

## Sokół i Bell 412

Sekcja Lotnicza SIMP zorganizowała — w 36. Specjalnym Pułku Lotnictwa Transportowego na warszawskim Okęcu — symposium nt. śmigłowców PZL Sokół i Bell 412. 11 grudnia 1991 r. spotkali się na nim konstruktorzy i producenci polskiego śmigłowca ze Świdnika, użytkownicy Bella 412 SP z 36. SPLT oraz licznie zaproszeni przedstawiciele naszego przemysłu lotniczego, jego zaplecza naukowo-technicznego, użytkowników statków powietrznych i inne zainteresowane osoby. Główny konstruktor WSK PZL Świdnik SA, mgr inż. Roman Herman, przedstawił historię rozwoju Sokoła, ujawniając wiele wątków i faktów znanych dotychczas jedynie wąskiemu gronu osób (np. stosunek władz radzieckich do katastrof polskich śmigłowców na terenie ZSRR, a także do certyfikatu Sokoła — do tematów tych postaramy się powrócić na naszych łamach).

Uczestnicy symposiumu mogli poznać specjalistyczne wersje polskiego śmigłowca (z filmu wideo), jak również dowiedzieli się o możliwościach i perspektywach świdnickiego zakładu (obecnie kilka specjalistycznych Sokółów jest wciąż w wytwórni, bowiem ich potencjalni użytkownicy nie mają pieniędzy na zakup sprzętu; wytwórnia ma możliwość opracowania jednej wersji Sokoła rocznie; dla utrzymania zakładu trzeba minimum 10 zamówień państwowych rocznie).

Interesujące wnioski i spostrzeżenia dotyczące eksploatacji Sokoła przedstawił kmdr Smoleń z Lotnictwa Marynarki Wojennej, która od sierpnia 1989 r. użytkuje 2 śmigłowce tego typu. Wymienił zalety Sokoła (duży nadmiar mocy, manewrowość oraz mały poziom drgań), a także jego wady i mankamenty. Należą do nich szczególnie krótkie okresy międzyremontowe oraz duża liczba godzin obsługi (na wymienione liczby główny konstruktor WSK PZL

Świdnik SA zareagował: „to chyba niemożliwe”). Ponadto kmdr Smoleń wymienił: zawodność elektronicznych bloków ograniczników automatycznego sterowania silnikami; niesprawności systemu przeciwbodzeniowego (nie wytrzymuje 2 lat); dużą zawodność połączeń oraz inne mankamenty. Zwrócił uwagę na mało przejrzyste opracowane przez producenta instrukcje dot. eksploatacji. Liczba czynności przed wylotem Sokoła jest — zdaniem kmdr. Smoleń — podobna jak dla Mi-8.

W dyskusji, jaka wywiązała się w drugiej części symposiumu, oprócz głosów odwołujących się np. do patriotyzmu, zwróciło uwagę kilka spostrzeżeń:

— zakład w Świdniku od pewnego czasu izoluje się od innych zakładów przemysłu lotniczego i zaplecza naukowo-technicznego (np. przedstawiciel PAN zauważył, że jego zakład, zajmujący się termoizolacją, otrzymuje zlecenia od... NASA, natomiast nic nie wie o zapotrzebowaniu na takie prace rodzimego przemysłu lotniczego);

— zamiast rozwijać kolejne wersje Sokoła, które nie znajdują zainteresowanych, warto raczej skupić wysiłek na poprawieniu niezawodności tego śmigłowca i ograniczeniu pracochłonności obsługi;

— należy na własną rękę poszukiwać rynków zbytu za granicą, bo małe możliwości finansowe polskich użytkowników państwowych nie dają nadziei na utrzymanie zakładu.

Odbył się pokaz (na ziemi) PZL Sokoła i Bella 412 — na omówienie eksploatacji tego ostatniego nie starczyło czasu, zaś jego oględziny i komentarze użytkowników pozwalają wnioskować, że śmigłowiec ten opracowano według zupełnie innej filozofii niż PZL Sokół.

P.G.

## Hałas lotniczy a środowisko

15 listopada 1991 r. w Domu Technika NOT w Warszawie odbyło się seminarium pt. „Oddziaływanie hałasu lotniczego na środowisko”. Pierwsze seminarium pod takim hasłem przeprowadzono w czerwcu 1988 r.

Seminarium zorganizowała Liga Walki z Hałasem — na zlecenie Ministerstwa Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa — wraz z Instytutem Lotnictwa, Instytutem Techniki Budowlanej, Instytutem Ochrony Środowiska oraz Sekcją Lotniczą Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Mechaników Polskich.

Na seminarium przedstawiono zagadnienia hałasu lotniczego z różnych punktów widzenia. W referatach problemowych omawiano złożoną sytuację formalnoprawną stosowania różnych, częściowo sprzecznych przepisów krajowych i zagranicznych, dotyczących metod pomiarowych i dopuszczalnych poziomów hałasu, wyniki badań hałasu wytwarzanego przez sprzęt lotniczy użytkowany w Polsce, a także relacjonowano skutki zdrowotne hałasów lotniczych. Omawiano też i demonstrowano działanie aparatury służącej nie tylko od pomiarów hałasu, ale też do bieżącej analizy i rejestracji wyników.

Oprócz referatów krajowych, w seminarium wzięli udział również uczestnicy z Danii, Francji i Litwy.

W drugiej części seminarium odbyła się dyskusja panelowa (obradę „okrągłego stołu”) na tematy związane z referatami.

K.D.

Mgr inż. MIROSŁAW KOWALSKI  
Dr inż. MAREK ORKISZ  
Prof. dr hab. inż. STEFAN SZCZECIŃSKI

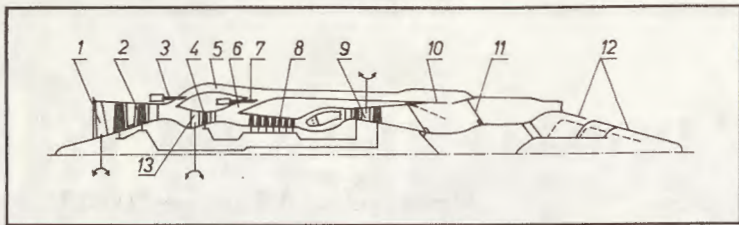
## Silniki adaptacyjne — perspektywy ich zastosowania

Silniki adaptacyjne [6] (nazywane w literaturze również silnikami o zmiennym obiegu termodynamicznym) są nowością w światowym lotnictwie. Praktycznie jeszcze żaden z nich nie znajduje się w eksploatacji, mimo że koncepcji układów tego rodzaju silników było już kilkaset. Dowodem tego niech będzie fakt, że tylko dwie spośród pięciu firm badających ten problem w ramach programu SCAR (Supersonic Cruise Aircraft Research) realizowanego na zlecenie NASA i związane go z projektem naddźwiękowego samolotu pasażerskiego drugiej gene-

racji — Pratt and Whitney oraz Boeing — przeanalizowały ponad 100 układów. Ostatecznie do dalszych badań na hamowni wybrano tylko dwa:

— VCE (variable cycle engine — silnik o zmiennym obiegu) firmy General Electric, zwany również silnikiem z podwójnym kanałem zewnętrznym (double bypass engine);

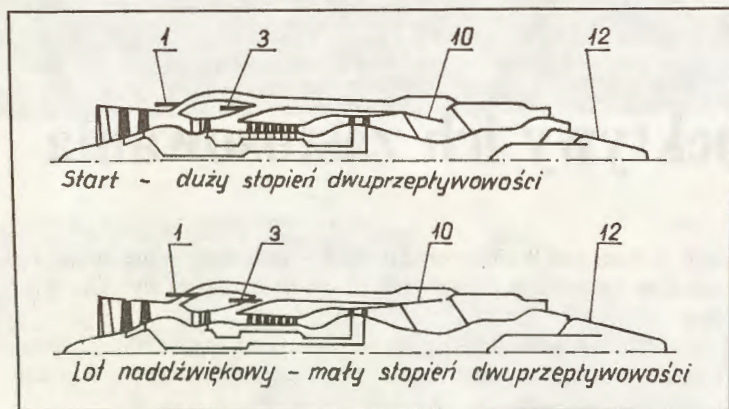
— VSCE (variable stream control engine — silnik o zmiennym sterowaniu przepływami) firmy Pratt and Whitney.



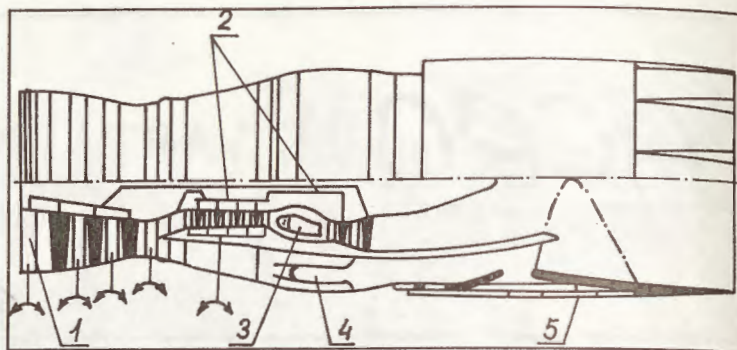
Rys. 1. Przekrój podłużny silnika VCE firmy General Electric [3]: 1 – nastawna kierownica wlotowa; 2 – dwustopniowa przednia sekcja wentylatora; 3 – kłapa rodzaju pracy; 4 – tylna jednostopniowa sekcja wentylatora; 5 – zewnętrzny kanał obejściowy; 6 – wewnętrzny kanał obejściowy; 7 – przednia kłapa sterująca; 8 – sprężarka; 9 – nastawna kierownica wlotowa turbiny niskiego ciśnienia; 10 – tylna kłapa sterująca; 11 – żebra mocujące stożek centralny dyszy wylotowej; 12 – stożek centralny dyszy wylotowej; 13 – nastawna kierownica wlotowa tylnej sekcji wentylatora

W silniku VCE firma General Electric realizuje koncepcję dopasowania stopnia dwuprzepływowości do prędkości i wysokości lotu. Schemat tego silnika pokazano na rys. 1. Decydującą rolę w dopasowaniu parametrów obiegu termodynamicznego silnika do prędkości i wysokości lotu odgrywają takie elementy jak: kłapa rodzaju pracy 3; przednia kłapa sterująca 7; tylna kłapa sterująca 10; ruchoma część stożka centralnego dyszy wylotowej 12; nastawne kierownice wlotowe 1; nastawne kierownice wlotowe tylnej sekcji wentylatora 13; nastawne kierownice wlotowe turbiny niskiego ciśnienia 9. Każde z tych urządzeń i zespołów ma do spełnienia określoną rolę. Kłapa rodzaju pracy 3 stanowi główny element sterowania stopniem dwuprzepływowości. Przednia kłapa sterująca 7, o konstrukcji podobnej do konstrukcji kłapy rodzaju pracy 3, steruje natężeniem przepływu powietrza upuszczanego do kanału zewnętrznego z tylniej sekcji wentylatora. Ma ona bezpośredni wpływ na stopień dwuprzepływowości silnika dopiero przy pełnym zamknięciu kłapy rodzaju pracy 3. Tylna kłapa sterująca 10 jest szybko działającym elementem sterującym wypływem powietrza z kanału zewnętrznego do strefy mieszania kanału wewnętrznego. Nastawna kierownica wlotowa 13 tylnej sekcji wentylatora, oprócz zwykłej funkcji zapobiegania jego niestatecznej pracy, jest wykorzystywana do dodatkowego rozszerzenia zakresu możliwych zmian stopnia dwuprzepływowości (np. w warunkach startowych jest ona ustawiana tak, by zmniejszyć natężenie przepływu powietrza przez kanał wewnętrzny). Nastawna kierownica wlotowa 9 turbiny niskiego ciśnienia pozwala na regulowanie w szerokim zakresie podziału pracy między turbiną wysokiego ciśnienia a turbiną niskiego ciśnienia. Konfiguracje silnika dla dwóch skrajnych rodzajów pracy, w czasie startu i lotu naddźwiękowego, pokazano na rys. 2.

Silnik VSCE firmy Pratt and Whitney, zachowujący układ przepływu konwencjonalnego silnika dwuprzepływowego, jest wyposażony w dopalacz w kanale zewnętrznym i w rozdzielone koncentrycznie dysze wylotowe obu kanałów (rys. 3). Osobliwością silnika jest możliwość niezależnego sterowania strumieniami kanałów wewnętrznego i zewnętrznego. Ma on konstrukcję dwuwałową, regulowany wentylator i sprężarkę, turbinę z aktywnym sterowaniem luzu wierzchołkowego, główną komorę spalania i komorę spalania w kanale zewnętrznym o niskim poziomie emisji toksycznych składników spalin oraz dużej wartości współczynnika wydzielania ciepła, ejetorową regulowaną dyszą wylotową z odwracaczem ciągu. Komora w kanale zewnętrznym została podzielona na trzy stopnie, do których dopływ paliwa jest sterowany niezależnie. Sterowanie przepływem paliwa jest uzupełnione przestawianiem wszystkich kierownic wentylatora 1 i sprężarki oraz zmianą pola przekroju poprzecznego obu dysz wylotowych. Podstawowe rodzaje pracy tego silnika ilustruje rys. 4.

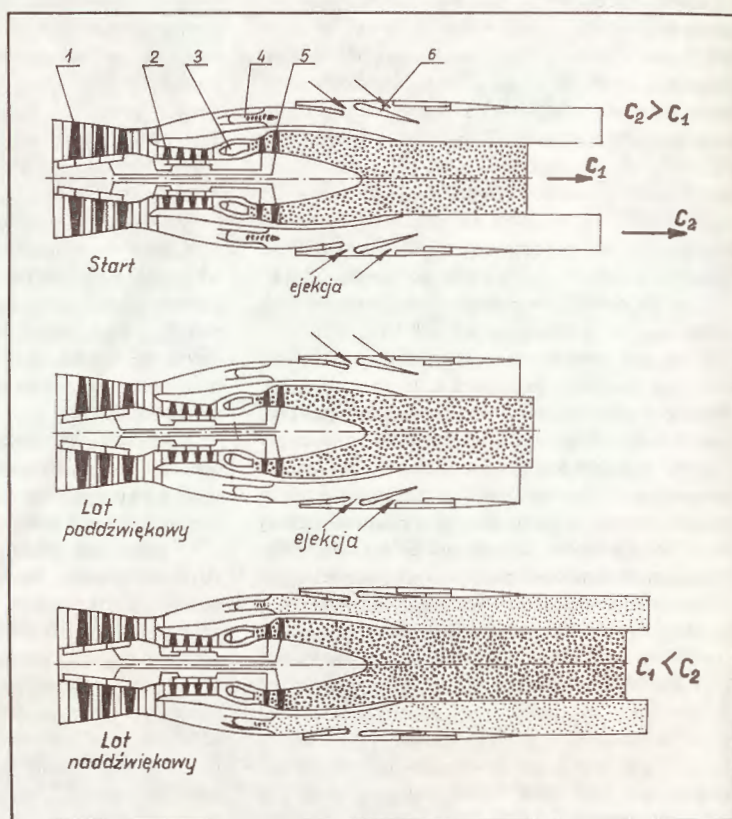


Rys. 2. Schemat działania silnika VCE [3]; oznaczenia jak na rys. 1

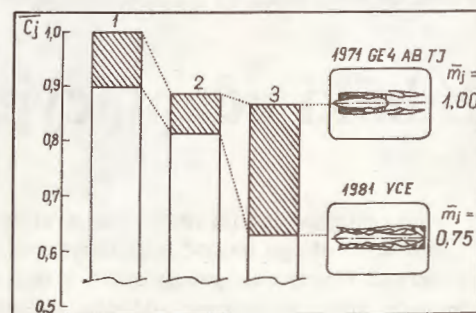


Rys. 3. Silnik VSCE firmy Pratt and Whitney [1]: 1 – wentylator z nastawnymi kierownicami; 2 – zespół wirników wysokiego ciśnienia; 3 – komora spalania kanału wewnętrznego; 4 – komora spalania kanału zewnętrznego; 5 – dysza wylotowa z odwracaczem ciągu

Od niedawna prace nad silnikami adaptacyjnym prowadzi również firma SNECMA wspólnie z inną francuską firmą – wykonawcą silników rakietowych SEP. Będzie to silnik VCE 99 do naddźwiękowego samolotu pasażerskiego, o ciągu 245,2 kN w locie z prędkością  $Ma > 2$ . Byłby on gotowy do zabudowy na tym samolocie i wykonania pierwszego lotu już w 2007 roku.



Rys. 4. Schemat działania silnika VSCE [1]: 1 – wentylator z nastawnymi kierownicami; 2 – sprężarka z nastawnymi kierownicami; 3 – komora spalania kanału wewnętrznego; 4 – komora spalania kanału zewnętrznego; 5 – turbina; 6 – odwracacz ciągu



Rys. 5. Zależność jednostkowego zużycia paliwa silników samolotów naddźwiękowych w latach 1971–1981 od warunków lotu samolotu i typu silnika turbinowego [8]: 1 – lot naddźwiękowy ( $Ma = 2,6$ ); 2 – lot w warunkach okołodźwiękowych; 3 – lot w warunkach poddźwiękowych;  $c_j$  – względne jednostkowe zużycie paliwa;  $m_j$  – względna masa jednostkowa (odniesiono do silnika bazowego GE4)

# Uszczelnianie konstrukcji (I)

Rozpoczynamy druk materiałów nt. uszczelniania konstrukcji, które mogą być przydatne konstruktorom, technologom, jak również użytkownikom sprzętu latającego — zarówno profesjonalistom, jak i amatorom. (red.)

W artykule, przygotowanym na podstawie materiałów francuskich, omówiono ogólne zasady uszczelniania konstrukcji, zwłaszcza lotniczych. Omówiono przedmiot i cel stosowania uszczelniania:

- środki uszczelniające (w tym typowe zastosowania, podstawowe charakterystyki, wybór, sposoby przygotowania i przechowywania oraz przemiany składników środków uszczelniających, co umożliwia określenie czasów ich użycia),
- sprzęt,
- czynności wykonywane przy uszczelnianiu (przygotowanie produktów i powierzchni, zastosowanie produktów uszczelniających, naprawy i poprawki oraz czyszczenie sprzętu),
- zasady kontroli (kontrola produktów, czynności i personelu),
- zasady bezpieczeństwa i higieny pracy (wyposażenie stanowiska pracy, wyposażenie indywidualne pracowników, zasady ogólne).

Podano kilka przykładów zastosowania uszczelnień w konstrukcjach lotniczych.

## 1. Informacje ogólne

W celu sprecyzowania ogólnych zasad niezbędnych do poprawnego wykonania uszczelnień konstrukcji, w artykule podano informacje na następujące tematy:

- produkty uszczelniające (typowe zastosowania, podstawowe charakterystyki, wygląd i przechowywanie, przemiany),
- metody wykonania uszczelnienia (przygotowanie powierzchni, przygotowanie produktów, zastosowanie i użycie produktów).

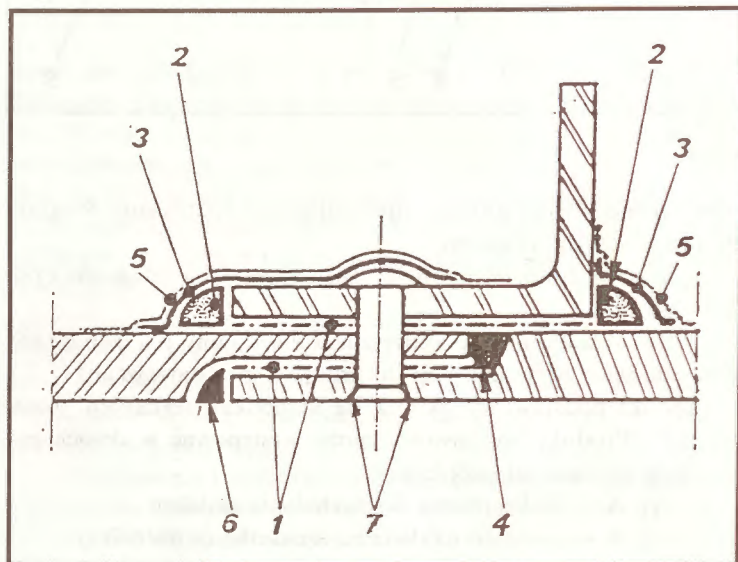
Uszczelnienie konstrukcji (zwłaszcza samolotu) — jej struktury i części — ma na celu uniknięcie lub zminimalizowanie możliwości przenikania między dwoma środowiskami, stanowiącymi różną płyn (np. woda, powietrze, paliwo itp.). Szczelność konstrukcji uzyskuje się przy zastosowaniu różnych produktów, najczęściej past (mastyksów) uszczelniających. Należy je stosować zachowując pewne niezbędne reguły ogólne, które są częścią tego opracowania. Niektóre z nich mogą wydawać się zbędne lub oczywiste bądź też przesadne, należy jednak pamiętać, że kontrola uszczelnienia może być dokonana najczęściej tylko na gotowym wyrobie (tj. samolocie), a lokalizacja przyczyny nieszczelności i dostęp do niej mogą być bardzo utrudnione. Ważne jest zatem, by we wszystkich stadiach wykonania wszelkie czynności były przeprowadzane starannie i z zastosowaniem niezbędnych wymaganych zasad.

## 2. Produkty

### 2.1. Typowe zastosowania

Produkty uszczelniające klasyfikuje się pod względem ich zastosowania przy uszczelnianiu — przez tzw. zastosowania typowe zdefiniowane na rys. 1. Są to:

- 1 — międzywarstwy,
- 2 — sznury,
- 3 — osłanianie (ponowne pokrywanie),



Rys. 1

- 4 — doszczelnianie (wypełnianie),
- 5 — pokrywanie,
- 6 — wykończenie aerodynamiczne (nie jest to uszczelnianie),
- 7 — montaż elementów „na mokro”,
- 8 — warstwa podkładowa lub grunt przyczepny (np. PR 146),
- 9 — wtryskiwanie (sznur wtryskiwany).

Oznaczenia te są stosowane w całym artykule.

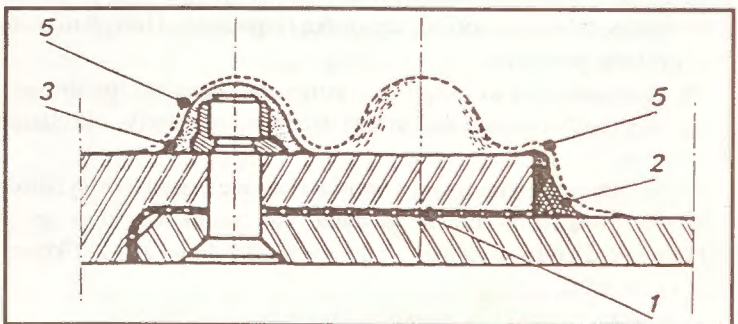
U w a g a: Każdemu z tych zastosowań i terminów odpowiada na ogół inny produkt.

Doszczelnienie (ponowne pokrycie) może być zastosowane:

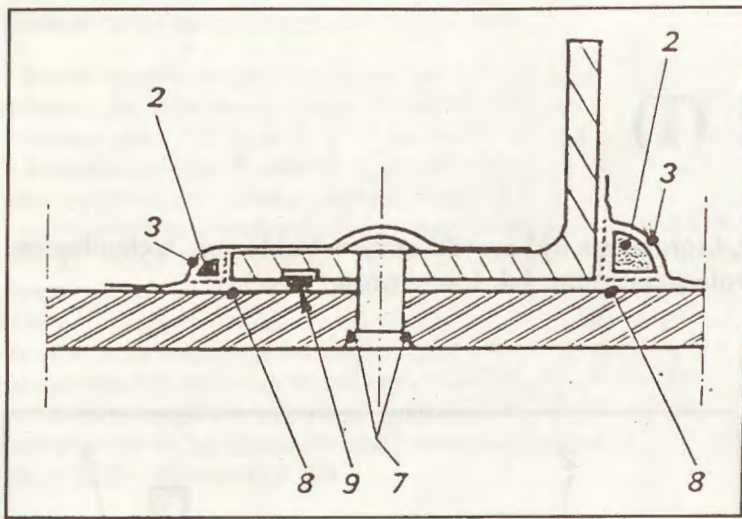
- na elementach mocujących (elementach złącznych); ten typ pokrycia jest też nazywany otulaniem, gdy zakończenie elementu złączonego ma kształt nieregularny (rys. 2),
- na elementach mocujących i sznurach (rys. 3).

### 2.2. Podstawowe charakterystyki

Produkty uszczelniające są elastomerami z różnych rodzin chemicznych. Spotyka się wśród nich wielosiarczki (np. tiokol), fluoro-



Rys. 2



Rys. 3

węglany (np. viton), silikony, fluorosilikony i poliuretany. Produkty uszczelniające mogą być:

- jednoskładnikowe (polimeryzacja zachodzi w zetknięciu z powietrzem),
- dwuskładnikowe (polimeryzacja mieszaniny jest pobudzana przez dodanie przyspieszacza do produktu podstawowego).

Produkt podstawowy określa się angielskim terminem „compound”. Produkt podstawowy może występować w dwóch postaciach, zależnie od swej lepkości:

- typ A – lekko płynny do nakładania pędzlem,
- typ B – pasta do nakładania szpatułką (szpachelką).

Wilgotność powietrza i temperatura otoczenia mają znaczny wpływ na czas polimeryzacji. Wiele produktów może podlegać suszeniu (z wyłączeniem przypadku międzywarstwy wstrzykiwanej); maksymalna temperatura suszenia powinna być określona w każdym konkretnym przypadku.

Charakterystyki fizyczne produktów są różne i zależą od rodziny chemicznej produktu. Przy uszczelnianiu rozpatruje się na ogół:

- charakter reologiczny produktu (np. tiksotropowość),
- temperaturę dopuszczalną,
- odporność chemiczną (na inne produkty i czynniki),
- adhezję do różnych podłoży.

Wiele produktów odznacza się tiksotropowością, tzn. brakiem tendencji do płynięcia w stanie niespolimeryzowanym.

Wyboru produktu dokonuje się w zależności od miejsca jego stosowania w konstrukcji (strefy zastosowania). Te miejsca i strefy określa się jako:

- strefy nieciśnieniowe, poza zbiornikami paliwa,
- strefy ciśnieniowe,
- strefy zbiorników paliwa poddane podwyższonym temperaturom (powinien je określać konstruktor).

Sposób użycia produktu zależy od jego lepkości i rodzaju uszczelnianej powierzchni. Produkty uszczelniające mogą być nanoszone: pędzlem (szczotką), szpatułką (szpachelką) lub pistoletem na sprężone powietrze.

W zależności od konkretnego samolotu, konstruktor dobiera produkty uszczelniające dla każdej uszczelnianej strefy, określając dokładnie:

- zasady uszczelniania (w postaci szkicu), podając symbole różnych produktów do naniesienia na rysunkach albo przez odniesienie do odpowiedniego numeru poprzednio zakwalifikowanego produktu,
- nazwy produktów odpowiadające tym symbolom.

Jako przykład podano tabelę stosowaną w jednej z firm francuskich.

TABLICA 1. Uszczelniacze i sposoby ich nanoszenia

Symbol	Sposób wykorzystania	Symbole stosowane w służbach przyg. produkcji, zaopatrzenia i kontroli	Typ i sposób użycia (narzędzie)
EG	Uszczelnianie ogólne Uszczelnianie zbiorników integralnych, uszczelnianie przed przestawianiem się wody, uszczelnianie na przepływ powietrza, naprawa nieszczelności	EGA	duża przyczepność (pędzel)
		EGB	duża przyczepność (pistolet lub szpatułka/szpachelka)
EP	Uszczelnianie elementów z tworzyw sztucznych Okna, oszklenia kabin z tworzyw sztucznych akrylowych	EPB	(pistolet lub szpatułka/szpachelka)
ER	Uszczelnianie zbiorników Międzywarstwy, sznury, osłanianie, doszczelnianie, wypełnianie, pokrywanie	ERA	duża przyczepność (pędzel)
		ERB	duża przyczepność (pistolet lub szpatułka/szpachelka)
ED	Części demontowalne Drzwi i uszczelnienia innych połączeń demontowalnych (np. pokrywy wzmocnień itp.)	EDA	mała przyczepność (pędzel)
		EDB	mała przyczepność (pistolet lub szpatułka/szpachelka)
ES	Uszczelnianie dużych powierzchni Powolne utwardzanie	ES	(pędzel, pistolet lub szpatułka/szpachelka)
EE	Uszczelnianie elektryczne Styki elektryczne, doszczelnienia jam powierzchniowych	EE	duża przyczepność (pistolet lub szpatułka/szpachelka)
EF	Wykończenie wewnętrzne zbiorników	EFJ EFL	bardzo mała lepkość (pędzel, zanurzenie, napełnianie i opróżnianie)

### 2.3. Przygotowanie i przechowywanie produktów

Przygotowanie zależy przede wszystkim od sposobu polimeryzacji produktu, który może być jedno- lub dwuskładnikowy. Produkty jednoskładnikowe są dostarczane w stanie gotowym do użycia w tubach (np. 100 – 250 g) i puszkach (0,25, 0,5 lub 1,0 l). Produkty dwuskładnikowe są najczęściej dostarczane w zestawach („kitach”) zawierających dwa składniki: produkt podstawowy i przyspieszacz; ilość składników jest odmierzona, w celu otrzymania mieszanki o prawidłowym składzie bez ważenia. Spotyka się następujące zestawy:

#### jednostki SI:

kit 10:100 cm <sup>3</sup>	kit 40:400 cm <sup>3</sup>
kit 20:200 cm <sup>3</sup>	kit 50:500 cm <sup>3</sup>
kit 25:250 cm <sup>3</sup>	kit 75:750 cm <sup>3</sup>
kit 30:300 cm <sup>3</sup>	kit 100:1000 cm <sup>3</sup>
kit 35:350 cm <sup>3</sup>	kit 150:1500 cm <sup>3</sup>

#### jednostki anglosaskie:

kit 6 fl.oz (= 180 cm <sup>3</sup> )
kit 12 fl.oz (= 360 cm <sup>3</sup> )
kit 24 fl.oz (= 720 cm <sup>3</sup> )

Pojemnik z produktem podstawowym ma większą objętość niż objętość tego produktu. Objętość ta jest większa niż objętość zestawu, co umożliwia dodanie do niego przyspieszacza i wykonanie mieszanki bez korzystania z innych naczyń. Na przykład dla zestawu kit 50:500 cm<sup>3</sup> pojemność naczynia z produktem podstawowym wynosi 1000 cm<sup>3</sup>.

Istnieją też inne typy opakowań, zależnie od producenta i rodzaju produktów. Wiele z nich dostarcza się w nabojach typu SEMKIT, przystosowanych do bezpośredniego montowania na pistolecie do nakładania SEMCO (po wykonaniu w naboju mieszanki