

# Rodzaje materiałów

## Rodzaje materiałów

Wybór odpowiedniego materiału do danego zastosowania wymaga ogólnej wiedzy na temat tego, co jest powszechnie dostępne w produktach z drutu płaskiego Smalley.

Wybór odpowiedniego materiału może zapobiec dodatkowym kosztom i awariom podczas eksploatacji. Najczęściej wybieranym materiałem jest stal węglowa. Stal nierdzewna, choć droższa niż stal węglowa, zapewnia znacznie lepszą odporność na korozję i ma wyższe limity temperatury pracy.

## Stal węglowa

### Hartowane olejem

Wysokowęglowa stal sprężynowa SAE 1070-1090 jest standardowym materiałem na spiralne pierścienie ustalające i sprężyny faliste. Wytrzymałość na rozciąganie i granica plastyczności są zmaksymalizowane dzięki strukturze martenzytycznej hartowanej w oleju.

### Hard Drawn

Wysokowęglowa stal sprężynowa ciągniona na zimno SAE 1060-1075 jest standardowym materiałem na pierścienie osadczyste. Stal węglowa ciągniona na zimno nie ma zgorzeliny, ponieważ uzyskuje swoją wytrzymałość w procesie ciągnięcia.

Stal węglowa najlepiej nadaje się do zastosowań w chronionym środowisku, ponieważ koroduje, jeśli nie jest smarowana lub uszczelniona atmosferycznie. Dodatkową ochronę przed korozją można uzyskać dzięki specjalnym wykończeniom. Pierścienie i sprężyny są zwykle dostarczane z wykończeniem olejowym zapewniającym ochronę podczas transportu i przechowywania na półce.

- Stal węglowa jest wysoce magnetyczna i może mieć różne kolory, w tym niebieski, czarny i szary.

## Stal nierdzewna

### Stal nierdzewna 302

302 to standardowa stal nierdzewna dla spiralnych pierścieni ustalających. Ten szeroko stosowany materiał jest wybierany ze względu na połączenie odporności na korozję i właściwości fizycznych. Stal 302 uzyskuje swój sprężysty stan poprzez obróbkę na zimno. Chociaż jest sklasyfikowana jako niemagnetyczna stal nierdzewna, 302 staje się lekko magnetyczna w wyniku obróbki na zimno. Nie jest utwardzalny przez obróbkę cieplną.

- 302 ma srebrno-szary kolor.

### Stal nierdzewna 316

Prawie identyczny pod względem właściwości fizycznych i odporności cieplnej do stali 302, 316 zapewnia dodatkową odporność na korozję, w szczególności na wżery, ze względu na zawartość molibdenu. Stal 316 jest powszechnie stosowana w przemyśle spożywczym, chemicznym i w wodzie morskiej.

316 wykazuje mniejszy magnetyzm niż 302. Jednakże, podobnie jak w przypadku 302, magnetyzm wzrasta wraz z redukcją drutu na zimno. Ten gatunek stali nierdzewnej nie jest również utwardzalny przez obróbkę cieplną.

- 316 ma srebrno-szary kolor.

### 17-7 PH Stan stali nierdzewnej CH900

Podobny pod względem odporności na korozję do typu 302, stop ten jest używany prawie wyłącznie do produkcji sprężyn falistych, ale oferuje zarówno wysoką wytrzymałość na rozciąganie, jak i granicę plastyczności do specjalnych zastosowań pierścieniowych. W zastosowaniach związanych ze zmęczeniem i wysokimi naprężeniami, 17-7 przewyższa nawet najlepsze gatunki stali węglowej.

Właściwości sprężyste uzyskuje się poprzez utwardzanie wydzieleniowe od stanu C do stanu CH900. W rezultacie materiał może być poddany działaniu temperatury 343°C bez utraty właściwości sprężystych. Stal 17-7 PH Warunek CH900 wykazuje magnetyzm podobny do stali wysokowęglowej.

- Po utwardzeniu wydzieleniowym, 17-7 ma niebieski, brązowy lub srebrny kolor w wyniku obróbki cieplnej na wolnym powietrzu, chociaż obróbka cieplna w kontrolowanej atmosferze zapewnia jasny kolor.

# Rodzaje materiałów

## Super stopy

### Inconel X-750\*

Ten stop niklowo-chromowy jest najczęściej stosowany w środowiskach o wysokiej temperaturze i korozyjnych. Poniżej opisano dwie powszechnie stosowane odmiany stopu Inconel.

Najczęściej Inconel X-750 jest poddawany obróbce cieplnej do stanu odpuszczania sprężynowego. W tym stanie ma odporność na temperaturę do 371°C. National Association of Corrosion Engineers (NACE) zatwierdza to twarde odpuszczanie zgodnie ze specyfikacją MR-01-75 (maksymalnie Rc50) dla spiralnych pierścieni ustalających i sprężyn falistych/ściskających.

Odpuszczanie #1, które wymaga dłuższej obróbki cieplnej niż odpuszczanie sprężynowe, ma niższą wytrzymałość na rozciąganie, ale zapewnia ochronę przed temperaturą do 538°C.

Zarówno odpuszczanie sprężynowe, jak i odpuszczanie #1 mogą być poddawane obróbce cieplnej w piecu z otwartym powietrzem lub w piecu z kontrolowaną atmosferą. Obróbka cieplna na otwartym powietrzu może powodować utlenianie, co często skutkuje niewielkim czarnym osadem. Środowisko kontrolowane atmosferą eliminuje utlenianie i wytwarza komponent bez pozostałości.

- Pierścienie i sprężyny wykonane z tego gatunku Inconelu mają niebiesko-srebrno-szary kolor i nie wykazują magnetyzmu.

### Stop A286

W zastosowaniach do 538°C stop ten wykazuje właściwości podobne do Inconelu X-750. Jego stan odpuszczania sprężynowego uzyskuje się przez utwardzanie wydzieleniowe. A286 może być poddany obróbce cieplnej podobnej do odpuszczania sprężynowego i odpuszczania #1 Inconel.

- Materiał ten nie wykazuje magnetyzmu i ma niebiesko-srebrno-szary kolor.

### Elgiloy\*

Ten stosunkowo nowy materiał sprężynowy, znany z doskonałej odporności na środowiska korozyjne i stosowanie w podwyższonych temperaturach, jest teraz łatwo dostępny w ofercie firmy Smalley. Powszechnie stosowany w przemyśle naftowym, Elgiloy wykazuje zwiększoną niezawodność w porównaniu z innymi materiałami zatwierdzonymi przez NACE, dzięki odporności na pękanie naprężeniowe siarczkowe.

Dodatkowo, Elgiloy zapewnia "ponad 600% lepszą wytrzymałość na obciążenia niż 17-7 PH w temperaturze 343°C i zapewnia ponad 100% więcej cykli (w odporności zmęczeniowej) niż stal węglowa, bez pęknięć".

## Miedź

### Stop miedzi berylowej #25

Zwykle stosowany w stanie twardym, stop ten zapewnia doskonałe właściwości sprężyste dzięki połączeniu niskiego modułu sprężystości i wysokiej wytrzymałości na rozciąganie. Stop ten uzyskuje swoje właściwości fizyczne poprzez utwardzanie wydzieleniowe. W przeciwieństwie do innych stopów miedzi, miedź berylowa ma najwyższą wytrzymałość i oferuje niezwykłą odporność na utratę właściwości fizycznych w podwyższonych temperaturach.

- Miedź berylowa jest niemagnetyczna. Jej przewodność elektryczna jest około 2-4 razy większa niż brązu fosforowego

### Brąz fosforowy, klasa A

Brąz fosforowy oferuje dobre właściwości sprężyste, dobrą przewodność elektryczną i jest oceniany o stopień niżej niż miedź berylowa pod względem wydajności. Jest on kupowany w stanie odpuszczonym, aby zmaksymalizować właściwości sprężynowe.

- Brąz fosforowy jest hartowalny tylko poprzez obróbkę na zimno. Materiał ten jest również niemagnetyczny.



\*INCONEL X-750 jest zastrzeżonym znakiem towarowym firmy Special Metals Corporation. ELGILOY jest zastrzeżonym znakiem towarowym firmy Combined Metals of Chicago.

# Tabela materiałów

Poniższa tabela przedstawia najpopularniejsze stopy stosowane przez Smalley

Materiał	Materiał Grubość (mm)	Minimalna wytrzymałość na rozciąganie (N/mm <sup>2</sup> )	Wytrzymałość na ścinanie (N/mm <sup>2</sup> )	Maksymalna zalecana temperatura pracy <sup>4</sup> (°C)	Moduł sprężystości (N/mm <sup>2</sup> )
<b>STAL WĘGLOWA</b>					
Olej hartowany SAE 1070 - 1090	0,152 - 0,356	1855	1055	121	206843
	0,357 - 0,533	1758	1000		
	0,534 - 1,092	1524	869		
	≥1,093	1455	827		
Twarde ciągnięte SAE 1060 - 1075	0,152 - 0,762	1586	896		
	0,763 - 2,794	1248	710		
	2,795 - 5,588	1076	614		
<b>AISI 302</b>					
AMS-5866	0,051 - 0,559	1448	820	204	193053
	0,560 - 1,194	1379	786		
	1,195 - 1,575	1276	724		
	1,576 - 1,880	1207	689		
	1,881 - 2,261	1138	648		
	2,262 - 2,413	1069	607		
<b>AISI 316</b>					
ASTM A313 <sup>1</sup>	0,051 - 0,584	1344	765	204	193053
	0,585 - 1,219	1310	745		
	1,220 - 1,549	1207	683		
	≥1,550	1172	669		
<b>17-7 PH/CH900</b>					
STAN CH900 AMS-5529		1655 <sup>2</sup>	945 <sup>2</sup>	343	203395
<b>A-286</b>					
AMS-5810		1241 <sup>2</sup>	724 <sup>2</sup>	538	213737
<b>Inconel<sup>5</sup> Stop X-750</b>					
Spring Temper AMS-5699 <sup>3</sup>		1517 <sup>2</sup>	862 <sup>2</sup>	371	213737
Nr 1 Temper Rc 35 Maximum AMS-5699 <sup>1,3</sup>		938 <sup>2</sup> REF	531 <sup>2</sup>	371	
Nr 1 Temper AMS-5698		1069 <sup>2</sup>	607 <sup>2</sup>	538	
<b>Inconel<sup>5</sup> Stop 718</b>					
AMS-5596 <sup>1</sup>		1241 <sup>2</sup>	703 <sup>2</sup>	704	204085
<b>Elgiloy<sup>5</sup></b>					
AMS-5876 <sup>1,3</sup>	≤ 0,102	2068 <sup>2</sup>	1179 <sup>2</sup>	427	206843
	0,103 - 0,483	1999 <sup>2</sup>	1138 <sup>2</sup>		
	0,484 - 0,635	1931 <sup>2</sup>	1096 <sup>2</sup>		
	0,636 - 2,54	1862 <sup>2</sup>	1062 <sup>2</sup>		
<b>MIEDŹ BERYLOWA</b>					
Temper TH02 ASTM B197 <sup>1</sup>		1276 <sup>2</sup>	883 <sup>2</sup>	204	127553

UWAGA: Dodatkowe dostępne materiały obejmują brąz fosforowy, C-276, stal nierdzewną 410, MONEL5 K-500, MONEL5 400, Waspaloy i inne. Więcej informacji można uzyskać od zespołu inżynierów TFC.

<sup>1</sup> Dotyczy tylko składu chemicznego.

<sup>2</sup> Wartości uzyskane po utwardzaniu wydzieleniowym.

<sup>3</sup> Zgodność z normą NACE MR-01-75.

<sup>4</sup> Przekroczenie tych temperatur spowoduje zwiększoną relaksację. W przypadku zastosowań wysokotemperaturowych należy skonsultować się z zespołem inżynierów TFC.

<sup>5</sup> ELGILOY jest zastrzeżonym znakiem towarowym firmy Combined Metals of Chicago. INCONEL i MONEL są zastrzeżonymi znakami towarowymi Special Metals Corporation. HASTELLOY jest zastrzeżonym znakiem towarowym Haynes International.

# Materiały wykończeniowe

## Materiały wykończeniowe

### Zanurzenie w oleju

Jest to standardowe wykończenie dla wszystkich produktów Smalley wykonanych ze stali węglowej. Olej zapewnia odporność na korozję podczas transportu i normalnego przechowywania. Wykończenie olejowe nie powinno być traktowane jako wykończenie trwałe.

### Czarny tlenek

**MIL-DTL-13924, klasa 1**

To wykończenie zapewnia płaskie czarne wykończenie. Czarna oksyda jest przeznaczona bardziej dla wyglądu kosmetycznego niż odporności na korozję.

### Płyta Cynkowanie

**Płyta Cynkowanie, ASTM B633, Typ V, Fe/Zn 5, SC1 (Bezbarwna)**  
**Płyta Cynkowanie, ASTM B633, Typ VI, Fe/Zn 5, SC1**

Cynkowanie jest stosowane na stali węglowej w celu zwiększenia odporności produktu na korozję. Proces cynkowania spiralnych jest często stosowany jako opłacalna i ekologiczna alternatywa dla przyjazna dla środowiska alternatywa dla powlekania kadmem.

### Pasywacja

**AMS 2700, Metoda 1, Typ 2, Klasa 3**

Pasywacja to opcjonalna operacja czyszczenia stali nierdzewnej. Zapewnia ona jasne wykończenie i zwiększoną odporność na korozję. Pasywacja rozpuszcza cząsteczki żelaza i inne substancje, które osadziły się na powierzchni stali nierdzewnej podczas procesu pasywacji. Jeśli te obce cząstki nie zostaną rozpuszczone, mogą powodować rdzewienie, przebarwienia, a nawet wżery.

Teoretycznie odporność stali nierdzewnej na korozję wynika z cienkiej, niewidocznej warstwy tlenku, która całkowicie pokrywa powierzchnię pierścienia i zapobiega dalszemu utlenianiu. Usuwanie zanieczyszczeń zapobiega pękaniu warstwy tlenku, zapewniając optymalną odporność na korozję.

### Fosforan cynku

Wykończenie to jest czasami określane jako "Parkerizing" i ma kolor szaro-czarny. Odporność na korozję fosforanu jest lepsza niż czarnego tlenku, ale gorsza niż kadmowania lub stali nierdzewnej. Fosforan nie może być nakładany na stal nierdzewną.

### Odtłuszczenie parowe/czyszczenie ultradźwiękowe

**MIL-DTL-16232, typ Z, klasa 2**

Jest to standardowe czyszczenie i wykończenie dla wszystkich stali nierdzewnych. Proces ten usuwa olej i inne związki organiczne z powierzchni materiału za pomocą chlorowanego rozpuszczalnika. Rozpuszczalnik skutecznie usuwa olej i smar z odsłoniętych powierzchni stali nierdzewnej, pierścienia lub sprężyny. Ultradźwięki są wykorzystywane do wymuszania działania rozpuszczalnika między zwojami pierścienia.

### Gratownik wibracyjny / gratownik ręczny

Chociaż wszystkie powierzchnie obwodowe i krawędzie pierścieni Spirolox są gładkie, ostre rogi są zawsze obecne na końcach szczeliny z powodu operacji odcinania. Aby przelamać ostre rogi, uzyskując mieszane / gładkie wykończenie powierzchni, pierścienie mogą być gratowane wibracyjnie lub ręcznie, aby spełnić specyfikacje klienta.



# Materiały

## Specyfikacja

Federalne, lotnicze i inne agencje regulacyjne przygotowały kilka specyfikacji dla materiałów arkuszowych i taśmowych, ale niewiele z nich zostało opublikowanych dla drutu płaskiego.

Smalley zaopatruje się w materiały zgodnie z wewnątrz wygenerowanymi specyfikacjami. Oprócz kontroli wytrzymałości na rozciąganie, ustanowiono sztywne procedury kontroli w celu sprawdzenia konturu krawędzi, fizycznych niedoskonałości, wygięcia, przekroju i składu chemicznego.

## Ostateczna wytrzymałość na rozciąganie

W celu sprawdzenia właściwości sprężystych drutu, preferowaną metodą badania jest najwyższa wytrzymałość na rozciąganie, a nie twardość, ponieważ płaski drut sprężynowy wykazuje różną twardość w różnych punktach wgłębienia.

W wyniku walcowania na zimno, górne i dolne powierzchnie ("A") stają się twardsze, ponieważ są bardziej obrobione niż obszary o zaokrąglonych krawędziach ("B"). Testy na rozciąganie są bardziej spójne, ponieważ oceniają cały przekrój, a nie pojedynczy punkt, jak w przypadku testu twardości.

