

OPIS SPOSOBU ZNISZCZENIA MAŁEGO FRAGMENTU SAMOLOTU TU-154M NR 101

Jan B. Obrębski

Abstract

The paper is prepared on invitation of the main Organiser of this Conference – prof. P. Witakowski. There, are discussed two series of photographs: seven Photogram delivered by Organizer and 41 next made by the present author. All photographs concern the one small fragment of the crashed aircraft Tu-154M no 101, found on place of catastrophe. After detailed inspection, are drawn some concluding remarks. Main conclusion is pointing that investigated element was separated from aircraft body by explosion. For determination more precise character of explosion is pointed necessity further chemical and strength investigation.

Keywords – Material, description, character of destruction, strength.

Streszczenie

Referat przygotowano na zaproszenie głównego Organizatora Konferencji prof. Piotra Witakowskiego. Opis sporządzono na podstawie dwóch serii zdjęć: siedmiu zdjęć przesłanych Internetem i określonych jako fotogramy oraz 41 następujących, wykonanych przez autora tej pracy. Wszystkie zdjęcia dotyczą jednego niewielkiego fragmentu pochodzącego z samolotu TU-154M nr boczny 101, znalezionego na miejscu katastrofy. Po dokładnym obejrzeniu zdjęć i po bezpośrednich oględzinach, omawianego fragmentu przedstawiono wnioski. Główny wniosek wskazuje raczej, że badany element został wyrwany z konstrukcji samolotu w wyniku eksplozji. Dla podania bardziej precyzyjnej przyczyny wybuchu, wskazano na konieczność wykonania badań chemicznych i wytrzymałościowych

Słowa kluczowe – Materiał, opis, sposób zniszczenia, wytrzymałość.

1. WPROWADZENIE

Niniejsze opracowanie dotyczy dość wąskiego, ale ważnego opisu dotyczącego zniszczeń, jakie zaobserwowano na niewielkim fragmencie konstrukcji pochodzącym z wojskowego samolotu TU-154M o numerze bocznym 101.

Omawiany fragment, zwany dalej w skrócie elementem, przywieziono bezpośrednio z miejsca katastrofy. Po znalezieniu, aby uniknąć konfiskaty, był pozostawiony w trawie do dnia następnego i w tym czasie przeszedł tam akcję wypalania roślinności.

Fotogramy przysłane Internetem są numerowane od 1A do 5A oraz 7A, 8A. Na Fotogramie 1A umieszczono mylnie numer boczny samolotu 102.

Zdjęcia zostały obejrzone w dużym powiększeniu na ekranie komputerowym o przekątnej 55 cm = 22 cali oraz rozdzielczości 1280 x 800 pikseli i doskonałej ostrości. Na tej podstawie przedstawiono ich opis i odpowiednie wnioski

dotyczące sposobu zniszczenia i ewentualnej przyczyny. Bardzo pomocne było by tu ustalenie, z jakiej części samolotu pochodzą oglądane elementy. Być może, ludzie serwisujący TU-154 mogą to określić.

Ponadto podano propozycje wszechstronnego przebadania dostępnego fragmentu zarówno metodami nieniszczącymi jak i niszczącymi. Wtedy będzie możliwe zweryfikowanie wykonanych uprzednio symulacji komputerowych. Referat mieści się w tematyce sesji „Zagadnienia materiałowe i inne”.

2. OPIS OTRZYMANYCH ZDJĘĆ I DOKUMENTÓW

2.1. Zdjęcia nadesłane Internetem

Nadesłane zdjęcia wykonane przez zawodowego fotografa, zostały nazwane Fotogramami z numerami 1A-5A, 7A i 8A i są opatrzone datą 16.02.2012r. Podano je w takiej postaci, w jakiej je otrzymano. Jedynie Fotogram 2A przycięto, pozostawiając jedynie opisywany element. Z tego powodu zdjęcie to przedstawiające ten przedmiot „z zewnątrz” jest około dwukrotnie większe. Pokazuje ono po prawej stronie rozchylenie rozerwanego połączenia i skalę ogólnych zniszczeń.

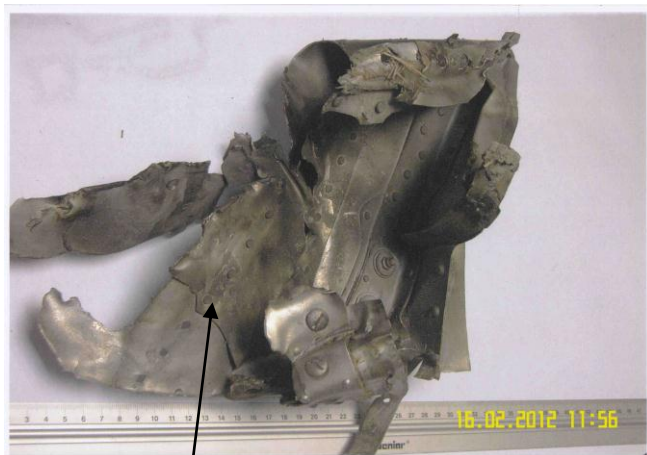
Dla umożliwienia oceny wielkości elementu pokazywanego na zdjęciach, na części fotogramów (3A, 4A i 5A) jest pokazana linijka o długości 50 cm z podziałką milimetrową. Podobnie na części własnych zdjęć umieszczono metalową taśmę pomiarową z podobną podziałką.



Rys. 1. Fotogram 1A. Żebro - największa dość płaska powierzchnia. Widać 6 otworów po wyrwanych nitach, które pozostały z pewnością w drugim z łączonych elementów – około 3 cm obok podobny rząd 6 nitów nietkniętych (dalej 6 innych też całych, lecz już siódmy wyrwany). Widoczne są rozerwania (szczelina długości około 5 cm) oraz wywinięcia krawędzi łączonych blach o długości około 6 cm – mogące pochodzić od ciśnienia gazu wewnątrz konstrukcji. Kolor srebrny.



Rys. 2. Fotograf 2A. Porównanie wielkości elementu w stosunku do dłoni. Widoczne przebarwienia i ubytki zewnętrznej powłoki ochronnej blach.

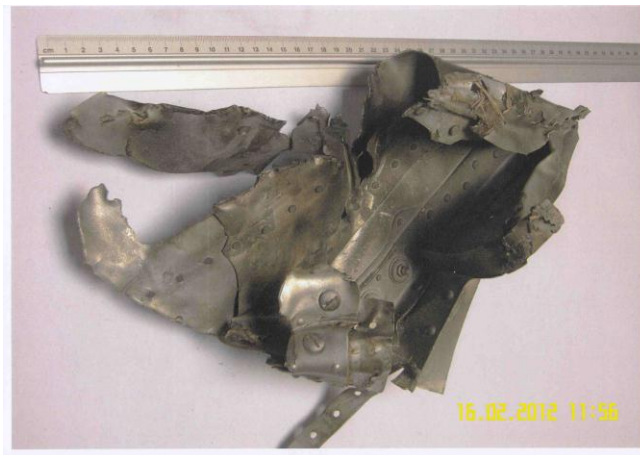


Rys. 3. Fotograf 3A. Ujęcie zawiera u dołu linijkę z podziałką centymetrową i z milimetrami. Na zdjęciu widać bardzo nieregularną nakładkę z blachy zamocowaną pięcioma nitami od wewnątrz elementu – co zrobiono być może podczas remontu samolotu. Wnętrze osmalone i przebarwione.

2.2. Dodatkowe otrzymane informacje

Jest to jeden fragment przywieziony bezpośrednio z miejsca katastrofy. Po znalezieniu, pozostawiony w trawie do dnia następnego, przeszedł tam akcją wypalania roślinności.

W dniu 21.08.2012r. była możliwość podczas 40 minutowej sesji zdjęciowej wykonania pewnych pomiarów i serii 44 ujęć tego elementu, z których 41 uznano za wartościowe. Te dodatkowe zdjęcia pokazują opisywany element zarówno w całości jak też i jego zbliżenia, na których lepiej widać stan faktyczny odpowiednich fragmentów tego przedmiotu.



Rys. 4. Fotograf 4A. Ujęcie niemal identyczne jak na Rys. 3 zawiera u góry linijkę z podziałką centymetrową i milimetrami. Zdjęcie wykonano z nieco większej odległości i pod trochę innym kątem. Wnętrze elementu osmalone i przebarwione.



Rys. 5. Fotograf 5A. Kolejne ujęcie. Widoczne zgniecenia w płaszczyźnie poszycia – pofalowania blachy grubości 1,22 mm. Kolor srebrny. Ubytki i pęknięcia (rozerwania) powłoki zewnętrznej blach.



Rys. 6. Fotograf 7A. Zdjęcie jednoznacznie przedstawia ten sam element, co na rysunkach 3, 4 i 7, lecz jest wykonane z boku – z prawej strony. Widoczne osmalenie owiewki i wnętrza elementu.

Obecność szczątków roślinnych – traw i listków przyczepionych do badanego przedmiotu, jakie utkwily w otworach na nity i w powstałych szczelinach, świadczy, że do tego elementu nie dotarła wysoka temperatura, jaką niesło wypalanie traw na miejscu katastrofy.



Rys. 7. Fotografam 8A. Ujęcie niemal identyczne jak na rysunkach 3 i 4. Wnętrze elementu osmalone. U góry po prawej w otworze trawy.

2.3. Zdjęcia i pomiary własne

Zdjęcia wykadrowano i zajęły one całą szerokość szpalty, stąd różna ich wysokość. Część zdjęć wykonano na tle stalowej taśmy pomiarowej z podziałką centymetrową i milimetrową.

Ze względu na objętość pliku z tekstem tego artykułu, zdjęcia przedstawiono w mniejszej rozdzielczości (60%), zmniejszając ich „wagę” około dziesięciokrotnie. Nie ma to, jak widać, wpływu na jakość wydruku.

Serię tych zdjęć rozpoczynają widoki opisywanego elementu wykonane z góry i z czterech stron (przy tym samym ułożeniu na stole) z pokazaniem taśmy pomiarowej. Pozwała to ocenić rozmiary elementu. Niestety z uwagi na małą odległość obiektywu, daje to projekcję skażoną.

Opisywany element jest bardzo nieregularny, mocno poszarpany i porozginany. Jego przybliżone wymiary wynoszą 40x20x20cm (porównaj Rys. 8 i Rys. 10). Grubość blach poszycia ustalono za pomocą śruby mikrometrycznej na 1,22 mm. Grubość wąskiego płaskownika widocznego m.in. na Rys. 9 u dołu określono na 0,55 mm. Natomiast grubość kątownika widocznego na Rys. 9 - Rys. 11 wyniosła 1,35 mm. Pomiary te należy ocenić jako przybliżone, z uwagi na zakrzywienie mierzonych powierzchni.

Wszystkie zdjęcia zaopatrzone w komentarze.

Warto dodać, że jeszcze w dniu 21.08.2012 na oglądanym elemencie były przyklejone fragmenty traw i liści. W wielu miejscach widać silne ślady działania ognia.



Rys. 8. Ujęcie „z góry” – widok od środka elementu. Zdjęcie nawiązuje do Fotografamów 3A, 4A i 8A. Rozerwanie i silne rozchylenie połączonych krawędzi. Osmaleni i kolor srebrny.



Rys. 9. Zdjęcie zrobione poziomo od „przodu”. Kolor srebrny.



Rys. 10. Zdjęcie zrobione poziomo od „lewej” strony.



Rys. 11. Poziome ujęcie od „prawej” strony. Kolor srebrny.

Ślady przebarwień zewnętrznej powłoki blach badanego elementu, jakie mógł dać ogień widać na wielu rysunkach, co wskazano w ich podpisach.

Jak wskazano to powyżej, jeśli ogień nie zniszczył szczątków roślinnych, jakie dostały się tam po upadku elementu, to musiał zadziałać wcześniej.



Rys. 12. Ujęcie poziome „od tyłu”. Zdjęcie nawiązuje do Fotogramów 2A i 7A.



Rys. 16. Powiększenie nawiązuje do Fotogramu 7A i Rys. 15. Widoczne zniszczenia powłoki zewnętrznej elementu malarskiej lub zabezpieczającej. Widać przebarwienia termiczne i duże ubytki powłoki ochronnej blach.



Rys. 13. Zdjęcie wykonane poziomo od strony „lewej” ku „przodowi”. Widoczne rozerwanie i odchylenie poszycia od zebra – po lewej u góry.



Rys. 14. Zdjęcie wykonane „poziomo od tyłu”. Prawa część zdjęć z Rys. 12 i Rys. 15.



Rys. 17. Ujęcie pod innym kątem elementu widocznego na Rys. 15. Zdjęcie pokazuje wyraźnie, że jest to profilowany fragment osłony aerodynamicznej mocowanej do poszycia np. skrzydła. Został z niego wyrwany.



Rys. 15. Ujęcie nawiązuje do Fotogramu 2A. Widać, że badany element jest fragmentem owiewki mocowanej do poszycia samolotu. Tu z zewnątrz osmalenia i duże ubytki powłoki.



Rys. 18. Zbliżenie nawiązuje do zdjęcia z Rys. 15, Rys. 16 i Rys. 17. Widać uszkodzenia powłoki blach i przebarwienia termiczne. Otwory na nity porozrywane. Końcówka srebrna.



Rys. 19. Zdjęcie nawiązuje do lewego końca Fotogramu 1A. Po prawej rozgięta szczelina, jaką mogło utworzyć wysokie ciśnienie gazów.



Rys. 20. Zdjęcie nawiązuje do prawego fragmentu Fotogramu 1A. Wyraźnie widać na dole rozerwanie powłoki samolotu na dużej długości, na linii osłabionej otworami.



Rys. 21. Zdjęcie nawiązuje do Rys. 22, Rys. 26, Rys. 27 i Rys. 28 - ich prawa strona u góry. Wnętrze osmalone. Z zewnątrz kolor srebrny.

Seria zdjęć widoczna na tej stronie pokazuje zbliżenia rozerwanych poszczególnych otworów po wyrwanych nitach oraz krawędzie blach urwanych w wyniku działania sił rozciągających. Warto zwrócić tu uwagę, że w przypadku zderzeń samochodowych oglądanych wielokrotnie, zgniecenia blach mają inny charakter.



Rys. 22. Zdjęcie nawiązuje do ujęcia z Rys. 28 – zbliżenie fragmentu widocznego z prawej strony u góry.

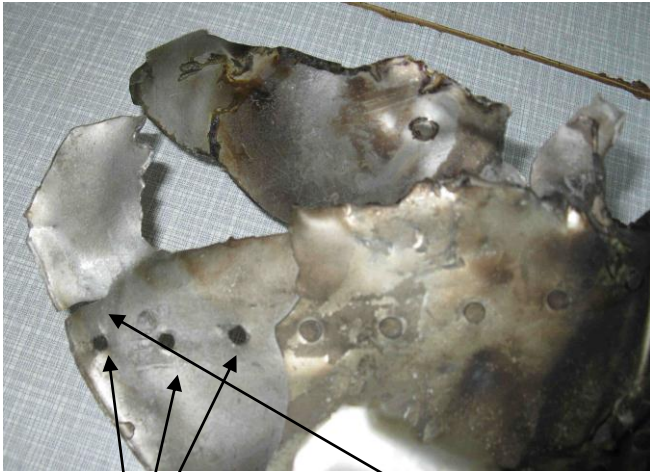


Rys. 23. Szczegół. Zdjęcie nawiązuje do Fotogramów 3A, 4A, 8A i do zdjęcia z Rys. 22 (odwrócone o 180°). Silne osmalenie.



Rys. 24. Zdjęcie nawiązuje do Fotogramów 4A i 8A – widoczne tam po lewej stronie postrzępione wydłużone blach poszycia.

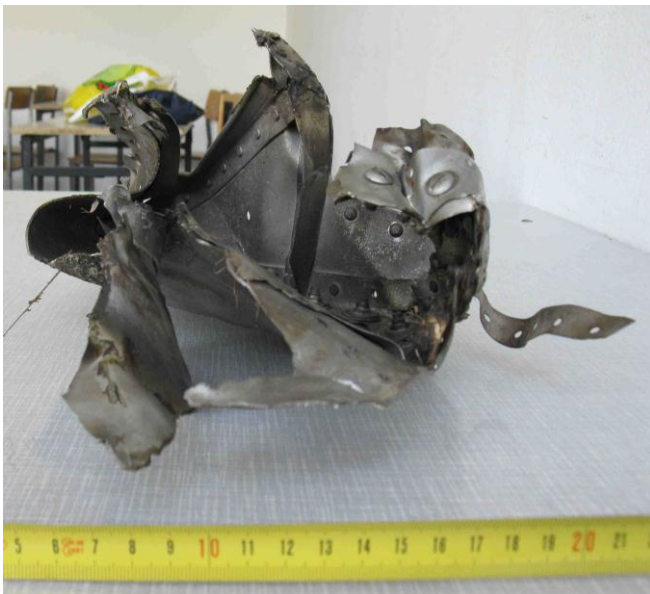
Warto zwrócić uwagę, że przebarwienia blach poszycia widać na wewnętrznych powierzchniach elementu (widać tam nakrętki śrub. Zastanawia też na Rys. 24 obecność podłożonej i przynitowanej blachy wewnątrz elementu.



Rys. 25. Zdjęcie nawiązuje do Fotogramów 3A, 4A, 8A i Rys 8. Jest to powiększenie lewej, górnej części Rys. 8 – bardziej wyraźne. Na lewej krawędzi widoczne rozerwane blachy i wyrwane trzy nity. Wnętrze elementu silnie osmalone.



Rys. 28. Zdjęcie nawiązuje do Fotogramu 2A i Rys. 26, Rys. 27 i Rys. 29. Ujęcie pod nieco innymi kątami.



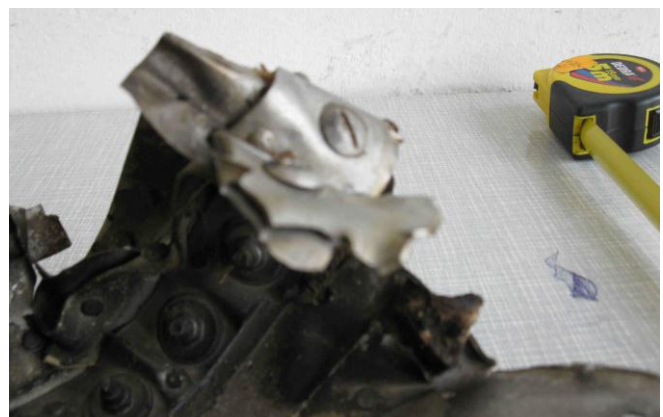
Rys. 26. Zdjęcie nawiązuje do Fotogramu 2A. Widać z lewej przekrój profilowanej owiewki; w środku żebro oderwane od odchylonej silnie blachy; po prawej cienki pogięty płaskownik (grubość 0,55 mm).



Rys. 29. Zdjęcie nawiązuje do Fotogramu 2A i do ujęcia z Rys. 26 – zbliżenie. Widoczne mocowanie żebra i oderwane oraz odgięte od niego poszycie.



Rys. 27. Zdjęcie nawiązuje do zdjęcia z Rys. 28 – zbliżenie.



Rys. 30. Postrzępione krawędzie w okolicy miejsca połączenia różnych blach, mocno wzmocnionego licznymi nitami śrubami.

Zdjęcia pokazane na tej stronie pokazują głównie wewnętrzną stronę elementu, a tym samym powierzchnie znajdujące się w środku konstrukcji samolotu. Powierzchnie te tworzyły jego przestrzeń zamkniętą.



Rys. 31. Zdjęcie nawiązuje do ujęcia z rysunków Rys. 27 i Rys. 28, lecz uchwycona pod kątem 90° (oś pionowa) prawa górna część widocznego tam elementu.



Rys. 32. Przekrój i wnętrze profilowanej owiewki (porównaj od Rys. 15 do Rys. 18 oraz Rys. 44). Osmalenia i trawa!



Rys. 33. Zdjęcie nawiązuje do Fotogramu 5A. Po prawej na dole widoczna reparacja poszycia po pęknięciu. Widoczne zgniecenia w płaszczyźnie poszycia – pofalowania blachy grubości 1,22 mm. Kolor srebrny.

Na kilku zdjęciach na tej stronie widać długą szczelinę, zakończoną zaokrągleniem. Wszystko otoczone szeregiem nitów i sześciu śrub z nacięciem dla śrubokręta. Wskazuje to na prawdopodobne zabezpieczenie lokalnego pęknięcia poszycia samolotu przeciw dalszemu jego rozwojowi.



Rys. 34. Zbliżenie rezerowanego pęknięcia z podkładką i licznymi dodatkowymi nitami.



Rys. 35. Widoczne: reparacja poszycia z licznymi nitami i śrubami; zgniecenie w płaszczyźnie poszycia – pofalowania blachy grubości 1,22 mm. Z prawej niewielki płaskownik o grubości 0,55 mm. Kolor srebrny.



Rys. 36. Zdjęcie nawiązuje do Fotogramu 5A i zdjęcia z Rys. 33. Widoczne zgniecenia w płaszczyźnie poszycia – pofalowania blachy grubości 1,22 mm. U góry oddarty i nienaturalnie odgięty fragment blachy poszycia. Kolor srebrny

Takie zabezpieczenie silnie wzmocniło lokalnie badany element. Stąd wszystkie zniszczenia powstawały wokół.

Na Rys. 36 o dużym zbliżeniu widać duże ubytki i pęknięcia powierzchniowej warstwy malarsko-ochronnej.



Rys. 37. Na pierwszym planie wystają z otworu po nicie resztki traw. Rozerwania, pocięcia, zniszczenia. W otworze trawa.



Rys. 40. Widoczne zgniecenia w płaszczyźnie poszycia – pofalowania blachy grubości 1,22 mm. Osmalenia.



Rys. 38. Postrzępione – porozrywane krawędzie blach.



Rys. 41. Widoczna od dołu owiewka (Rys. 12) z żebrzem. Odwrócone o 90° położenie Fotogramu 1A. Po prawej nienaturalne szczeliny, jakie mogło utworzyć ciśnienie gazu. Na żebrze kolor srebrny. U góry listek!



Rys. 39. Zwraca uwagę, na lewej urwanej krawędzi brązowego koloru tektura jako przekładka. W dotyku materiał bardzo miękki.

Zdjęcia na tej stronie zwracają uwagę na szczątki organiczne utkwione w otworze po nicie (Rys. 37, Rys. 41). Pomimo tego element, szczególnie od wewnątrz, ma osmalenia i przebarwienia powłoki ochronnej blach.



Rys. 42. Zbliżenie i/lub inne ujęcie rysunków Rys. 39, Rys. 46 i Rys. 47. Wnętrze osmalone. Na zewnątrz kolor srebrny.

Jednocześnie na zdjęciach widać w powiększeniu otwory po wyrwanych nitach (Rys. 42) oraz porozrywane otwory (Rys. 41) lub wręcz urwane całe blachy wzdłuż linii osłabionej szeregiem nitów (Rys. 41).

Można też stwierdzić, że szczeliny i wywinięcia krawędzi łączonych blach widoczne na Rys. 41, są nienaturalne dla zwykłej praktyki w konstrukcjach i to nie tylko samolotów.



Rys. 43. Nienaturalne rozchylenie blach. Widoczne resztki traw.



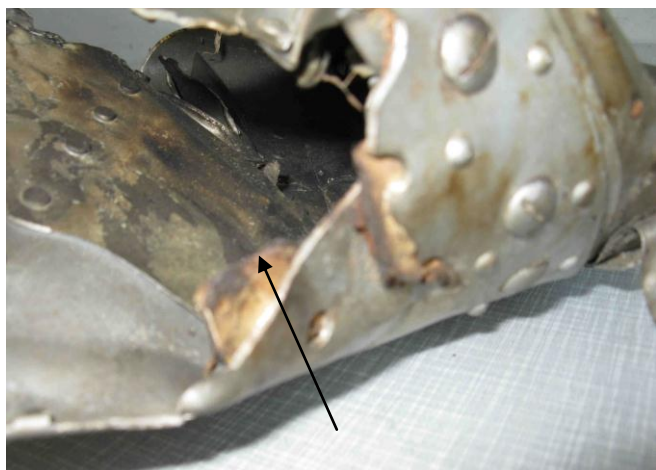
Rys. 46. Widoczne (brązowy kolor) przekładki tekturowe (!) pod złączeniem z licznymi nitami i śrubami. Widoczna od środka nietypowa nakładka (urwana?).



Rys. 44. Inne zbliżenie fragmentu Rys. 32.



Rys. 47. Zdjęcie nawiązuje do Rys. 46 – zbliżenie. Widoczna tektura włożona pomiędzy znitowane blachy. Wnętrze silnie osmalone, a z zewnątrz kolor srebrny.



Rys. 45. Widoczne (brązowy kolor) przekładki tekturowe (!) pod złączeniem z licznymi nitami i śrubami. Wnętrze silnie osmalone a z zewnątrz kolor srebrny.



Rys. 48. Widoczne (brązowy kolor) przekładki tekturowe (!) pod złączeniem z licznymi nitami i śrubami. Wnętrze silnie osmalone, a z zewnątrz kolor srebrny.

Obecność przekładek przypominających zwykły karton o kolorze brązowym i dość miękkich, budzi pytanie, czy jest to normalna praktyka konstrukcyjna w samolotach o konstrukcji metalowej (patrz Rys. 45 i Rys. 48)?

3. ZESTAWIENIE WAŻNIEJSZYCH OBSERWACJI WŁASNYCH

Poniższe wnioski sprecyzowano na podstawie analizy fotogramów, oględzin i zdjęć dostępnego elementu.

- Omawiany fragment jest bardzo zdeformowany.
- Jest on pocięty i POROZRYWANY (wskazuje to raczej na wybuch).
- Pocięcia mogą pochodzić z procesu deformacji oraz/ lub uderzenia o coś twardego.
- Nie znamy lokalizacji, gdzie znaleziono ten element - czy prawdopodobnie jest uderzenie przy upadku o twarde przedmiot? Po uderzeniu mógł on np. odbić się i poszybować dalej.
- Część nitów została wyrwana i nastąpiły pewne przesunięcia.
- Na fotogramie 1A, na najmniej zdeformowanej powierzchni żebra, nigdzie nie ma płaskiej – nie pociętej powierzchni blachy, aby można było wykonać próbki normowe. Można spodziewać się, że po zabiegach, będzie możliwe otrzymanie jedynie próbki płaskiej, pięciokrotnej bez główek [1] (por. Rys. 9) o szerokości $b_0 = 20$ mm i całkowitej długości $L_t = 140$ mm.
- Niemal na każdym zdjęciu widać rozerwane krawędzie blach, ich nienaturalne ROZGIĘCIA, ubytki i pęknięcia powłoki ochronno-malarskiej.
- Badany element nosi ślady remontu – likwidowania skutków pęknięcia blachy poszycia i założonej niestaranie wykonanej blachy jako podkładki wzmacniającej.

4. SUGESTIE DOTYCZĄCE MOŻLIWYCH BADAŃ OMAWIANEGO ELEMENTU

Organizatorzy Konferencji postawili szereg pytań wiążących się ze znalezionym i omawianym tu elementem. Po jego oględzinach można stwierdzić, co następuje.

1. Ustalenie dość dokładne danych materiałowych, o których jest mowa w e-mailach prof. P. Witakowskiego, nie powinno być problemem. Jednak wycięcie z tego fragmentu samolotu normowych próbek jest praktycznie niemożliwe. Nigdzie nie ma dostatecznie dużej i płaskiej, nie pociętej powierzchni. Można wyciąć z lekko pociętego żebra (Fotogram 1A) najmniejszą lub znacznie mniejszą próbkę niż zakłada to np. norma [1].
2. Należy jednak spodziewać się, że określone w ten sposób dane materiałowe będą obarczone błędem wynikającym z wystąpienia naprężeń, jakie porozrywały konstrukcję samolotu w tym konkretnym miejscu.
3. Staranne wycięcie mniejszych próbek niż przewidziane normami da informacje obarczone „efektem skali”.
4. Aby ocenić zakres obciążenia materiału w momencie katastrofy, należałoby mieć dostęp do informacji o parametrach materiału stosowanego w konstrukcjach TU-154. Innym rozwiązaniem jest dostęp do oryginalnych blach, z jakich wykonano ten element, lecz nie eksploatowanych.
5. Problemem jest tu fakt, że pełnej informacji na temat sprzedawanych samolotów nie udostępniają z reguły ich producenci. Dotyczy to przede wszystkim maszyn rosyjskich, a w tym stosowanych materiałów jak i nawet geometrii samej maszyny.

6. Przygotowanie próbek zniszczy w pewnym stopniu opisywany element. Jeśli taka decyzja zostanie podjęta, to należy jedną próbkę lub być może dwie, ostrożnie wyciąć z powierzchni widocznej na Fotogramie 1A – zwanej tu żebrzem (frezem z chłodzeniem cieczą). Podczas próby rozciągania pocięcia próbki wyprostują się.
7. Przygotowanie próbki należy wykonać w odpowiedniej klasy warsztacie w sposób trepanacyjny, aby było to wiarygodne.
8. Ważne jest też, aby przebadac posiadane elementy chemicznie – na obecność substancji twardo mówiąc wybuchowych. Przemawia za tym większość obserwacji opisanych wyżej.
9. Samo zbadanie tych próbek nie powinno być problemem.

5. WNIOSKI KOŃCOWE

1. Z dużym prawdopodobieństwem, badany element zwany w tekście „owiewką” był czołową częścią profilowanego aerodynamicznie wspornika podtrzymującego jakieś urządzenie pracujące na zewnątrz poszycia samolotu – skrzydła lub kadłuba. Jakie zadanie pełniła ta część w samolocie może ustalić ekipa serwisująca maszynę lub określić to na podstawie zdjęć, egzemplarza TU-154M o numerze bocznym 102 czy też z istniejącej dokumentacji. Podtrzymywane urządzenie to np. silniki (w kadłubie), lotki, klapy, trymery (w skrzydłach) itp..
2. Bez wątpliwości, wyrwanie tak silnie zniszczonego fragmentu konstrukcji było dziełem wybuchu wewnątrz sąsiadującej z nim większej części samolotu. Rodzaj substancji wybuchowej i jej charakter, nazwę, skład chemiczny mogą, być może, ustalić badania specjalistyczne.
3. Badania, o których wspomniano wyżej mogą być możliwe biorąc pod uwagę, że w dobrym stanie były jeszcze w dniu 18.08.2012r. fragmenty traw i liści, jakie znaleziono na opisywanym elemencie, pomimo wypalania roślinności (trawy) w miejscu katastrofy.
4. Z tego samego powodu, należy podejrzewać, że przebarwienia termiczne i zniszczenia powłoki malarskiej lub zabezpieczającej z zewnątrz poszycie dostępnego i opisywanego tu fragmentu samolotu pochodzą raczej z eksplozji albo jakiegoś ognia będącego przyczyną lub skutkiem katastrofy.
5. Nieliczne pofalowania poszycia samolotu będące skutkiem ściskania, mogły powstać jako efekt lokalnego zginania. Trzeba tu pamiętać, że omawiany nawet tak mały element miał wstawione żebro, silnie go wzmacniające.
6. Nie można wykluczyć, że jedno ze źródeł eksplozji mogło też znajdować się wewnątrz zamkniętej przestrzeni opisywanego elementu, ograniczone: profilowaną owiewką (Rys. 15), żebrzem (widocznym np. na Rys. 9, Rys. 11, Rys. 20 itd.) oraz zasadniczą konstrukcją, do której był mocowany. Przemawiać za tym mogą:
 - wyrwanie elementu z konstrukcji,
 - rozchylenia balach,
 - osmalenia wnętrza elementu.

Literatura cytowana

- [1] PN-91/H-04310. Próba statyczna rozciągania metali.