

Kołki są powszechnie stosowanymi elementami złącznymi służącymi do wyrównywania, łączenia i montażu wielu komponentów. Kołki są najbardziej przydatne w zastosowaniach, w których nie jest potrzebna siła zaciskowa zapewniana przez śruby. Są one również wykorzystywane do pełnienia określonych funkcji, takich jak pozycjonowanie elementów, zawiasów, konstrukcji odpornych na manipulacje itp.

Dwie popularne metody stosowane do produkcji kołków obejmują spęcznianie na zimno i obróbkę skrawaniem. Zarówno spęcznianie na zimno, jak i obróbka skrawaniem pozwalają uzyskać wysokiej jakości, jednolite części. Co ciekawe, wiele kołków szlifowanych na obwodzie zewnętrznym nie jest w rzeczywistości poddawane obróbce skrawaniem. Powszechną praktyką stosowaną do produkcji kołków szlifowanych na obwodzie zewnętrznym jest poddawanie spęcznianiu na zimno półwyrobów wtórnemu szlifowaniu.

Podczas projektowania kołka dla danego zespołu ważne jest, aby znać różnice pomiędzy spęcznianiem na zimno a obróbką skrawaniem, ponieważ metoda produkcji ma bezpośredni wpływ na specyfikacje projektowe (tolerancje, geometrię i materiał), które mogą być do niego przypisane. Celem tego dokumentu jest edukacja projektantów w zakresie różnic pomiędzy spęcznianiem na zimno a obróbką skrawaniem, tak aby zrozumieli oni, jak projektować kołki, optymalizując wydajność i zmniejszając całkowity koszt produkcji zespołu.

Obróbka skrawaniem

Obróbka skrawaniem jest procesem skrawania surowca (pręta) w celu uzyskania żądanej geometrii za pomocą narzędzi skrawających. Tę czynność zazwyczaj wykonuje się na tokarce. W wyniku obróbki skrawaniem powstają odpady w postaci wiórów.

Spęcznianie na zimno

Spęcznianie na zimno jest procesem formowania surowca w celu uzyskania żądanej geometrii poprzez odkształcanie materiału (drułu) w jednej lub kilku matrycach. Najczęściej stosowaną metodą do spęczniania na zimno elementów mocujących jest użycie jednej matrycy i dwóch uderzeń, gdyż jest to wystarczające do formowania faz i głowic. Matryce mają zagłębienia stosowane do nadawania pożądanej geometrii, podczas gdy uderzenie opisuje fizyczny proces spęczniania materiału za pomocą skoku maszyny. Bardziej skomplikowana geometria wymaga zastosowania dodatkowych matryc i uderzeń. Istnieją ograniczenia co do ilości materiału, który może zostać przemieszczony na jedno uderzenie.

Spęcznianie na zimno obejmuje czasami proces ciągnięcia drutu, który utwardza materiał, zwiększając zarówno jego plastyczność, jak i wytrzymałość na rozciąganie. Poddawane obrabianiu skrawaniem kołki wyprodukowane z tego samego materiału bazowego będą miały niższe wartości plastyczności i rozciągania, ponieważ ich struktura ziarna materiału ulega przerwaniu.



PORÓWNANIE PRODUKCJI		
	Spęcznianie na zimno	Obróbka skrawaniem
Jakość części	✓	✓
Plastyczność i wytrzymałość na rozciąganie	✓	
Wąskie tolerancje	✓	✓
Właściwości retencyjne	✓	✓
Odpady podczas produkcji		✗
Złożona geometria części		✓
Kolek o dużej długości/średnicy	✓	
Minimalne koszty oprzyrządowania		✓
Krótki czas przygotowania		✓
Szybki czas cyklu	✓	
Najniższy koszt całkowity kołka	✓	
Najniższe koszty przygotowania otworu	✓	

Tabela 1

Specyfikacja konstrukcji kołka i możliwości produkcyjne

Pierwszym krokiem na etapie projektowania złącza jest ustalenie wymagań funkcjonalnych zarówno dla komponentów głównych, jak i elementów łącznych. Wymagania eksploatacyjne powinny być spełniane bez nadmiernego precyzowania konstrukcji. Idealne złącze spełnia wymagania w zakresie wydajności i jakości przy możliwie najniższych kosztach. Poniższe informacje pomogą projektantom zrozumieć różnice w możliwościach oferowanych przez metodę spęczania na zimno i obróbki skrawaniem, ponieważ dotyczą one specyfikacji konstrukcyjnych dla kołków i otworów w komponentach głównych.

Wciskane kołki

Wciskane i proste kołki są zwykle zatrzymywane w zespole poprzez wciśnięcie ich w otwory o rozmiarach mniejszych od ich średnicy. W większości zastosowań należy ograniczyć wzajemne oddziaływanie, aby siły potrzebne do wprowadzenia pozostawały w praktycznych granicach. Dopuszczalne wartości docięnięcia w przypadku większości metali (stali, miedzi i aluminium) wynoszą od 0,0125 mm do 0,025 mm (0,0005–0,001") przemieszczenia materiału. Ponieważ ten próg tolerancji obejmuje sumę tolerancji zarówno kołka, jak i średnicy otworu, kołki muszą być precyzyjnie obrobione, a otwory odpowiednio wywiercone i/lub wygładzone. Wydłuża to czas cyklu i zwiększa koszty produkcji związane z przygotowaniem otworu.

Należy również pamiętać, że zawiasy do swobodnego dopasowania nie wymagają otworów do wciskania i nie powinny wymagać większych tolerancji średnicy kołka niż $\pm 0,025$ mm ($\pm 0,001$ ").

Tolerancja

Wymiarem kołka o najbardziej krytycznym znaczeniu jest zazwyczaj jego średnica zewnętrzna. Zarówno w przypadku spęczania na zimno, jak i obróbki skrawaniem można osiągnąć tolerancje wymagane dla większości zastosowań kołków. W rzeczywistości spęczanie na zimno skutkuje otrzymaniem kołków o całkowitej tolerancji średnicy zewnętrznej wynoszącej 0,05 mm (0,002") (mniejsza od grubości ludzkiego włosa). W przypadku obróbki skrawaniem możliwe jest osiągnięcie lepszych tolerancji średnicy zewnętrznej niż w przypadku spęczania na zimno, ale zazwyczaj wymaga to zastosowania specjalnego pręta szlifowanego na obwodzie zewnętrznym. Należy tego (w miarę możliwości) unikać, ponieważ mogą być one ponad trzykrotnie droższe od standardowych prętów.

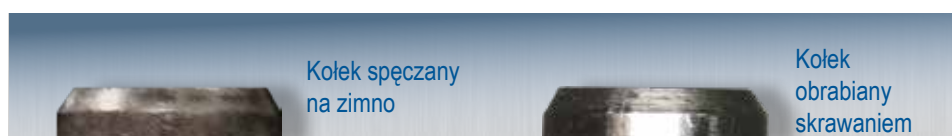
Jeśli chodzi o tolerancję długości kołka, zarówno w przypadku obróbki skrawaniem, jak i spęczania na zimno, można osiągnąć ten sam poziom tolerancji – około $\pm 0,25$ mm ($\pm 0,010$ "). Różni się ona w zależności od długości kołka.

Celem fazowania jest umożliwienie łatwego montażu. Faza o kącie pomiędzy 25° a 40° jest odpowiednia dla większości zastosowań kołków i pozwala na ich maksymalne umocowanie. Z produkcyjnego punktu widzenia optymalny kąt skrawania (obróbki) wynosi 45° , podczas gdy optymalny kąt formowania (spęczanie na zimno) wynosi 30° lub mniej.

MOŻLIWOŚCI TOLERANCYJNE Średnica zewnętrzna kołka				
Metoda produkcji	Surowiec	Koszt surowca	Jednostki metryczne	Jednostki imperialne
Spęczanie na zimno	Drut	\$	$\pm 0,025$ mm	$\pm 0,001$ "
Obróbka skrawaniem	Standardowy pręt	\$	$\pm 0,0125$ mm	$\pm 0,0005$ "
	Pręt szlifowany na obwodzie zewnętrznym	\$\$\$	$\pm 0,0025$ mm	$\pm 0,0001$ "

Tabela 2

WIDOK Z BOKU – KOŁEK SPĘCZANY NA ZIMNO VS OBRABIANY SKRAWANIEM



Material

Najczęściej stosowanymi materiałami do produkcji kołków są stale węglowe i nierdzewne. Surowce są dostępne w różnych formach, w zależności od tego, czy kołki będą poddawane obróbce skrawaniem (pręt), czy spęczaniu na zimno (druć). Dostępne na rynku gatunki materiałów do produkcji prętów i drutu mogą się różnić. Pręty wykonane są z gatunków materiału najlepiej nadających się do obróbki skrawaniem, natomiast druty z takich nadających się do spęczania na zimno. Mimo, że gatunki materiałów mogą się różnić, należy pamiętać, że dostępne są odpowiedniki materiałów, które nadają się zarówno do spęczania na zimno, jak i do obróbki skrawaniem. W związku z tym najlepsze praktyki inżynierskie wymagają, aby specyfikacje materiałowe na rysunkach były w miarę możliwości stosunkowo ogólne (np. stal węglowa o klasie twardości RC 27–33).

W tabeli 3 przedstawiono dla celów poglądowych przykłady kilku powszechnie stosowanych materiałów do spęczania na zimno i obróbki skrawaniem.

PRZYKŁADY POWSZECHNIE STOSOWANYCH MATERIAŁÓW			
Materiał	Zalety	Spęcznie na zimno	Obróbka skrawaniem
Austenityczna (niklowa) stal nierdzewna	Doskonała odporność na korozję	305, 302 HQ	303
Martenzytyczna (chromowa) stal nierdzewna	Odporność na korozję, Wysoka wytrzymałość na ścinanie, Duża twardość	410	420
Stal niskowęglowa	Uniwersalność, Niski koszt	1022	12L 14
Stal stopowa	Wysoka wytrzymałość na ścinanie, Duża twardość	6150, 4037	4150
Aluminium	Odporność na korozję, Niska masa, Nie zawiera ołowiu	5056	2024, 6061

Tabela 3

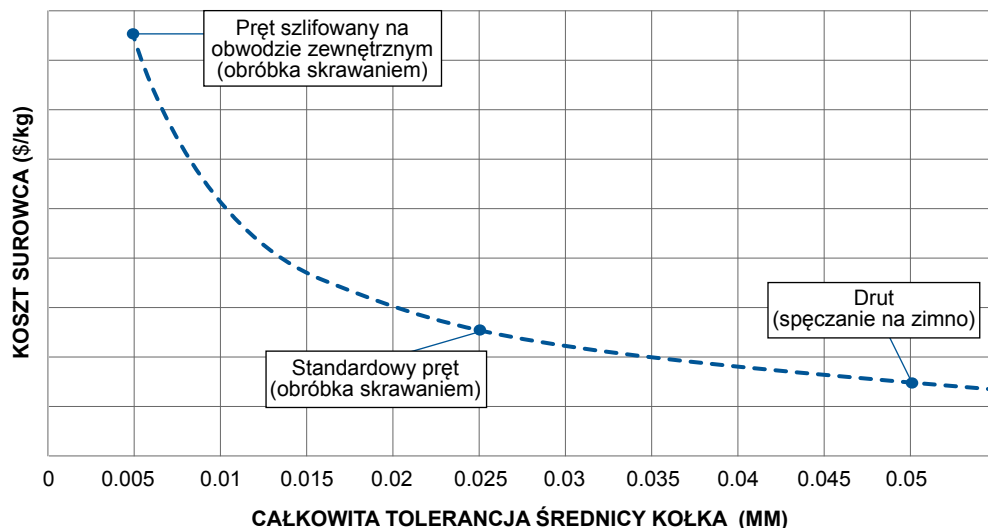
Uwaga: na tej liście zawarto tylko niektóre z powszechnie dostępnych materiałów (dostępne są też inne)

Porównanie kosztów – spęcznie na zimno i obróbka skrawaniem

Poddawane obróbce skrawaniem kołki są zazwyczaj około dziesięć razy droższe niż te poddawane spęczaniu na zimno. Dlaczego cena kołków spęczanych na zimno jest tak znacząco niższa?

- W przypadku spęczania na zimno kołki produkowane są z prędkością około 300 części na minutę, podczas gdy obróbka skrawaniem zapewnia wydajność na poziomie około 4 części na minutę.
- Podczas obróbki skrawaniem powstają odpady. Dlatego też do obróbki skrawaniem potrzeba więcej surowca niż do spęczania na zimno tej samej części. Jedynymi odpadami powstającymi podczas spęczania na zimno są te, które powstają w trakcie przygotowania.
- Pręt szlifowany na obwodzie zewnętrznym może kosztować ponad trzy razy więcej niż standardowy pręt używany do obróbki skrawaniem.

STOSUNEK TOLERANCJI ŚREDNICY KOŁKA DO KOSZTÓW SUROWCÓW



Wykres 1

WIDOK Z GÓRY – KOŁEK SPĘCZANY NA ZIMNO VS OBRABIANY SKRAWANIEM



Chociaż obróbka skrawaniem jest bardziej kosztowna niż spęczanie na zimno, koszty przygotowania są w jej przypadku znacznie niższe. Firmy, które stosują normalizację rozmiarów kołków są w stanie zmniejszyć koszty związane z przygotowaniem produkcji, co ma znikomy wpływ na koszty ponoszone przez klientów. Jednak koszty przygotowania w przypadku niestandardowych projektów, zwłaszcza przy małych ilościach, mogą być znaczne. W tabeli 4 przedstawiono w zarysie ogólne różnice pomiędzy procesem przygotowania produkcji w przypadku spęczania na zimno oraz obróbki skrawaniem.

PORÓWNANIE PRZYGOTOWANIA Nowy projekt kołka		
	Spęczanie na zimno	Obróbka skrawaniem
Czas przygotowania	6 - 12 godz.	2 - 4 godz.
Koszty oprzyrządowania	~ 5000 USD	~ 200 USD

Tabela 4

Studium przypadku

Poniższe studium przypadku ilustruje różnice pomiędzy spęczaniem na zimno a obróbką skrawaniem kołka o średnicy zewnętrznej 3 mm i długości 30 mm. Jak podkreślono w poniższej tabeli, ilość surowca i wydajność produkcji (liczba części na minutę) są głównymi czynnikami decydującymi o drastycznej różnicy w kosztach między spęczaniem na zimno a obróbką skrawaniem.

PORÓWNANIE PRODUKCJI 25 000 szt. kołków o wymiarach 3 mm x 30 mm			
Metoda produkcji		Spęczanie na zimno	Obróbka skrawaniem
Liczba wyprodukowanych części	Liczba	25 000	25 000
Opis surowca	-	Drut	Standardowy pręt
Potrzebna ilość surowca (waga)	kg	8,6	26,3
Czas przygotowania	godz.	6 - 12	2 - 4
Całkowity czas produkcji	godz.	1,4	104
Odpady	%	< 1%	65%
Tolerancja średnicy	mm	± 0,025mm	± 0,0125mm
Koszt	-	✓	✗

Tabela 5

Przypadki użycia:

Kołek po obróbce skrawaniem

- Części niestandardowe o małym nakładzie
- Zastosowania związane z wyrównywaniem o krytycznym znaczeniu
- Gdy wymagania funkcjonalne dyktują złożoną geometrię kołka

Kołek spęczany na zimno

- Większość zastosowań (ponieważ większość z nich nie wymaga tolerancji zapewnianych w przypadku obróbki skrawaniem)
- Kołki swobodnie dopasowywanych osi / zawiasów, w których wsuwane są one na miejsce

Wnioski

Projektanci mogą zoptymalizować wydajność i całkowity koszt produkcji łącząc poprzez zrozumienie różnic pomiędzy spęczaniem na zimno i obróbką skrawaniem kołków. Obydwie metody produkcji pozwalają na uzyskanie wysokiej jakości, spójnych części. Jednak pomiędzy spęczaniem na zimno a obróbką skrawaniem istnieją znaczne różnice w kosztach i możliwościach produkcyjnych. Ten dokument może posłużyć za porównanie pomagające projektantom w opracowywaniu specyfikacji projektu kołków. Zaleca się jednak, aby producenci współpracowali z ekspertami branżowymi w zakresie łączenia i montażu w celu określenia najtańszego rozwiązania dla ich zespołu.

© 2018 SPIROL International Corporation

Żadna część niniejszej publikacji nie może być bez pisemnej zgody SPIROL International Corporation powielana lub przekazywana w jakiegokolwiek formie lub w jakikolwiek sposób, elektronicznie lub za pomocą środków mechanicznych, z wyjątkiem przypadków dozwolonych przez prawo.

Biura Techniczne

Europa

SPIROL Polska

Aleja 3 Maja 12
00-391 Warszawa, Polska
Tel. +48 510 039 345

SPIROL Czechy

Pražská 1847
Slaný 274 01 Czechy
Tel. +420 313 562 283

SPIROL Francja

Cité de l'Automobile ZAC Croix Blandin
18 Rue Léna Bernstein
51100 Reims, Francja
Tel. +33 (0)3 26 36 31 42
Fax. +33 (0)3 26 09 19 76

SPIROL Wielka Brytania

17 Princewood Road
Corby, Northants NN17 4ET
Wielka Brytania
Tel. +44 (0) 1536 444800
Fax. +44 (0) 1536 203415

SPIROL Niemcy

Ottostr. 4
80333 Monachium, Niemcy
Tel. +49 (0) 89 4 111 905 71
Fax. +49 (0) 89 4 111 905 72

SPIROL Hiszpania

08940 Cornellà de Llobregat
Barcelona, Hiszpania
Tel. +34 93 669 31 78
Fax. +34 93 193 25 43

Ameryki

SPIROL International Corporation

30 Rock Avenue
Danielson, Connecticut 06239
Stany Zjednoczone
Tel. +1 (1) 860 774 8571
Fax. +1 (1) 860 774 2048

SPIROL Shim Division

321 Remington Road
Stow, Ohio 44224
Stany Zjednoczone
Tel. +1 (1) 330 920 3655
Fax. +1 (1) 330 920 3659

SPIROL Kanada

3103 St. Etienne Boulevard
Windsor, Ontario N8W 5B1 Kanada
Tel. +1 (1) 519 974 3334
Fax. +1 (1) 519 974 6550

SPIROL Meksyk

Avenida Avante #250
Parque Industrial Avante Apodaca
Apodaca, N.L. 66607 Meksyk
Tel. +52 (01) 81 8385 4390
Fax. +52 (01) 81 8385 4391

SPIROL Brazylia

Rua Mafalda Barnabé Soliane, 134
Comercial Vitória Martini, Distrito Industrial
CEP 13347-610, Indaiatuba, SP, Brazylia
Tel. +55 (0) 19 3936 2701
Fax. +55 (0) 19 3936 7121

Azja / Pacyfik

SPIROL Azja

1st Floor, Building 22, Plot D9, District D
No. 122 HeDan Road
Wai Gao Qiao Free Trade Zone
Szanghaj, Chiny 200131
Tel. +86 (0) 21 5046 1451
Fax. +86 (0) 21 5046 1540

SPIROL Korea

160-5 Seokchon-Dong
Songpa-gu, Seul, 138-844, Korea
Tel. +86 21 5046-1451
Fax. +86 21 5046-1540

email: info-pl@spirol.com

SPIROL.com