

EVALUATION OF DISPERSION OF QUALITY OF THE ADHESIVE BONDS

Summary

This paper presents a possibility of the use of ultrasonic testing method for dispersion investigation of the quality of the adhesive joints. The research included a theoretical analysis and experimental research. During the testing the ultrasonic flaw detector UMT 15 was used. Some of the steel samples bonding cyanoacrylate adhesives Loctite 496 were examined. The researches confirmed that during creation of the adhesive joint, some selected parameters of the ultrasonic impulses on the screen of ultrasonic flaw detector were changed.

OCENA ROZRZUTU JAKOŚCI POŁĄCZEŃ KLEJOWYCH

Streszczenie

W artykule przedstawiono możliwość zastosowania nieniszczącej metody ultradźwiękowej do badania rozrzutu jakości połączeń klejowych. Praca obejmowała zarówno analizę teoretyczną, jak i badania eksperymentalne. Badania prowadzono z wykorzystaniem defektoskopu ultradźwiękowego UMT 15. Badaniom poddano próbki stalowe połączone klejem cyjanoakrylowym Loctite 496. Potwierdziły one, iż w czasie konstituowania połączenia klejowego zmianom ulegają wybrane parametry impulsów fali ultradźwiękowej, uzyskiwane na ekranie defektoskopu.

1. Zastosowanie połączeń klejowych

Połączenia klejowe, zaliczane do najstarszych połączeń nierozłącznych, znajdują szerokie zastosowanie w przemyśle wytwórczym. Obserwuje się stały wzrost ich zastosowania. W 2002 r. udział połączeń klejowych wynosił 4% w relacji do innych technologii łączenia. Szacuje się, że w ciągu najbliższych lat udział klejów, w połączeniach nierozłącznych, będzie stanowił około 8-10% [1, 2].

Zastosowanie połączeń klejowych można rozpatrywać w różnych aspektach. Po pierwsze, można uwzględnić materiały, jakie można łączyć za ich pomocą. Możliwa jest również analiza zastosowania połączeń klejonych, uwzględniająca obiekty, do budowy których są wykorzystywane kleje oraz związane z nimi gałęzie przemysłu. Obserwując prowadzone przez producentów klejów prace, przyczyniające się do rozwoju połączeń klejowych, można wyróżnić kleje, przewidziane do wykonywania połączeń w obiektach pracujących w szczególnych warunkach eksploatacyjnych, np. połączenia w budowie klocków hamulcowych, połączenia poszycia samolotów oraz promów kosmicznych.

Połączenia klejone znajdują szerokie praktyczne zastosowanie w wielu gałęziach przemysłu i w różnych dziedzinach życia codziennego. Mają one liczne zastosowania w przemyśle lotniczym, łącznie z kosmicznym, elektronicznym, motoryzacyjnym, budowlanym, a także w medycynie. Ponadto, kleje są wykorzystywane w przemyśle lekkim, np. do produkcji zabawek, opakowań i książek [3, 4]. Pierwszy, eksperymentalny, metalowy samolot sportowy o konstrukcji całkowicie klejonej został wyprodukowany już w 1948 roku. Pod koniec lat osiemdziesiątych XX w. prawie połowa wszystkich połączeń elementów konstrukcyjnych samolotów transportowych była wykonywana wyłącznie techniką klejną. Ze względu na swoje właściwości kleje są wykorzystywane do napraw elementów maszyn i urządzeń [5, 6, 7].

a)



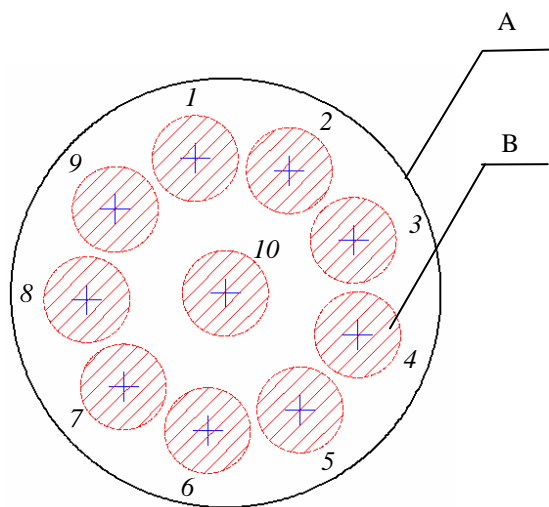
b)



Rys. 1. Przykładowe zastosowanie kleju: a) klejenie poszycia dachu samochodu osobowego [8], b) nakładanie kleju w obrębie mocowania prowadnicy drzwi pojazdu osobowego [9]

Fig. 1. Examples of use of glue: a) glueing of car roof sheathing [8], b) glue fixing a fence around the door passenger vehicle [9]

Szczególnie istotny udział połączeń klejowych obserwuje się w przemyśle motoryzacyjnym. Połączenia te znajdują liczne zastosowanie w produkcji zarówno samochodów osobowych, dostawczych, ciężarowych, jak i autobusów (miejskich dwuosobowych, przegubowych oraz turystycznych). W budowie pojazdów osobowych klejenie jest wykorzystywane do mocowania okładzin klocków hamulcowych, klejenia i wklejania szyb, łączenia elementów poszycia drzwi, pokryw silnika oraz bagażnika. Równie istotny udział klejenia w budowie pojazdów obserwuje się w produkcji autobusów. W autobusach, poza częściami wymienionymi powyżej w pojazdach osobowych, dodatkowo klejona jest podłoga do ramy, wykładzina podłogowa, poszycie i panele boczne do ramy pojazdu, osłona tablicy kierunkowej przedniej oraz ściana tylna, osłony wlewu paliwa oraz poszycie dachu. Tak szerokie zastosowanie klejenia w budowie autobusów wynika z ich znacznych rozmiarów i generowanych w trakcie eksploatacji drgań, dobrze tłumionych przez kleje. Przykładową nakładanie kleju w samochodach osobowych przedstawiono na rys. 1.



Rys. 2. Obszary wykonania badań ultradźwiękową metodą echa na powierzchni próbki: A – powierzchnia próbki, B – umowny przekrój wiązki ultradźwiękowej w obszarze połączenia klejonego; 1, 2 ... 10 – miejsca wykonania badań

Fig. 2. Some areas of an experimental tests by ultrasonic echo method on the sample surface: A - sample surface, B - cross section of conventional ultrasound beam at the interface of glued bond, 1, 2 ... 10 - the places of performance tests

Mimo zaawansowanych technologii klejenia pewne problemy nie zostały jeszcze w pełni rozwiązane. Jednym z istotnych problemów związanych z wykonywaniem połączeń klejowych jest rozrzut ich jakości. Rozrzut ten rozumiany jest jako zróżnicowanie jakości połączeń klejowych w przypadku tej samej technologii wykonania złącza klejowego.

Zasadniczym celem prowadzonych badań była ocena możliwości zastosowania nieniszczącej metody ultradźwiękowej do oceny rozrzutu jakości połączeń klejowych.

2. Metodyka badań

Do osiągnięcia postawionego celu zaplanowano i przeprowadzono eksperyment. W badaniach stosowano metodę ultradźwiękową, a jako miarę jakości połączenia przyjęto

wysokości impulsów ultradźwiękowej fali podłużnej z obszaru połączenia oraz z dna próbki. Próbkę stanowiły dwa sklezione krążki wykonane ze stali 45 o grubościach 20 i 30 mm i średnicy 50 mm, sklezione klejem Loctite 496. Na powierzchni czołowej sklezionej próbki wyznaczono 10 punktów, w których dokonywano pomiarów. Badania wykonywano w obszarach próbek pozwalających skontrolować w obrębie jednego połączenia klejonego zróżnicowanie w wartościach parametrów uzyskiwanych impulsów podłużnej fali ultradźwiękowej.

Obszary, w których dokonywano badań, zostały tak wyznaczone, aby w trakcie prowadzenia badań, umowne wiązki fal ultradźwiękowych nie nakładały się na siebie. Przyjęto wartość współczynnika spadku wartości amplitudy k wynoszącą 0,87. Analitycznie wyznaczona wartość średnicy wiązki ultradźwiękowej dla wykorzystywanej w badaniach głowicy DS12HB1-6 oraz badanego materiału – stali 45, w odległości 30 mm od czoła głowicy wynosiła 11,9 mm. Umowne średnice wiązki ultradźwiękowej, wraz z oznaczeniem punktów i kolejności badań, zostały przedstawione na rys. 2.

Badania ultradźwiękowe prowadzono z wykorzystaniem głowicy DS12HB1-6 firmy Karl Deusch. Badania zostały przeprowadzone zarówno w dziedzinie czasu, jak i w dziedzinie częstotliwości.

3. Wyniki badań i ich analiza

Zgodnie z przyjętymi założeniami przygotowano próbki klejowe. Połączenia zostały wykonane zgodnie z technologią zalecaną przez producenta kleju. W dalszej części eksperymentu przeprowadzono badania ultradźwiękowe.

Otrzymane wyniki zostały przedstawione w tab. 1. Zestawiono średnie wartości amplitud trzech pierwszych impulsów pochodzących z obszaru połączenia (impuls I), dna próbki (impuls II) oraz podwójnego odbicia od spoiny klejowej (impuls III). Wartości amplitud poszczególnych impulsów ultradźwiękowej fali podłużnej wyrażono w ułamkowej części wysokości ekranu aparatu ultradźwiękowego.

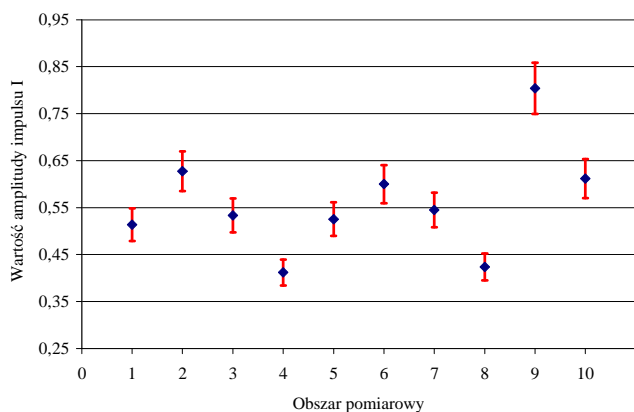
Tab. 1. Zestawienie wartości amplitud impulsów ultradźwiękowej fali podłużnej, uzyskanych podczas wykonywania badań w różnych obszarach jednej próbki klejonej
Table 1. Statement of amplitudes of ultrasonic longitudinal wave pulses, obtained during the tests in different areas of the glued sample

Miejsce wykonania pomiaru	Normowane wartości kolejnych impulsów fali ultradźwiękowej		
	I	II	III
1	0,51	0,13	0,11
2	0,63	0,16	0,14
3	0,53	0,15	0,12
4	0,41	0,16	0,10
5	0,53	0,16	0,12
6	0,60	0,21	0,12
7	0,55	0,16	0,13
8	0,42	0,13	0,13
9	0,80	0,24	0,15
10	0,61	0,12	0,17

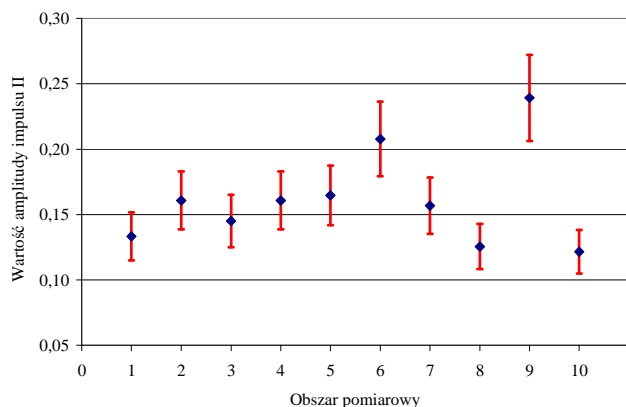
1, 2 ... 10 – obszary wykonania pomiarów (oznaczenie zgodnie z rys. 2), I – wartość impulsu ultradźwiękowej fali pochodzącego, z obszaru spoiny klejowej, II – wartość impulsu ultradźwiękowej fali pochodzącego z dna próbki, III – wartość drugiego impulsu ultradźwiękowej fali z obszaru spoiny klejowej

Wyniki, uzyskane w trakcie przeprowadzonych badań ultradźwiękowych, przedstawiono graficznie na rys. 3–5. Uwzględniono na nich błąd pomiarowy, wynoszący 7% dla pierwszego impulsu, 14% dla drugiego impulsu i 9% dla trzeciego impulsu. Na rys. 3 przedstawiono zróżnicowanie wartości impulsu z obszaru połączenia, a na rys. 4 rozrzut wartości amplitudy impulsu ultradźwiękowego odbitego od dna badanej próbki. Na rys. 5 przedstawiono rozrzut wartości amplitud drugiego impulsu fali ultradźwiękowej z obszaru połączenia.

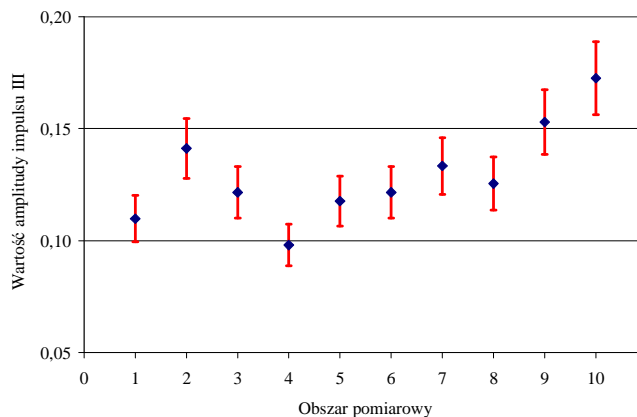
Uzyskane w trakcie badań ultradźwiękowych wyniki pokazały, że mimo tego samego sposobu przygotowania powierzchni klejonej, uzyskiwane na ekranie defektoskopu impulsy fali ultradźwiękowej z różnych jej obszarów istotnie różniły się od siebie. Stwierdzone różnice są szczególnie wyraźne w przypadku pierwszego impulsu z obszaru połączenia oraz impulsu z dna połączenia. Maksymalna różnica między najwyższym a najniższym impulsem fali ultradźwiękowej, w przypadku pierwszego impulsu z obszaru połączenia klejonego, wyniosła 95%, natomiast taka sama różnica wysokości impulsów z dna badanej próbki – 97%. Różnice te zostały wyznaczone w odniesieniu do minimalnych wartości impulsów. Rozrzut wytrzymałości połączeń klejonych nie tłumaczy w pełni tak dużego zróżnicowania wartości impulsów ultradźwiękowej fali.



Rys. 3. Rozrzut wartości amplitud pierwszego impulsu ultradźwiękowego z obszaru połączenia
Fig. 3. Scattering of amplitudes of the first ultrasonic pulse from the adhesive area



Rys. 4. Rozrzut wartości amplitud pierwszego impulsu ultradźwiękowego z dna badanej próbki
Fig. 4. Scattering of amplitudes of the first ultrasonic pulse from the bottom of the sample



Rys. 5. Rozrzut wartości amplitud drugiego impulsu ultradźwiękowego z obszaru połączenia
Fig. 5. Scattering of amplitudes of the second ultrasonic pulse from the adhesive area

4. Podsumowanie

Na podstawie zestawienia uzyskanych wysokości pierwszego impulsu z obszaru połączenia można stwierdzić, że tylko jeden obszar cechuje się najmniejszą wytrzymałością mechaniczną (obszar pomiarowy oznaczony jako 9 na rys. 2). Analizując wartości impulsów fali ultradźwiękowej z dna badanej próbki zauważa się, że ten sam obszar cechuje się najwyższą wytrzymałością mechaniczną połączenia – najwyższy impuls z dna próbki.

Różnice wysokości impulsów z poszczególnych obszarów połączenia (rys. 2) mogą świadczyć nie tylko o rozrzucie jakości połączeń klejonych, ale również o zachodzących w połączeniu klejonym zjawiskach, które nie zostały jeszcze dotąd w pełni rozpoznane, np. konsolidacji lub degradacji. Metoda ultradźwiękowa może pozwolić na lepsze poznanie zjawisk zachodzących w obszarze połączenia klejowego, niewidocznych dla ludzkiego oka, ale mających wpływ na wytrzymałość połączeń.

5. Literatura

- [1] Godzimirski J.: Wytrzymałość doraźna konstrukcyjnych połączeń klejowych, Warszawa: WNT, 2002.
- [2] Tokarz K. red.: Mechanik pojazdów samochodowych. Techniczne podstawy zawodu, część I. Wrocław: Vogel Publishing 1997.
- [3] Adams R. D.: Adhesive bonding science, technology and application. Woodhead Publishing Limited, 2005.
- [4] Majda P., Wybrane problemy analizy połączeń klejonych komponentów stalowych. Przegląd Spawalnictwa, 2007, nr 7, s. 38–43.
- [5] Driscoll B., Campagna J. (tłum. Jachimowicz M.): Kleje konstrukcyjne do zastosowań przemysłowych. Przegląd Mechaniczny, 2003, nr 12, s. 37–38.
- [6] Jazdon A.: Naprawiamy i zabezpieczamy gwinty. Rolniczy Przegląd Techniczny, 2004, nr 7/8, s. 46–48.
- [7] Jazdon A.: Płynne łączenie. Rolniczy Przegląd Techniczny, 2004, nr 4, s. 40–42.
- [8] <http://www.volkswagen-poznan.pl/?nodeid=18> – data otwarcia 2 czerwiec 2007.
- [9] Kuźmich K.: Analiza zastosowania nowoczesnych połączeń nierozłącznych w budowie pojazdów samochodowych. Niepublikowana praca dyplomowa, zdeponowana w bibliotece Instytutu Maszyn Roboczych i Pojazdów Samochodowych Politechniki Poznańskiej, 2006.