

MATERIALE COMPOZITE UTILIZATE ÎN CONSTRUCȚIA DE AERONAVE

Ing. Bogdan SPINEANU

Sucursala A.G.I.R. Brașov

REZUMAT. Lucrarea se adresează inginerilor și celor care doresc să aprofundeze cunoștințele privind utilizarea unor tipuri de materiale compozite în industria aeronautică și în alte domenii.

Cuvinte cheie: plexiglas, suprafață vitrată, calitate optică.

ABSTRACT. This paper addresses engineers and those who want to deepen their knowledge on the use of certain types of composite materials for the aircraft industry and other fields.

Keywords: acrylic, glass surface, optical quality.

PREAMBUL...

Atunci când se discută inginereste despre aparate de zbor se aduc în atenție elemente ca:

• **Părțile componente ale aeronavei și manevrarea sa** arătându-se că forma exterioară a avionului, dimensiunile, motorizarea, organizarea structurală a componentelor sale îi influențează direct performanțele. Avionul este un aparat complex alcătuit în mod normal din patru subsisteme:

- structura de rezistență;
- sistemul de propulsie;
- echipamentele de bord și aparatele de comandă a zborului;

– instalațiile și mecanizarea aeronavei instalațiile și mecanizarea aeronavei.

• **Aerodinamica avionului** arată că asupra unei aeronave aflate în zbor acționează patru forțe care trebuie să se afle în echilibru. O forță în general poate fi interpretată ca o tragere sau o împingere asupra unui obiect într-o anumită direcție.

○ Greutatea este o forță orientată întotdeauna spre centrul pământului. Ea este direct proporțională cu masa avionului și depinde de încărcarea sa. Deși este distribuită asupra întregului aparat, ne putem imagina că ea este colectată și acționează asupra unui singur punct, numit centrul de greutate.

○ Tracțiunea este asigurată de sistemul de propulsie. Valoarea tracțiunii depinde de mai mulți factori asociați sistemului de propulsie: tipul motorului, numărul de motoare, comanda motorului, viteza și înălțimea de zbor.

○ Rezistența la înaintare (la mișcare) este forța aerodinamică ce se opune oricărui corp ce se deplasează într-un fluid. Mărimea acestei forțe este influențată de mai mulți factori: forma aeronavei,

densitatea și compoziția aerului, viteza. Direcția acestei forțe este întotdeauna opusă direcției de zbor și putem considera că ea „se concentrează” într-un singur punct numit centrul de presiune.

○ Portanța este forța care ține avionul în aer și trebuie înțeleasă în raport cu celelalte trei. Ea poate fi generată de orice parte a aeronavei, dar la un avion obișnuit portanța este datorată în special aripilor și în particular formei specifice în secțiune a aripii. Portanța este o forță aerodinamică datorată „tregerii” unui obiect printr-un fluid. Ea acționează asupra centrului de presiune și este definită ca fiind perpendiculară pe direcția de curgere a fluidului.

Dar mai sunt și altele importante, ca de exemplu *plexiglasul - suprafețele vitrate ale aeronavelor.*

1.GENERALITAȚI

Plexiglasul, material folosit în domeniul aviatic, reprezintă plăci ușoare, cu proprietăți optice și mecanice excelente, cu rezistență la intemperii și UV ieșite din comun (transmisie a radiațiilor UV sub 1%).

Tipuri de materiale utilizate:

– material acrilic turnat, cu standarde optice ridicate pentru geamurile avioanelor; poate fi furnizat în variantă incoloră dar și colorată; disponibil la grosimi cuprinse între 2 și 6 mm;

– material acrilic turnat, dezvoltat pentru echipamentele cu cerințe optice ridicate din industria aviației; poate fi furnizat în variantă incoloră dar și colorată; disponibil la grosimi cuprinse între 2 și 25 mm;

– material acrilic turnat, dezvoltat pentru a satisface cerințe speciale din industria aeronautică; se caracterizează prin rezistență mare la presiune și

MATERIALE COMPOZITE UTILIZATE ÎN CONSTRUCȚIA DE AERONAVE

la fluctuațiile de temperatură, rezistență îmbunătățită la absorbția apei în mediu umed, rezistență la întindere; poate fi furnizat în variantă incoloră dar și colorată; disponibil la grosimi cuprinse între 2 și 85 mm;

– material acrilic laminat pentru aceleași utilități ca la materialul acrilic turnat.

Aplicații:

- geamuri de cabină – planor, avion, elicopter;
- parbrize pentru avioane pasageri și de luptă.

Natura chimică. Plexiglasul este o rășină sintetică transparentă, termoplastică, produs de sinteză, obținut din acid cianhidric, acetona și alcool metilic – este un metacrilat de metil. Se poate prezenta, în funcție de temperatura de înmuiere, sub formă:

- plastifiată, când rezistența mecanică este mai scăzută mai ales la temperaturi mai ridicate;
- neplastifiată, când prezintă calități mecanice ridicate;
- copolimerizată, când caracteristicile mecanice, rezistența la solvenți și rezistența mecanică la cald sunt mai bune decât la cele precedente.

Se livrează sub formă de plăci cu dimensiuni de foaie de până la 1400×1600 mm (transparente sau colorate) și bare cu diametre mai frecvent întâlnite între 4 și 20 mm și lungimi (în funcție de calitate) între 800 și 1200 mm (transparente și colorate).

Înainte de a se lansa în fabricație un element transparent, între constructor și fabricant se poartă discuții privind:

- tipul de plexiglas ce se va utiliza;
- natura elementelor de fixare și etanșare;
- categoria elementului transparent;
- importanța seriei de executat și posibilități;

– solicitările preconizate (valorile absolute, gradientul de temperatură și presiune);

– stabilirea zonelor și tipului de vizibilitate (zone optice Oa, Ob, Oc);

– caracteristicile mecanice cerute (șoc la păsări, proiectile etc.);

– cotele speciale care trebuie respectate și toleranțele;

– natura tratamentului termic;

– pentru geamurile încălzite: suprafața încălzită, poziția, densitatea încălzitorului, poziția sondei de reglare, poziția bornelor de încălzire etc.

Enumerăm câteva tipuri de plexiglas:

– proveniență Franța - M33, GS 213, GS215 etc.;

– proveniență Rusia - CO95, CO120, CO140;

– proveniență SUA: 55, Poly 84, Poly 76, Poly 2000.

2. PROPRIETATI (CÂTEVA): FIZICE, MECANICE, OPTICE, TERMICE, CHIMICE

Acestea sunt prezentate în tabelul 1.

Plexiglasul este transparent la undele electromagnetice ultrascurte, putând fi utilizat la obținerea de cupole radar sau radio.

Plexiglasul rezistă la apă, baze, acizi diluați, ulei mineral și vegetal, terpenină, esențe ordinare etc. Este instabil la contactul cu: alcoolul, eterul, acetona, carburanți de avion, derivați clorurați organici, acizi puternici, benzol, toluen etc. Solvenții săi principali sunt: alchidele, cetonele, carburile aromatice, solvenți clorurați, clorură de metilen și etilenă, cloroform, tricloretilenă, tetraclorură de carbon etc.



Geamuri de cabină



Parbrize

	M33	II	55	CO120	Poly 84	Poly 76
Densitate la +25°C	1.18	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19
Rezistența la rupere la +25°C (kg/mm ²)				790		
Modul de elasticitate la +25°C (kg/mm ²)	285	285	350	304	475	475
Rezistența la flexiune la +25°C (kg/mm ²)	9.2	11.2	11.2		15.25	15.25
Rezistența la compresie la +25°C (kg/mm ²)	9.2	11.9	13.3		18	18
Rezistența la forfecare la +25°C (kg/mm ²)	5.6	6.3	6.3			
Rezistența la șoc pe bara plină la +25°C (kg/mm ²)	15-20	20	25			
Duritate Rockwell	M80	M93	M93		M98	M98
Indicele de refracție	1.49	1.49	1.50		1.49	1.49
Absorbție apă la +25°C	0.3	0.3	0.2		0.2	0.2
Punctul de înmuiere (° C)	70-80	95-105	100	120	140	140
Retragerea lineară după încălzire	la 140°C	2%				
	la 90°C	0.4%				

3. COLORAȚIE

Tabelul de mai jos conține câteva tipuri de referințe de calitate care sunt fabricate în mod curent, sub forma de foi (placi).

Tabelul 2

Calitate și culoare	Referința			Grosime realizabilă (mm)
	Neplastifiat	Normal	Foarte plastifiat	
Transparent				1.5-30
Incolor	M70	M33	M24	2-15
Roșu	S200	S202		1.5-15
		S217		1.5-15
Roșu puternic			S214	1.5-15
Bleu	S300	S301		1.5-8
Bleu intens		S306		1.5-8
Bleu clar		S311		1.5-8
Vede mediu	S400	S401		1.5-8
Oranj	S400	S501 UV		1.5-15
Oranj intens			S509	
Opac				
Ivoire	S1100	S1101		2-15

Barele se pot colora în negru, gri, verde, maro, bleu.

4. CALITATEA OPTICĂ

Funcție de importanța lor, plexiglasul sub formă de foi utilizat la construcția aero-avelor se împarte în trei categorii:

– *Categoria A*: elemente transparente curente pentru aerodine nepresurizate (geamuri laterale post pilotaj, hublouri cabină, alte tipuri de hublouri etc.);

– *Categoria B*: elemente transparente speciale pentru aerodine nepresurizate și elemente transparente curente pentru aerodine presurizate (geamuri laterale post pilotaj, hublouri cabină, alte tipuri de hublouri etc.); elementele din categoria B fac obiectul unei fișe de încercări stabilite de constructorul de aerodină;

– *Categoria C*: elemente transparente privind direct câmpul de vedere al echipajului în zbor sau la sol (geamuri laterale speciale ale postului de pilotaj, geamuri frontale, geamuri mobile); tot în această categorie intră și elementele transparente care trebuie să aibă caracteristici optice deosebite (hublouri pentru prize de vedere sau vizare etc.)

Încadrarea elementelor transparente de pe o aerodina într-o anumită categorie este făcută de Biroul de studii, după avizul fabricantului. Pentru o încadrare corectă se ține cont de solicitări (presiune, temperatura), de metodele utilizate pentru asamblare, de modul de așezare și de legătura cu structura aerodinei, de natura materialelor cu care intră în contact și a celor alăturate.

Geamurile cu încălzire se încadrează, fără excepție, în categoria C.

Din punct de vedere al calităților optice, elementele transparente se încadrează în trei zone optice: Oa, Ob, Oc.

– Oa: foarte bună calitate optică – nu are deformații optice notabile;

– Ob: buna calitate optică – se acceptă unele deformații optice;

– Oc: slabă calitate optică – se acceptă deformații optice.

În general, o porțiune de aproximativ 30 mm de la marginea elementului transparent se încadrează în zona Oc.

Calitățile optice uniforme nu sunt garantate pe toată suprafața plăcii. Tabelul următor dă „formatul optic” (forma dreptunghiulară ce definește o zonă așezată în centrul plăcii) pentru un format de livrare a foi de 1200×800 mm.

Barele colorate se livrează cu lungimi de până la 1 m.

MATERIALE COMPOZITE UTILIZATE ÎN CONSTRUCȚIA DE AERONAVE

Tabelul 3

Grosime (mm)	Calitate optică, Oa (3' deviere optică *)	Calitate optică, Ob (6' deviere optică)	Calitate optică, Oc (10' deviere optică)
4	1000×600	1100×700	1200×800
5			
6			
7	900×550	1100×700	1200×800
8			
9			
10			
12	800×500	1000×600	1200×800
15			
18			

* deviația razei de lumină cu o incidență normală la placă.

5. TOLERANȚE

Formatele de plexiglas au în general la cotele de placă o toleranță de ± 3 mm, indiferent de culoare. Privind toleranța la grosimea foilor, odată cu creșterea acesteia, crește și toleranța, plecând de la $\pm 0,35$ mm (la grosime de 1,5 mm) și ajungând până la ± 3 mm (la grosimea de 30 mm).

6. LIPIREA PLEXIGLASULUI

În general, suprafețele ce se lipesc trebuie să fie perfect paralele; în situație contrară, între cele 2 suprafețe se adaugă unul sau mai multe straturi de orlon (#0,3 mm), în așa fel încât să fie preluate defectele de suprafață.

Adezivii utilizați pot fi mono, bicomponenți sau tricomponeți. Dintre ei amintim: Altufix P10 (bicomponent), Altufix P12 (bicomponent), Altufix S201 (monocomponent), Tensol Nr.6 (monocomponent), PS18 (tricomponeți). Plexiglasului, înainte de lipire, i se aplică un tratament de detensionare (12 h la 75°C). Depunerea adezivului se face cu pensula sau seringă. După depunerea adezivului și punerea în contact a celor două suprafețe, asupra zonei lipite se aplică o presiune ușoară care să determine eliminarea eventualelor bule de aer. Polimerizarea are loc, în general, după 24 h la temperatura ambiantă sau 12 h la 60-70°C.

7. FORMAREA (MULAREA) PLEXIGLASULUI

7.1. Limite de formare ale plexiglasului

a) Limita de grosime: prin formare, grosimea plăcii de plexiglas se micșorează. Limita de acceptare este

data de constructor. În general, o grosime minimă a plexiglasului este acceptată atunci când înălțimea plexiglasului format este egală sau mai mică decât dimensiunile de gabarit ale plexiglasului.

b) Formele ce se pot executa sunt în general forme geometrice simple. Forma exterioară a plexiglasului format trebuie să copieze identic planul de formă al aerodinei în zona de montaj; nu se admit montaje cu tensiuni care pot introduce fisuri (crazing) pe contur și care pot evolua rapid în timpul utilizării.

c) Tratamentul termic: temperatura de formare este de $150 \pm 10^\circ\text{C}$. (Atenție: la 175°C apare descompunerea parțială și apariția de bășici.) Orientativ, timpul de încălzire a foii de plexiglas este dată de următoarea formulă:

$$t = (3 \text{ min} \times g [\text{mm}]) + 10 \text{ min}$$

Timpul minim de încălzire este de 20 min pentru grosimi mai mici de 6 mm.

Pentru a se evita deteriorarea plăcii de plexiglas, înainte de formare, se așteaptă 5-10 s, timp în care se realizează o peliculă superficială mai rece.

După formare, piesele din plexiglas cu grosime > 3 mm, fixate pe un dispozitiv, suportă un tratament de detensionare (revenire) la $60^\circ \pm 10^\circ\text{C}$ timp de 8-12 ore, într-un cuptor.

7.2. Tehnici de formare

7.2.1. Formarea pe vaselină

Formele de tragere se execută din lemn bine uscat și șlefuit sau rășină rezistentă la căldură, având formă convexă. Forma este acoperită de un strat de pânză gen suedin și un strat de unsoare neutră cu punct de topire scăzut. Pentru evitarea unei răcirii brutale a plexiglasului în contact cu modelul, acesta se încălzește în prealabil la $70 \pm 10^\circ\text{C}$. În anumite situații de plexiglas optic de categoria Oc, tragerea se poate face utilizând numai pânza de suedin.

Placa de plexiglas scoasă din cuptor este pusă și trasă pe formă cu ajutorul unor clești speciali, realizându-se un contact intim printr-un cadru strâns pe exterior.

7.2.2. Formarea cu aer

Formarea prin aspirație liberă (depresiune). Foaia de plexiglas, scoasă din cuptor, este fixată pe o ramă (ce definește planul de formă) care mărginește o incintă închisă pe restul de 5 fețe. O aspirație rapidă de $-0,8$ atm produce asupra foliei calde o deformare spațială spre o formă hemisferică. Profunzimea piesei este apreciată vizual în raport cu un indicator aflat în cuva de aspirație. Prin menținerea

unei depresiuni constante în timpul răcirii foliei se obține forma dorită.

Formarea prin presiune. Dispozitivul pe care se obțin piesele din plexiglas este principial identic cu cel de la punctul anterior, dar rama de strângere este înlocuită cu o placă de strângere prevăzută cu un ștuț de introducere aer sub presiune de 0,05 - 0,1 atm, iar gura de aspirație dispare.

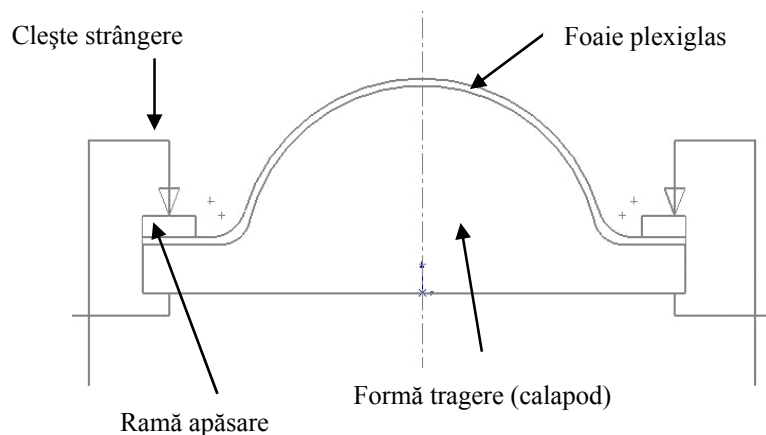
7.2.3. Formări mixte

Aspirație. Se utilizează un model concav care are forma exterioară a piesei din plexiglas. Pregătirea modelului este similară cu cea de la punctul 7.2.1. În

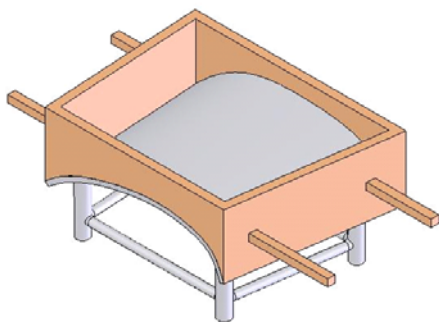
model sunt practicate orificii de Ø4 mm plasate la periferia modelului. Foaia de plexiglas, scoasă din cuptorul de încălzire, este fixată cu o ramă pe model. Prin aplicarea vidului în model, foaia este adusă în contact cu modelul, lăsându-se să se răcească în această poziție până devine rigidă.

Aspirație urmată de presiune pe model. După formarea piesei ca la punctul anterior se întrerupe vidul și se aplică o presiune dinspre interior, pe piesă.

Presiune. Dispozitivul pe care se obțin piesele din plexiglas este principial identic cu cel de la primul punct, în care rama de strângere este înlocuită cu o placă de strângere prevăzută cu un ștuț de introducere aer sub presiune, iar gura de aspirație dispare – se transformă în gură de eliminare al aerului de sub piesa.



Schema de lucru a dispozitivului de formare prin tragere.



Aspectul de principiu al dispozitivului de formare prin tragere.



Cuptor încălzire și pregătire dispozitiv de formare geam prin tragere.

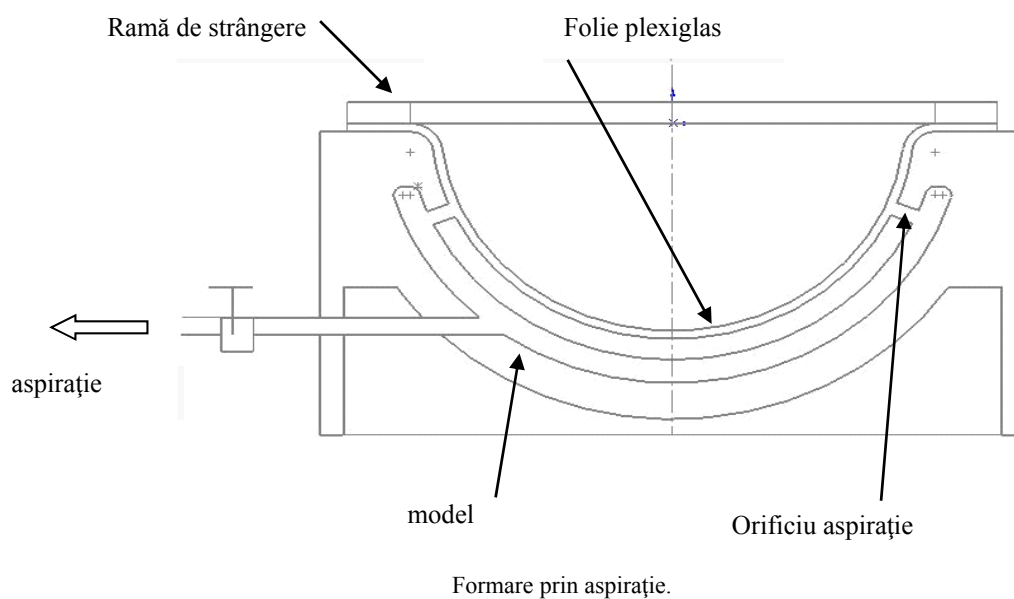
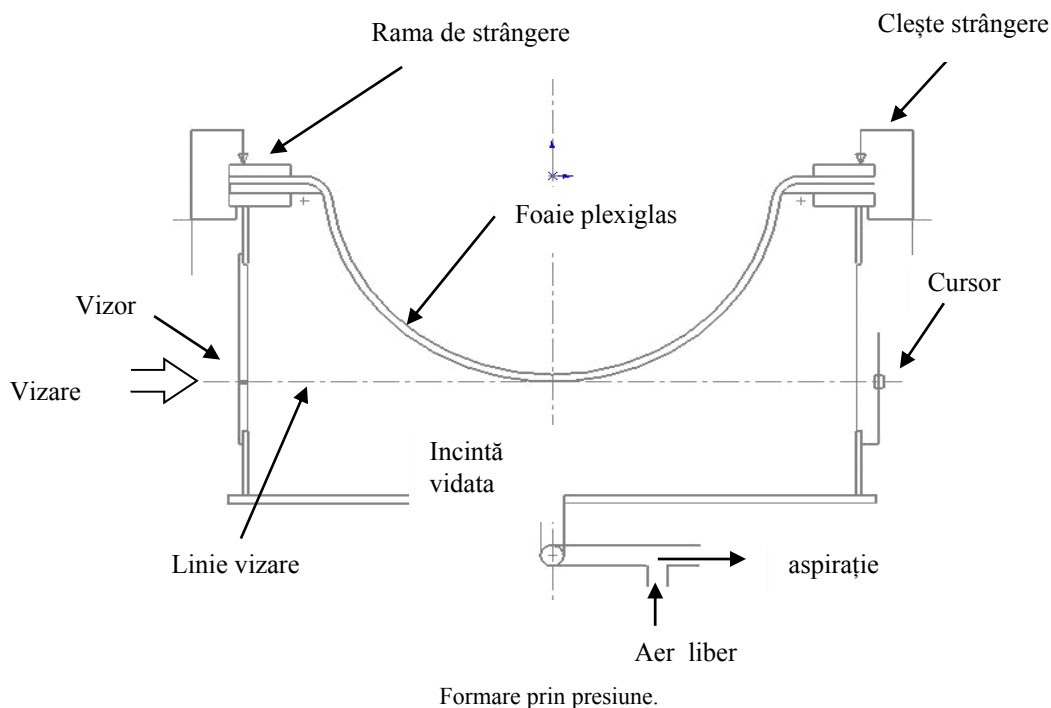


Cuptor încălzire foaie plexiglas.



Piesa eboș.

MATERIALE COMPOZITE UTILIZATE ÎN CONSTRUCȚIA DE AERONAVE



8. PRELUCRAREA PLEXIGLASULUI

8.1. Tăierea plexiglasului

a) **Tăierea cu bandă.** Se realizează pe mașini cu bandă utilizate și în domeniul lemnului – se realizează tăierea eboș a plexiglasului. Banda de tăiere trebuie să fie din oțel rapid, dreaptă în atac, 10 dinți pe 25,4 mm, lațime de 10 mm, grosime bandă 0,8-1,2 mm, viteza liniară de 15-20 m/s și avans 2-7 mm. Pentru o tăiere corectă, banda trebuie să fie bine întinsă și ghidată. În timpul tăierii protecția foliilor semifabricat nu se îndepărtează. Piesele formate, înainte de tăiere, trebuie să fie protejate cu pelicule speciale.

b) **Frezarea plexiglasului.** Pentru frezarea de diferite feluri o importanță deosebită o au atât configurația sculelor cât și viteza de rotație a acestora. Sculele au unghiurile de tăiere mai mici, în general cu 2 dinți; viteza de rotație este cuprinsă între 5000 și 38000 rot/min; viteza de tăiere 250-500m/min.



Hublou.

c) **Strunjirea plexiglasului.** Mașinile utilizate trebuie să aibă viteze de rotație de 3000-6000 rot/min.

Sculele, din oțel rapid sau echipate cu carburi din tungsten, trebuie să aibă unghiul de așezare de 7-12° iar unghiul de tăiere 0° pentru finisare și 25° pentru eboșare. Viteza de tăiere este 250-500 m/min (la viteza maximă de rotație a utilajului). Avansul pentru eboșare este de 0,1-0,3 mm/rot și de 0,05-0,1 mm/rot pentru finisare. A se evita încălzirea piesei deoarece vor apărea bășici la tăiere.

d) **Găurirea plexiglasului.** Burghiile utilizate trebuie să fie cu pas alungit (similare cu burghiile utilizate la gaurirea materialelor nemetalice). Găurirea făcându-se în general pe plăci cu grosimi mici, unghiul vârfului burghiului trebuie să fie mare (140°), în așa fel încât partea cilindrică a acestuia să intre repede în acțiune. Unghiul de tăiere trebuie să fie nul. Viteza de tăiere este 70 m/min, iar avansul lent de 0,1-0,2 mm/rot. Pentru găuri depășind 10 mm adâncime se face ungerea cu ulei solubil. Trebuie evitată încălzirea locală a plexiglasului. Se evită de asemenea ieșirea în gol a burghiului deoarece se produc rupturi; pentru eliminarea acestui inconvenient, piesa din plexiglas se așază obligatoriu pe un suport din lemn.

9. POLIZAREA ȘI ÎNTREȚINEREA PLEXIGLASULUI

După formare sau utilizare o perioadă de timp, piesele (geamurile) din plexiglas prezintă întotdeauna unele defecte (defecte de formă, microfisuri sau zgârieturi). Polizarea poate elimina aceste defecte. Corectarea defectelor se face cu hârtie abrazivă 200, 400, 600 urmată de lustruirea cu pastă de lustruit pusă pe o bucată de piele de oaie fixată pe o ventuză de cauciuc în rotație. Lustruirea finală se face cu vată impregnată cu o pastă de lustruit specială – Altupol 1 sau Altupol 2. După terminarea lustruirii se înlătură cu o cârpă curată de molton orice urmă de elemente de lustruire.

După repararea defectelor este obligatoriu un control privind starea suprafeței, lipsa fisurilor, zgârieturilor, încadrarea în categoria optică de vizibilitate etc.



Șine de culisare.

10. PROTECȚIA ȘI CONDIȚII DE STOCARE A PIESELOR DIN PLEXIGLAS

Plexiglasul este un material relativ moale și extraordinar de sensibil la agenți chimici și la acțiunea mediului exterior. Din acest motiv, piesele sunt protejate (până a fi montate) cu pelicule ce pot fi înlăturate mecanic (prin jupuire) și spălate cu apă. Materialele de protecție, care se depun prin pulverizare pe suprafața plexiglasului, trebuie să fie total neutre în acțiunea lor chimică asupra acestuia. Ca material de protecție mai des utilizat amintim Pellac 163. Acesta se depune prin pulverizare în 2 straturi, cu uscare intermediară între straturi de 2 h și finală la 6 h. Stocarea pieselor pe o perioadă mai îndelungată se face în aceleași condiții; dacă perioada este foarte îndelungată se fac controale și restocări periodice.

11. MONTAREA PIESELOR DIN PLEXIGLAS.

Înainte de montare se înlătură protecția numai în zonele în care este necesar. Dacă s-a înlăturat mai mult decât este necesar, până la terminarea operațiilor, se va utiliza pentru protecție bandă adezivă de hârtie. Piesele din plexiglas nu trebuie să suporte nicio tensiune după montaj. Posibilele mici diferențe de formă pot fi înlăturate la montaj prin încălzire locală la aprox. 110°C a zonei defecte. Între marginea piesei din plexiglas și structură se așază de obicei benzi de latex sau diverse masticuri de etanșare, bine precizate de constructor – acestea preiau posibilele mici denivelări ramase și parte din vibrațiile aparatelor de zbor.



Hublou aerisire cabină, echipat.

Viitorul ? Se pare că la unele aparate suprafețele vitrate realizate din plexiglas se vor reduce. Dar costurile?!?!

Un avion supersonic de lux, Spike S-512, care înlocuiește hublourile cu o tehnologie de ultimă generație și care va zbura de la New York la Londra în numai 3 ore, va fi lansat până în 2018 de compania Spike Aerospace.

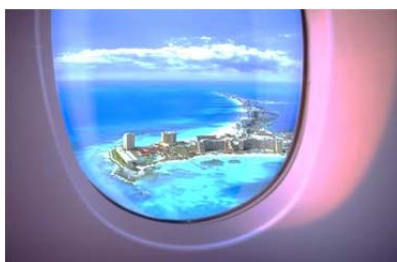
MATERIALE COMPOZITE UTILIZATE ÎN CONSTRUCȚIA DE AERONAVE

De jur împrejurul avionului, pe aripi și pe fuzelaj, vor fi amplasate camere de luat vederi, care vor proiecta imagini din exterior surprinse în timpul zborului pe ecranele uriașe din interior, care *înlocuiesc geamurile*.

Pasagerii vor avea posibilitatea să stingă ecranele sau să schimbe imaginile, dar „nu vor avea

lumină naturală, ci va fi toată simulată, iar în cazul unui accident nu vor ști unde au aterizat“, precizează dr. Darren Ansell, un expert în inginerie aerospațială.

S-512 va putea atinge o viteză de până la 2.200 km/h, iar prețul pentru construcția unui model ar putea ajunge la 80 de milioane de dolari.



Despre autor

Ing. **Bogdan SPINEANU**
Sucursala A.G.I.R. 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 I.A.R. S.A. – Brașov. A fost șef birou tehnic 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 plane, 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 AsABv.