

POLITECHNIKA LUBELSKA
WYDZIAŁ MECHANICZNY
KATEDRA INŻYNIERII
MATERIAŁOWEJ

**Laboratorium
Inżynierii
Materiałowej**

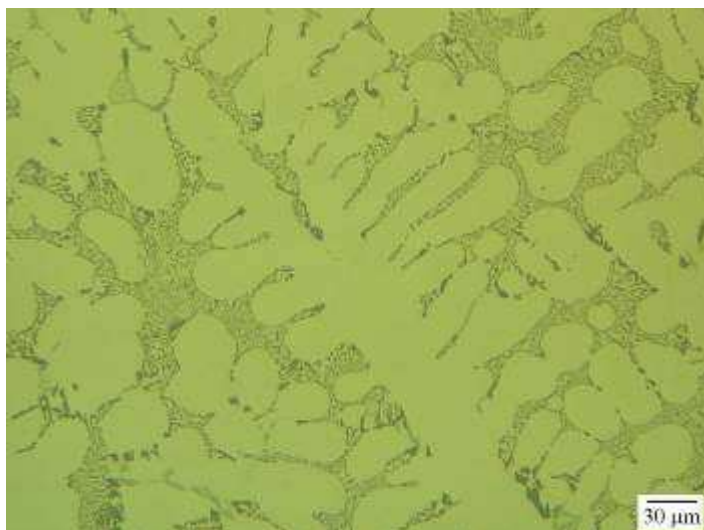
ATLAS STRUKTUR

Ćwiczenie nr 25

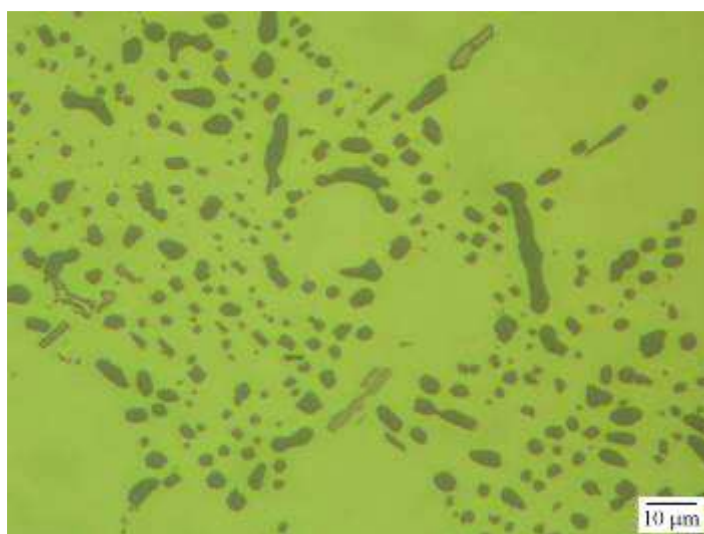
„Struktura i właściwości materiałów kompozytowych”

dr inż. Jarosław Bieniaś

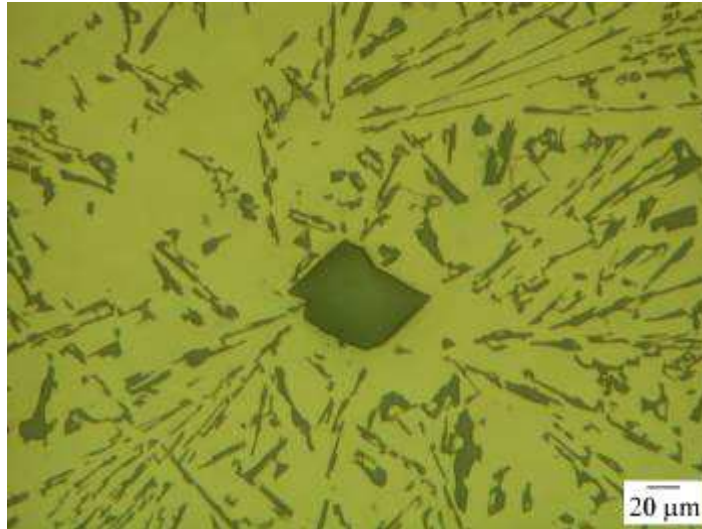
Lublin 2016



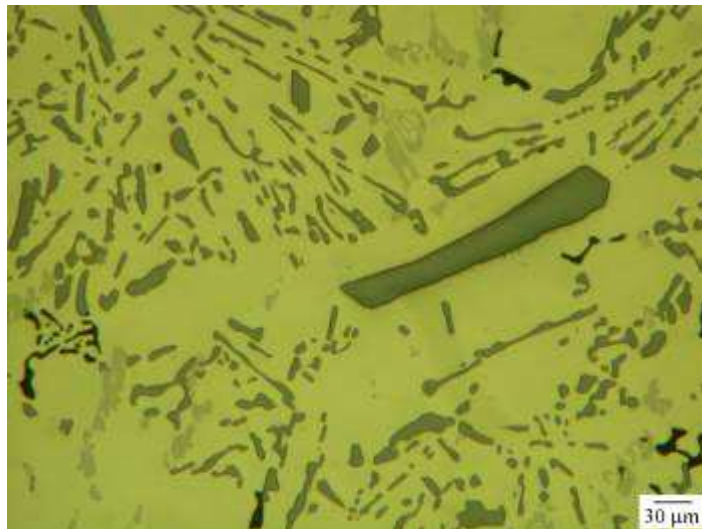
Rys. 1. Mikrostruktura podeutektycznego stopu aluminium-krzem AK7. Pomędzy dendrytami roztworu stałego krzemu w aluminium $\alpha(\text{Al})$ występują drobnoziarniste wydzielania eutektyki $\alpha(\text{Al})+\beta(\text{Si})$. Stop odlewany grawitacyjnie; bez obróbki cieplnej. Nietrawiono.



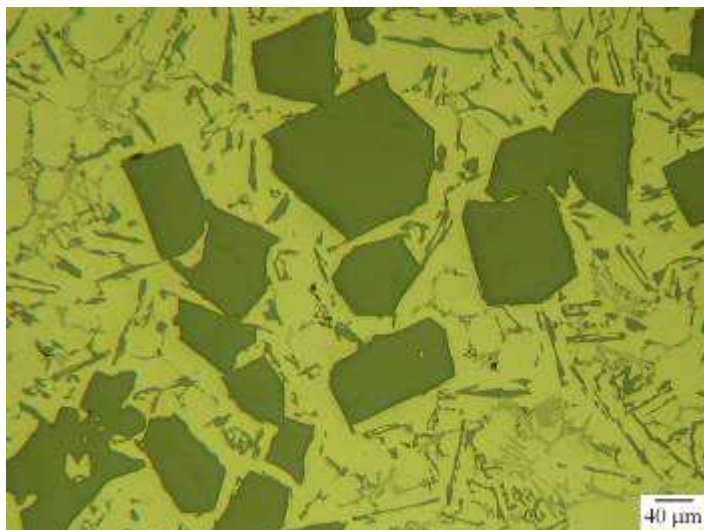
Rys. 2. Mikrostruktura podeutektycznego stopu aluminium-krzem AK7 po przeprowadzonej obróbce cieplnej przesycania (540°C, 12h) i sztucznego starzenia (200°C, 10h). Widoczna charakterystyczna drobnoziarnista, zferoidyzowana eutektyka $\alpha(\text{Al})+\beta(\text{Si})$. Stop odlewany grawitacyjnie. Nietrawiono.



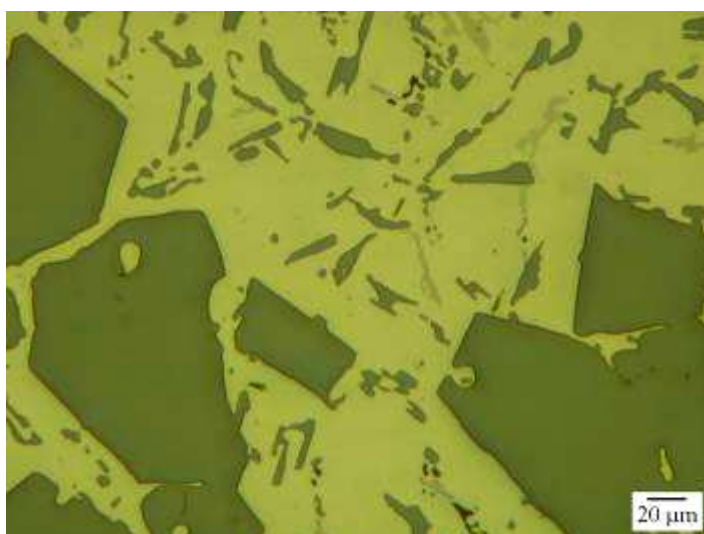
Rys. 3. Mikrostruktura okołoeutektycznego stopu aluminium – krzem AK12. Na tle roztworu stałego krzemu w aluminium $\alpha(\text{Al})$ występuje gruboziarnista iglasta eutektyka $\alpha(\text{Al})+\beta(\text{Si})$ oraz nieliczne w przybliżeniu równoosiowe wydzielania krzemu pierwotnego. Stop odlewany grawitacyjnie; bez obróbki cieplnej. Nietrawiono.



Rys. 4. Mikrostruktura okołoeutektycznego stopu aluminium – krzem AK12 po przeprowadzonej obróbce cieplnej przesycania (515°C , 6h) i sztucznego starzenia (170°C , 16 h). Sferoidyzacji uległy: eutektyka $\alpha(\text{Al})+\beta(\text{Si})$, wydzielania krzemu pierwotnego oraz wydzielania faz międzymetalicznych w szczególności Mg_2Si . Stop odlewany grawitacyjnie. Nietrawiono.



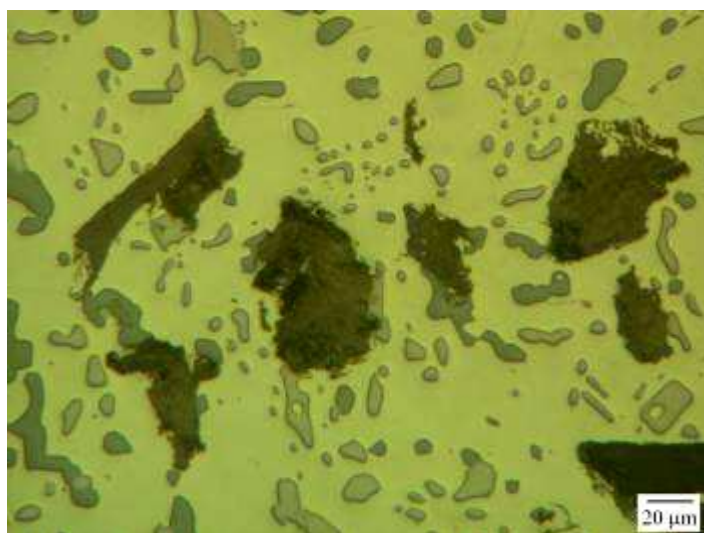
Rys. 5. Mikrostruktura nadeutektycznego stopu aluminium – krzem AK20. Na tle eutektyki $\alpha(\text{Al})+\beta(\text{Si})$ i roztworu $\alpha(\text{Al})$ występują charakterystyczne gruboziarniste wydzielения krzemu nadeutektycznego (pierwotnego). Stop odlewany grawitacyjnie; bez obróbki cieplnej. Nietrawiono.



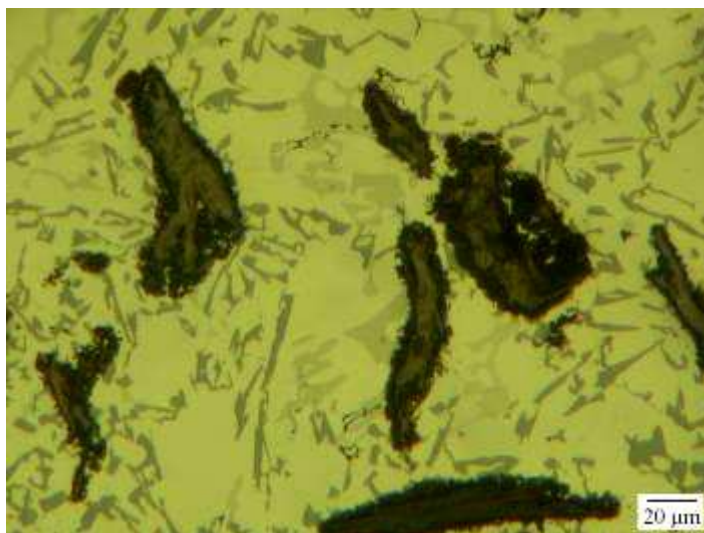
Rys. 6. Mikrostruktura nadeutektycznego stopu aluminium – krzem AK20 po przeprowadzonej obróbce cieplnej przesycania (510°C , 3,5h) i sztucznego starzenia (240°C , 6,5h). Sferoidyzacji uległa głównie eutektyka $\alpha(\text{Al})+\beta(\text{Si})$ oraz wydzielения faz międzymetalicznych w szczególności Mg_2Si . Stop odlewany grawitacyjnie. Nietrawiono.



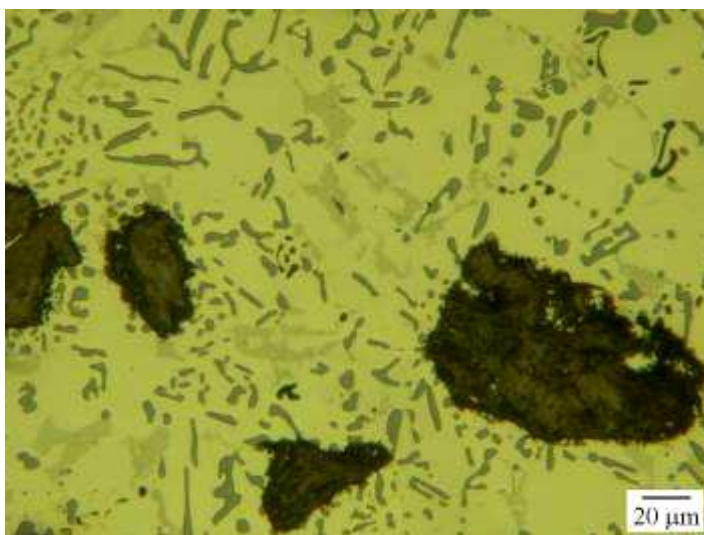
Rys. 7. Mikrostruktura kompozytu A356/5,7Gr o osnowie podeutektycznego stopu Al-Si zawierającego 5,7% wag. cząstek grafitu (75-120 μm). Na tle roztworu stałego krzemu w aluminium $\alpha(\text{Al})$ widoczna jest iglasta eutektyka $\alpha(\text{Al})+\beta(\text{Si})$, cząsteczki grafitu oraz wydzielenia fazy międzymetalicznej Al_3Ni . Kompozyt odlewany grawitacyjnie-metoda mieszania mechanicznego (*vortex*); bez obróbki cieplnej. Nietrawiono.



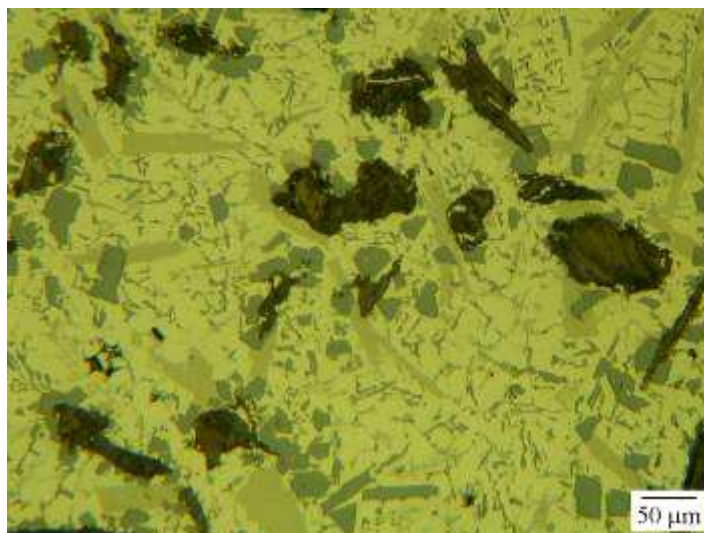
Rys. 8. Mikrostruktura kompozytu A356/5,7Gr po przeprowadzonej obróbce cieplnej przesycania (540°C, 12 h) i sztucznego starzenia (155°C, 5h). Kompozyt o osnowie podeutektycznego stopu Al-Si zawierający 5,7% wag. cząstek grafitu (75-120 μm). Widoczna sferoidyzacja eutektyki $\alpha(\text{Al})+\beta(\text{Si})$ oraz wydzieleń fazy międzymetalicznej Al_3Ni . Kompozyt odlewany grawitacyjnie-metoda mieszania mechanicznego (*vortex*). Nietrawiono.



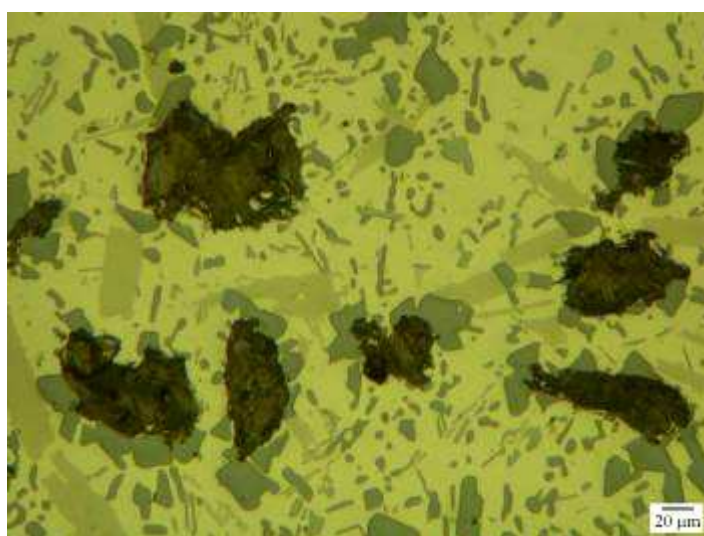
Rys. 9. Mikrostruktura kompozytu AK12/5,7Gr o osnowie okołoeutektycznego stopu Al-Si zawierający 5,7% wag. cząstek grafitu (75-120 μm). Na tle roztworu stałego krzemu w aluminium $\alpha(\text{Al})$ widoczna jest eutektyka $\alpha(\text{Al})+\beta(\text{Si})$, cząsteczki fazy zbrojącej grafitu oraz wydzielania faz międzymetalicznych. Kompozyt odlewany grawitacyjnie-metoda mieszania mechanicznego (*vortex*); bez obróbki cieplnej. Nietrawiono.



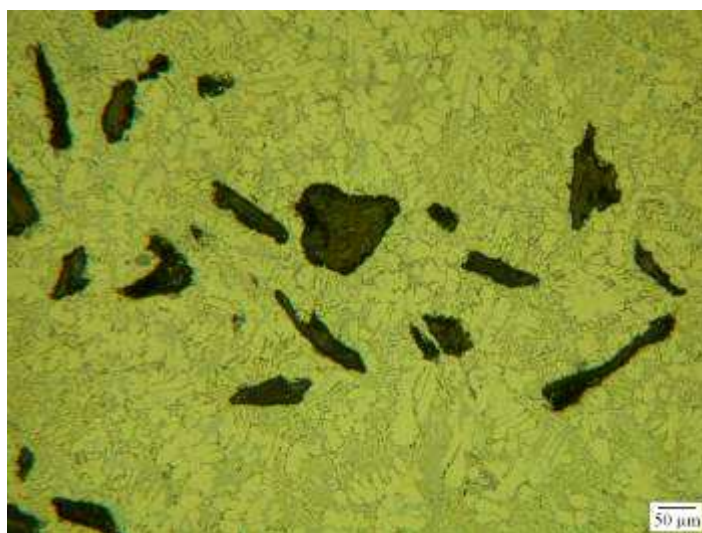
Rys. 10. Mikrostruktura kompozytu AK12/5,7Gr po przeprowadzonej obróbce cieplnej przesycań (515°C, 6h) i sztucznego starzenia (170°C, 16h). Kompozyt o osnowie okołoeutektycznego stopu Al-Si zawierający 5,7% wag. cząstek grafitu (75-120 μm). Widoczna sferoidyzacja eutektyki $\alpha(\text{Al})+\beta(\text{Si})$, wydzielenie fazy międzymetalicznej Al_3Ni oraz Mg_2Si . Kompozyt odlewany grawitacyjnie-metoda mieszania mechanicznego (*vortex*). Nietrawiono.



Rys. 11. Mikrostruktura kompozytu A390/5,7Gr o osnowie nadeutektycznego stopu Al-Si zawierający 5,7% wag. cząstek grafitu (75-120 μm). Na tle roztworu stałego $\alpha(\text{Al})$, występują wydzielania eutektyki $\alpha(\text{Al})+\beta(\text{Si})$, liczne kryształy krzemu pierwotnego, cząsteczki fazy zbrojącej-grafitu oraz wydzielania faz międzymetalicznych. Kompozyt odlewany grawitacyjnie-metoda mieszania mechanicznego (*vortex*); bez obróbki cieplnej. Nietrawiono.



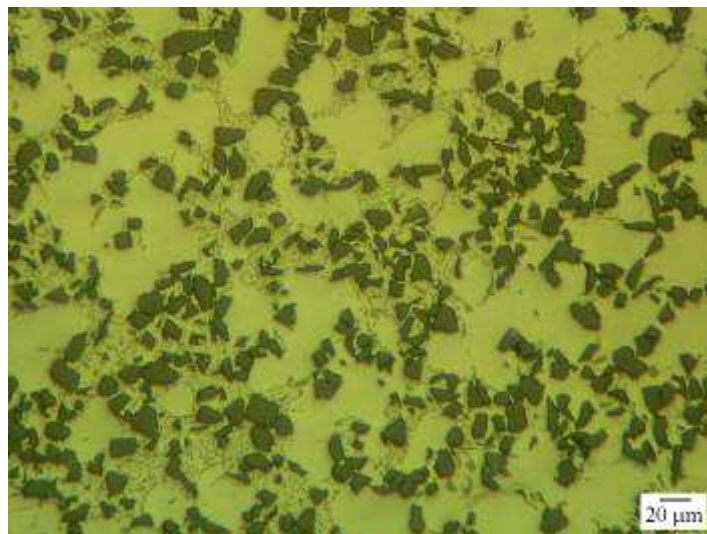
Rys. 12. Mikrostruktura kompozytu A390/5,7Gr po przeprowadzonej obróbce cieplnej przesycania (496°C, 8h) i sztucznego starzenia (177°C, 8h) °. Kompozyt o osnowie nadeutektycznego stopu Al-Si zawierający 5,7% wag. cząstek grafitu (75-120 μm). Widoczna sferoidyzacja eutektyki $\alpha(\text{Al})+\beta(\text{Si})$, nadeutektycznych (pierwotnych) wydzielen krzemu oraz faz międzymetalicznych. Kompozyt odlewany grawitacyjnie-metoda mieszania mechanicznego (*vortex*). Nietrawiono.



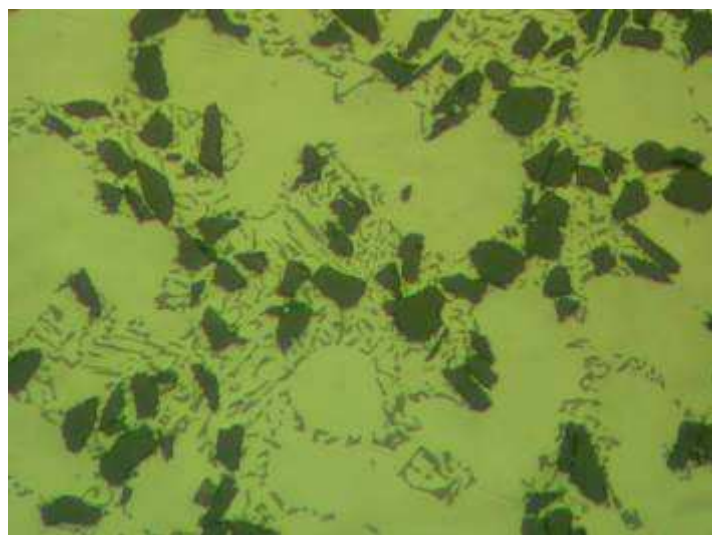
Rys. 13. Mikrostruktura kompozytu AK12/5,7Gr_{sq} o osnowie podeutektycznego stopu Al-Si zawierający 5,7% wag. cząsteczek grafitu (75-120 μm). Na tle roztworu stałego α(Al), występują wydzielania eutektyki α(Al)+β(Si), cząsteczki fazy zbrojącej-grafitu oraz wydzielania faz międzymetalicznych. Widoczna charakterystyczna drobnoziarnista struktura. Kompozyt wykonany techniką prasowania w stanie ciekłym (*squeeze casting*); bez obróbki cieplnej. Nietrawiono.



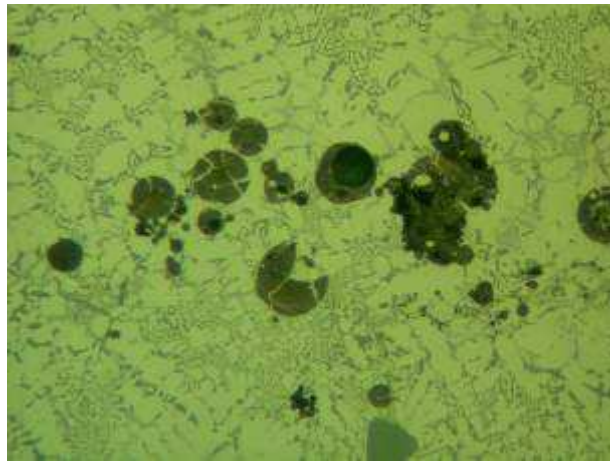
Rys. 14. Mikrostruktura kompozytu AK12/5,7Gr_{sq} po przeprowadzonej obróbce cieplnej przesyca-
 nia (515°C, 6h) i sztucznego starzenia (170°C, 16h). Kompozyt o osnowie podeutektycznego stopu
 Al-Si zawierający 5,7% wag. cząsteczek grafitu (75-120 μm). Widoczna duża jednorodność struk-
 turalna, sferoidyzacja eutektyki α(Al)+β(Si) oraz faz międzymetalicznych. Eutektyka α(Al)+β(Si)
 oraz wydzielania faz międzymetalicznych rozmieszczone w strukturze materiału kompozytowego
 równomiernie. Kompozyt wykonany techniką prasowania w stanie ciekłym (*squeeze casting*). Nie-
 trawiono.



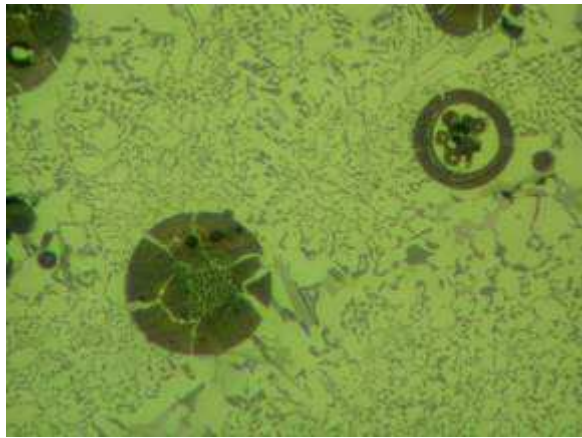
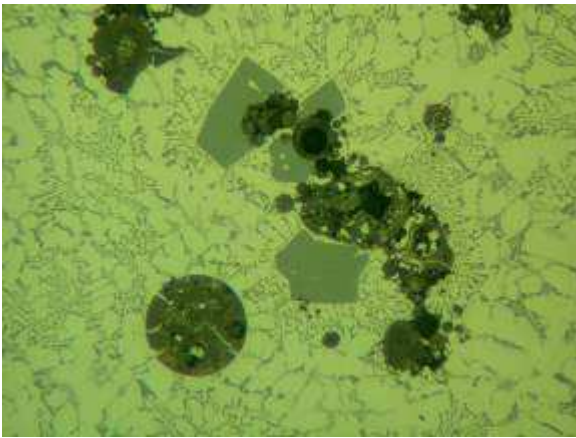
Rys. 15. Mikrostruktura kompozytu F3S20S o osnowie podeutektycznego stopu Al-Si zawierający 20% obj. cząsteczek SiC o nominalnym rozmiarze 20 μm . Na tle roztworu stałego krzemu w aluminium $\alpha(\text{Al})$ widoczna jest iglasta eutektyka $\alpha(\text{Al})+\beta(\text{Si})$, oraz cząsteczki SiC. Kompozyt odlewany grawitacyjnie-metoda mieszania mechanicznego (*vortex*); bez obróbki cieplnej. Nietrawiono.



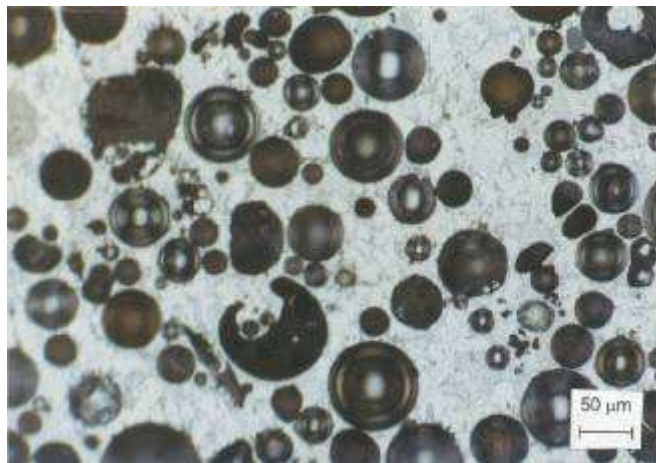
Rys. 16. Mikrostruktura kompozytu F3S20S o osnowie podeutektycznego stopu Al-Si zawierający 20% obj. cząsteczek SiC o nominalnym rozmiarze 20 μm . Cząsteczki SiC rozmieszczone w przestrzeniach międzydendrytycznych (w eutektyce $\alpha(\text{Al})+\beta(\text{Si})$) – zjawisko „wypychania” cząsteczek SiC przez front krystalizacji. Kompozyt odlewany grawitacyjnie-metoda mieszania mechanicznego (*vortex*); bez obróbki cieplnej. Nietrawiono. Pow. x400.



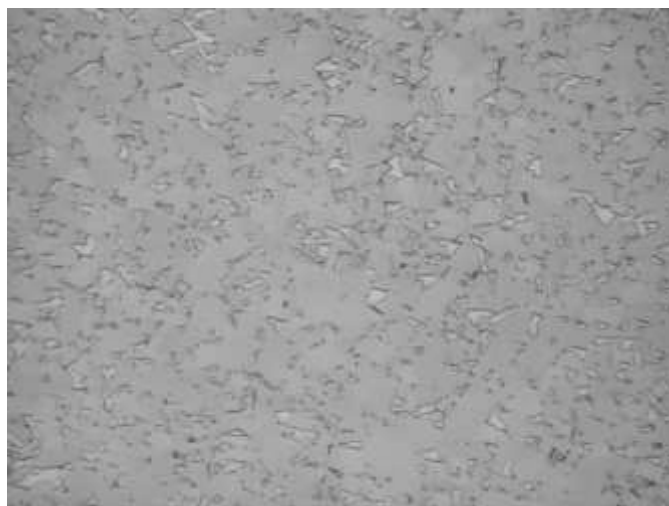
Rys.17. Mikrostruktura kompozytu ALFA – aluminium *fly ash*. Kompozyt o osnowie okołoeutektycznego stopu Al-Si (AK12) zawierający 9% wag. mikrogranulek popiołu lotnego (*fly ash*'u) o frakcji 75÷100 μm . Na tle roztworu stałego krzemu w aluminium $\alpha(\text{Al})$ widoczna jest eutektyka $\alpha(\text{Al})+\beta(\text{Si})$, oraz cząsteczki *fly ash*'u. Kompozyt odlewany grawitacyjnie-metoda mieszania mechanicznego (*vortex*); bez obróbki cieplnej. Nietrawiono. Pow. x400



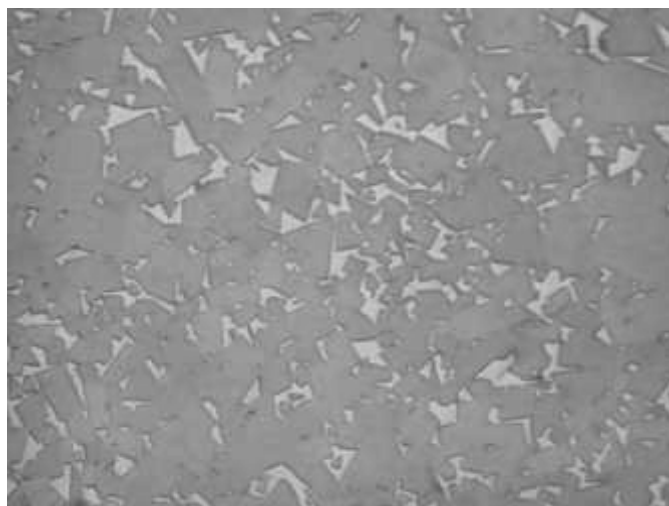
Rys. 18. Jak w rys. 17. Pow. x400.



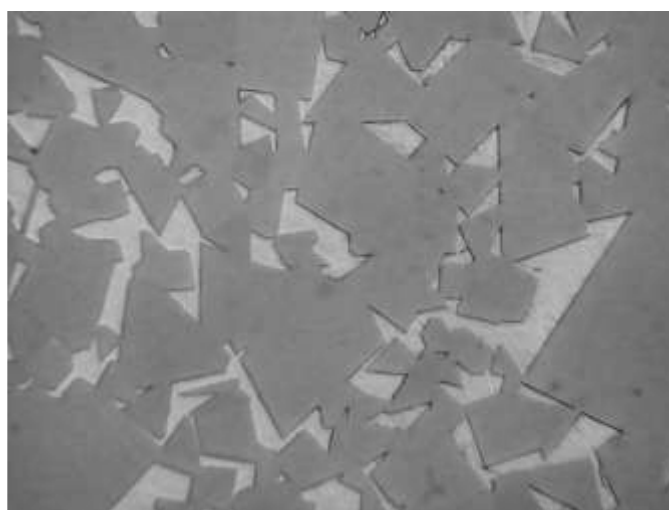
Rys. 19. Mikrostruktura kompozytu ALFA – aluminium *fly ash*. Kompozyt o osnowie okołoeutektycznego stopu Al-Si (AK12) zawierający 9% wag. mikrogranulek popiołu lotnego (*fly ash*'u) o frakcji 53÷75 μm . Kompozyt odlewany metodą prasowania w stanie ciekłym (*squeeze casting*); bez obróbki cieplnej. Nietrawiono.



Rys. 20. Mikrostruktura kompozytu WC-Co. Materiał kompozytowy o osnowie kobaltu (6%) zawierający węglík wolframu. Technologia wykonania: metalurgia proszków (spiekanie pod wysokim ciśnieniem). Trawiono wodą królewską. Pow. x350

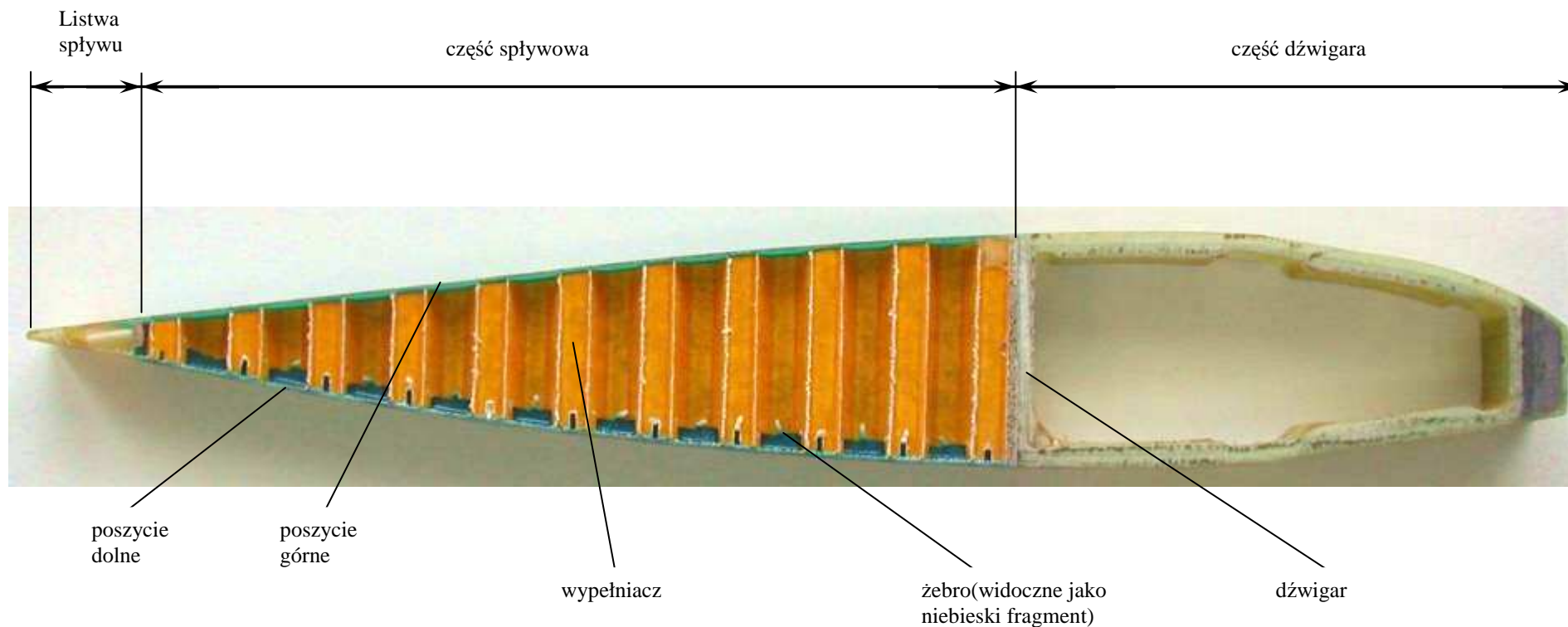


Rys. 21. Jak w rys. 20. Pow. x600.

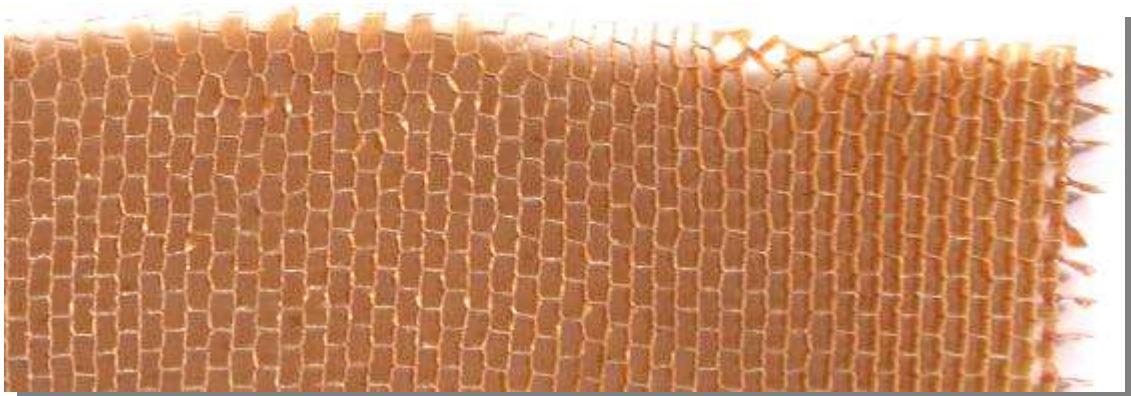
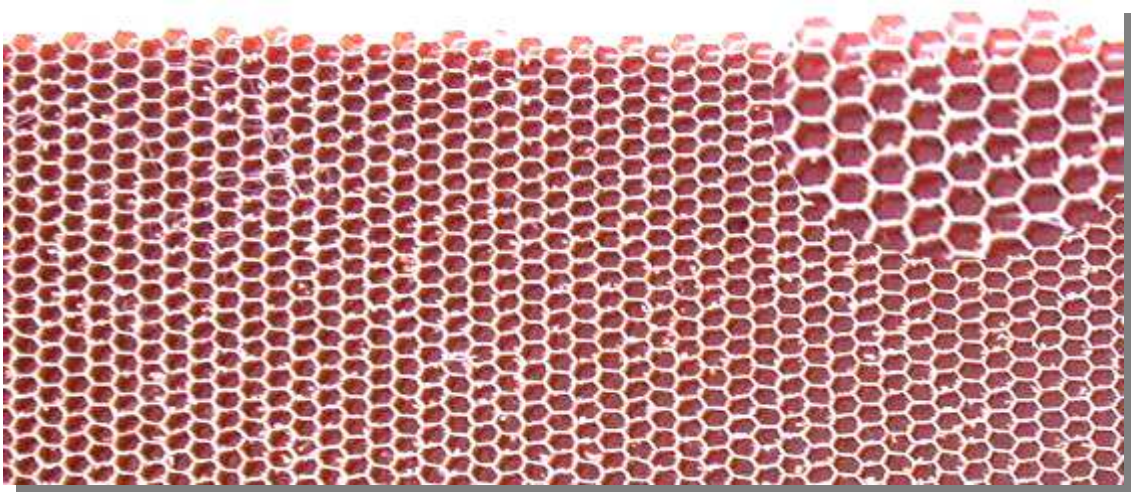
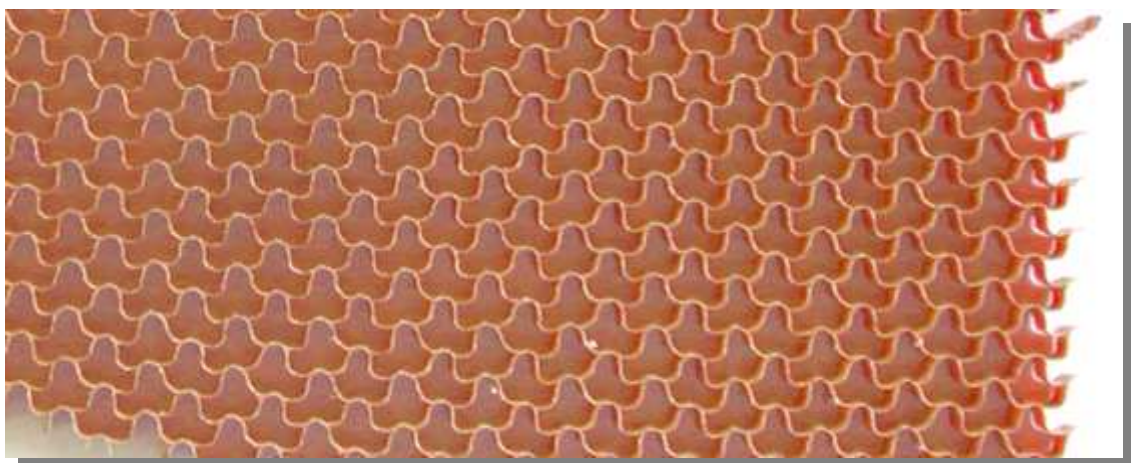


Rys. 22. Jak w rys. 21. Pow. x1500.

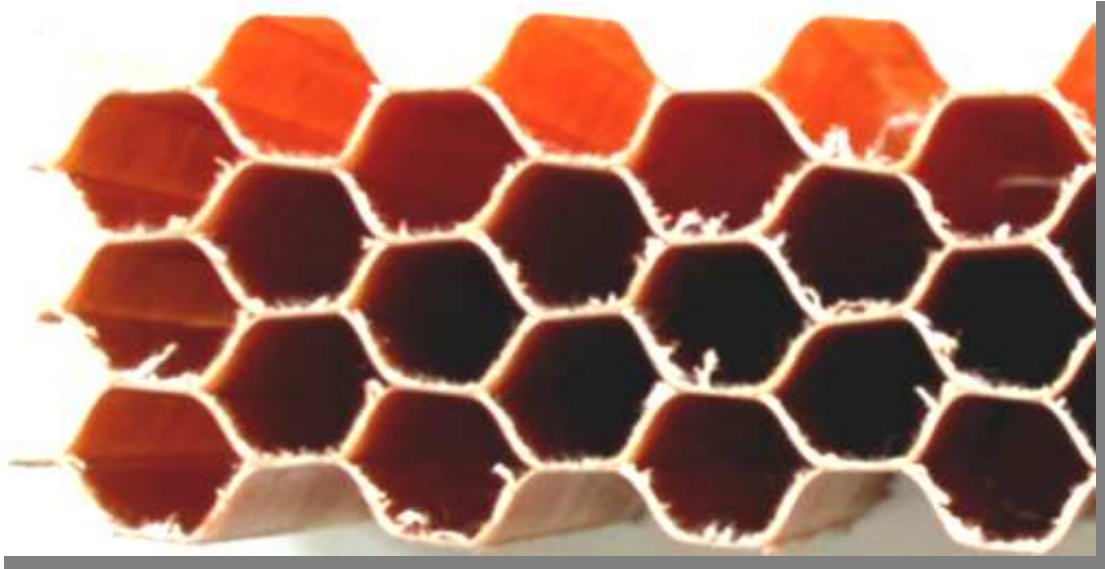
KOMPOZYTY POLIMEROWE



Rys. 1. Przekrój łopaty śmigłowca W-3 (Sokół) - przykładowe zastosowanie kompozytów. Łopatę wykonuje się stosując technologię „mokrą” i „suchą”. Technologią „mokrą” wykonane jest poszycie dolne i górne, oraz dźwigar. Natomiast technologią „suchą” połączono poszycie dolne, dźwigar, wypełniacz i poszycie górne. Jako łącznik zastosowano klej błonkowy. Wewnątrz danego przekroju łopaty znajduje się żebro z wypełniacza ulowego.



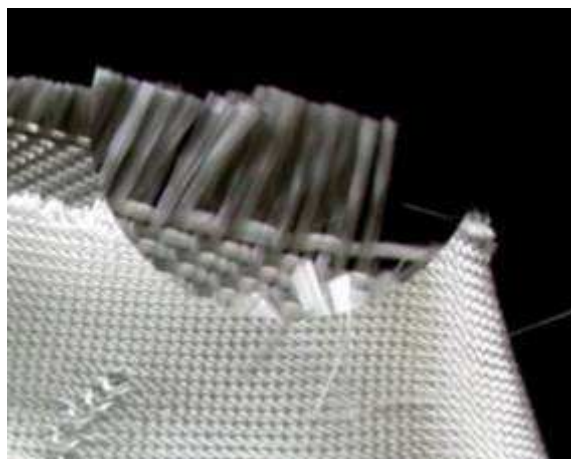
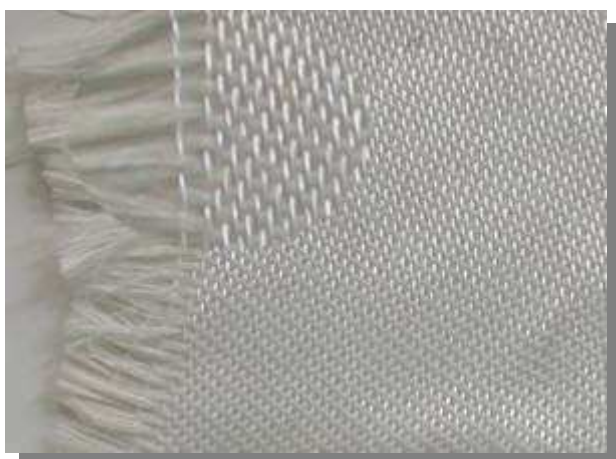
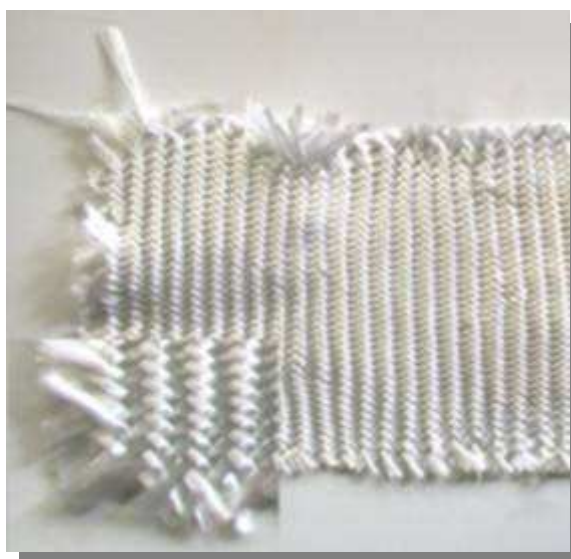
Rys. 2. Wypełniacze ulowe wykonane z Nomex-u, stosowane do wyrobu detali kadłubów śmigłowca Agusta. Różne kształty oczek wpływają na elastyczność wyrobu.



Rys. 3. Wypełniacz z Nomex-u nasączonego żywicą. Stosowany w produkcji łopat śmigłowców. Nomex-włókno aramidowe.



Rys. 4. Płótno szklane, stosowane w budowie skrzydeł szybowca jako wzmocnienie.



Rys. 5. Różne rodzaje tkanin z włókna szklanego.



Rys. 6. Koremata, używana przy produkcji skrzydeł do szybowców.



Rys. 7. Próbki rovingu po badaniu wytrzymałości na zginanie. Próbki wykonane z włókna szklanego nasączonego żywicą Epidian 5 z utwardzaczem - (a) MM (góra), (b) Lapoxem K5 (dół).