greutateii structurilor având avantajul că poate fi utilizată pentru piese metalice și nemetalice inclusiv din mase plastice și din materiale compozite. De fapt chiar unele materiale compozite se realizează prin lipirea unor straturi de materiale diferite. Plexiglasul este unul dintre cele mai cunoscute branduri din lumea maselor plastice iar o mare varietatea de forme sub care se produce acest material îl fac în să fie utilizat în numeroase domenii. Domeniile de utilizare ale Plexiglas-ului includ: sisteme de

iluminare, signalistică, amenajări interioare, amenajări ambientale, mobilier, standuri expoziționale, bariere de sunet și protecții contra vântului, componente din industria auto și din industria aeronautică unde se utilizează pentru cabina piloților și hublouri pentru pasageri. Lipirea Plexiglas-ului este un proces care necesită adezivi specifici, plus atenție și îndemănare.

Dintre adezivii universali utilizați pentru lipirea plexiglasului putem menționa: din gama Acrifix adezivi monocomponent incolori subțiri sau vâscoși (1S 0117, 1S 0116, 1S 0106, 1S 0109).

În privința utilizării de adezivi pentru realizarea unor asamblări rezistente în realizarea structurilor de aeronave care să prezinte o mare fiabilitate la un cost rezonabil au fost înregistrate progrese mai ales prin cercetările în domeniul fizicii și chimiei care au permis extinderea gamei de adezivi. Unul dintre cei mai cunoscuți producători de adezivi utilizați în aeronautică este marca LOCTITE de la firma Henkel cu reprezentanța în România Henkel Romania S.R.L. la București. Henkel activează la nivel global cu mărci și tehnologii de vârf, grupate în trei divizii: Laundry & Home Care (Detergenți & Produse pentru îngrijirea locuinței), Beauty Care (Produse cosmetice & de toaletă) și Adhesive Technologies (Adezivi Tehnologii). Companie fondată în 1876, Henkel deține poziții fruntașe atât pe piețele destinate consumatorilor finali cât și pe cele adresate clienților industriali cu mărci de top, precum Persil, Schwarzkopf și Loctite. Compania Henkel, care are sediul la Düsseldorf / Germania, are circa 47.000 de angajați în întreaga lume, și se află printre cele mai internaționale companii de pe piața germană.

Un exemplu de adeziv pentru asamblări filetate este Loctite 222 de rezistență redusă sau 2.400 de rezistență medie sau Loctite 270 și 2700 pentru înaltă rezistență. Pentru lipire instant se pot utiliza Loctite Instant Adhesive ca Loctite 401 universal, Loctite 406 pentru material plastic și cauciuc sau Loctite 415 pentru metal. Pentru materiale cu greutate redusă și rigiditate mare pentru structuri de aeronave Henkel LOCTITE poate furniza adezivi pentru materiale compozite, metale și panouri structurale de tip sandwich utilizând pentru alegerea adezivilor cataloage ca Composites Aerospace Product Selector Guide din care se pot selecta adezivii în funcție de condițiile de rezistență pe care trebuie să le îndeplinească structurile. Recent în România se pot procura adezivi de calitate corespunzătoare pentru utilizări universale dar și pentru structuri de aeronave și de la firma NICRO cu reprezentanță Valerex oil SRL Satu Mare.

Un aparat de zbor, printre multe alte calități, trebuie să fie și ușor. În general, învelișurile și panourile mari, plane sau curbate au surplus de material ce este greu de înlăturat prin metode clasice, pe mașini unelte. În aceste piese trebuie realizate alveole de ușurare. Metoda (procedeu) prin care se realizează acest lucru

este „uzinarea chimică”. Uzinarea chimică se realizează prin coroziunea controlată produsă de o soluție ce atacă materialul din care este realizat elementul.

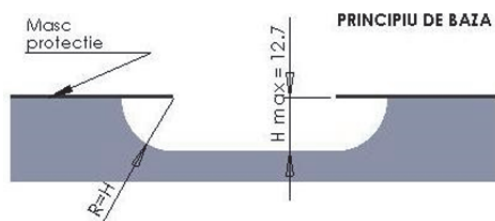


Fig. 2. Principiul de realizare a uzinării chimice.

Un material de mascare, rezistent la atacul chimic, pe care îl vom denumi în continuare „mască”, este depus pe toată piesa, prin imersarea într-o baie de mascare. Acesta se usucă apoi în aer cald, rămânând pe toată suprafața acesteia. Se trasează piesa în zonele în care se va realiza demascarea (înlăturarea mascului prin tăiere și jupuire) după anumite reguli ale atacului chimic. Un inconvenient al procedurii este limitarea la 12.7 mm, în adâncime, al atacului chimic pentru condiții corecte. În condiții de adâncime mai mare, deschideri mici, poziționări in-corecte, au loc acumulări de gaze. O măsură de înlăturare a acestor inconveniente ar fi realizarea unei circulații a soluției, dar și aceasta cu limite. Pentru piese simple, șablonul de demascare este constituit dintr-o placă de oțel acoperită cu un înveliș de cauciuc. Piesa se acoperă prin imersare într-un amestec cloroprenic rezistent la atacul chimic, uscată apoi în curent de aer cald, în cuptor, suspendată. Piesele complexe sunt acoperite cu acelaș material cloroprenic depus cu pensula sau cu pistolul de vopsit. Grosime stratului de material este de 1-1,2 mm. Liniile de demascare, funcție de complexitatea piesei, pot fi realizate după trasare cu șabloane simple, prin fotografiere și impresionare cu diverse soluții sensibile la lumină. Pe aceste linii se realizează tăierea protecției (mascului) după care se înlătură de pe zona ce trebuie atacată chimic. Tăierea se face cu mare grijă, fără a ampranta piesa, deoarece uzinarea adâncește ampranta, producând amorse de rupere a piesei. Viteza de uzinare chimică este de ordinul 0,025 mm/min. sau 1,5 mm/h. Prin introducerea progresivă a piesei în baie se pot obține secțiuni conice, bare conice, țevi conice.

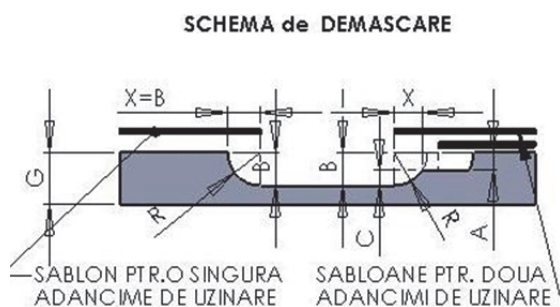


Fig. 3. Schema pentru ilustrarea procesului de demascare.

Pentru a nu se produce defecte asupra piesei trebuie avute în vedere anumite reguli, schematizate mai jos.

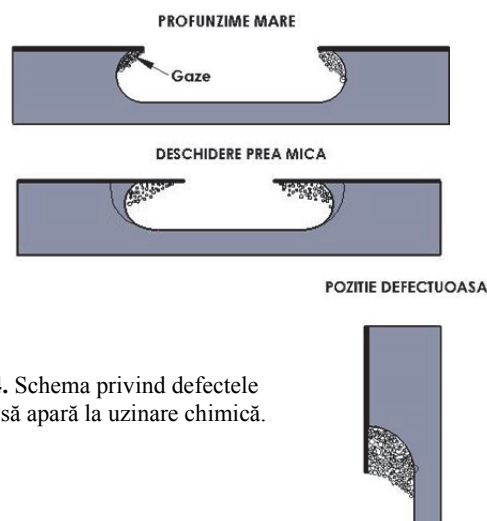


Fig. 4. Schema privind defectele ce pot să apară la uzinare chimică.

În general acest procedeu are avantaje notabile tehnice, de calitate și economice. Astfel:

- uzinarea chimică poate realiza prelucrări complexe în învelișuri autorigidizante (rigidizări oblice sau ortogonale, rigidizări curbe cu o repartizare bună a efortului etc.);
- uzinarea chimică de învelișuri formate în prealabil;
- uzinarea chimică de grosimi foarte mici pe piese masive pentru posibile asamblări ulterioare prin lipire;
- uzinarea chimică simultană pe ambele fețe;
- uzinarea chimică de piese ce au contraunghieri interioare imposibil de realizat prin uzinare clasică;
- uzinarea chimică nu necesită polisarea ulterioară a zonelor atacate chimic;
- nu necesită muncitori de înaltă calificare;
- uzinare chimică, acolo unde se poate face, este cu aprox. 10 % mai ieftină;
- nu distruge proprietățile mecanice și chimice din suprafață.
- nu deteiorază proprietățile materialelor magnetice.

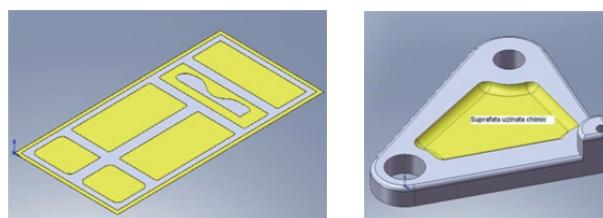


Fig. 5. Panou de înveliș autorigidizant și o piesă realizate prin uzinare chimică.

Uzinarea chimică se utilizează la prelucrarea aliajelor ușoare, oțelului, titanului fiind utilizată și la realizarea învelișurilor pentru rachete de diferite

tipuri. Dispozitivele utilizate pentru imersarea mecanică sunt instalații simple, piesele fiind prinse cu bacuri de oțel ( piesele din aliaj ușor ) și bacuri din mase plastice ( piesele din oțel ). Uzinarea chimică se controlează destul de greu în privința adâncimii stricte a acesteia. Aceasta depinde de concentrația băii prin recuperarea gazelor, componenta metalică a acesteia (filtrare, decantare, centrifugare ). Soluțiile sodice degajă hidrogen și dau aluminatul de sodiu. Degajarea hidrogenului constituie o prima dificultate căci el difuzează în metal și diminuează duritatea superficială. Probele la oboseală dau rezultate mai mici decât la piesele similare omologate uzinate clasic. Remedierea se poate face prin refacerea frecvență a băilor și un tratament termic –TT post- operație și menținerea într-un cuptor la  $130^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$  timp de 2 h. Pentru aliaje ușoare, soluții sodice (1,3 kg sodă la 1 kg material înlăturat) Baia este încălzită la  $60 - 85^{\circ}\text{C}$ . Viteza de atac este redusă odată cu răcirea băilor.

Pentru oțel se utilizează soluții acide ( 30% acid clorhidric, 5% acid nitric, 6% perclorură de fier). Baia este încălzită la 80%. Consum 4,5 l soluție de

acid pe 1 kg material înlăturat. Pentru aliaje de magneziu, baie acida cu concentrație mică. Temperatura baie  $35 - 40^{\circ}\text{C}$ . Consum 2,3 l soluție acidă pentru 1 kg metal înlăturat. Concepția pieselor se face funcție de metoda utilizată la prelucrare. De exemplu o grindă de egală rezistență trebuie gândită pentru a fi uzinată prin cele doua metode, clasic și chimic, ținându-se cont de caracteristicile celor doua tipuri de prelucrare. Îmbunătățiri ale acestui procedeu s-au făcut prin mărirea vitezei de atac cu 30-50%, prin introducerea pieselor într-un câmp de slaba tensiune - 2-3V.

### BIBLIOGRAFIE

- [1] [www.jeccomposites.com](http://www.jeccomposites.com)
- [2] [www.automateddynamics.com](http://www.automateddynamics.com) ; [www.loctite-instantadhesives.com](http://www.loctite-instantadhesives.com)
- [3] <http://www.loctite.ro/loctite/full-product-list-loctite-4546.htm>
- [4] <http://www.monsmedius.ro/materiale-placi>
- [5] Fabrication de avion et missiles - M.P.Guibert
- [6] Cataloagele LOCTITE Henkel și NICRO.

### Despre autori

#### Ing. Bogdan SPINEANU

Sucursala AGIR Brașov

Absolvent al Facultății Tehnologia Construcțiilor de Mașini, secția Tehnologia construcțiilor de mașini – promoția 1970. Specializări în domeniul materialelor moderne în Franța, Anglia, Olanda, Polonia. Angajat din anul 1971 al IAR S.A. – Brașov. A fost șef birou tehnic pentru piese din cauciuc și injectate pentru toate aeronavele din fabricație (1992-1994), șef secție Materiale moderne și șef atelier Materiale moderne (1994-2002), șef birou tehnic Secția piese simple și subansamble elicoptere (2002-2004), inginer specialist în domeniul materialelor moderne în Serviciul tehnic pe întreprindere (din 2004 până la pensionare). A fost coordonator pentru proiectare tehnologică și SDV- istică în asimilarea licențelor pentru 3 tipuri de elicoptere, avioane și planoare, acoperind domenii de activitate diverse de proiectare tehnologică și SDV- istică pentru piese din tablă, uzinate, sudate, materiale moderne, cauciuc, injectate, gabarite de asamblare etc. A coordonat proiecte pentru studenți din Franța și București. Este membru AGIR și membru al As.A.Bv.

#### Ing. Traian TOMESCU

Sucursala AGIR Brașov

A absolvit Facultatea de Aeronave și Instalații de Bord din Institutul Politehnic București în anul 1970, fiind inginer mecanic cu specialitatea aeronautică. În perioada 1970-2007 a lucrat ca inginer la IAR – Brașov, unde a contribuit la montajul a peste 1000 de planoare, motoplanoare, avioane și elicoptere. Este aeromodelist din anul 1960 și pilot sportiv de planoare în perioada 1965-1970. În perioada 1970-2007 a lucrat ca inginer la IAR –Brașov iar în perioada 2007-2011 a fost director general la S.C. Constructii Aeronautice S.A. Brasov în prezent fiind pensionar. Este președinte al sucursalei AGIR Brașov, membru al Consiliului Director al AGIR și vicepreședinte al Asociației Aviatorilor Brașoveni –ASAB.

#### Ing. Tudor - Mihai TOMESCU

Sucursala AGIR Brașov

A absolvit în anul 1997 Facultatea de Inginerie Tehnologică la Universitatea „Transilvania” din Brașov, secția Construcții Aeronautice. A lucrat ca inginer proiectant la: SC Cambric SRL – Brașov (1998-2000), OMF – Germania; INA Schaffler – Germania, CAE Inc – Canada (pentru avionul Airbus A320), CTT System AB – Suedia (pentru avioanele Airbus A380 și Boeing B767), Bombardier Aerospace – Montreal, Canada (pentru avionul Global Express G 5000) și EADS în Germania (pentru proiecte ale companiei Airbus).