

Zawód: Lakiernik samochodowy

Przedmiot: Techniki wytwarzania (14.01.2022 r.) – Marek Krukowski

Temat: Ogólna klasyfikacja połączeń elementów maszyn - nitowanie

Proszę o zapoznanie się z poniższą literaturą. Na końcu tematu znajdują się pytania kontrolne.

3.1

Ogólna klasyfikacja połączeń elementów maszyn

W TYM ROZDZIALE DOWIESZ SIĘ:

- w jaki sposób można łączyć elementy maszyn
- co to są połączenia rozłączne i nierozłączne
- co należy wykonać, aby zaprojektować połączenie części maszyn

W procesie konstruowania maszyn zachodzi konieczność powiązania ze sobą różnych części w jeden zespół lub urządzenie. Tworzenie połączenia elementów maszyny może być procesem technologicznym o różnym stopniu skomplikowania. Najczęściej występujący podział dotyczy trwałości połączenia. Rozróżniamy zatem połączenia: rozłączne i nierozłączne (tab. 3.1).

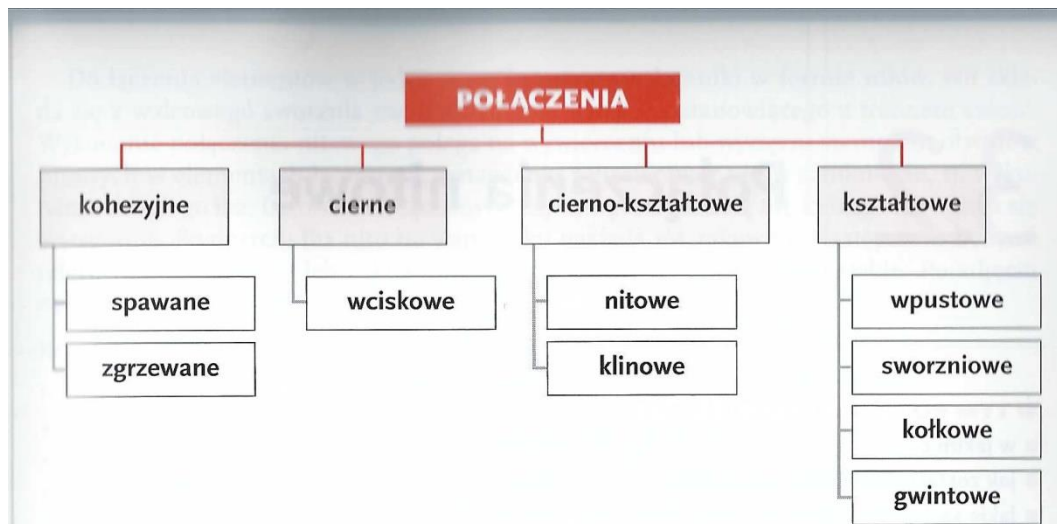
Połączenie rozłączne umożliwia oddzielenie części bez konieczności zniszczenia elementów złącza. Dzieje się tak w połączeniach: gwintowych, wpustowych, klinowych, wielowypustowych itp.

Połączenie nierozłączne cechuje się koniecznością zniszczenia elementów złącza podczas oddzielania części. Do takich połączeń należą: klejenie, zgrzewanie, spawanie i nitowanie.

Tabela 3.1. Klasyfikacja połączeń elementów maszyn

Połączenia	Rozłączne	Nierozłączne
Pośrednie	wpustowe klinowe kołkowe sworzniowe	nitowe
Bezpośrednie	gwintowe wielokątne wielowypustowe wciskowe	spawane zgrzewane klejone

Ze względu na występowanie pośrednich elementów łączących połączenia można podzielić na bezpośrednie i pośrednie (tab. 3.1). Jeśli jako podstawowe kryterium podziału przyjmiemy sposób przekazywania sił między łączonymi elementami, to połączenia dzielimy według schematu pokazanego na rys. 3.1. Często, ze względu na specyfikę, wyróżniamy dodatkowo połączenia rurowe i sprężyste.



Rys. 3.1. Podział połączeń ze względu na charakter sił przenoszących obciążenie

Zastosowanie projektowanego połączenia musi być poprzedzone obliczeniami wytrzymałościowymi uwzględniającymi warunki jego pracy. W dalszej części podręcznika zostaną omówione poszczególne połączenia wraz z podaniem podstawowych zależności umożliwiających ich obliczanie.

3.2

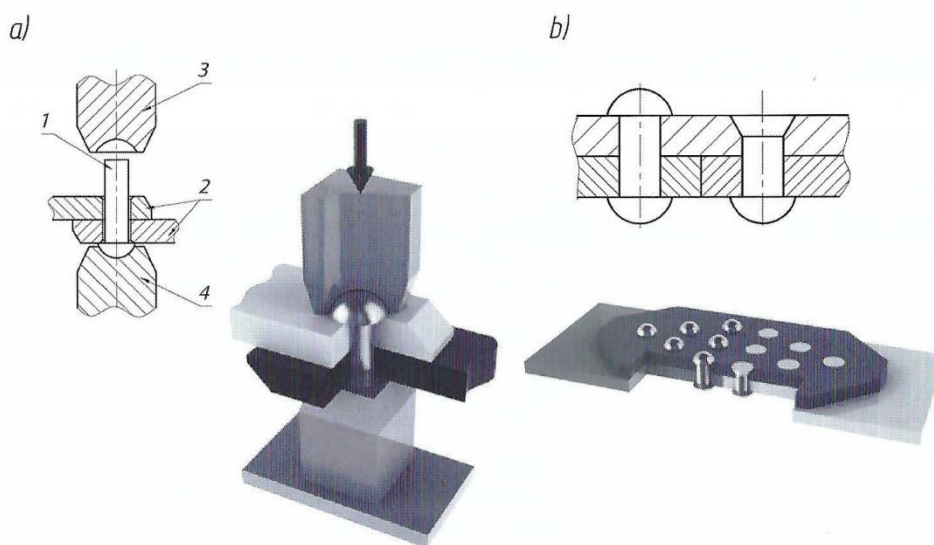
Połączenia nitowe

W TYM ROZDZIALE DOWIESZ SIĘ:

- w jakim celu można zastosować połączenie nitowe
- jak została zbudowana wieża Eiffla
- jakie są rodzaje nitów

Nitowanie jest procesem technologicznym, w którego wyniku otrzymujemy połączenia nierozłączne, pośrednie. Celem nitowania jest wykonanie trwałego, mocnego i szczelnego połączenia (blach zbiorników i kotłów, belek mostowych, więźarów dachowych, niektórych części maszyn itp.) lub połączeń przegubowych (połączeń dźwigniowych, części narzędzi itp.). Technika nitowania należy do najstarszych metod tworzenia trwałych połączeń elementów. Została zastosowana m.in. przy budowie konstrukcji wieży Eiffla w Paryżu.

Połączenia nitowane są wykorzystywane do łączenia szerokich, leżących na sobie blach, zespalania części z materiałów nienadających się do spawania lub zgrzewania oraz gdy części nie powinny się odkształcać w procesie łączenia (tak jak to się dzieje np. podczas spawania).



Rys. 3.2. Wykonanie połączenia nitowego klasycznego: a) zamykanie nitu, b) połączenie nitowe
1 – nit, 2 – części łączone, 3 – zakuwnik, 4 – wspornik

Do łączenia elementów w jeden zespół stosuje się łączniki w formie nitów. **Nit** składa się z walcowego sworznia zwanego **trzonem** oraz łba stanowiącego z trzonem całość. Wykonanie połączenia nitowego polega na wywierceniu lub wycięciu stemplem otworów nitowych w elementach łączonych, wstawieniu nitu w otwór i jego zamknięciu, tj. wykonaniu drugiego łba. Do otworów łączonych części wprowadza się nit, którego łeb opiera się o **wspornik**. Po oparciu łba nitu na wsporniku nakłada się **zakuwnik**. Następnie mocnymi uderzeniami młotka w łeb zakuwnika mocujemy blachy nitowane do siebie. Po zdjęciu zakuwnika uderzeniami młotka kształtujemy **zakuwkę** (rys. 3.2).

Rozróżniamy nity: pełne, drążone, rurkowe i specjalne.

Nity pełne z łbem:

- kulistym,
- stożkowym,
- grzybkowym.

Nity drążone z łbem:

- stożkowym,
- walcowym.

Nity rurkowe z łbem:

- płaskim

Nity zrywalne:

- aluminiowe,
- stalowe,
- miedziane,
- kwasoodporne.

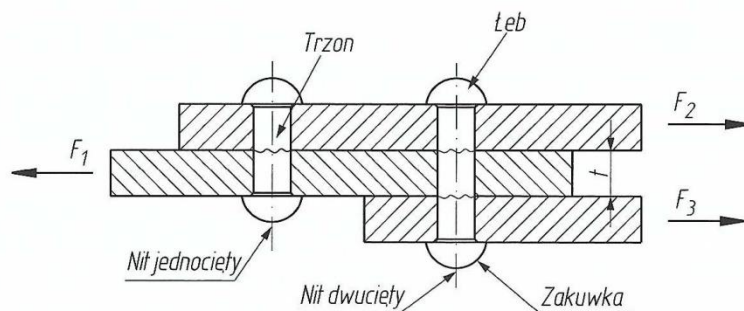
Nity specjalne:

- nitokołki i nitonakrętki,
- przetłoczenia nitem.

Występują następujące **połączenia nitowane**:

- mocne (przenoszące siły) w konstrukcjach stalowych budynków, w budowie żurawi i mostów,
- szczelne w budowie zbiorników niskociśnieniowych,
- mocne i szczelne w budowie kotłów i zbiorników wysokociśnieniowych,
- szczelne pokryć blaszanych w budowie pojazdów,
- nieznacznie obciążone, stosowane w drobnych konstrukcjach.

Połączenia nitowe należą do grupy połączeń cierno-kształtowych. W obliczeniach wytrzymałościowych pomijamy jednak tarcie występujące między łbami nitów a łączonymi elementami oraz między łączonymi elementami. Uwzględniamy natomiast możliwość zniszczenia połączenia nitowego w wyniku ściska nitów, nadmiernego nacisku między trzonami nitów a ściankami otworu, a także rozerwania łączonych blach między otworami skrajnego rzędu nitów. Przykład połączenia nitowego pokazano na rysunku 3.3.



Rys. 3.3. Przykład połączenia nitowego jednociętego (połączenie zakładkowe) i dwuciętego (połączenie nakładkowe)

W celu obliczenia złącza nitowanego należy uwzględnić odpowiednie warunki wytrzymałościowe. Warunek wytrzymałościowy **na ścinanie** trzonu nitu przyjmuje postać:

$$\tau = \frac{F}{\frac{\pi \cdot d_o^2}{4} \cdot m \cdot n} \leq k_t, \quad (3.1)$$

gdzie: F – siła zewnętrzna działająca na złącze nitowe [N],
 d_o – średnica otworu pod nit (nitu po zakuciu) [mm],
 m – liczba ścinanych przekrojów ($m = 1$ dla nitów jednociętych, $m = 2$ dla nitów dwuciętych),
 n – liczba nitów,
 k_t – naprężenia dopuszczalne na ścinanie materiału nitu [MPa].

Ze względu **na nacisk powierzchniowy** do obliczeń należy założyć, że siła dociskająca nit do ścianki otworu działa na powierzchnię rzutu trzonu nitu na płaszczyznę prostopadłą do kierunku jej działania. Warunek wytrzymałościowy możemy określić za pomocą następującego równania:

$$p = \frac{F}{n \cdot t \cdot d_o} \leq k_o, \quad (3.2)$$

gdzie: n – liczba nitów,
 t – grubość blachy (dla nitów jednociętych – blachy cieńszej, dla nitów dwuciętych – blachy grubszej) [mm],
 k_o – dopuszczalny nacisk powierzchniowy materiału słabszego [MPa].

Warunek wytrzymałościowy **na rozciąganie** łączonych blach w przekroju osłabionym otworami na nity w połączeniu zakładkowym ma postać:

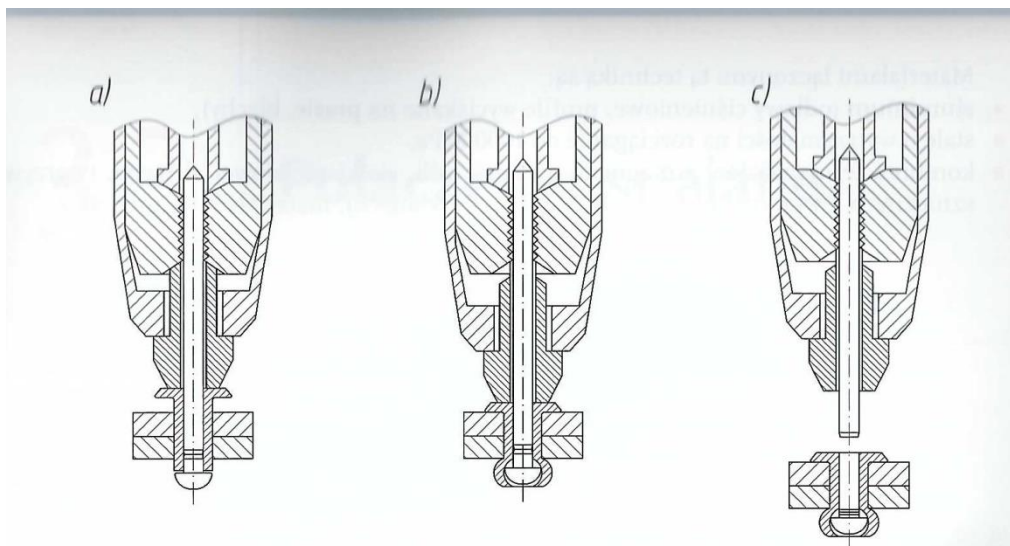
$$\sigma_r = \frac{F}{t(b - n_1 \cdot d_o)} \leq k_r, \quad (3.3)$$

gdzie: t – grubość blachy (lub cieńszej części łączonej) [mm],
 b – szerokość blachy [mm],
 n_1 – liczba nitów w rozpatrywanym przekroju,
 k_r – dopuszczalne naprężenia rozciągające dla materiału blachy lub nakładki [MPa].

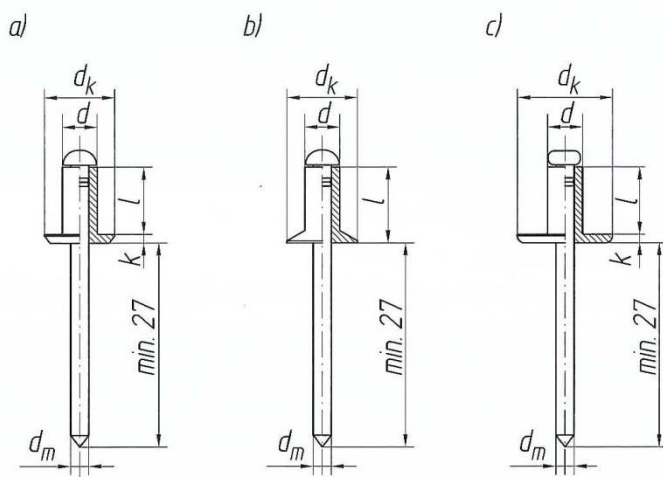
Grubość nakładki (lub nakładek) powinna być tak dobrana, aby nośność łączonych blach była taka sama jak nakładek, co oznacza równość przekrojów blachy i obu nakładek w przekrojach niebezpiecznych przy zastosowaniu takiego samego materiału.

W związku z rozwojem techniki spawalniczej nitowanie klasyczne zostało praktycznie wyparte jako sposób tworzenia połączeń mocnych i szczelnych. Rozwinęła się natomiast technika łączenia elementów z użyciem **nitów specjalnych**. Stosuje się je powszechnie do łączenia cienkich blach oraz elementów z różnych materiałów dzięki automatyzacji procesu nitowania.

Jedną z odmian nitów specjalnych są **nity zrywalne**. Ich zaletą jest możliwość nitowania, gdy dostęp do otworu nitowego znajduje się tylko z jednej strony. Proces nitowania takimi nitami pokazano na rysunku 3.4.



Rys. 3.4. Przykład tworzenia połączenia nitowego przy użyciu nitów zrywalnych: a) elementy przed połączeniem, b) kołek w trakcie odkształcania nitu, c) kołek po zerwaniu, połączenie nitowe zostało utworzone



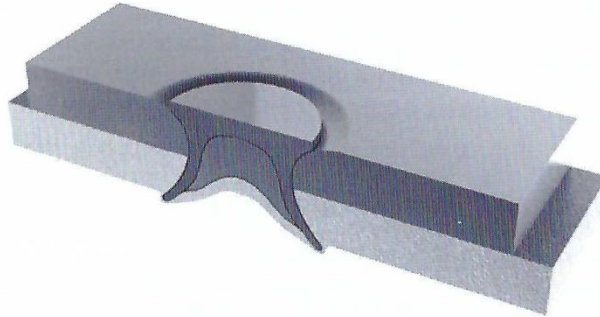
Rys. 3.5. Kształty łbów nitów zrywalnych: a) grzybkowy, b) stożkowy, c) grzybkowy poszerzony
 d – średnica nitu [mm], d_k – średnica kołnierza nitu [mm], d_m – średnica drutu zrywanego [mm], k – grubość kołnierza

Nity zrywalne mogą mieć różne kształty łbów: grzybkowy, stożkowy lub grzybkowy poszerzony (rys. 3.5).

Innym nowoczesnym połączeniem nitowym jest **technika przetłoczenia nitem**. W tym procesie podczas jednego skoku roboczego narzędzia nitującego nit przetłacza górną warstwę materiału i tworzy główkę zamykającą w warstwie leżącej po stronie matrycy (rys. 3.6).

Materiałami łączonymi tą techniką są:

- aluminium (odlewy ciśnieniowe, profile wyciskane na prasie, blachy),
- stale o wytrzymałości na rozciąganie do 1000 MPa,
- kombinacje materiałów z magnezu, miedzi, folii, siatki metalowej, drewna, tworzyw sztucznych (ewentualnie z udziałem włókien szklanych), materiały typu sandwich.



Rys. 3.6. Połączenie blach uzyskane techniką przetłoczenia nitem

Proces jest przeprowadzany na zimno, dlatego nie ma oddziaływania termicznego na materiał w strefie połączenia i zagrożenia odkształcenia materiałów. Zaletami tego procesu są: możliwości łączenia elementów z różnych materiałów, brak konieczności wykonania otworu wstępnego oraz szczelność na gazy i ciecze.

Pytania kontrolne:

- 1) Wymień rodzaje połączeń nitowych.
- 2) Wskaż zalety połączeń nitowych.
- 3) Wskaż wady połączeń nitowych.