ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1987

Seria: TRANSPORT z. 7 Nr kol. 914

Emil CEGIELNY

WYBRANE ZAGADNIENIA MONTAŻU ZESTAWÓW KOŁOWYCH PRZY ZASTOSOWANIU POŁĄCZEŃ SKURCZOWYCH

Streszczenie. W pracy przedstawiono metody bazowania i orientacji elementów w procesie montażu, analizę montażu w układzie poziomym oraz koncepcję rozwiązania konstrukcyjnego urządzenia do montażu koła z osią przy zastosowaniu połączenia skurczowego. Na podstawie dokonanej analizy metod bazowania elementów w procesie automatycznego montażu zaproponowano poziomy montaż koła z osią, z bazowaniem koła na powierzchni otworu piasty koła za pomocą tulei cylindrycznej. Przy poziomym położeniu głównej osi montażowej największe siły występują w II etapie montażu, to jest podczas ślizgania się koła po powierzchni stożkowej czopa spoczynkowego osi. Zaproponowane urządzenie montażowe zapewnia przemieszczanie kół ze stanowiska grzewczego na stanowisko montażowe, ustalenie i orientację elementów w pozycji montażowej oraz automatyzację procesu montażu.

1. WPROWADZENIE

Cechą charakterystyczną połączeń skurczowych jest to, że wcisk uzyskiwany jest samoczynnie po wyrównaniu temperatury obydwu przyłączy, z których jedno przed montażem było nagrzewane do temperatury gwarantującej uzyskanie niezbędnego luzu do zmontowania zespołu. Połączenia skurczowe realizowane są więc bez użycia siły osiowej, jaka jest niezbędna przy montażu połączeń wtłaczanych.

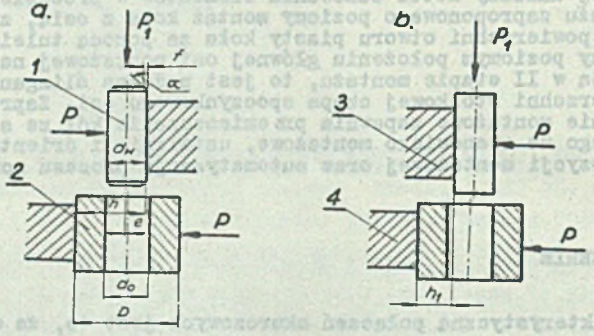
Wprowadzenie połączenia skurczowego do montażu koła z osią zestawu kołowego stwarza zatem możliwość osadzania kół na osi bez użycia dodatkowych narzędzi i urządzeń, jakie są niezbędne do realizacji połączenia wtłaczanego. Jednak w praktyce, z uwagi na ciężar łączonych elementów oraz ograniczony czas manipulacji nagrzanym kołem podczas jego przemieszczania ze stanowiska grzewczego na pozycję montażu, zachodzi konieczność stosowania urządzenia montażowego. Urządzenie to powinno równocześnie umożliwić pełną mechanizację lub automatyzację procesu montażu koła z osią. Główne mechanizmy urządzenia montażowego powinny zapewnić realizację następujących czynności [1]:

- przemieszczanie kół ze stanowiska grzewczego na stanowisko montażowe,
- ustalenie i orientowanie łączonych elementów w pozycji montażowej,
- połączenie elementów z żądaną dokładnością w przyjętym położeniu głównej osi montażowej.

Elementy zestawu kołowego, w procesie automatycznego lub zmechanizowanego montażu, powinny być więc ustawione w takim położeniu, aby przy dowolnych ich wymiarach mieszczących się w granicach tolerancji, mogły połączyć się swobodnie ze sobą. Wybór sposobu bazowania i wzajemnej orientacji elementów oraz analizę procesu montażu dla przyjętego położenia głównej osi montażowej należy zaliczyć do tych zadań, które muszą być rozwiązane przed przystąpieniem do projektowania urządzenia montażowego.

2. BAZOWANIE I ORIENTACJA ELEMENTÓW W PROCESIE MONTAŻU

Ustalenie i wzajemna orientacja elementów w pozycji montażowej może odbywać się na zasadzie sztywnych lub pływających baz [2, 3].



Rys. 1. Sztywne bazowanie wałka i tulei w procesie montażu
a) ustawienie powierzchni oporowych po przeciwległych stronach, b) ustawienie powierzchni oporowych po tej samej stronie
1 - wałek, 2 - tuleja, 3 - nieruchomy opór wałka, 4 - nieruchomy opór tulei

Fig. 1. A rigid basis for shaft and sleeve in assembling process
a) configuration of resistance surface at the oposite side, b) configuration of resistance surface at the same side
1 - shaft, 2 - sleeve, 3 - immovable resistance of shaft, 4 - immovable resistance of sleeve

Położenie wałka i tulei w pozycji montażowej, przy stosowaniu sztywnych baz, przedstawiono na rysunku 1. Powierzchniami bazowymi wałka i tulei są powierzchnie zewnętrzne przy czym obydwa elementy są dociskane odpowiednią siłą do odrębnych powierzchni oporowych. Powierzchnie oporowe mogą leżeć po przeciwległych stronach (rys. 1) lub po tej samej stronie. Połączenie tulei z wałkiem będzie możliwe przy odpowiednio dobranej wartości wymiaru ustawczego h i luzu Δh. Najmniejszy luz, przy którym będzie możliwe połączenie wałka z tuleją, wynosi:

$$\Delta h_{min} = d_{OM} - d_{WM} \geq \frac{\delta A}{2} + 2l, \qquad (1)$$

gdzie:

d_{OM} - minimalna średnica otworu,

d_{WM} - maksymalna średnica wałka,

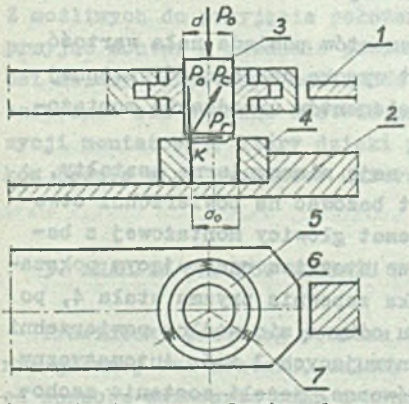
δA - tolerancja średnicy zewnętrznej tulei,

l - mimośrodowość osi otworu względem osi powierzchni zewnętrznej tulei.

Jeżeli dokładność wykonania kojarzonych elementów nie gwarantuje spełnienia warunku zapisanego w postaci zależności (1), to w przypadku zmechanizowanego i automatycznego montażu na powierzchni wałka powinno być wykonane sfazowanie. Wielkość sfazowania określona jest zależnością:

$$f = \frac{\delta A}{2} - \Delta h_{min} + 2l \, . \qquad (2)$$

Istotną rolę w procesie orientacji elementów odgrywa także kąt sfazowania α. Najkorzystniejsze warunki montażu występują przy kącie zukosowania $\alpha \approx 30^{\circ}$ [4].



Rys. 2. Schemat głowicy do montażu tulei z wałkiem metodą samoposzukiwania

1 - nieruchomy opór głowicy, 2 - nieruchomy opór tulei, 3 - wałek, 4 - tuleja, 5 - głowica pływająca, 6 - zasuwa, 7 - sprężyna

Fig. 2. Scheme of head for assembling sleeve, with shaft by the metod of self - serching

1 - immovable resistance of the head, 2 - immovable resistance of the sleeve, 3 - shaft, 4 - sleeve, 5 - swimming head, 6 - bolt, 7 - spring

Z analizy przytoczonych zależności wynika, że przy zastosowaniu sztywnych baz należy ściśle zachowywać wymiar ustawczy h oraz wysoką dokładność wykonania średnicy zewnętrznej tulei.

Zasada pływających baz, nazywana również zasadą samoposzukiwania lub samoorientowania, opiera się na założeniu swobodnego ruchu liniowego lub kątowego elementów, lub baz ustalających w pożądanym kierunku. W praktyce stosowane są trzy sposoby ustalania i wzajemnej orientacji elementów na bazach pływających. Polegają one na zachowaniu w urządzeniu montażowym ruchomego elementu bazowego, przyłącza lub równocześnie obydwu łączonych elementów. Schemat głowicy urządzenia montażowego z pływającą bazą elementu przyłącza (wałka) przedstawiono na rysunku 2 [2]. Tuleja 4 jest sztywno bazowana w oporze 2, natomiast wałek

w pływającej głowicy 5 zasuwy 6, wstępnie orientowanej w prowadnicy do oporu 1. Dzięki temu wałek ma możliwość przemieszczania się w przestrzeni, to jest samoustawiania się.
W wyniku działania siły P_o wałek 3 jest przemieszczany w kierunku tulei 4. W przypadku kiedy wałek napotka opór, będący skutkiem małej dokładności orientacji wstępnej, to ostatecznie jest on orientowany za pomocą fazki. W punkcie styku elementów (K) powstaje siła reakcji P_c, pod działaniem której wałek przesuwa się w niezbędne dla realizacji połączenia położenie. Pływająca głowica 5 znajduje się w równoważnym centralnym położeniu względem zasuwy 6 poprzez promieniowo rozmieszczone sprężyny 7. Połączenie wałka z tuleją będzie możliwe wówczas, jeżeli tuleja sztywno bazowana w oporze 2 znajdzie się w polu "szukania", to znaczy w polu przemieszczania się pływającej głowicy. Wielkość tego pola określana jest z zależności:

$$\Delta_o = \Sigma\Delta_c + \Sigma\Delta_u , \qquad (3),$$

gdzie:

Δ_c - dokładność orientacji części nieruchomej,

Δ_u - dokładność wykonania części nieruchomej.

Gdy luz między powierzchniami łączonych elementów posiada małą wartość, to dla realizacji połączenia niezbędna jest wysoka dokładność wstępnej orientacji oraz duża dokładność wykonania elementów urządzenia montażowego.

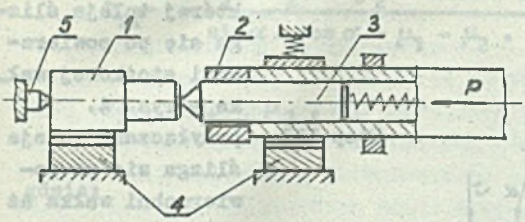
Tuleje, których powierzchnie zewnętrzne mają nieregularne kształty, są nieobrobione lub krótkie, dogodniej jest bazować na powierzchni otworu za pomocą trzpienia cylindrycznego. Schemat głowicy montażowej z bazowaniem tulei na cylindrycznym trzpieniu ze stożkiem centrującym pokazano na rysunku 3 [2]. Bazowanie wstępne wałka zapewnia pryzma stała 4, po czym jego dokładne ustawienie w osi montażu odbywa się według powierzchni stożkowych nakiełków za pomocą trzpieni centrujących 3 i 5. Automatyczny lub zmechanizowany montaż będzie możliwy wówczas, jeżeli zostanie zachowany warunek zapisany w postaci zależności:

$$\Sigma\Delta < \delta \qquad (4)$$

gdzie:

$\Sigma\Delta$ - sumaryczny błąd pozycjonowania łączonych elementów,

δ - względne dopuszczalne przesunięcie osi łączonych elementów na pozycji montażowej.



Rys. 3. Schemat bazowania tulei na powierzchni otworu za pomocą trzpienia cylindrycznego ze stożkiem centrującym

1 – wałek, 2 - tuleja, 3 - trzpień cylindryczny, 4 - pryzma stała, 5 - opór ze stożkiem centrującym

Fig. 3. Scheme of sleeve at the surface of hole with a cylindrical mandrel and centring cone

1 - shaft, 2 - sleeve, 3 - cylindrical mandrel, 4 - immovable prism, 5 - resistand with centring cone

Urządzenia montażowe z bazowaniem tulei na powierzchni otworu, za pomocą trzpienia cylindrycznego, umożliwiają łączenie elementów o dużym ciężarze i znacznych wymiarach gabarytowych przy dowolnym położeniu w przestrzeni głównej osi montażu.

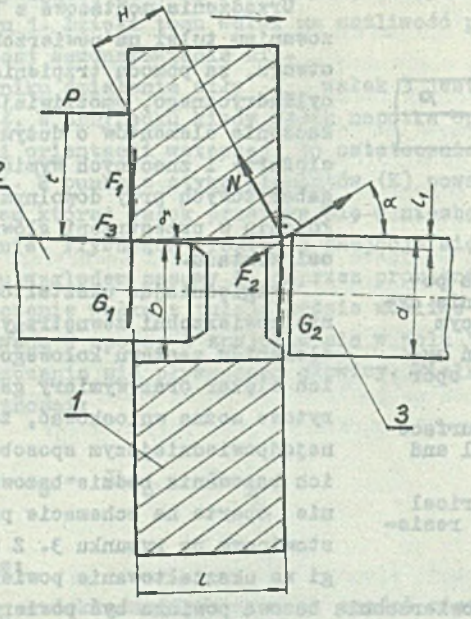
Uwzględniając ukształtowanie powierzchni zewnętrznych elementów zestawu kołowego, ich ciężar oraz wymiary gabarytowe można wnioskować, że najodpowiedniejszym sposobem ich bazowania będzie bazowanie oparte na schemacie przedstawionym na rysunku 3. Z uwagi na ukształtowanie powierzchni tocznej koła jezdnego jego powierzchnią bazową powinna być powierzchnia otworu, natomiast w przypadku osi powierzchnie czopów spoczynkowych. Z możliwych do przyjęcia położeń osi montażu do dalszych rozważań należy przyjąć montaż w układzie poziomym, przy czym w miejsce pryzmy stałej dla osi należy rozpatrzyć możliwość zastosowania pryzmy podatnej. Elastyczne bazowanie osi powinno ułatwić proces dokładnej orientacji elementów w pozycji montażowej, który dzięki powierzchniom stożkowym trzpieni i nakiełków będzie miał charakter ukierunkowanego poszukiwania.

3. ANALIZA PROCESU MONTAŻU W UKŁADZIE POZIOMYM

Prawidłowy przebieg procesu łączenia elementów, przy poziomym położeniu głównej osi montażu, zależy od wielu czynników, w tym między innymi od sposobu bazowania oraz dokładności wykonania i sztywności urządzenia montażowego. Istotny wpływ wywiera również prawidłowy dobór wielkości sił wymuszających przemieszczanie się jednego z elementów w poszczególnych etapach montażu.

Do analizy montażu koła z osią w układzie poziomym przyjęto model połączenia tuleja-wałek, przedstawiony na rysunku 4. Montaż takiego połączenia przebiega w trzech etapach:

Etap I – stanowi część procesu montażu, w którym przyłączana tuleja ślizga się po trzpieniu lub tulei centrującej do chwili jej zetknięcia się ze stożkową powierzchnią wałka.



Rys. 4. Położenie wałka i tulei w II etapie montażu

1 - tuleja, 2 - trzpień centrujący, 3 - wałek, P - siła spychająca

Fig. 4. Positions of the shafts and sleeve at II stage of assembling

1 - sleeve, 2 - centring mandrel, 3 - shaft, P - pushing force

Etap II - dotyczy chwili, w której tuleja ślizga się po powierzchni stożkowej wałka - rys. 4.

Etap III - przyłączana tuleja ślizga się po powierzchni wałka aż do momentu zajęcia wymaganego położenia.

W etapie II wyodrębnić można dodatkowo trzy fazy ruchu tulei, a mianowicie:

II′ - obrót tulei o określony kąt, w wyniku którego tuleja zetknie się z dolną krawędzią z powierzchnią fazki lub powierzchnią wałka,

II″ - powrotny obrót tulei wokół dolnego punktu styku z wałkiem, w wyniku którego tuleja "oderwie się" od powierzchni trzpienia lub tulei centrującej,

II‴ - ślizganie się tulei po powierzchni stożkowej wałka, do chwili wejścia wałka w otwór tulei.

Wartość sił w poszczególnych etapach i fazach montażu obliczyć można z następujących zależności [2,6]:

$$P_I = m_t \cdot \mu , \tag{5}$$

$$P_{II} = \frac{m_1 \cdot \mu \cdot \cos\alpha + m_2(\sin\alpha + \mu_2 \cdot \cos\alpha)}{\cos\alpha + \mu_2 \cdot \sin\alpha} , \tag{6}$$

$$P_{II''} = \frac{m_1(l \cdot \cos\gamma + b \cdot \sin\gamma)}{a + t - \varepsilon - l\mu_1 \cdot \cos\gamma - b \cdot \mu_2 \sin\alpha \cdot \cos(\alpha-\gamma)} + \frac{m_2\left[b \cdot \sin\gamma + (b - a \cdot \cos\gamma)\operatorname{cosec}\gamma + b\mu_2 \cdot \cos\alpha \cdot \cos(\alpha-\gamma)\right]}{a - t - \varepsilon - l\mu_1 \cdot \cos\gamma - b \cdot \mu_2 \cdot \sin\alpha \cdot \cos(\alpha-\gamma)} \tag{7}$$

$$P_{II''} = \frac{m_1 + m_2(1 + \mu_2 \cdot \sin\alpha \cdot \cos\alpha}{\sin\alpha \cdot \cos\alpha - \mu_1 - \mu_2 \cdot \sin^2\alpha}, \tag{8}$$

$$P_{III} = m_t \cdot \mu_3, \tag{9}$$

gdzie:

m_t - masa tulei,
m_1 - część masy tulei oddziałująca na trzpień centrujący,
m_2 - część masy tulei oddziałująca na czop wałka,
μ, μ_3 - współczynnik tarcia przy ślizganiu się tulei po trzpieniu centrującym i czopie wałka,
μ_1, μ_2 - współczynnik tarcia przy ślizganiu się tulei po powierzchni stożkowej wałka,
γ - kąt powrotu (obrotu) tulei,
ε - względny błąd orientacji elementów na pozycji montażowej,
α - kąt zukosowania wałka.

Wielkości t, l, a, b zaznaczono na rysunku 4.

Do obliczeń wstępnych wartości liczbowych sił w poszczególnych etapach montażu, w odniesieniu do montażu koła z osią zestawu kołowego, przyjęto:

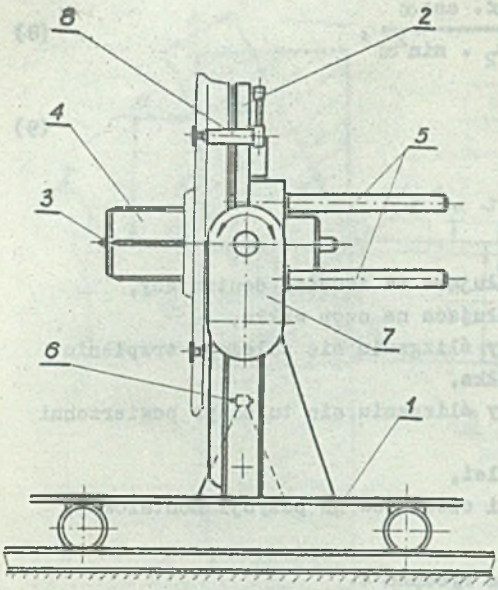
$m_t = 400$ kg, $\alpha = 1^\circ 03'$,
$m_1 = m_2 = 200$ kg, $\gamma = 0^\circ 33'$,
$\mu = 0{,}1$, $a = 200$ mm,
$\mu_1 = \mu_2 = 0{,}2$, $b = 199{,}6$ mm,
$\mu_3 = 0{,}15$, $l = 185$ mm,
$\varepsilon = 2{,}2$ mm,

Obliczenia przeprowadzono dla nominalnej średnicy podpiaścia osi 200 mm i średnicy zewnętrznej koła 1000 mm. Rozpatrzono przy tym dwie wersje rozmieszczenia siłowników spychających koło w procesie montażu. Założono, że w wersji pierwszej siłownik będzie oddziaływał na powierzchnię czołową piasty koła ($t_1 = 50$ mm), natomiast w drugiej na powierzchnię zewnętrzną wieńca koła ($t_2 = 340$ mm).

Wartości sił w poszczególnych etapach montażu, obliczone według zależności (5÷9), wynoszą odpowiednio:

$P_I = 0{,}040$ kN, $P_{II_1} = 0{,}180$ kN, $P_{III} = 0{,}060$ kN.

Z przytoczonych danych liczbowych wynika, że największa siła spychająca koło wymagana jest w drugim etapie montażu przy oddziaływaniu siłownika na powierzchnię czołową piasty koła. Wymaganą wielkość siły uzyskać można za



Rys. 5. Urządzenie montażowe z bazowaniem koła na powierzchni otworu piasty

1 - wózek, 2 - obrotnica, 3 - trzpień centrujący, 4 - tuleja cylindryczna, 5 - siłowniki spychające koło, 6 - wyłącznik obrotnicy, 7 - układ napędowy obrotnicy, 8 - szczęki mocujące koło

Fig. 5. Assembling device with basing wheel at the surface of the hube hole

1 - car, 2 - turn table, 3 - centring mandrel, 4 - cylindrical sleeve, 5 - servo for pushing the wheel, 6 - cut out turn table, 7 - power transmition system of turn-table, 8 - jaws for fastening the wheel

pomocą jednego siłownika. Dla przeciwdziałania zakleszczaniu się koła na podpiaściu osi proponuje się jednak zastosowanie dwu lub trzech siłowników, rozmieszczonych symetrycznie na obwodzie piasty koła.

4. KONCEPCJA URZĄDZENIA MONTAŻOWEGO Z BAZOWANIEM KOŁA NA POWIERZCHNI OTWORU

Opierając się na wynikach analizy, dokonanej w punktach 2 i 3 pracy, opracowano koncepcję rozwiązania konstrukcyjnego urządzenia montażowego z bazowaniem koła na powierzchni otworu, za pomocą tulei cylindrycznej. Podstawowymi elementami składowymi urządzenia (rys. 5) są: wózek 1, obrotnica 2, trzpień centrujący 3, tuleja cylindryczna 4 oraz trzy siłowniki 5 służące do spychania koła na czop spoczynkowy osi. Mocowanie koła na wózku odbywa się za pomocą czterech szczęk mechanicznych 8, które są dociskane do koła poprzez układ dźwigniowy dwoma siłownikami pneumatycznymi. Nagrzane koło jest obracane w czasie transportu na pozycję montażową o 180° za pomocą obrotnicy 2, wyposażonej w indywidualny układ napędowy 7. Powrót obrotnicy do pozycji wyjściowej odbywa się w czasie jazdy powrotnej wózka do stanowiska grzewczego kół. Istotną rolę w urządzeniu odgrywa trzpień centrujący 3. Służy on do dokładnego orientowania osi względem piasty koła poprzez nachodzenie jego stożkowej części w nakiełek osi. Urządzenie to wymaga zastosowania do bazowania osi pryzm podatnych. Ustawiona w takich pryzmach oś może w niewielkich zakresach zmieniać swoje położenie względem układu xyz, a tym samym ma możliwość centrycznego ustawienia się względem otworu piasty koła.

5. PODSUMOWANIE

Dokonany przegląd sposobów bazowania i orientacji elementów w procesie automatycznego montażu wykazał, że istotny wpływ na wybór sposobu bazowania i położenia głównej osi montażu wywiera ciężar elementów, wymiary gabarytowe, ukształtowanie powierzchni wewnętrznych i zewnętrznych oraz dokładność ich wykonania. W odniesieniu do montażu koła z osią z zastosowaniem połączenia skurczowego można stwierdzić, że najkorzystniejszym wariantem powinien być montaż w pozycji poziomej. Za powierzchnię bazową koła najdogodniej jest przyjąć powierzchnię otworu, natomiast dla osi powierzchnie czopów spoczynkowych.

Dla przyjętego położenia osi głównej montażu oraz sposobu bazowania koła i osi o doborze siłownika, niezbędnego do przemieszczenia koła z tulei cylindrycznej na czop spoczynkowy osi, decydują siły występujące w II etapie montażu, to jest podczas ślizgania się koła po powierzchni stożkowej czopa spoczynkowego osi.

Przedstawiona koncepcja rozwiązania konstrukcyjnego urządzenia montażowego, do montażu koła z osią metodą skurczową, powinna zapewnić pełną automatyzację i mechanizację procesu montażu.

LITERATURA

[1] Praca zbiorowa: Montaż wagonowych zestawów kołowych przy zastosowaniu połączeń skurczowych. Praca nie publikowana, wykonana na zlecenie Huty 1 Maja w Gliwicach, IPSz PK, Kraków 1985.

[2] Praca zbiorowa pod redakcją M.P. Nowikowa: Naucznyje osnowy awtomatizacji sborki maszin. Izd. Maszinostrojenije, Moskwa 1976.

[3] Puff T., Sołtys W.: Podstawy technologii montażu maszyn i urządzeń. WNT, Warszawa 1980.

[4] Wieszczek S.: Wpływ wybranych czynników technologicznych na własność użytkową połączenia łożysko toczne-wał. Praca doktorska, Politechnika Krakowska, Kraków 1977.

[5] Bałakszyn O.B.: Osnowy technologii maszinostrojenija. Izd. Maszinostrojenije, Moskwa 1969.

[6] Korsakov B.C.: Oborudowanije dla awtomatizacji technologiczeskich processow sborki. Wiestnik Maszinostrojenija, nr 4 1962.

Recenzent: Doc. dr inż. Roman BĄK

ИЗБРАННЫЕ ПРОБЛЕМЫ МОНТАЖА КОЛЕСНЫХ ПАР С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕПЛОВОЙ ПОСАДКИ

Р е з ю м е

В работе представляется метод базирования и ориентации элементов в процессе монтажа, анализ монтажа в горизонтальной системе и концепцию конструкционного решения устройства для монтажа колеса с осью, применяя соединение усадкой. На основании проведенного анализа методов базирования элементов в процессе автоматического монтажа предлагается горизонтальный монтаж колеса с осью с базированием колеса на поверхности отверстия ступицы колеса, с помощью цилиндрической втулки. При горизонтальном положении главной монтажной оси, самые главные силы выступают во 2 этапе монтажа, значит во время скольжения колеса по конусной поверхности покоящейся цапфы оси. Предлагаемое монтажное устройство обеспечивает перемещение колес из нагревавшейся установки на контактную, установление и ориентацию элементов в монтажном положении и автоматизацию процесса монтажа.

SOME PROBLEMS OF ASSEMBLING OF WHEEL SETS WITH APPLYING A THERMOCOMPRESSION BONDING

S u m m a r y

The paper deals with a method of basing and orientation elements in the assembly process in plane configuration and a project of asembling device for wheel and axle with apply thermocompression bonding. As a result of analysis the methods of basing elements during automatical assambling there were proposed plane coupling wheel acle, and the basis of wheel was at the surface of the hole of hub with use of cylindrical sleeve.

If a main assembling axe is horizontal the biggest forces apper in II stage of assembling, it means when the wheel is sliding at conic surface of a rest pivot of the axle. The assembling device proposed here, provide moving wheels from the heating stand to assembling, steaging and orienting elements in an assemble position and automatization of fitting.