

Niekonwencjonalne technologie łączenia elementów konstrukcji lotniczych

Unconventional technologies of joining elements of aeronautical constructions

Politechnika Lubelska, Politechnika Rzeszowska, Politechnika Częstochowska, Instytut Maszyn Przepływowych Polskiej Akademii Nauk

Introduction Wprowadzenie

Wpływ napelniaczy w postaci nanorurek węglowych na właściwości klejów epoksydowych

Study of the effects of carbon nanotubes (CNT) on the properties of epoxy adhesives

This paper describes influence of carbon nanotubes on the properties of epoxy adhesive. CNT have interesting properties such as high hardness, high electrical and thermal conductivity. Carried out investigation of the static strength and fatigue of adhesive joints subjected to peel. Others properties of epoxy adhesives like thermal features were considered to. Two different types of epoxy resin were considered.

Materials and methods

The elements of samples were prepared from constructional steel S235JR. Figure 1 presents shape of specimen used in research. Considered two different types of adhesive: Bison Epoxy and Epidian 57 with PAC hardener. Static strength tests were conducted on universal mechanical testing machine - ZWICK Z100 which was equipped with shackle holder in order to obtain peel loading what presents figure 2. Fatigue tests were conducted by electro-dynamic vibrator ETS-Solution L Series MPA-102-L620M. Research was carried out in resonance frequency of specimen. Value of this frequency for specimens was about 600Hz.

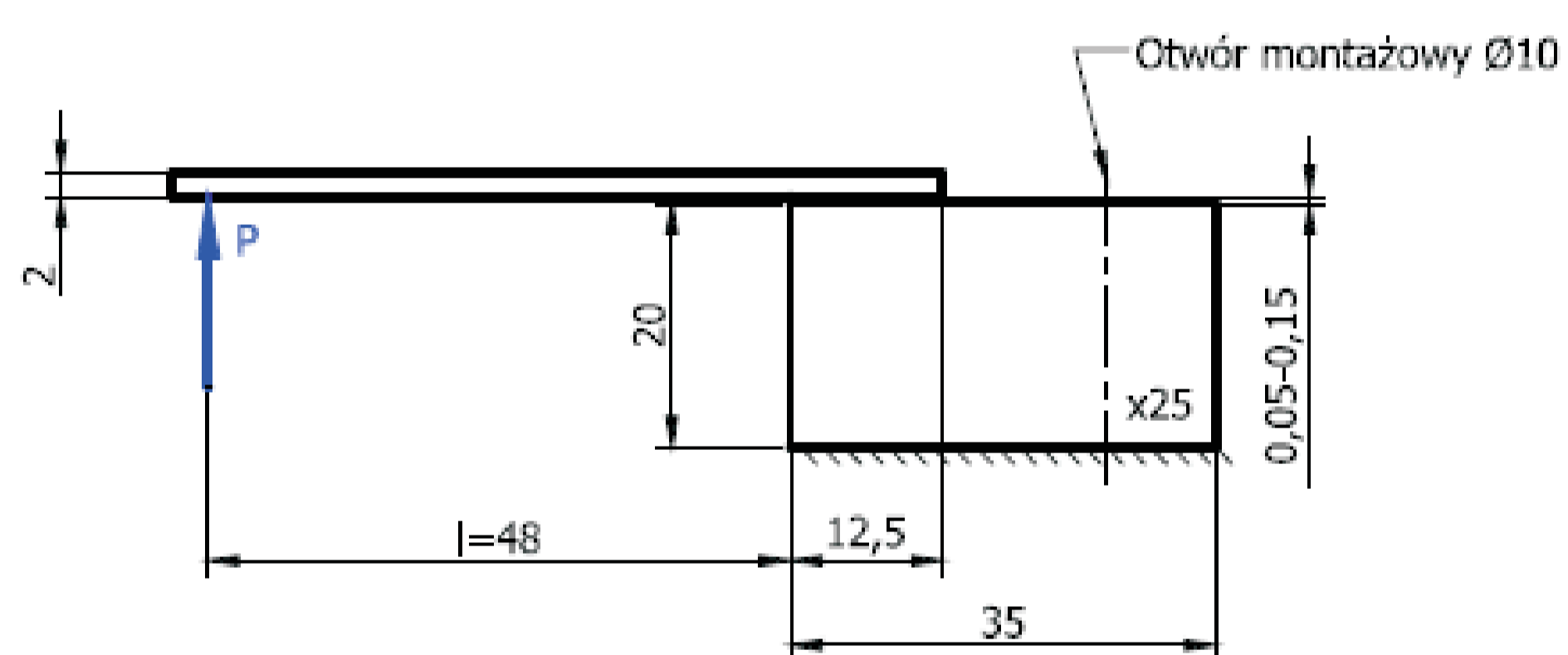


Fig. 1. Specimen using in strength testing of adhesive joints.

Rys. 1. Próbkę wykorzystywaną do badań wytrzymałości połączeń klejowych.

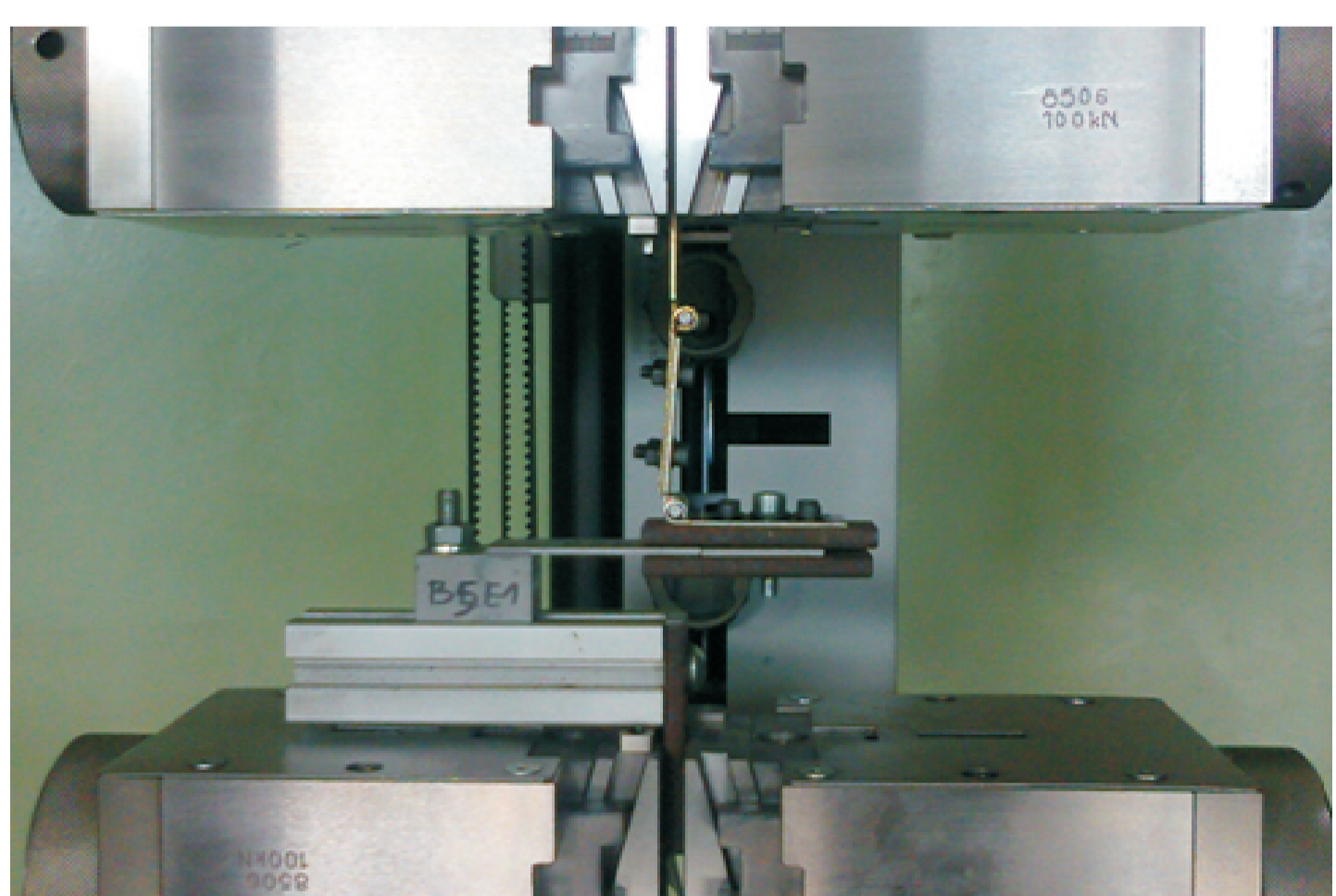


Fig. 2. Specimen mounted on testing machine for static strength test.

Rys. 2. Próbkę klejową zamontowaną na stanowisku do badań wytrzymałości statycznej.

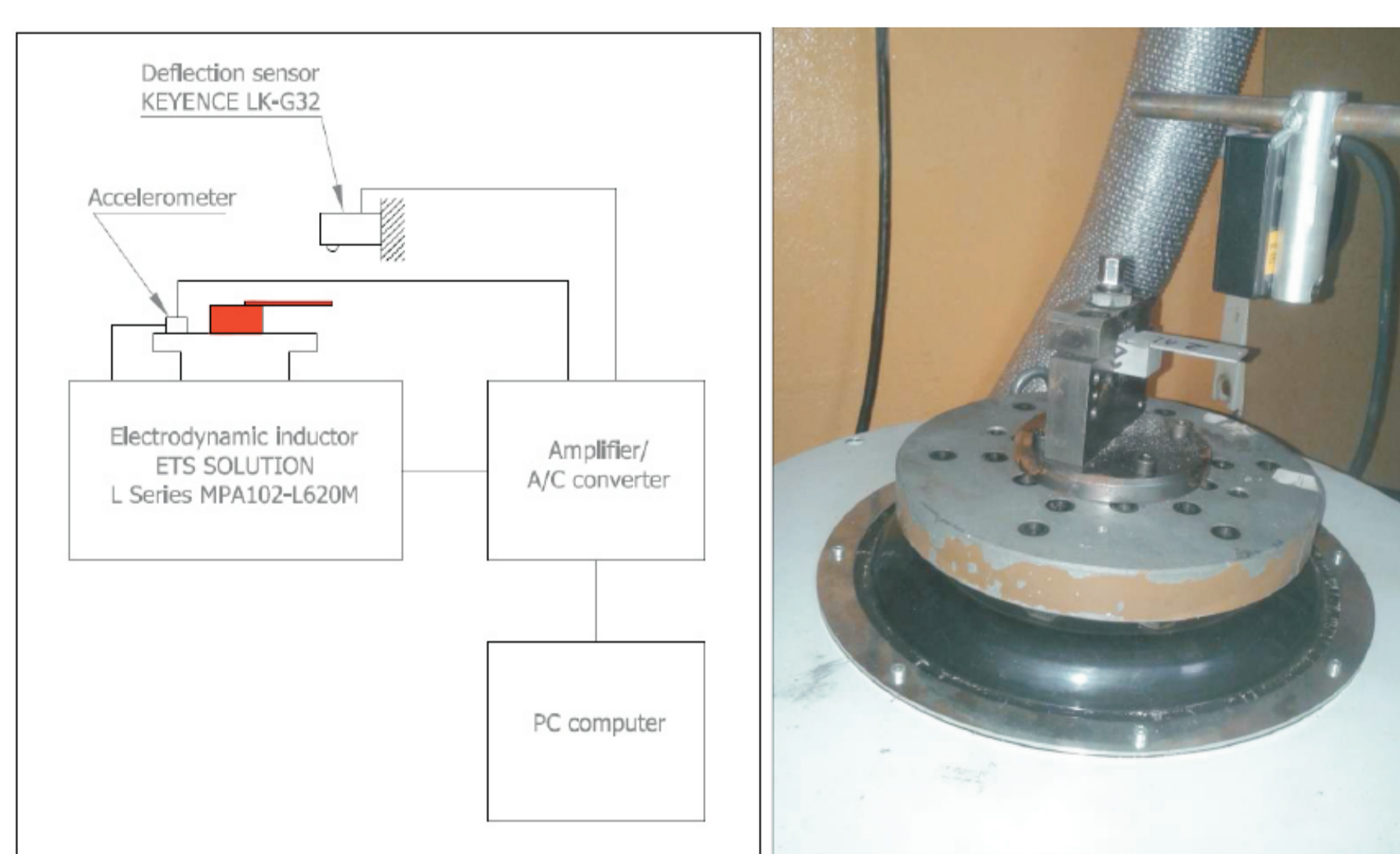


Fig. 3. Schematic diagram of fatigue test system (on the left) Sample of joint mounted on electrodynamic conductor (on the right).

Rys. 3. Schemat systemu do badań wytrzymałości zmęczeniowej (lewa strona); Próbkę złącza klejowego zamontowaną na wzbudniku elektrodynamicznym (strona prawa).

Differential Scanning Calorimetry thermal analysis (DSC) were conducted by Mettler Toledo 822e calorimeter with Star System software.

Results Wyniki badań

Results of static strength tests

Research of static strength confirm that it is possibility to improve static strength and fatigue for adhesive with consider nanofiller. Underneath column graph show results of static strength test. We obtained improvement of joint strength for 16,5% for variant with 5% content of carbon nanotubes in epoxy adhesive. These results were compared with else research that considered influence of ceramic nanopowder as epoxy adhesives fillers on static strength of adhesive joints.

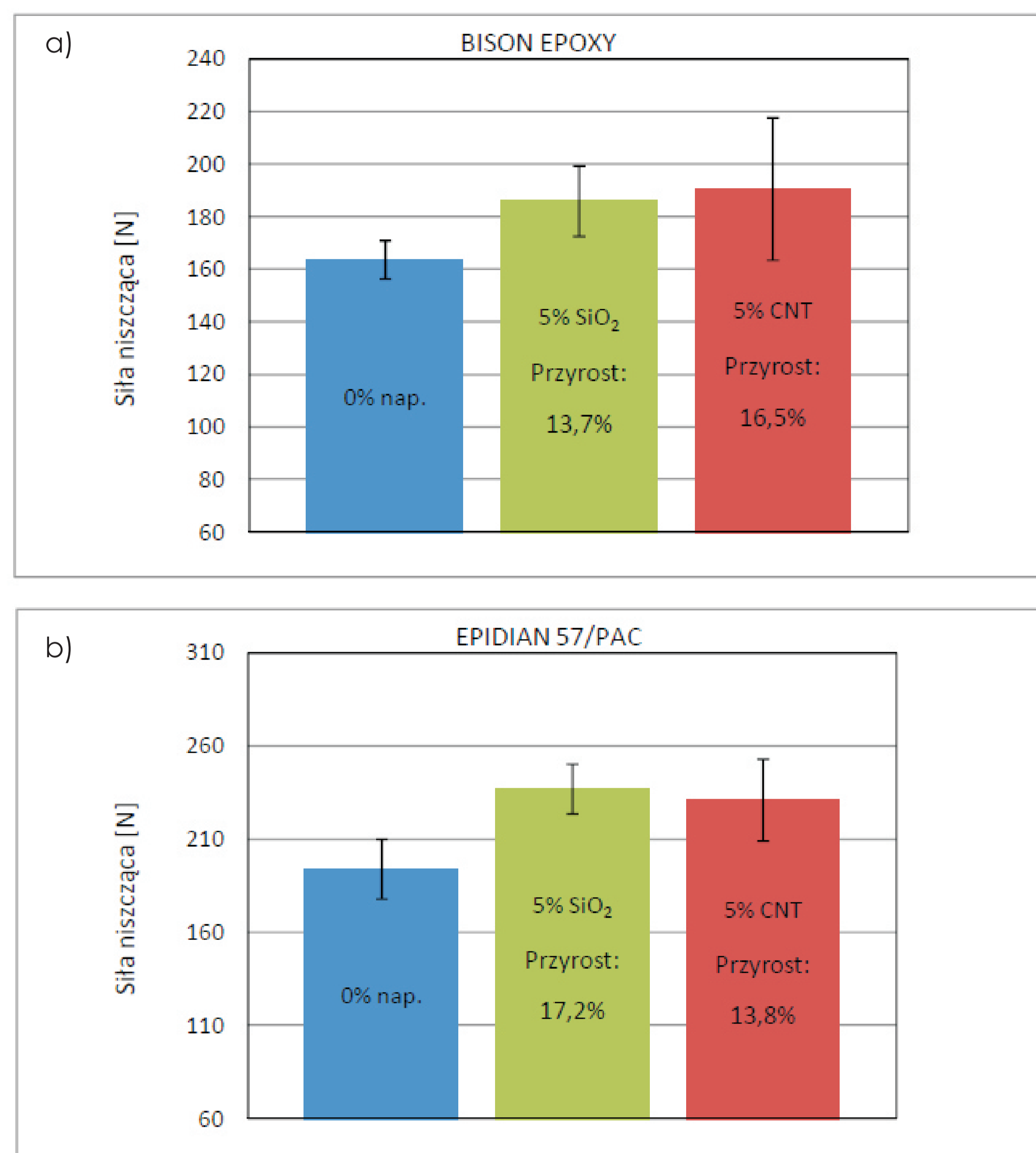


Fig. 4. Comparison of static strength for variants with 5% contents filler of carbon nanotubes (red column) nanopowder of silica (green column) and pure adhesive; a) results for Bison Epoxy variant b) results for Epidian 57/PAC variant.

Rys. 4. Porównanie wytrzymałości statycznej dla wariantów z 5% zawartością napelniacza w postaci nanorurek węglowych (kolumna czerwona) nanoproszku krzemionki (kolumna zielona) dla kleju bez napelniacza; a) wyniki dla kompozycji klejowej Bison Epoxy b) wyniki dla kompozycji klejowej Epidian 57 z utwardzaczem PAC.

Results of fatigue tests

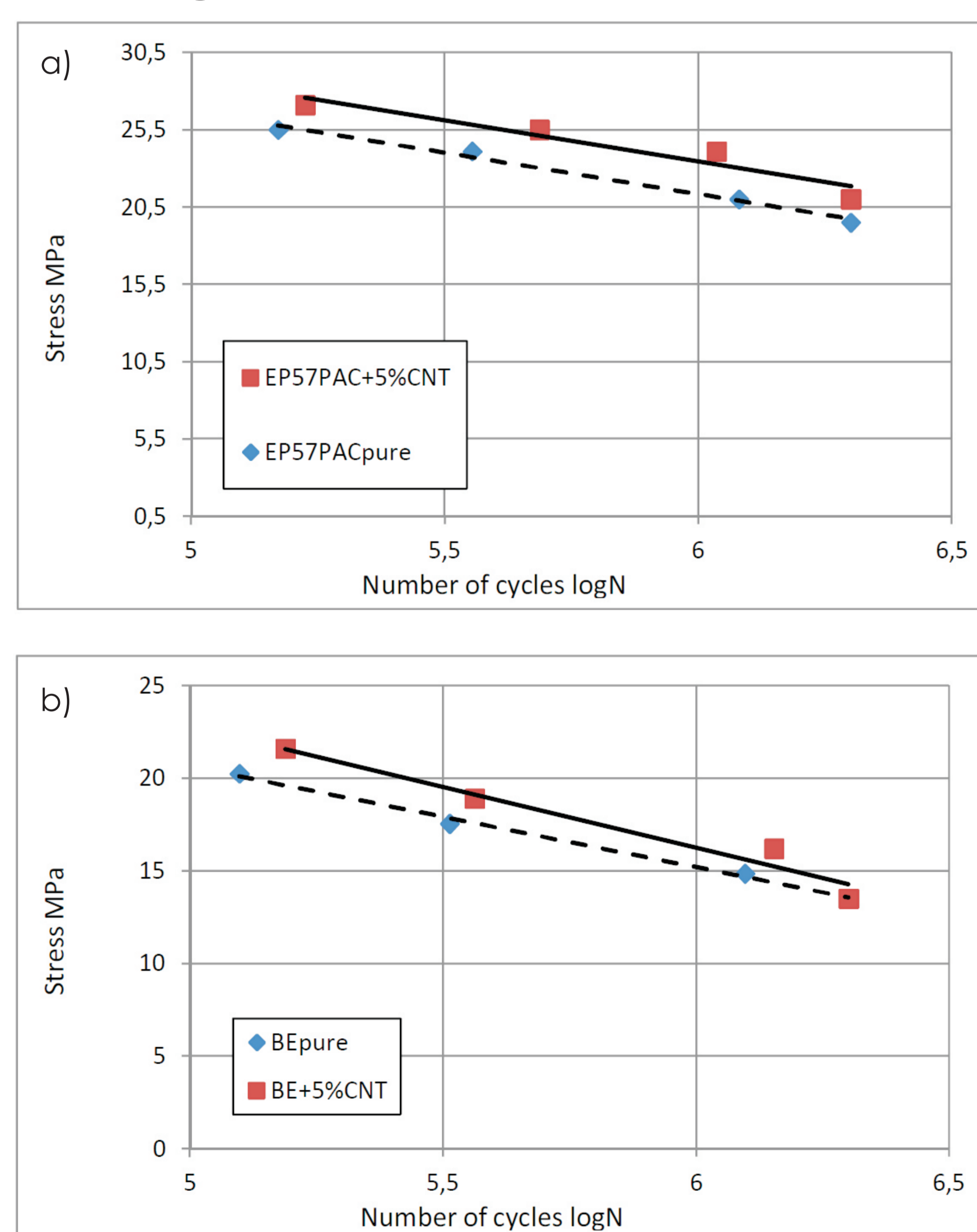


Fig. 5. Comparison of fatigue curves for variants with 5% carbon nanotubes as filler of epoxy resin (continuous line) and pure epoxy resin - without filler (intermittent line); a) results for Epidian 57/PAC composition b) results for Bison Epoxy composition.

Rys. 5. Porównanie krzywych zmęczeniowych dla wariantów z 5% zawartością nanorurek węglowych w kleju (linia ciągła) oraz dla kompozycji klejowej bez napelniacza (linia przerywana); a) wyniki dla kompozycji klejowej Epidian 57/PAC b) wyniki dla kompozycji klejowej

Results of DSC analysis

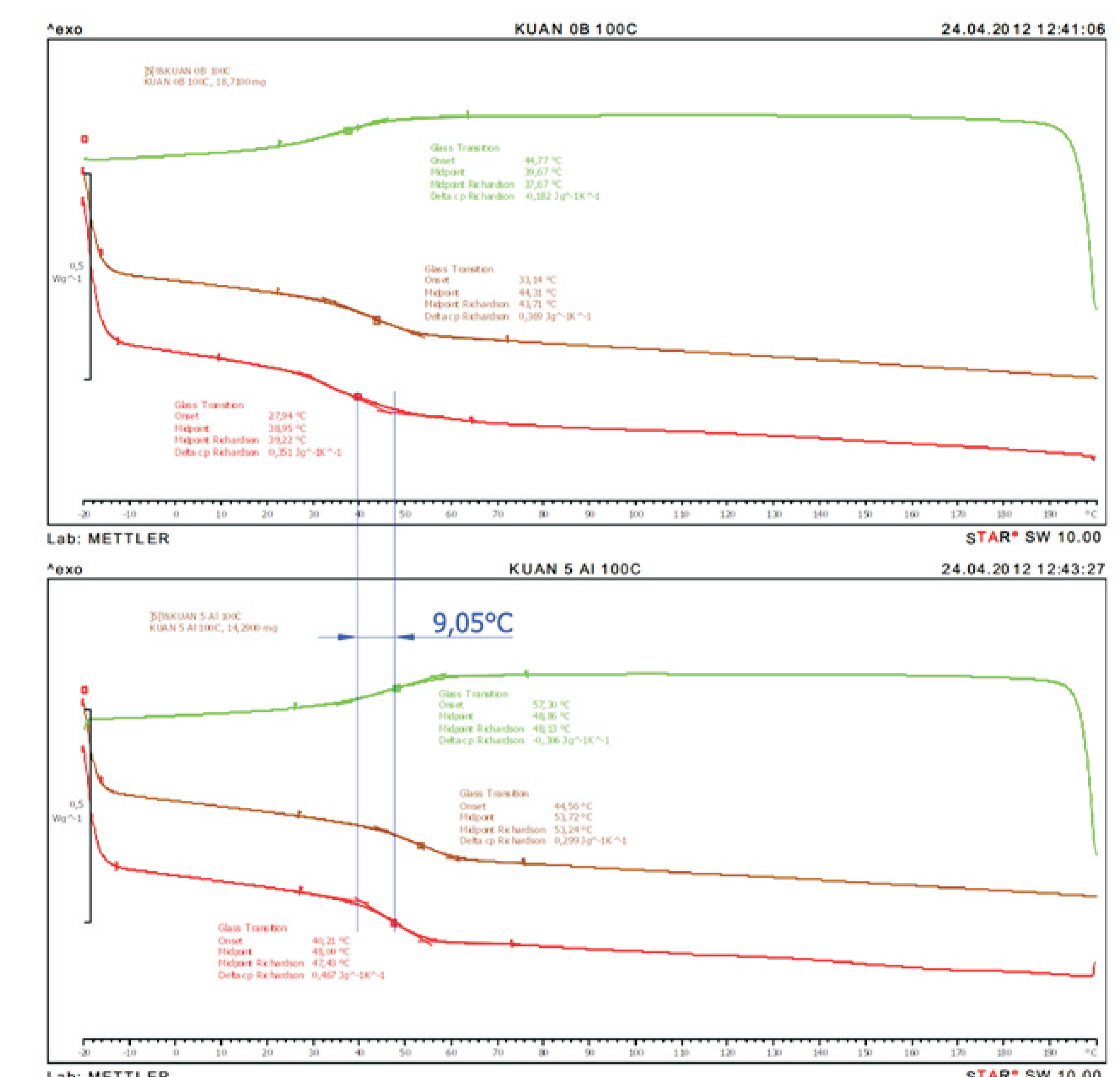


Fig. 6. Curves of differential Scanning Calorimetry thermal analysis. Comparison of pure and filled epoxy resin DSC analysis reveal elevate of glass transition temperature of filled epoxy adhesive comparatively to neat adhesive.

Rys. 6. Krzywe analizy termomechanicznej metodą różnicowej kalometrii skaningowej (DSC); porównano krzywe dla kleju epoksydowego napelnionego nanorurkami węglowymi oraz nienapelnionego kleju, porównanie wykazuje wzrost temperatury zeszklenia dla żywicy napelnionej.

Conclusions Wnioski

The possibility to improve fatigue properties at variable cyclic loads by means of nanoextenders, in specific case of carbon nanotubes, has been therefore confirmed. Research carried out by the current authors concerning the effect of ceramic material nanopowders on fatigue strength reveal that properties of adhesive-bonded joints constructed with both types of nanoextenders are improved in a similar way. Despite the fact that the use of carbon nanotubes is still not a common practice in view of high cost of fabrication, the ongoing research on less expensive manufacturing techniques allow to assume that this type of material will be more widely used in future to improve fatigue properties of bonded structural joints. Research results presented in this paper show that nanotechnology can contribute to improvement, and therefore to more common usage of adhesive-bonded structures.

Indicators of the project Wskaźnik realizacji celów projektu

Publikacje:

- Zielecki W., Kubit A: **Wpływ proszkowych nanonapelniaczy ceramicznych na wytrzymałość statyczną połączeń klejowych**; Technologia i Automatykacja Montażu 4/2013, s. 45-48;
- W. Zielecki; Kubit A.: **Badania statyczne wytrzymałości na oddzieranie połączeń klejowych**; Technologia i Automatykacja Montażu 4/2012, s. 37-40

Referaty:

- Zielecki W., Kubit A: **Wpływ proszkowych nanonapelniaczy ceramicznych na wytrzymałość statyczną połączeń klejowych**; III Ogólnopolska Konferencja Naukowo-Techniczna Połączenia Montażowe Konstrukcje i Technologie, Rzeszów – Hoczew, 21–24 maja 2013 r.
- W. Zielecki; Kubit A.: **Badania statyczne wytrzymałości na oddzieranie połączeń klejowych**; VI Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna Modułowe Technologie i Konstrukcje w Budowie Maszyn, Rzeszów – Łodyna, 22–25 maja 2012 r.

Prace mgr, dr, hab.

Praca doktorska:

mgr inż. Andrzej Kubit: **„Determinanty wytrzymałości połączeń klejowych na oddzieranie”** Promotor: dr hab. inż. Władysław Zielecki, prof. PRZ