

# AUTOMATYZACJA MONTAŻU CZĘŚCI POŁĄCZEŃ GWINTOWYCH

Jurij CHASZCZYN

W budowie maszyn, szczególnie przy budowie samochodów, rozpowszechnione są różnorodne połączenia gwintowe.

Elementami połączeń gwintowych są: śruba, nakrętka, śruba dwustronna, rdzeń gwintowy jedno lub dwustronny, część z otworem na śrubę, kadłub albo płyta z otworem na śrubę.

Montaż połączenia gwintowego odbywa się przez przemieszczanie jednej części lub obu ruchem postępowym (ruch posuwu) i ruchem obrotowym. Montaż może dotyczyć tylko dwóch części lub grupy części.

W zależności od konstrukcji węzła montażowego lub wyrobu montaż części gwintowych może być realizowany z różnych stron i pod różnymi kątami [1,2]. W szczególności – po linii pionowej (z góry, od dołu, lub z góry i od dołu jednocześnie), po linii poziomej (z prawej strony, z lewej strony, z przodu lub z tyłu), oraz jednocześnie z dwóch tych stron lub pod różnymi kątami do pionowej linii lub poziomej.

W celu automatycznego montażu gwintowych i nie gwintowych części koniecznym jest aby części spełniały wymagania technologiczności konstrukcji z punktu widzenia możliwości i celowości realizacji operacji montażu automatycznego a zwłaszcza możliwości automatycznego transportowania, automatycznej orientacji przestrzennej i wzajemnej, ustalania według otworu i płaszczyzny przed montażem oraz ustalania do automatycznej kontroli.

Przybliżone ustalenie technologiczności może być określone z wyrażenia [3]:

$$T = \frac{1}{\beta_1 \sum_{i=2}^n \beta_i \varphi_{i-1}}$$

gdzie:  $\beta_1, \beta_i$  – współczynniki stopienia złożoności podstawowej części i odpowiednio kolejnych części;

$\varphi$  - współczynnik montowalności części;

$n$  - ilość części w montowanym zespole.

Współczynnik  $\beta$ , ( $\beta_1$  lub  $\beta_i$ ) dla każdej części (albo węzła) może być określony jako:

$$\beta = \alpha \delta \gamma,$$

gdzie:  $\alpha$ -współczynnik przydatności kształtu do automatycznego podawania i transportowania;

$\delta$  - współczynnik przydatności kształtu części do ustalania na pozycjach montażowych,

$\gamma$  - współczynnik przydatności kształtu części do łączenia.

Wyroby z gwintowymi połączeniami mogą składać się z różnej ilości części – od dwóch do kilkudziesięciu, przy czym złączone części mogą tworzyć różne konstrukcje. W momencie montażu gwintowe części mogą spełniać aktywną rolę – podczas montażu wykonują ruch technologiczny albo bierną – w ciągu całego technologicznego procesu pozostają nieruchome. Do tych ostatnich odnoszą się części o dużych gabarytach, masywne bloki, płyty i inne.

Popularnym i prostym pod względem możliwości automatycznego montażu są gwintowe połączenia z dwóch albo trzech części (nie więcej jak 6 części) – śruba, nakrętka i podkładka lub węzły, w których śruba i nakrętka (albo śruba dwustronna i nakrętka) łączą dwie części (na przykład pokrywa z korpusem).

W wielu przypadkach gwintowe połączenia wymagają specjalnego podejścia do zagadnienia automatyzacji. Niezawodność i efektywność procesu skręcania zależy od jakości części składowych wyrobów, jakości gwintowych elementów, technologiczności tych części oraz możliwości powstania w procesie skręcania przekoszenia jednej części względem drugiej doprowadzając do ich zaklinowywania. Aby wyłączyć wpływ tych czynników na efektywność procesu skręcania części można wykorzystać ciernobezwładnościową metodę montażu gwintowych połączeń [2], w których jedna z części (nakrętka, śruba albo śruba dwustronna) wykonują obrotowy ruch od ciernego sprężystego koła pod działaniem sił tarcia. Taki sposób wyklucza sztywne połączenie części z przyrządem, polepsza jej samonastawialności, samoorientowanie względem części, na którą jest ona zakręcana. W metodzie tej zmieniają się warunki przy których części wprowadza się do zetknięcia w procesie montażu a siły oddziaływania gwintowych elementów w każdym momencie czasu skręcania polepszają warunki skręcania, tj. części samoorientują się (samonastawiają się).

Schemat obliczeniowy skręcania gwintowej pary uwzględnia odkształcenia sprężyste (od działania składowych sił ciernego sprężystego koła) śruby przemieszczającej się między dwoma ograniczającymi płaszczyznami – zwojami gwintowymi nakrętki. Odpowiednio [4,5] warunek istnienia periodycznych stanów ruchu śruby wzdłuż linii pionowej przyjmuje postać:

$$0 < \sigma < Q \sqrt{1 + b^2}, \Delta V_0 \geq 0,$$

$$\text{gdzie } \sigma = \frac{sk}{P}; \quad Q = \frac{\xi^2}{|1 - \xi^2|};$$

$$b = -\frac{1 - R \operatorname{tg} \psi}{1 - R \xi}; \quad \xi = \frac{\omega_0}{\omega}$$

s – połowa odległości między zwojami gwintu;  
k – twardość ciernego sprężystego koła w kierunku pionowym;

P – amplitudowa wartość siły przyłożonej do śruby wzdłuż jej osi;

$\Delta V_0$  – zmiana szybkości obrotowej śruby;

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad - \text{częstotliwość drgań własnych śruby}$$

wzdłuż osi;

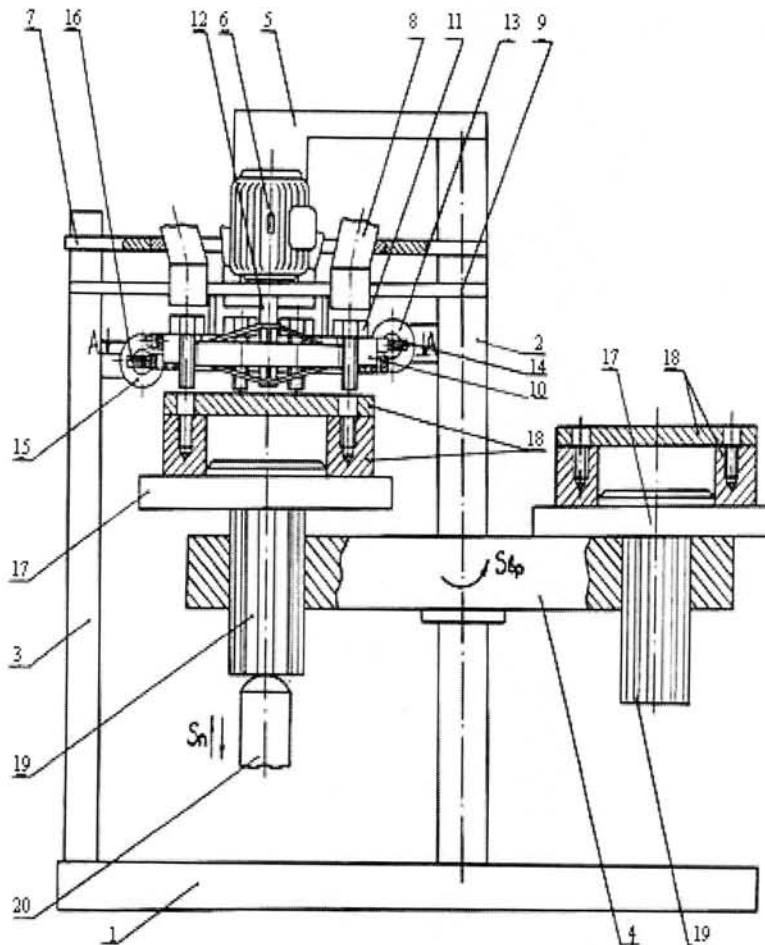
$\omega$  – częstotliwość zmian siły wymuszającej;

m – masa śruby;

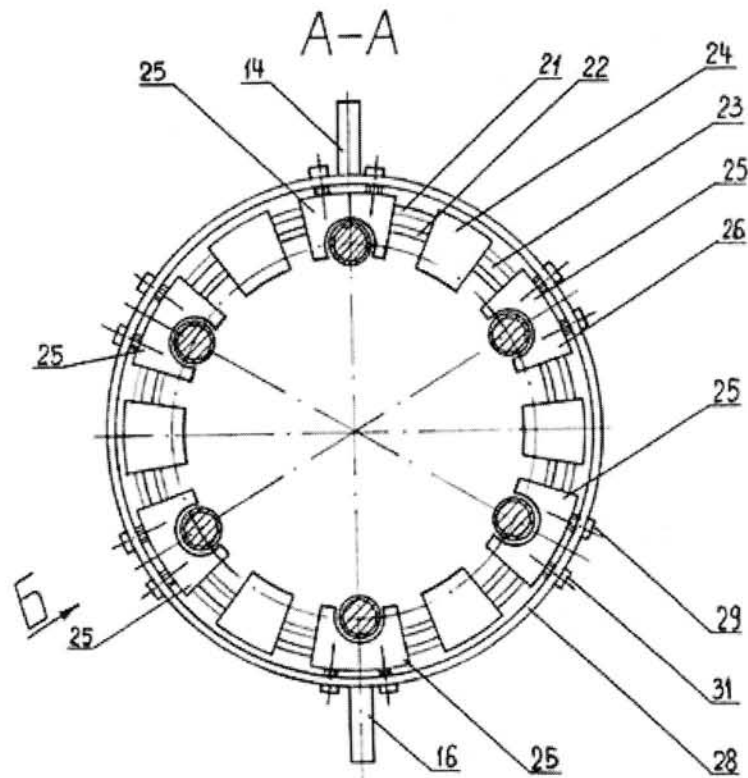
R – współczynnik szybkości odbudowy śruby przy zderzeniu.

$\psi = \pi (2n - 1 \xi) / 2$ , (n – jednoznacznie określa się z warunku istnienia  $\Delta V_0 > 0$  jako liczba całkowita, dla której  $2n - 1 < 1 \xi < 2n + 1$ ).

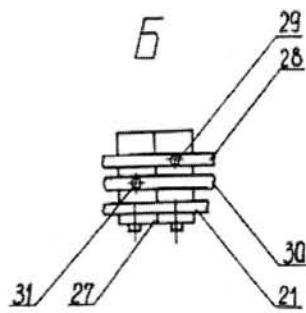
Na rys.1 przedstawiono układ realizujący cierno-bezwładnościową metodę montażu części gwintowych – śruby z częścią korpusową.



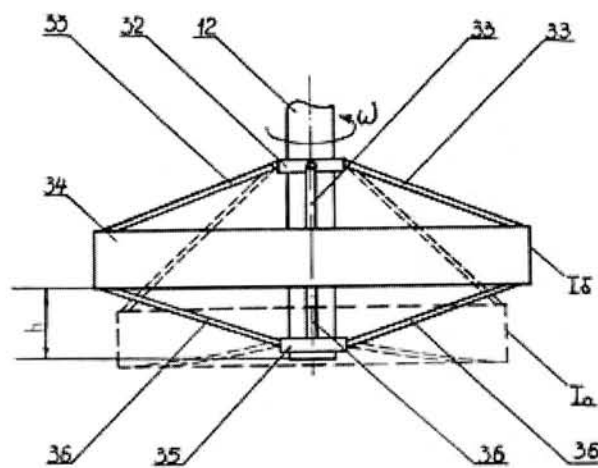
Rys. 1. Układ automatycznego montażu gwintowych części.



Rys. 2 Sześciowieściowa oprawka mechanizmu skręcania.



Rys. 3 Węzeł połączenia stopów z pierścieniami.



Rys. 4 Mechanizm skręcania z elastycznym ruchomym krążkiem.

Urządzenie (rys.1) składa się z podstawy 1, na której ustawione są dwie pionowe kolumny 2 i 3. Na kolumnie 2 znajduje się stół obrotowy 4 i wspornik 5 z silnikiem elektrycznym 6. Na kolumnach 2 i 3 i wsporniku 7 znajdują się zasilacze 8 (sześć sztuk), a na wsporniku 9 – sześciomiejscowa oprawka 10 dla utrzymania śrub 11, podawanych przez zasilacze 8. Oprawka 10 usytuowana jest współosiowo z trzpieniem 12 wykonanym w kształcie rurki umieszczonej na wale silnika elektrycznego 6 a pionowe osi oprawki 10 utrzymujące śruby 11 są współosiowe z osiami wyjściowych otworów zasilaczy 8.

Na kolumnie 2 umieszczono cylinder pneumatyczny 13 dwustronnego działania, którego tłoczysko połączone jest z listwą 14 oprawki 10. Na kolumnie 3 umieszczono cylinder pneumatyczny 15 dwustronnego działania, którego tłoczysko połączone jest z listwą 16 oprawki 10.

Na obrotowym stole 4 umieszczono dwie (lub więcej) tuleje 17, na których umieszczono części montowane. Tuleje 18 mają wielowypustowe wały 19, które mogą przemieszczać się pionowo w wielowypustowych otworach stołu 4 za pomocą popychacza 20.

Sześciomiejscowa oprawka 10 (rys.2) składa się z pierścieni 21 i 22 sztywno złączonych między sobą z luzem 23 i połączonych sześcioma listwami 24. W luzach promieniowych 23 ustawiono końcówki stóp 25 i 26 z łukowym zakończeniem. Listwy 27 (rys.3) usytuowano od dołu stóp 25 i 26 zabezpieczając je od wypadania ze szczeliny 23. Stopy 25 i 26 wykonano w ten sposób, że przy ich połączeniu tworzą się rowki w postaci łuków okręgu koła z centralnym kątem  $\cong 240^\circ$ . Stopa 25 jest złączona z pierścieniem 28 śrubami 29. Stopa 26 jest złączona z pierścieniem 30 śrubami 31. Na pierścieniu 28 umieszczono listwę 14 a na pierścieniu 30 – listwę 16.

Mechanizm skręcania urządzenia (rys. 1 i 4) składa się z trzpienia 12, na którym sztywno umieszczono pierścień 32. Na nim z czterech stron przegubowo ustawiono sworznie 33 mające możliwość wahania w płaszczyźnie pionowej. Drugie końce sworzni 33 przymocowuje się do elastycznej (na przykład gumowej) tarczy 34, której średnicę wybiera się w zależności od średnicy otworów na śruby części 18 montowanego zespołu. Na dolnym końcu trzpienia 12 umieszczono pierścień 35, do którego przymocowane są cztery elastyczne linki 36. Ich drugie końce zamocowano na gumowej tarczy 34. Długość elastycznych linek 36 wybiera się w taki sposób, aby tarcza 34 znajdowała się na określonej wysokości  $h$  względem swobodnego końca trzpienia 12. Takie położenie tarczy 34 zabezpiecza jej kontakt z gwintową częścią śrub 11. Gdy trzpień 12 jest nieruchomy, sworznie 33 pod działaniem sił ciężkości i sił sprężystości tarczy 34 znajdują się w dolnym położeniu (rys. 4, 1a).

Części montowane 18 (np. tuleja i pokrywa) ustawia się na załadowniczej tarczy 17, centruje się na niej, a pokrywę ustawia się zorientowaną na tuleję. Samą tuleję

ustawia się na tarczy 17. Następnie stół 4 obraca się o  $180^\circ$  i zespół montowany zajmuje pozycję montażową. W tym czasie na wolną tarczę 17 ustawia się następny zespół. Jednocześnie zostają włączone zasilacze 8 i w otwory oprawek 10 podawane są śruby 11. W tym czasie za pomocą cylindrów pneumatycznych 13 i 15, stopy 25 i 26 oprawki 10 są ściskane między sobą. Popychacz 20 przesuwa tarczę 17 do góry tak, aby śruby 11 zapadły się w otwory pokrywy zespołu montażowego. Następnie włącza się silnik 6, który obraca trzpień 12 z prędkością kątową  $\omega$ , a sworznie 33, pod działaniem sił dośrodkowych podnoszą tarczę 34 do położenia 1b (rys.4). Powoduje to naciąg linek elastycznych 36, które zapobiegają dalszemu podnoszeniu się tarczy 34. Tarcza 34 stykając się ze śrubami 11 obraca je. Obracające się śruby 11 wkręcając się w otwory gwintowe kołnierza zespołu montowanego. Następnie silnik 6 zostaje wyłączony, tarcza 34 obniża się, a główki śrub 11 obniżają się wraz z zespołem montowanym. Napędy pneumatyczne 13 i 15 naciskając na listwy 14 i 16 skracają pierścienie 28 i 30 powodując tym rozchodzenie lub schodzenie się stóp 25 i 26, co umożliwia przejście głowkom śrub 11 przez oprawkę 10. Następnie przy pomocy popychacza 20 zostaje opuszczona w dół tarcza 17 razem z zespołem montowanym obracając stół 4 wzdłuż strzałki  $S_{bp}$  o  $180^\circ$ . Zespół zmontowany zostaje zdjęty razem ze śrubami 11 i urządzenie jest gotowe do powtórzenia cyklu.

Wykonanie mechanizmu skręcania w dwóch wzajemnie prostopadłych płaszczyznach powoduje, że urządzenie to jest uniwersalne i niezawodne w pracy.

Opisane urządzenie, w określonej mierze, przystosowuje się do warunków skręcania w wyniku możliwości przemieszczeń jednej z części, co zwiększa efektywność montażu gwintowych połączeń.

## LITERATURA

1. A.N. Rabinowicz, Automatyżacja mechaniczno-montażnej produkcji, Kijów, Wyższa Szkoła, 1969 r.
2. W. A. Jachimowicz, W. D. Golowashczenko, W. E. Kulnicz, Automatyżacja montażu połączeń gwintowych, Lwów, Wyższa Szkoła, 1982 r.
3. Pierienalaziwajemyje sborocznyje awtomaty, red. W. A. Jachimowicz, Kijów, Technika, 1979 r.
4. W. I. Babitskij, Teorija wibroudarnych system, Moskwa, Nauka, 1978 r.
5. E. Kobrinskij, A. A. Kobrinskij, Wibroudarnyje systemy, Moskwa, Nauka 1973 r.

Prof. dr. hab.inż. Jurij Chaszczyn jest pracownikiem zakładu samochodów Politechniki Opolskiej. 45-005 Opole, ul. Waryńskiego9/3.