Dokładne lub zgrubne; twarde lub miękkie?

Małe kompendium wiedzy o śrubach

Jan Hinrich Löken (Quality Manager)
J.Loeken@industriehof.com

Śrubę można znaleźć wszędzie, a jednak na co dzień jest niemal niedostrzegalna. Tak bardzo przyzwyczailiśmy się do ich obecności w naszym życiu – i słusznie – ponieważ jest to najczęściej stosowany, rozłączny element złączny naszych czasów. Nie ma chyba osoby, która nie znałaby jej w takiej czy innej formie. Mimo to jest ona często niedoceniana. Niewielka śruba wykonana ze stali może przejmować ogromne siły. Tę właściwość można bardzo łatwo dostrzec na podstawie obliczeń siły docisku.

Bez względu na to, czy będzie to śruba do drewna, śruba zamkowa lub maszynowa; z łbem sześciokątnym, soczewkowym lub stożkowym; z podsadzeniem lub wgłębieniem we łbie; z gniazdem sześciokątnym, Torx, rowkiem do wkrętaka krzyżakowego lub płaskiego. W chwili obecnej śruby dostępne są w tak wielu wykonaniach i formach, że bardzo łatwo można stracić orientację. Jednak jest kilka aspektów uniwersalnych.
Każdą śrubę wyróżnia minimalna wytrzymałość na rozciąganie i granica plastyczności. Każda śruba charakteryzuje się również tak zwaną siłą naprężenia wstępnego i związanym z nią momentem dokręcania. Obliczanie tych parametrów jest niekiedy skomplikowane i obejmuje wiele danych. Z tego względu dostępne są tabele, z których można odczytać odpowiednie parametry. W dalszej części omówione zostaną w pierwszym rzędzie śruby maszynowe, ponieważ można je powszechnie spotkać w rolnictwie.

1. Rozmiar znamionowy i skok gwintu

Rozmiar znamionowy śrub metrycznych jest znormalizowany. Przed średnicą znamionową widnieje wielka litera M oznaczająca gwint metryczny. Z takiego zapisu w przypadku śruby metrycznej o średnicy 12 mm z gwintem zwykłym (grubozwojnym) wynika następujące oznaczenie: M12.
Oprócz gwintów zwykłych istnieją gwinty drobnozwojne. W tym przypadku zwoje gwintu są rozmieszczone ściślej względem siebie niż w standardzie danej średnicy. W ten sposób śruba ma lepszą właściwość związaną z samohamownością. Oznacza to, że tendencja do samoczynnego poluzowania się nakrętki podczas pracy jest mniejsza. W tym przypadku za średnicą znamionową podaje się jeszcze rozstaw zwojów gwintu wyrażony w mm. M12x1
Chcąc dodatkowo podać długość użyteczną śruby, za oznaczeniem stawia się jeszcze liczbę mm: M12x45

2. Klasa śruby

Z reguły śruby maszynowe produkowane są ze stali. Klasa stosowanego materiału jest zwykle wybita w łbie śruby. Kod składa się dwóch do trzech cyfr często rozdzielonych kropką. Najczęściej spotykane klasy w rolnictwie to 8.8; 10.9 i 12.9. Na podstawie tych cyfr można również obliczyć minimalną wytrzymałość na rozciąganie i granicę plastyczności.

3. Śruba i jej nakrętka

Jedną z najważniejszych reguł doboru śruby jest odszukanie odpowiedniej nakrętki. Ogólna zasada: śruba ma zawsze wyższą klasę! W przypadku śruby klasy 12.9 dobiera się nakrętkę klasy 10.9; śruba klasy 8.8 otrzymuje nakrętkę 6.8.
Wynika to z następującego faktu: nakrętka jest najmniejszą i najtańszą częścią tego złącza. Dlatego jeśli obciążenie nadmiernie wzrośnie, uszkodzeniu powinna ulec nakrętka, a nie śruba.
Ważna zasada dotycząca stosowania nakrętek samozabezpieczających:
gwint śruby musi wystawać z nakrętki na długość co najmniej jednego obrotu, ponieważ w przeciwnym razie skuteczność blokowania wkładki poliamidowej lub zacisku metalowego nie będzie zapewniona. W przypadku spodziewanego występowania silniejszego oddziaływania ciepła na nakrętkę zawsze powinno się stosować nakrętkę wykonaną w całości z metalu z zaciskiem. Wkładka poliamidowa może się niekiedy stopić i w takich warunkach skuteczność zabezpieczenia nie będzie już zagwarantowana. Ponadto nakrętki zabezpieczającej NIGDY nie należy stosować po raz drugi!
Jeszcze jedna rada z praktyki: jeśli śruba i nakrętka wykonane są ze stali nierdzewnej, w przypadku poluzowania połączenia śrubowego może dochodzić do tak zwanego „zjadania". W takim połączeniu gwinty śruby i nakrętki wzajemnie się zacierają. Jest to uwarunkowane dużym udziałem chromu w materiale. Niekiedy takie połączenie można rozłączyć jedynie w sposób niszczący (np. oderwanie/odcięcie). Może temu zapobiec niewielka ilość pasty grafitowej naniesiona na gwint podczas montażu.

4. Przeznaczenie różnych klas

Klasa śruby decyduje o jej zastosowaniu. W celu zamocowania redliczki zęba w kultywatorze, na przykład za pośrednictwem nakładki skrzydełkowej, w miarę możliwości należy stosować klasę 12.9. Za sprawą długiej dźwigni w kierunku do przodu i dużej długości trzonu śruby w tym obszarze są wystawione na bardzo duże obciążenia. Tutaj ważna jest przede wszystkim duża siła naprężenia wstępnego pozwalająca przez cały czas utrzymywać statyczne położenie pojedynczych części na słupicy. Wysoka granica plastyczności jest tutaj zaletą, a jedynie nieznacznie większa minimalna wytrzymałość na rozciąganie nie stanowi problemu, ponieważ moment dynamiczny jest z reguły przenoszony w innym miejscu. Jako przykład warto tutaj wymienić śrubę ścinalną i dodatkowo sprężynowe zabezpieczenie przed kamieniami. Inaczej sprawa wygląda w przypadku bocznych skrzydełek do przykręcania w poziomie lub w pionie. Tutaj wystarcza śruba zamontowana w pobliżu punktu podparcia dźwigni klasy 10.9. Jedynym argumentem przemawiającym za mocniejszą śrubą byłoby zużywanie się łba śruby wskutek ścierania przez glebę.

W częściach pługa zasadniczo wystarcza klasa 10.9, ponieważ śruby są tylko warunkowo wystawione na obciążenia rozciągające i z reguły kilka śrub w różnych miejscach służy jedynie do dociskania blachy do korpusu płużnego. Z uwagi na to, że łby śrub są często wpuszczone w blachy, zjawisko ścierania się materiału można tutaj raczej pominąć. Oczywiście również tutaj występują przypadki, w których śruba standardowa regularnie ulega zerwaniu lub ścięciu. Jednak w takiej sytuacji w pierwszej kolejności przed zastosowaniem bardziej wytrzymałej śruby należy sprawdzić ustawienia w narzędziu.

Oczywiście istnieją również sytuacje, w których uszkodzenie jest zamierzone. Śruba ścinalna musi być zawsze najsłabszym ogniwem, które ulega zniszczeniu w pierwszej kolejności, zanim na uszkodzenie narażone będą inne części. Tutaj z reguły preferuje się raczej klasę 8.8 niż 10.9. Zależy to jednak również od długości dźwigni słupicy i żądanej siły zadziałania. W tym przypadku niekiedy rzeczywiście opłaca się wziąć do ręki kartkę oraz ołówek i szybko policzyć. Innym rozwiązaniem jest naturalnie również próba w praktyce. Niektórzy producenci maszyn oferują również także śruby ścinalne z nacięciem na obwodzie pozwalającym dokładnie określić miejsce i siłę ścinania.

5. Powłoki i ochrona antykorozyjna

Ponieważ śruby stosowane są we wszystkich warunkach atmosferycznych, często wymagają zastosowania powłoki ochronnej. Najbardziej typową formą powłoki jest ocynk. Niektóre śruby oferowane są również z warstwą uzyskaną poprzez lakierowanie lub oksydowanie. Najczęściej spotykaną wersją oprócz ocynkowanej jest tak zwana powierzchnia „surowa”. Jednak nie oznacza to automatycznie, że takie śruby są również doskonałe. Surowymi nazywane są wszelkie śruby, które nie posiadają długoterminowej ochrony antykorozyjnej. Mogą one mieć również czarną powierzchnie lub zgorzeliny.

6. Obliczanie granicy plastyczności, minimalnej wytrzymałości na rozciąganie i siły docisku

Granica plastyczności wyraża siłę, przy której śruba zaczyna się plastycznie odkształcać. Minimalna wytrzymałość na rozciąganie wyraża siłę, przy której śruba zaczyna się zrywać. Z uwagi na to, że śruba podczas pracy zasadniczo ma odkształcać się tylko elastycznie, granica plastyczności jest zazwyczaj ważniejszym współczynnikiem. Jedynie w przypadku „śruby ścinalnej” decydujące znaczenie ma minimalna wytrzymałość na rozciąganie, ponieważ w tym przypadku zniszczenie śruby w razie przeciążenia jest zamierzone. Sposób obliczania obu współczynników jest łatwy i taki sam w przypadku wszystkich klas. W celu obliczenia minimalnej wytrzymałości na rozciąganie wartość przed kropką należy przemnożyć przez czynnik 100. W celu obliczenia granicy plastyczności liczbę przed kropką mnoży się przez liczbę za kropką i czynnik 10. Następnie wartości przenosi się na średnicę śruby. W tym celu oblicza się przekrój poprzeczny w mm^2 i mnoży przez współczynnik granicy plastyczności.

6.1 Wzory i obliczenia

Wzory niezbędne do obliczeń podane są raz jeszcze na poniższych wykresach w zależności od sposobu obliczania.

Przeliczanie klasy na granicę plastyczności i wytrzymałość na rozciąganie:

Śruba 10.9

Granica plastyczności: 10 x .9 x 10 = 900 N/mm²

Wytrzymałość na rozciąganie: 10 x 100 = 1000 N/mm²

Przeliczanie granicy plastyczności na przekrój poprzeczny śruby:

Śruba M12

Przekrój poprzeczny: 12 mm x 12 mm x ¾ = 113 mm²

Siła docisku: 113 mm² x 900 N/mm² = 101 700 N

Odpowiada ciężarowi równemu 10,17 ton.

W obliczeniu wyraźnie widać, jak duże są siły, które może przejmować pojedyncza śruba o średnicy 12 milimetrów i klasie 10.9. Przy takich parametrach można by na przykład zawiesić średniej wielkości ciągnik wraz z kultywatorem na TUZ-ie za pomocą tylko jednej z tych śrub i śruba wytrzymałaby takie obciążenie.

7. Momenty dokręcania i siła naprężenia wstępnego

Ponieważ siła naprężenia wstępnego oznacza jedynie wartość teoretyczną, która może zostać ustalona w połączeniu śrubowym tylko za pomocą specjalnych przyrządów pomiarowych, tak naprawdę ważną wartość odzwierciedla moment dokręcania. Można go ustawić i przyłożyć bezpośrednio za pomocą klucza dynamometrycznego. W poniższej tabeli podano momenty dokręcania najczęściej stosowanych śrub z gwintem standardowym. Moment dokręcania wyrażony jest w niutonometrach (Nm).

Średnica znamionowa	Klasa 8.8	Klasa 10.9	Klasa 12.9
M6	10 Nm	14 Nm	17 Nm
M8	25 Nm	35 Nm	42 Nm
M10	50 Nm	70 Nm	85 Nm
M12	87 Nm	122 Nm	147 Nm
M16	210 Nm	299 Nm	357 Nm
M20	411 Nm	578 Nm	696 Nm
M24	710 Nm	1000 Nm	1196 Nm

8. Podsumowanie

Chyba udało nam się przekonać czytelnika, że śruba – mimo jej niepozornego charakteru – ma wiele do zaoferowania. Na etapie projektowania zawsze opłaca się zwracać uwagę na to, która śruba najlepiej nadaje się do danego zastosowania. Tutaj niekiedy można również spodziewać się oszczędności w przeliczeniu na prawdziwą gotówkę, jeśli śruba zostanie dobrana poprawnie. Nie wspominając już o zbędnych kłopotach i czasie pracy, który wiąże się z wymianą zerwanej śruby. Uwagi poświęconej wcześniej temu tematowi nikt z pewnością nie będzie później żałować.