

Pinos sólidos são fixadores geralmente utilizados para alinhamento, junção, e montagem de dois ou mais componentes. Pinos sólidos são mais utilizados onde a carga de aperto de um parafuso não é necessária. Eles também são utilizados em funções específicas como, articulações, projetos de montagem permanente, etc.

Dois métodos comuns de manufatura utilizados na produção de Pinos Sólidos são, Conformação e Usinagem. Ambos produzem pinos consistentes e de alta qualidade. Curiosamente, o diâmetro externo vários pinos retificados não são usinados. É comum os pinos retificados passarem por um processo secundário de conformação para produzir o diâmetro externo.

É importante compreender as diferenças entre conformação e usinagem ao projetar a utilização de um pino sólido em uma montagem, pois o método de fabricação influencia diretamente as especificações do projeto (tolerâncias, design e material) que podem ser atribuídas ao Pino Sólido.

O objetivo desse artigo técnico é informar aos projetistas sobre as diferenças entre conformação e usinagem, assim é possível entender como utilizar o Pino Sólido de modo que otimize o desempenho e reduza o custo total de manufatura do processo de montagem.



## Usinagem

A Usinagem é um processo de corte de material (tarugo) com determinado design, utilizando ferramentas de corte. Esta operação é tipicamente executada em um Torno. Este processo produz sucata na forma de cavaco.

## Conformação

Conformação é o processo de transformação da matéria prima na forma desejada através da compressão do material em uma ou mais matrizes. O método mais comum de conformação de fixadores utiliza uma matriz e dois punções, dessa forma é possível formar os chanfros e as cabeças. Matrizes possuem cavidades utilizadas para formar o design desejado, enquanto o punção tem o papel de agredir o material contra as matrizes deformando-o. Matrizes e punções adicionais são utilizados se o design da peça se tornar mais complexo. Há limitações para quantidade de material que pode ser deslocada por punção.

Conformação a frio às vezes inclui um processo de trefilação que pode ocasionar no endurecimento do material, aumentando tanto o rendimento como a resistência à tração. Pinos usinados com o mesmo material base terão menor performance à tração, pois sua estrutura foi comprometida.

COMPARAÇÃO DOS MÉTODOS DE MANUFATURA		
	Conformação	Usinagem
Qualidade das peças	✓	✓
Rendimento e resistência à tração	✓	
Tolerância de aperto	✓	✓
Características de Retenção	✓	✓
Sucata durante a fabricação		✗
Complexidade de desenho de peças		✓
Maior comprimento / diâmetro do pino	✓	
Custos mínimos de ferramentas		✓
Rapidez no Setup		✓
Duração do Cilco	✓	
Menor custo total	✓	
Menor custo de preparação de furo	✓	

Table 1

## Especificações de Design de Pino Sólido & Capacidade de Manufatura

A primeira etapa no projeto de uma montagem, é estabelecer os requisitos funcionais tando do material hospedeiro quanto dos fixadores. Requisitos de desempenho devem ser atingidos sem a necessidade de utilizar um grande fator de segurança. Uma montagem ideal satisfaz os requisitos de desempenho e qualidade com menor custo possível. A informação abaixo ajudará os projetistas a entender as diferenças de capacidades entre conformação e usinagem no que se refere às especificações de projeto para Pinos Sólidos e os furos do material hospedeiro.

### Visão geral sobre Pinos de encaixe por pressão

Os Pinos de encaixe por pressão e os pinos guia são tipicamente retidos no conjunto por serem pressionados em orifícios menores que o diâmetro do pino. Na maioria das aplicações, a interferência deve ser limitada para manter as forças de inserção dentro dos limites práticos. O ajuste de pressão aceitável para a maioria dos metais (aço, latão e alumínio) é de 0,0125mm a 0,025mm (0,0005" - 0,001") de deslocamento de material. Como esse limite de tolerância inclui a soma das tolerâncias do diâmetro do pino e do furo, os pinos devem ser usinados com precisão e os furos devem ser fresados e/ou afiados. Isso aumenta o tempo de ciclo e os custos de fabricação associados à preparação do furo.

Também é importante reconhecer que as articulações livres não exigem furos precisos e não deverá ter uma tolerância menos que  $\pm 0,025\text{mm}$  ( $\pm 0,001$  ").

### Tolerância

Normalmente, o diâmetro externo é a dimensão mais crítica do Pino Sólido. Tanto conformados como usinados podem atingir especificações de tolerância necessárias para a maioria das aplicações. De fato, a conformação produz Pinos Sólidos com tolerância total do diâmetro externo de 0.05mm (.002") (menor que a espessura de um fio de cabelo humano). Já a usinagem pode alcançar uma tolerância de diâmetro externo mais precisa do que a Conformação, más geralmente requer um tarugo trefilado. Isso deve ser evitado (se possível), já que um tarugo trefilado pode custar até três vezes mais do que um tarugo comum.

Quanto as tolerâncias de comprimento do pino sólido, a usinagem e a projeção a frio podem atingir os mesmos níveis de tolerância de aproximadamente  $\pm 0,25\text{mm}$  ( $\pm 0,010$  "). Isso varia de acordo com o comprimento do pino.

O objetivo de um chanfro é permitir a facilidade de montagem. Um ângulo de chanfro entre 25 ° e 40 ° é adequado para a grande maioria das aplicações de Pino Sólido e permite o engate máximo dos pinos. Do ponto de vista de fabricação, o ângulo de corte ideal (usinagem) é de 45 °, enquanto o ângulo de formação ideal (conformação a frio) é de 30 ° ou menos.

CAPACIDADE DE TOLERÂNCIA Diâmetro Externo do Pino Sólido				
Método de Fabricação	Matéria Prima	Custo da Matéria Prima	Métrico	Imperial
Conformação	Fio Máquina	\$	$\pm 0.025\text{mm}$	$\pm .001"$
Usinagem	Tarugo Padrão	\$	$\pm 0.0125\text{mm}$	$\pm .0005"$
	Tarugo com (Di) Controlado	\$\$\$	$\pm 0.0025\text{mm}$	$\pm .0001"$

Tabela 2

### VISTA LATERAL – PINOS CONFORMADOS VS PINOS USINADOS



## Material

Os materiais mais comuns para os Pinos Sólidos são Carbono e Aço Inoxidável. Matérias primas estão disponíveis em diferentes formas depende de como os pinos serão fabricados, usinados (tarugo) ou conformados (fio máquina). Comercialmente diferimos as classes de materiais para tarugo e fio máquina. Tarugos estão disponíveis em classes de materiais mais adequados para usinagem, enquanto o fio máquina está disponível nas classes de materiais mais adequados para conformação a frio. Embora os tipos de materiais possam diferir, é importante que existam materiais equivalentes disponíveis para Pinos Sólidos usinados e conformados. Portanto, as melhores práticas de engenharia determinam que as especificações do material nos desenhos sejam detalhadas (ex: Aço Carbono com a classe de dureza de RC 27-33).

A Tabela 3 apresenta exemplos de vários materiais comumente utilizados na conformação a frio e na usinagem, para referência:

EXEMPLOS DE MATERIAIS COMUMMENTE USADOS			
Material	Benefício	Conformação a Frio	Usinagem
Aço Inoxidável Autêntico (Níquel)	Excelente Resistência à Corrosão	305, 302 HQ	303
Aço Inoxidável Martensítico (Cromo)	Resistente à Corrosão Alta Resistência ao Cisalhamento	410	420
Aço de Baixo Carbono	Alta Resistência ao Cisalhamento Alta Dureza	1022	12L14
Aço Liga	Alta Resistência ao Cisalhamento Alta Dureza	6150, 4037	4150
Alumínio	Resistente à Corrosão Material Leve Livre de Chumbo	5056	2024, 6061

Tabela 3

Observação: Esta lista contém alguns dos materiais disponíveis (Outros estão disponíveis)

## Comparação de Custo – Conformação vs Usinagem

O custo dos Pinos Usinados geralmente é dez vezes maior em comparação com os Pinos Conformados. Por que Pinos Sólidos conformados possuem melhor custo-benefício?

- A conformação é capaz de produzir cerca de 300 Pinos Sólidos por minuto, enquanto o processo de usinagem produz aproximadamente 4 peças por minuto.
- No processo de usinagem temos perda de material, portanto, é necessário utilizar mais matéria prima do que o processo de conformação para produzir a mesma peça. Resíduos (sobras) são geradas na conformação apenas durante o processo de setup da máquina.
- Tarugos trefilados podem custar até três vezes mais do que um tarugo padrão para usinagem.

### TOLERÂNCIA DO DIÂMETRO DO PINO X CUSTO DA MAÉRIA PRIMA

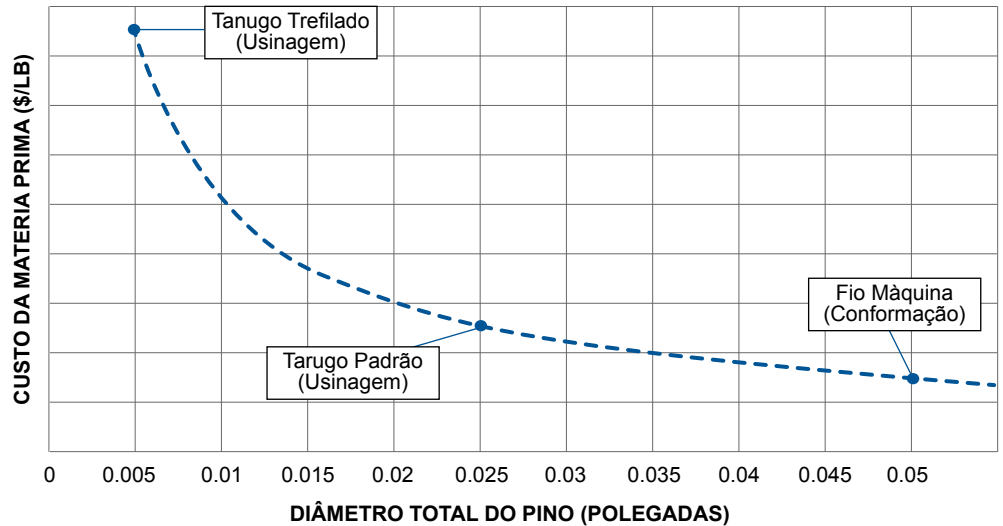


Gráfico 1

### VISTA SUPERIOR - PIN CONFORMADO VS PINO



Pino Conformado

Pino Usinado

Embora a usinagem tenha custos maiores que a conformação, os custos de setup são significativamente menores para usinagem. Empresas que padronizam as dimensões dos Pinos Sólidos são capazes de amortizar estes custos, causando menos impacto ao cliente final. De qualquer forma, os custos de setup podem ser significativos para desenvolver um item customizado, especialmente em baixos volumes. A *tabela 4* demonstra as diferenças principais entre o setup na conformação e na usinagem.

COMPARAÇÃO DE SETUP Novo Design de Pino Sólido		
	Conformação	Usinagem
Tempo de Setup	6 - 12 hrs	2 - 4 hrs
Custos de Ferramental	~\$ 5.000	~\$200

Tabela 4

## Estudo de Caso

O estudo de caso abaixo ilustra as diferenças entre a conformação e a usinagem de um Pino Sólido de 3mm de diâmetro x 30mm de comprimento. Como destacado na tabela abaixo, a quantidade de matéria prima e taxa de produção (peças por minuto) são os fatores mais drásticos na diferença de custo entre a conformação e a usinagem.

COMPARAÇÃO DE PRODUÇÃO 25.000 pcs de Pino Sólido com Cabeça 3mm x 30mm			
Método de Produção		Conformação	Usinagem
Peças Produzidas	#	25.000	25.000
Matéria Prima	-	Fio Máquina	Tarugo Padrão
Quantidade de Matéria Prima	kg	8.6	26.3
Tempo de Setup	hrs	6 - 12	2 - 4
Tempo total de produção	hrs	1.4	104
Refugo	%	< 1%	65%
Tolerância do Diâmetro	mm	± 0.025mm	± 0.0125mm
Custo	-	✓	✗

Tabela 5

## Quando usar:

### Pino Sólido Usinado

- Peças personalizadas em baixo volume de produção;
- Aplicações que requerem alto nível de alinhamento;
- Quando o funcionamento demanda um pino com a geometria complexa.

### Pino Sólido Usinado

- Na maioria das aplicações (Como a maioria não exige uma tolerância muito apertada);
- Eixos e Articulações livres onde os pinos são encaixados.

## Conclusão

Projetistas podem otimizar o desempenho e reduzir o custo total de manufatura de um produto entendendo as diferenças entre aos processos de conformação e a usinagem de Pinos Sólidos. Ambos os métodos produzem peças consistentes e de alta qualidade. No entanto, existem diferenças significativas de custo e capacidade produtiva entre a conformação e a usinagem. Este artigo pode servir como uma ferramenta de referência para auxiliar os designers em projetos que demandam a utilizam de Pinos Sólidos. Porém, é recomendado que os fabricantes façam parceria com empresas especializadas em junções e montagens para identificar a solução com melhor custo efetivo.

## Centros Técnicos

### Américas SPIROL Brasil

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

### SPIROL EUA

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

### SPIROL Divisão de Calços

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

### SPIROL Canadá

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

### SPIROL México

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

### Europa SPIROL França

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

### SPIROL Reino Unido

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

### SPIROL Alemanha

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

### SPIROL Espanha

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

### SPIROL República Tcheca

Sokola Tümy 743/16  
Ostrava-Mariánské Hory 70900  
República Tcheca  
Tel/Fax. +420 417 537 979

### SPIROL Polônia

ul. Solec 38 lok. 10  
00-394, Warszawa, Polônia  
Tel. +48 510 039 345

### Ásia-Pacífico SPIROL Ásia

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

### SPIROL Coreia

160-5 Seokchon-Dong  
Songpa-gu, Seoul, 138-844, Coreia  
Tel. +86 (0) 21 5046-1451  
Fax. +86 (0) 21 5046-1540

e-mail: [info-br@spirol.com](mailto:info-br@spirol.com)

**SPIROL.com.br**