ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1987

Seria: TRANSPORT z. 7 Nr kol. 914

Małgorzata SOROCHTEJ
Adam TUŁECKI

STUDIUM ANALITYCZNE MONTAŻU KOŁA Z OSIĄ W ZESTAWACH KOŁOWYCH

Streszczenie. Stosowane w montażu zestawów kołowych połączenia winny charakteryzować się wysoką wytrzymałością statyczną i zmęczeniową, odpornością na zużycie typu fretting oraz możliwością wielokrotnego montażu. Powinny również umożliwiać mechanizację i automatyzację procesu montażu. Powyższe warunki spełniają połączenia wciskowe oraz w pewnym zakresie połączenia klejowe.

W pracy scharakteryzowano kryteria doboru połączeń oraz dokonano analizy stosowanych metod montażu w wytwórniach krajowych i zagranicznych. Z grupy połączeń wciskowych zastosowanie znalazły połączenia wtłaczane, skurczowe i rozprężne oraz kombinowane. Wskazano również na korzystną jakość połączeń skurczowych i ich szerokie zastosowanie w wytwórniach zagranicznych.

1. WSTĘP

W technologii montażu zestawów kołowych powszechne zastosowanie znalazły połączenia wciskowe o oddziaływaniu ciernym między łączonymi elementami. Zadecydowała o tym głównie prostota wykonania wymienionych połączeń, ich stosunkowo wysoka odporność na działanie obciążeń dynamicznych oraz niezawodność - istotna szczególnie ze względu na bezpieczeństwo jazdy.

Dla uzyskania połączenia wciskowego osi z kołem jezdnym stosuje się metodę montażu poprzez wtłaczanie. Metody tej nie można jednak uznać za rozwiązanie optymalne. W szczególności spełnienie warunku wysokiej trwałości i wytrzymałości połączeń wciskowych w zestawach kołowych wymaga prowadzenia prac nad zastosowaniem określonych zabiegów technologicznych oraz nowych metod montażu. Należy do nich zaliczyć przede wszystkim łączenie elementów zestawu poprzez nagrzewanie (połączenie skurczowe) względnie oziębianie (połączenie rozprężne) jednego z łączonych elementów. Istnieje również możliwość zastosowania w omawianym połączeniu metody klejenia.

2. KRYTERIA DOBORU POŁĄCZEŃ

W montażu kół jezdnych na osi zestawu kołowego przy doborze połączenia, trzeba zwrócić uwagę na:

- zapewnienie odpowiedniej wytrzymałości i trwałości połączenia,

- możliwość uzyskania kilkakrotnego połączenia (po uprzednim demontażu),
- możliwość zabezpieczenia przed zużyciem typu fretting,
- mechanizację i automatyzację procesu montażu,
- obniżenie pracochłonności i zwiększenie wydajności prac montażowych.

Zapewnienie wysokiej wytrzymałości połączeń jest podstawowym kryterium, jakim należy się kierować przy doborze połączeń w zestawach kołowych. Ze względu na bezpieczeństwo ruchu, od podzespołów tych wymaga się m.in. wysokiej wytrzymałości zmęczeniowej jego elementów. Istotnym czynnikiem wpływającym na wytrzymałość zmęczeniową zestawu są naprężenia montażowe powstałe w wyniku wciskowego osadzenia kół jezdnych na osi. Ze względu na znaczny wzrost obciążeń przenoszonych przez zestaw kołowy zachodzi konieczność uzyskania wzrostu wytrzymałości połączeń, co wiąże się z potrzebą stosowania określonych wartości wcisku. Prowadzi to jednak do powstania wysokich naprężeń w elementach łączonych. Wartości tych naprężeń niejednokrotnie przekraczają granicę sprężystości, wywołując odkształcenia plastyczne w warstwie wierzchniej elementów łączonych lub dekohezję materiału prowadzącą w granicznych przypadkach do powstania złomów zmęczeniowych.

Możliwość kilkakrotnego połączenia (po uprzednim demontażu) związana jest z potrzebą wymiany w trakcie eksploatacji uszkodzonej osi lub koła lub elementów układu napędowego w zestawach napędnych. Powstałe podczas sprasowywania koła z osią zarysowania względnie wyrwania, zlokalizowane na powierzchniach nośnych, często eliminują powtórny montaż lub znacznie powiększają koszty naprawy. Możliwość kilkakrotnego demontażu i powtórnego montażu można uzyskać poprzez wprowadzenie pokryć galwanicznych. Ponadto w efekcie naniesienia powłoki na jeden z elementów łączonych można osiągnąć znaczny wzrost wytrzymałości połączenia. Jak wynika z prowadzonych prac [1], podczas demontażu połączenia z pokryciem galwanicznym potrzebna jest siła sprasowania kilkakrotnie większa niż dla połączenia bez pokrycia. Ze względu na fakt, że pokrycia galwaniczne w połączeniach wciskowych uzyskiwanych na drodze wtłaczania często ulegają uszkodzeniom, konieczny staje się montaż poprzez nagrzewanie względnie oziębianie jednego z elementów.

Powłoki mogą stanowić również zabezpieczenie przed zużyciem typu fretting. Jest to termin używany dla opisania zużycia występującego na powierzchniach pasowanych, poddanych ruchom drgającym o małej amplitudzie.

Celowość mechanizacji i automatyzacji procesu montażu wydaje się oczywista. Bowiem w każdym przypadku końcowym rezultatem zastosowania stanowisk umożliwiających automatyzację poszczególnych operacji procesu montażu jest zwiększenie wydajności przy jednoczesnym obniżeniu pracochłonności. Powinno to w efekcie końcowym gwarantować także poprawę wskaźników ekonomicznych.

3. POŁĄCZENIA WCISKOWE

W zależności od metody montażu połączenia wciskowe dzielą się na: wtłaczane, skurczowe i rozprężne. Połączenia wtłaczane uzyskuje się poprzez wprasowanie kół jezdnych na oś zestawu kołowego. Przy połączeniach skurczowych koła nagrzewane są indukcyjnie lub w piecach gazowych do temp. 523-553 K (250-280°C) i nasadzane na czop spoczynkowy osi. Otrzymane po ostygnięciu połączenie zapewnia ok. 2-krotnie większą wytrzymałość niż przy zastosowaniu wtłaczania [2]. Istotą połączenia rozprężnego jest zmniejszenie wymiarów liniowych osi, poddanej działaniu niskich temperatur przez zanurzenie w ciekłym azocie. W wyniku zaistniałego skurczu czop spoczynkowy osi zostaje swobodnie osadzony w otworze piasty koła. Jak wynika z badań [3], wytrzymałość zmęczeniowa uzyskanego połączenia znacznie przekracza wytrzymałość połączenia wtłaczanego. Na podstawie prac doświadczalnych badaniom zestawów kołowych z połączeniami skurczowymi [4] można stwierdzić, że dla połączeń tych istnieje możliwość stosowania niższych wartości wcisku w zakresie 0,160-0,225 mm. Przy takiej samej wytrzymałości połączenia wartość wcisku dla tradycyjnych połączeń wtłaczanych zawarta jest w granicach 0,160-0,350 mm. Powstające w połączeniu skurczowym niższe naprężenia montażowe prowadzą do podwyższenia wytrzymałości zmęczeniowej łączonych elementów. Ponadto do istotnych zalet połączenia skurczowego koła z osią należy [5]:

- uniknięcie ciężkiego i kosztownego urządzenia do wtłaczania,
- wyeliminowanie przyczyn mechanicznego uszkodzenia powierzchni podpiaścia osi i piasty koła,
- wysoka trwałość i niezawodność połączenia,
- zmniejszenie braków w porównaniu z montażem metodą wtłaczania o 25-30%.

Ujemną stroną tej metody jest stosunkowo długi czas montażu zestawów, związany z nagrzewaniem i studzeniem kół jezdnych.

W procesie technologicznym połączenia rozprężnego można wyróżnić następujące etapy:

- przygotowanie elementów do montażu,
- oziębienie części wewnętrznej,
- montaż połączenia,
- odmrożenie połączenia.

Przygotowanie części do montażu polega na dokładnym usunięciu zanieczyszczeń i odtłuszczeniu powierzchni oraz wyborze odpowiedniego oprzyrządowania i czynnika chłodzącego, zapewniającego uzyskanie temperatur dochodzących do 73K (200°C). W przypadku szczególnie dużych wartości wcisku stosowana jest często metoda kombinowana, polegająca na chłodzeniu podpiaścia osi przy jednoczesnym ogrzaniu piasty koła w wodzie lub oleju do temperatury 323-423 K (50-150°C). Do oziębiania stosuje się zazwyczaj skroplone gazy: azot, tlen lub powietrze. Ze względu na wygodę najchętniej

stosowany jest azot, gdyż nie wymaga zachowania szczególnych środków ostrożności, jak to ma miejsce w przypadku ciekłego tlenu lub powietrza. Całkowity czas wytrzymania części w ciekłym azocie waha się w granicach kilku do kilkudziesięciu minut (dla podpiaścia osi 8-10 min.), zależnie od wymiarów elementu. Po oziębieniu elementy należy natychmiast zmontować, ponieważ szybkie wyrównywanie temperatury z otoczeniem powoduje zmniejszenie się skurczu. Ważna jest także kontrola i uzupełnianie ilości azotu tak, aby jego poziom w pojemniku był wyższy o 50-100 mm od poziomu zanurzonego elementu.

W Związku z Radzieckim [1] prowadzono badania połączenia rozprężnego koła z osią zarówno na modelach, jak i w zestawach kołowych naturalnej wielkości. Uwzględniono także pokrycia metalowe z cynku o grubości 0,015 mm oraz niklu o grubości 0,01 mm. Na podstawie badań modelowych ustalono, że wytrzymałość połączenia rozprężnego bez pokrycia jest około 2 razy większa, a przy zastosowaniu warstwy cynku 3 razy większa od tradycyjnego połączenia wtłaczanego. Na podstawie analizy wyników badań w zestawach kołowych stwierdzono, że wytrzymałość połączenia rozprężnego z pokryciem cynkowym wzrasta wskutek zwiększenia udziału nośnego powierzchni. Wyższa wytrzymałość połączenia jest konsekwencją istnienia zjawiska dyfuzji i tarcia kontaktowego między warstwą pokrycia a rodzimym materiałem elementu.

4. POŁĄCZENIA KLEJOWE

W celu wyeliminowania naprężeń montażowych w połączeniach wciskowych wiele ośrodków kolejowych przeprowadza próby i badania z klejonymi zestawami kołowymi [6-9]. Istotnym zagadnieniem staje się wtedy dobranie kształtu geometrycznego połączenia koła z osią oraz szczeliny na klej. Omawiane połączenie musi być tak ukształtowane, aby możliwe było całkowite wypełnienie klejem szczeliny między łączonymi elementami oraz zastosowanie docisku. Powyższe warunki można spełnić przez zastosowanie lekkiego wcisku lub przez zastosowanie stożkowego ukształtowania połączenia koła z osią.

Połączenia klejowe z zastosowaniem wcisku należą do grupy połączeń konstrukcyjno-technologicznych. Można je uważać za szczególny rodzaj połączeń wtłaczanych, o wartości wcisku 20-30% tego, który jest stosowany przy tradycyjnej metodzie montażu. Próby z takimi połączeniami prowadzi Centralny Instytut Badawczy w Monachium przy współpracy z Instytutem w Munden. W ramach prowadzonych eksperymentów wykonano cztery zestawy kołowe i obserwowano ich pracę w wagonie silnikowym. Do klejenia osi z piastą koła wytypowano klej o bardzo niskiej lepkości (około 10 cP) dla uzyskania cienkiej i równomiernej jego warstewki. Sklejony zestaw kołowy poddano próbie zmęczeniowej. Do sprasowania kół po zakończeniu próby konieczna była siła 2-3-krotnie wyższa od wymaganej przy rozłączeniu połączenia tradycyjnego, co było dowodem wysokiej wytrzymałości złącza.

Przy wykorzystaniu klejów o wysokiej lepkości, rzędu 300-600 oP, rozprowadza się je na powierzchnie łączone bezpośrednio przed wtłaczaniem koła na oś. W taki sposób przeprowadzono próby z zastosowaniem kleju firmy Loctite do montażu zestawów kołowych [10].

Do zalet połączeń klejowych z lekkim wciskiem można zaliczyć:

- prostotę i łatwość wykonania,
- dużą wytrzymałość złącza,
- brak konieczności stosowania specjalnego oprzyrządowania, służącego do ustalenia i utrzymania właściwego położenia sklejonych elementów podczas utwardzania kleju,
- niecelowość stosowania urządzeń dociskających do siebie elementy klejone podczas utwardzania kleju.

Wadą metody jest istnienie pewnych naprężeń montażowych w łączonych elementach.

Połączenia ze stożkowymi powierzchniami łączonymi zapewniają docisk klejonych elementów na całym obwodzie oraz całkowite zapełnienie klejem szczeliny między nimi. Jest to możliwe dzięki zmiennej objętości szczeliny na klej, zależnej od głębokości wsunięcia osi w otwór piasty koła. Nasuwając koło na oś w kierunku większej średnicy podpiaścia, dzięki zmniejszaniu się objętości szczeliny można osiągnąć jej całkowite wypełnienie klejem oraz właściwy docisk. Zaletami tej metody montażu są:

- możliwość stosowania klejów w postaci folii o jednakowej grubości,
- możliwość zwiększania docisku w czasie utwardzania kleju,
- minimalne naprężenia wewnętrzne.

Natomiast pewne niedoskonałości polegają na:

- mniejszej wytrzymałości złącza w porównaniu z połączeniem klejowym z zastosowaniem wcisku,
- konieczności stosowania przyrządów dociskających i ustalających wzajemne położenie klejonych elementów podczas utwardzania kleju,
- konieczności obróbki powierzchni stożkowych.

W warunkach krajowych Centralny Ośrodek Badań i Rozwoju Techniki Kolejnictwa w Warszawie prowadził badania klejonego zestawu kołowego [11] przy wykorzystaniu kleju epoksydowego ME-1 w postaci folii o grubości 0,2 mm i zachowaniu stożkowego kształtu czopa osi. Podczas analizy jakości połączenia oraz całego zestawu pojawił się trudny do rozwiązania problem utrzymania wymaganego rozstawu kół przy jednoczesnym zachowaniu koniecznego nacisku.

Jak wiadomo, omawiane połączenie musi posiadać odpowiednie luzy na założenie folii, która po podgrzaniu mięknie. Pod wpływem stosowanego docis-

ku luz zmniejsza się i jednocześnie ulega zmianie rozstaw kół. Poddając klejony zestaw kołowy próbie na wyprasowanie osi z piasty koła użyto siłę 3000 kN, po przekroczeniu której nastąpiło zniszczenie połączenia.

5. CHARAKTERYSTYKA MONTAŻU W WYTWÓRNIACH ZAGRANICZNYCH

W montażu osi z kołami jezdnymi w pierwszej kolejności zostały na szeroką skalę wprowadzone przez koleje szewdzkie i radzieckie połączenia skurczowe. Na stosowanie tych połączeń zezwalają przepisy UIC, które określają wartość stosowanych wcisków oraz maksymalną temperaturę nagrzania koła. Również norma brytyjska BS4473 Part 7 oraz jugosłowiańska JUS PF010 dopuszczają taką metodę montażu. Jako kryterium wytrzymałości połączenia wymienione normy podają minimalną siłę, która powoduje rozłączenie połączenia. Siła ta wynosi:

$$P = 6000\ D \quad [kN],$$

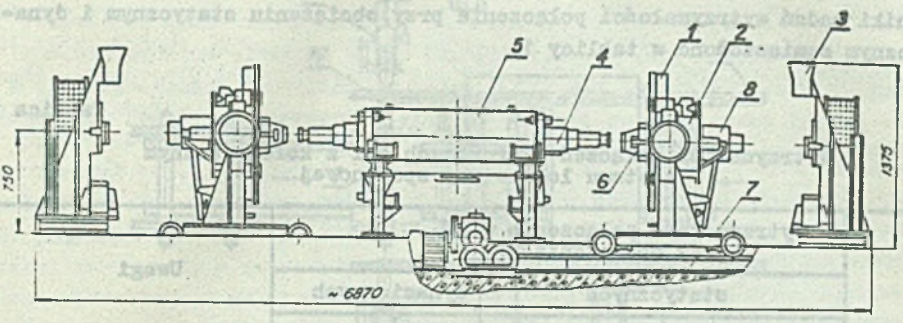
gdzie:

D - średnica czopu spoczynkowego osi w [m].

W Szwecji Huta Surahammar, należąca do firmy ASEA, od wielu lat stosuje połączenia skurczowe w wagonowych zestawach kołowych. Koła nagrzewane są w piecach elektrycznych lub gazowych do temp. 523-553 K (250-280°C) i w tym stanie nasadzane na czop spoczynkowy osi. Montaż może odbywać się przy poziomym lub pionowym usytuowaniu osi. Wartości stosowanych wcisków mieszczą się w zakresie $0{,}9\ \frac{D}{1000} \div 1{,}25\ \frac{D}{1000}$. Do demontażu połączeń skurczowych koleje szwedzkie stosują metodę olejową, w której olej dostarczany jest na powierzchnię złącza za pomocą pompy poprzez kanały wykonane w piaście koła lub osi. Rozłączanie połączenia odbywa się na prasie lub w pozycji pionowej pod wpływem własnego ciężaru koła. Jak wykazały przeprowadzone badania, dociążenie koła ciężarem 60 kN pozwala na rozłączenie każdego połączenia.

Związek Radziecki zastosował połączenia skurczowe do montażu zestawów kołowych lokomotyw spalinowych. Wynikało to z faktu, że zastosowanie połączeń wtłaczanych w pojazdach spalinowych o mocy 1500-2200 kW jest ograniczone, z uwagi na ciężar i wymiary połączenia. Istotną rolę odgrywa tu zwłaszcza niski udział nośny powierzchni połączenia (rzędu 30%).

W procesie montażu kół na osi piasty nagrzewane są za pomocą indukcyjnego urządzenia o mocy 30 kW, pracującego przy napięciu 380/220 V i prądzie o częstotliwości przemysłowej. Nagrzanie koła prowadzi do powiększenia średnicy otworu piasty o 0,5-0,6 mm, co pozwala na swobodne osadzenie koła na czopie spoczynkowym osi. Dla antykorozyjnego zabezpieczenia powierzchni nośnych połączenia zastosowano lakier WDU-3, nanoszony za po-



Rys. 1. Stanowisko do półautomatycznego montażu zestawów kołowych metodą skurczową

1 - koło jezdne, 2 - wózek transportowy, 3 - indukcyjne urządzenie grzewcze, 4 - oś, 5 - stanowisko bazowe, 6 - tuleja prowadząca, 7 - wypoziomowany tor, 8 - urządzenie spychające

Fig. 1. Stand for semi automatical assembling wheel sets by thermocompression bonding

1 - road wheel, 2 - transportation car, 3 - induction heating device, 4 - axle, 5 - basis stand, 6 - leading sleeve, 7 - leveled path, 8 - stripper

mocą pędzla. Dzięki wysokiej wytrzymałości połączenia zmniejszono wartość stosowanych wcisków o ok. 50%.

Na rysunku 1 przedstawiono konstrukcję półautomatycznego stanowiska do montażu połączeń skurczowych w zestawach kołowych [12]. Koła jezdne nagrzewane są w dwóch indukcyjnych urządzeniach grzewczych 3. Po nagrzaniu do temp. 523 K (250°C) zabierane są przez tuleję prowadzącą 6, która wraz z urządzeniem spychającym 8 znajduje się na wózku transportowym 2. Poprzez obrót o 180° koło jezdne znajduje się w pozycji montażowej. Wózek 2 porusza się po wypoziomowanym torze 7. Oś 4 umocowana jest na pryzmach ustalających stanowiska bazowego 5. Po dosunięciu wózków do osi i oparciu tulei prowadzącej 6 o przedpiaście koło jezdne za pomocą urządzenia spychającego przesuwane jest na czop spoczynkowy osi. Oba koła osadzane są równocześnie. W tym czasie, gdy następuje montaż, w urządzeniu grzewczym umieszczone są następne koła jezdne. Po osadzeniu kół wózki odjeżdżają od stanowiska bazowego, zmontowany zestaw jest odstawiany, a w jego miejsce umieszcza się następną oś. Montaż jednego zestawu kołowego wraz z zagrzaniem trwa 6 minut.

Połączenia skurczowe zastosowano również w zestawach kołowych lokomotyw spalinowych, przystosowanych do prędkości 140 km/h i nacisków osi na szynę 218 kN. Podyktowane to było m.in. koniecznością zapewnienia wysokiej wytrzymałości połączenia przy ograniczonej ze względów konstrukcyjnych długości piasty koła. W przeprowadzonych badaniach jako pokrycie powierz-

obni nośnych połączenia zastosowano elastomer GEN150W oraz olej roślinny. Wyniki badań wytrzymałości połączenia przy obciążeniu statycznym i dynamicznym zamieszczono w tablicy 1.

Tablica 1

Wytrzymałość połączeń skurczowych osi z kołem jezdnym zestawu lokomotywy spalinowej

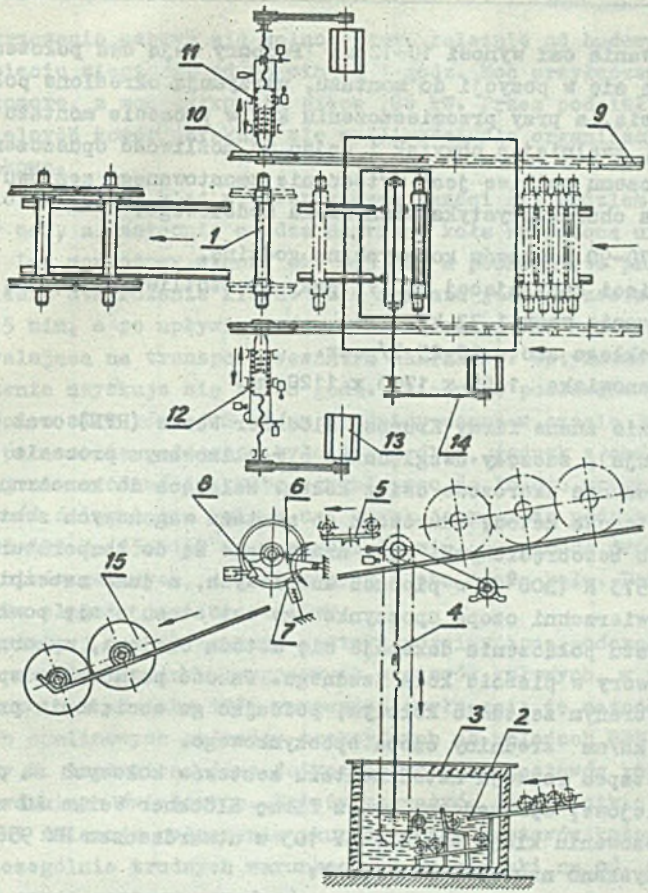
	Wytrzymałość połączenia w kN przy obciążeniach			Uwagi
	statycznych		dynamicznych	
	t=293-298 K	t=348-358 K	t=348-358 K	
1	1500	1000	1600	polimeryzacja w wyniku nagrzewania osi
2	1500	1000	1250	
3	1500	1000	1150	polimeryzacja przez podgrzewanie połącz.
4	1500	410	-	bez polimeryzacji
5	1500	1000	800	zastosowanie oleju roślinnego
6	1500	1000	420	
7	1500	1000	580	

W efekcie badań opracowano technologię montażu, w której jako zabezpieczenie antykorozyjne zastosowano elastomer podlegający polimeryzacji przez podgrzewanie osi. Powłoka z tworzywa nanoszona jest na czop spoczynkowy osi metodą natryskową, a następnie wygrzewana w piecu szybowym przy temp. 453 K przez okres 5 godz. Opisana technologia montażu znalazła zastosowanie dla zestawów kołowych o średnicy czopa 235 mm i długości piasty 175 mm.

Interesujące rozwiązanie konstrukcyjne, szczególnie w zakresie bazowania osi i osadzania koła jezdnego, posiada stanowisko przeznaczone do montażu metodą oziębiania osi [13].

Rozwiązanie konstrukcyjne stanowiska przedstawiono schematycznie na rys. 2. Przy ręcznym montażu możliwe jest montowanie jednego zestawu kołowego, a przy automatycznym zachowanie ciągłości procesu.

Przeznaczone do oziębienia w ciekłym azocie osie 1 podawane są do dozownika 2 umieszczonego w komorze oziębiania 3. W dozowniku oziębia się jednocześnie w ciekłym azocie 20 osi do temperatury 73 K (-200°C). Czas oziębiania pierwszej partii osi wynosi 7 min.



Rys. 2. Stanowisko do montażu zestawów kołowych metodą oziębiania osi

1 - oś, 2 - dozownik ciekłego azotu, 3 - komora oziębiająca, 4 - podnośnik osi, 5 - prowadzenie osi, 6 - chwytak bazujący, 7 - amortyzatory hydrauliczne, 8 - podpora, 9 - prowadnice kół jezdnych, 10 - koła jezdne, 11, 12 - mechanizmy centrujące, 13 - napęd mechanizmów, 14 - napęd podnośnika osi, 15 - zmontowany zestaw kołowy

Fig. 2. Stand for assembling wheel sets by cooling axle method

1 - axle, 2 - proportioner of liquid nitrogen, 3 - chamber for cooling, 4 - axles jack, 5 - axles leading, 6 - basing catcher, 7 - liquid spring, 8 - support, 9 - leading of wheels, 10 - road wheel, 11, 12 - centring mechanism, 13 - power drive, 14 - drive of jack, 15 - assembled wheel set

Przy włączeniu podnośnika 4 pobierana jest jedna oś, a następnie wyciągana jest z komory oziębiania i przekazywana na prowadnicę 5, po której oś przemieszcza się na chwytak 6. Usprężynowany chwytak opuszcza się dzięki amortyzatorom hydraulicznym 7 miękko opiera się na podpory 8, zabezpieczające utrzymanie określonego położenia w pozycji wyjściowej w momencie montażu.

Czas podawania osi wynosi 10-12 s. Podpory mają dwa położenia. Kiedy koła znajdują się w pozycji do montażu, utrzymują określone położenie chwytaka z osią, a przy przemieszczeniu kół w procesie montażu podpory odsuwają się, zwalniając chwytak i dając mu możliwość opuszczenia się w dół, dzięki czemu możliwe jest wytoczenie zmontowanego zestawu kołowego.

Techniczna charakterystyka stanowiska modelowego:

- wydajność 70-90 zestawów kołowych na godzinę,
- napięcie sieci zasilającej 380 V przy częstotliwości 50 Hz,
- zapotrzebowanie mocy 1,32 kW,
- zużycie ciekłego azotu 20-25 l/godz.,
- wymiary stanowiska 1450 x 1700 x 1120 mm.

Na zachodzie znane firmy Kruppa, Klöckner Werke (RFN) oraz Cloiset Laire (Francja), zaczęły uwzględniać w realizowanym procesie technologicznym połączenia skurczowe osi z kołem. Należąca do koncernu Kruppa huta w Bohum stosuje metodę skurczową do montażu wagonowych zestawów kołowych o kołach bezobręczowych. Koła nagrzewane są do temperatury nie przekraczającej 573 K (300°C) w piecach komorowych, a jako zabezpieczenie antykorozyjne powierzchni czopa spoczynkowego osi stosuje się powłokę molibdenową. Demontażu połączenia dokonuje się metodą olejową, wykorzystując do tego celu otwory w piaście koła jezdnego. Jakość połączenia sprawdza się na losowo wybranym zestawie kołowym, poddając go obciążeniu próbnemu wynoszącemu 6 kN/mm średnicy czopa spoczynkowego.

Dalszym etapem rozwoju metod montażu zestawów kołowych są połączenia skurczowo-klejowe, wprowadzone przez firmę Klöckner Werke AG z Osnabrück. Dzięki zastosowaniu kleju Araldit AY 103 z utwardzaczem HY 956 (prod. Ciba-Gaigy AG) uzyskano następujące efekty:

- ok. 4-krotne zmniejszenie wartości stosowanych wcisków (0,06-0,11 mm) w porównaniu z połączeniami wtłaczanymi,
- obniżenie naprężeń montażowych w elementach połączenia do 1/3 wartości naprężeń przy wtłaczaniu,
- zmniejszenie masy zestawu kołowego o ok. 80 kg w wyniku pocienienia piasty koła,
- ochrona dynamiczna nadwozia w wyniku zmniejszenia masy nieusprężynowanej,
- zwiększenie statycznej wytrzymałości połączenia (4-krotne),
- zabezpieczenie powierzchni nośnych połączenia przed zużyciem typu fretting oraz przed uszkodzeniami powstałymi podczas ściągania koła z osi.

Dla podgrzewania kół jezdnych firma opracowała konstrukcję 6-komorowego pieca grzewczego. Komory podgrzewane są elektrycznie; posiadają oddzielną regulację temperatury, pozwalającą na dowolne w czasie wkładanie i wyjmowanie kół bez wpływu na sąsiednie komory. Za pomocą cyrkulacji powietrza osiąga się równomierne podgrzanie całego koła do temp. 423 K (150°C).

Proces podgrzewania odbywa się wolno i trwa zależnie od budowy koła oraz wahań w napięciu sieciowym od 45 min do 1 godz. Moc przyłączeniowa wynosi 131 kW na komorę, a moc całkowita pieca 786 kW. Przez podział pieca na sześć oddzielnych komór uzyskuje się możliwości dla organizacji montażu metodą potokową.

Uprzednio zmieszany klej z utwardzaczem nanosi się pędzlem na czop spoczynkowy osi, a następnie osadza nagrzane koła za pomocą urządzenia dźwigowego. Luz montażowy wynosi ok. 0,3 mm, a pochłonięte przez koło ciepło przyspiesza utwardzanie kleju. Czas montażu jednego zestawu kołowego wynosi 10-15 min, a po upływie dwóch godzin osiąga się wytrzymałość połączenia pozwalającą na transport wewnątrz zakładowy. Optymalną wytrzymałość połączenia uzyskuje się po 48 godz., kiedy to poddawane jest próbie wytrzymałości o sile równej 8 kN/mm średnicy czopa w czasie 30 s. Początkowo każde połączenie poddawane było tej próbie, jednak z chwilą stwierdzenia dużej niezawodności, próbę ograniczono do losowo wybranych zestawów. Możliwość ściągnięcia koła z osi uzyskujemy przez podgrzanie piasty do temp. 423-433 K (150-160°C) w czasie 12 min. za pomocą dwóch pierścieniowych palników gazowych, umieszczonych z obu stron koła. Demontaż połączenia metodą olejową jest niemożliwy.

Zalety opisanej metody montażu zostały potwierdzone podczas wieloletnich badań eksploatacyjnych wagonowych zestawów kołowych, w następstwie czego postanowiono od roku 1976 wprowadzić wyłącznie tę metodę do zestawów kołowych spalinowych pojazdów trakcyjnych na kolejach RFN [14].

W tablicy 2 zestawiono dane dotyczące montażu zestawów kołowych w wybranych wytwórniach światowych. Należy zauważyć, że wszystkie z wymienionych wytwórni zalecają połączenia skurczowe dla zestawów kołowych pracujących w szczególnie trudnych warunkach (duże naciski na oś, duża moc przenoszona przez zestawy napędne).

6. ZAKOŃCZENIE

Przedmiotem niniejszej pracy było studium analityczne montażu zestawów kołowych, które wykazało znaczne korzyści wynikające ze stosowania połączeń skurczowych w porównaniu z tradycyjnymi połączeniami wtłaczanymi. Korzyści te to:

- dwukrotnie wyższa wytrzymałość statyczna,
- możliwość obniżenia wcisku o 30%,
- mniejsze naprężenia montażowe i wyższa wytrzymałość zmęczeniowa osi,
- możliwość zabezpieczenia przed zużyciem typu fretting,
- możliwość wielokrotnego montażu.

Tablica 2

Montaż połączeń skurczowych w wybranych wytwórniach zagranicznych

Lp.	Wytwórnia	Rodzaj zestawów kołowych	Nagrzewanie	Ochrona powierzchni nośnych	Demontaż połączenia	Uwagi
1	Surahammar (Szwecja)	wagonowe obręczowe i bezobręczowe	komorowe elektr. lub gazowe temp. 523-553 K	-	met. olejowa	
2	Krupp (RFN) Bohun	wagonowe bezobręczowe z pofalowaną tarczą	komorowe elektr. temp. 573 K	natrysk molibdenu	met. olejowa	stosow. również dla zest. koł. poj. trakcyjnych
3	Klöckner Werke (RFN)	wagonowe do spalinowych pojazdów trakcyjnych	komorowe elektr. temp. 553 K	molibden lub klej avaldit	met. olejowa ze wstępnym podgrzew.	
4	Leningrad Omsk (ZSRR)	do spalinowych pojazdów trakcyjnych	indukcyjne	tworzywo sztuczne WDU-3	podgrzewanie prasa hydrauliczna	dla wagonowych w trakcie wprow.
5	Taylor Bros (Anglia)	do wagonów i pojazdów trakcyjnych	komorowe lub indukcyjne	cynk lub molibden	met. olejowa	
6	Cloiset Loire (Francja)	do pojazdów trakcyjnych spalinowych i elektrycznych	indukcyjne	-	Met. olejowa	
7	Carnegy Illinois (USA)	wagonowe bezobręczowe i do pojazdów trakcyjnych	komorowe gazowe lub elektryczne	molibden	-	
8	Sumitomo (Japonia)	zestawy kołowe o dużych naciskach	indukcyjne	tworzywa sztuczne	podgrzew. i prasa	stosowane w niewielkim zakresie

Połączenia skurczowe wymagają wyższej jakości powierzchni oraz dokładności wykonania elementów połączenia. Podczas nagrzewania koła jezdnego powstałe naprężenia cieplne nie prowadzą do trwałych odkształceń i deformacji. Można podgrzewać zarówno koła bezobręczowe, jak i obręczowe z nasadzoną obręczą.

Na podstawie powyższych rozważań należy więc sądzić, że tendencje w zakresie montażu zestawów kołowych zmierzają w kierunku połączeń skurczowych i skurczowo - klejowych.

LITERATURA

[1] Bobrownikow G.A.: WDijanije galwanicziesklch pokriti na procznost prassowych posadok. Westnik Maszinostrojenija 1963, nr 12.

[2] Ługinin V.G.: Technołogija remontowa tiepłowozow. Transport, Moskwa 1971.

[3] Bobrownikow G.A.: Sowierszenstwowanije tiechnołogii formirowanija koliesnych par. Żeleznodorożnyj Transport, 1963 nr 4.

[4] Grecziszczew E.S.: Issledowanije procznosti posadki kolies tiepłowoznych koliesnych par. Wiestnik VNII 1975 nr 4.

[5] Praca zbiorowa: Badania połączeń skurczowych osi z kołem zestawów kołowych. Praca nie publikowana. Instytut Pojazdów Szynowych. PK. Kraków 1977.

[6] Hegenbarth F.: Der Radsatz heute und morgen. Classer Annalen, 1966 nr 9.

[7] Krawczyński F.: Perspektywy rozwoju konstrukcji wagonowych zestawów kołowych. Przegląd Kolejowy Mechaniczny, 1969 nr 11.

[8] - Triels with glued wheels. Railway Gazette, 1962 nr 2.

[9] - Klejenie zamiast kurczenia i pasowania przy produkcji zestawów kołowych. Eisenbahningenieuer, 1972 nr 11.

[10] - Loctite Serwice Bulletin, September 1974, nr 7.

[11] Trochimczuk J.: Klejenie zestawów kołowych. Badania prowadzone w COBiRTK, Warszawa 1970.

[12] Praca zbiorowa pod redakcją M.P. Nowikowa: Naucznyje osnowy avtomatizacji sborki maszin. Maszinostrojenije, Moskwa 1976.

[13] Razinkow A.I.: Ustrojstwo dla awtomaticzieskoj sborki niepodwiżnych sojedinienij. Mechanizacija i awtomatizacija proizwodstwa, No 11, 1977.

[14] Kurek G., Zborolski D.: Klabgeschrumpfte Radsitze - viele vorteile für die Eisenbahn jetzt und in Zukunft. ZEV - Glasser Annalen, 1977 nr 3.

Recenzent: Doc. dr inż. Roman BĄK

АНАЛИТИЧЕСКАЯ РАЗРАБОТКА ВОПРОСОВ МОНТАЖА КОЛЕСА С ОСЬЮ В КОЛЕСНЫХ ПАРАХ

Р е з ю м е

Использованные при монтаже колесных пар соединения должны характеризоватся высокой статической и усталостной прочностью стойкостью на износ типа фреттинг а также возможностью многократного использования. Должны также давать возможность механизирования и автоматизирования процесса монтажа. Всем этим требованиям удовлетворяют прессовые соединения и частично клеевые соединения. В работе описано условия выбора соединения и проанализировано используемые методы монтажа как польские так и зарубежные. Из прессовых соединении практическое использование нашли соединения напрессовкой, усадкой и комбинированные. Указано также на хорошее качество тепловой посадки и ее широкое применение за рубежем.

AN ANALITICAL STUDY OF ASSEMBLING WHEEL WITH AXLE IN WHEEL SETS

S u m m a r y

The joints used in assembiling of wheel sets must have a high static and fatige resistance as well as fastness for fretting wear and posibility to multiple assembling. They ought to provide fascilities for mechanisation and automatisation of coupling process. The conditions described upper have been performed by a force joints and in some range by a glue joints.

The paper contines characteristics of criterious for joints selecting and analysis of used methods of assembling in domestic and foreign factories. From group of force joints have been used force joints, thermocompression bonding, expansion joints and combine fastening.

There were shown a high quality of thermocompression bonding and a wilde range of application in foreign factories.