

Why Tonnage Matters

تناژ در خم کاری

هیچ گاه بیشتر از محدوده مجاز، دستگاه پرس برک و قالب آن را زیر بار نگذارید.
Never-ever-exceed the load limits for your tooling or press brake

نوشته: استیو بنسون

۲۰ ژانویه ۲۰۱۴

ماشین آلات صنعتی کانادا-ژانویه ۲۰۱۴

CANADIAN INDUSTRIAL MACHINERY JANUARY 2014 January 20, 2014 By: Steve Benson

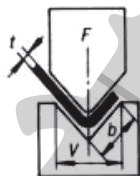
انتخاب یک دستگاه پرس برک و ابزار آلات مربوطه برای انجام کار فراتر از تعیین میزان نیروی مورد نیاز است. لازم است شما مقدار تناژ مورد نظر را محاسبه کنید، سپس بهترین دستگاه و ابزار برای ایجاد آن تناژ را تعیین نمایید.

انتخاب یک دستگاه پرس برک و ابزار آلات مربوطه برای انجام کار فراتر از تعیین میزان نیروی مورد نیاز است. با انجام اشتباه محاسباتی یا اشتباه در انتخاب ابزار مناسب و در آن واحد بارگذاری بیش از حد مجاز بار مرکزی رخ، ممکن است باعث ایجاد خمش در بستر و رم دستگاه شوید. اگر باور ندارید که این اتفاق رخ می دهد، به هر دستگاه پرس برک که ساعات کارکرد بالایی داشته است به دقت نگاه کنید و تعداد شیم هایی که بین ماتریس و بستر دستگاه قرار داده شده است را بشمارید. برای جلوگیری از این مشکلات، به حد مجاز تناژ و بار دستگاه نگاهی بیندازید.

Table 2-1 Air Bending Force Chart

t	V	4	6	7	8	10	12	14	16	18	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250		
b	2.8	4	5.0	5.5	7	8.5	10	11	13.5	14	17.5	22	28	35	45	55	71	89	113	140	175			
ir	0.7	1	1.1	1.3	1.6	2	2.3	2.6	3	3.3	4	5	6.5	8	10	13	16	20	26	33	41			
0.5	4	3																						
0.6	6	4	4	4																				
0.8		7	7	5	4																			
1.0		11	10	8	7	6																		
1.2			14	12	10	8	7	6																
1.4				15	13	11	10	9	8															
1.6					17	15	13	11	10	9														
2.0						22	19	17	15	13	11													
2.3							25	23	19	17	15	12												
2.6								28	25	22	18	14												
3.0									34	30	24	19	15											
3.2										34	27	22	17	14										
3.5											33	26	20	16	13									
4.0												43	34	27	21	17								
4.5													44	34	27	21								
5.0														52	42	33	26	21						
6															60	48	38	30	24					
7																52	41	33	26					
9																	67	54	43					
10																		85	67	53	42			
12																			96	78	60	55		
16																				136	107	86		
19																					150	125	100	
22																						160	130	
25																							210	170
30																								240

t : Sheet thickness (mm) (tensile strength: 45-50 kg/mm²)
F : Bending force per meter (ton/m)
ir : Inside bending radius (mm)
b : Minimum flange length (mm)
V : V-die width (mm)



The following can be read from this chart if the sheet thickness of the material and the inside radius of the bend are determined.

- (1) The required force to bend one meter of the material.
- (2) The V-width of the tooling used in that bending.
- (3) The minimum flange length that can be bent.

مقدار تناژ مورد نیاز برای یک کار خاص چقدر است؟

برای تعیین تناژ ابتدا به جدول تناژهای استاندارد (شکل ۱) مراجعه کنید. این جدول بین عرض دهانه ماتریس و ضخامت قطعه کار ارتباط برقرار می سازد و می توان با تلاقی سطر و ستون به مقدار تناژ مورد نیاز برای هر فوت از فولاد نورد سرد با استحکام کششی 60000Psi دست یافت.

شکل ۱ - جدول تناژ، ضخامت قطعه ورق قطعه کار را به عرض دهانه ماتریس ارتباط می دهد. توجه داشته باشید که جداول تناژ برای کارهای دستی می تواند خطا داشته باشد.

Thickness of Metal		Width of Female Die Opening																						
		Approximate pressure in tons per linear foot required to make a 90-degree air bend in mild steel (60,000 PSI tensile)																						
Gauge	Dec.	1/4"	5/16"	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	7/8"	1"	1 1/8"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	3 1/2"	4"	5"	6"	7"	8"	10"	12"	
20	0.036	2.6	2.2	1.6	1.2	1.0																		
18	0.048		3.5	2.8	2.1	1.7	1.3																	
16	0.060			5.3	3.7	2.8	2.2	1.7																
14	0.075				5.5	4.6	3.5	3.0	2.5	2.1														
13	0.090					6.4	5.5	4.3	3.6	3.2	2.8													
12	0.105					9.2	6.9	6.2	5.0	4.3	3.9	3.1												
11	0.120						10.1	8.0	7.0	6.1	5.3	4.3	2.9											
10	0.135							10.3	8.7	7.8	6.9	5.7	3.9											
9	0.150								11.9	9.8	8.8	7.0	5.0	3.7										
7	0.188									16.9	13.9	11.2	8.3	6.7	4.9									
1/4"	0.250										27.5	22.1	15.0	11.6	9.6	7.9	6.7							
5/16"	0.312											39.2	26.5	19.3	15	12.5	10.4	7.7						
3/8"	0.375												42.7	31.2	23.8	19.5	16.3	12.4	9.6					
7/16"	0.437													45.5	35.2	28.5	24.4	17.4	15.0	11.5				
1/2"	0.500														48.5	39.5	33.2	24.6	19.5	16.1	13.4			
3/4"	0.625															65.5	57.9	42.8	33.1	27.3	23.3	17.0		
1"	0.750																92.3	68.1	53.0	36.2	36.2	26.9	21.0	
1 1/4"	0.875																	103.1	79.9	52.3	52.3	39.2	31.2	
1 1/2"	1.00																		112.1	90.4	75.5	55.7	43.7	

بنابراین جداول تناژ می‌تواند دقیق نباشد. برای بدست آوردن سریع تناژ مورد نیاز برای هر کار خاص به طور دقیق، از فرمول زیر استفاده کنید، که مقدار تناژ را برای هر اینچ در شرایطی بدست می‌دهد که *air bending* بر روی فولاد نورد سرد شده‌ی AISI 1035 با استحکام کششی 60000 Psi به ازای عرض دهانه داده شده برای ماتریس انجام شده است.

(۱۲ * عرض دهانه ماتریس) / (ضخامت ورق * ضخامت ورق * ۵۷۵) = تناژ برای هر اینچ

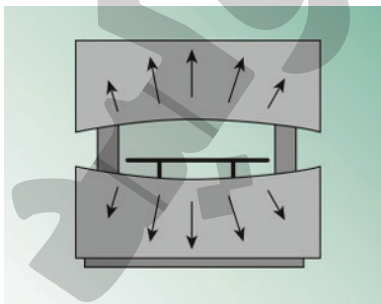
با ضرب این عدد در طول خم، مقدار نهایی تناژ مورد نیاز برای کاربرد شما بدست خواهد آمد.

باز هم در هر کار جدید، جنس مواد تغییر می‌کند، و هر ماده‌ای استحکام کششی خاص خود را دارد.

استحکام کششی توانایی مواد برای تحمل وزن بدون شکست یا تکه شدن تحت بار آرام (نه ضربه ناگهانی) تعریف می‌شود.

- AISI 1035 cold-rolled steel = 1
- 304 Stainless = 1.4 to 6
- Aluminum 6061 T6 = 1.28
- Aluminum 5052 H32 = 0.50

ما از فولاد AISI 1035 با استحکام کششی 60000 Psi به عنوان مبنا استفاده می‌کنیم (رایج‌ترین نوع فولادهای نورد سرد شده مورد استفاده) و بنابراین مقدار ضریب 1 را به آن اختصاص می‌دهیم. برای بدست آوردن ضریب مواد مختلف، می‌توانید مقایسه‌ی ساده‌ای بین استحکام کششی آن ماده با مقدار مبنای 60000 Psi انجام دهید. برای مثال اگر با ماده‌ای که حداکثر استحکام کششی آن 120000 Psi است، سر و کار دارید، این عدد را بر 60000 Psi تقسیم نمایید تا به عدد 2 برسید، و این عدد ضریب ماده در فرمول تناژ است. با در نظر گرفتن تمام این مطالب، در زیر محاسبات تناژ برای تعیین مقدار باری که شما برای یک کار خاص احتیاج دارید، آورده شده است:



شکل ۲: خیز موقت رم دستگاه پرس برک و بستر آن، که به صورت طبیعی زیر بار رخ می‌دهد. با وارد آوردن بار بیش از حد، خیز خمشی دستگاه پرس برک از حد مجاز فراتر می‌رود، باعث به هم خوردن تنظیم دستگاه می‌شود که در این حالت رم و بستر دستگاه به صورت دائمی در یک موقعیت تغییر شکل یافته دائمی یا خمیده قرار خواهد گرفت.

تناژ برای هر اینچ ماده مرجع X ضریب مربوط به جنس ماده

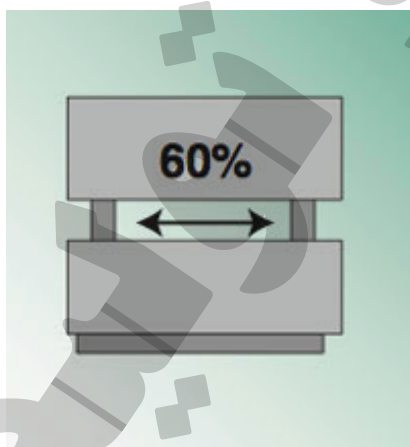
و پر هزینه خواهد بود.

اکثر دستگاه‌های پرس برک برای بارگذاری‌های محوری و در امتداد محور مرکزی طراحی شده‌اند، به این معنی که برای کار در مرکز بستر پرس برک طراحی شده‌اند. نیروی رم از سیلندرهایی که در دو طرف بستر وجود داد تولید می‌شود که نتیجتاً نیروی برآیند در خم کاری در وسط قرار خواهد داشت.

همیشه خیز وجود نخواهد داشت. در دستگاه‌هایی که قابلیت بارگذاری خارج از مرکز دارند، شما می‌توانید قطعه را مستقیماً زیر سیلندر هیدرولیک قرار دهید و در این حالت هیچ خیزی وجود نخواهد داشت، اما در این حالت تنها نصف تناژ پرس برک را در اختیار خواهید داشت. عامل محدودکننده در این حالت حد بارگذاری ابزارآلات یا سختی رم و مقاومت آن در برابر تناژ است.

با فراتر رفتن از تناژ مجاز دستگاه، تنظیم بودن رم دستگاه به هم می‌خورد. حد بار، جز مشخصات دستگاه است. تنها فروشنده دستگاه می‌تواند حد بار مجاز دستگاه که در امتداد خط مرکزی دستگاه است، را به شما بگوید، که می‌تواند ۳۰ تن در هر فوت یا ۵۵ تن در هر فوت باشد. لازم است در مورد اطلاعاتی که تولیدکننده دستگاه می‌دهد، تحقیق کنید.

در حالت کلی، شما مجاز نیستید که کل تناژ ظرفیت دستگاه را بر روی طولی کمتر از ۶۰ درصد طول بستر مابین چهارچوب‌های جانبی، وارد آورید (شکل ۳). اگر برای مثال، یک دستگاه ۱۰ فوتی دارید، کل بار مجاز دستگاه می‌تواند به صورت یکنواخت بر روی ۶ فوت از بستر یا بیشتر وارد شود. این قانون اکثر جاهایی که امکان خمیدگی وجود دارد لازم است اجرا شود. اگر کل تناژ مجاز دستگاه بر روی طولی کمتر از ۶۰ درصد طول بستر وارد آید، ممکن دستگاه شما دچار خمیدگی در ناحیه رم و بستر شود.



شکل ۳

تناژ کل = تناژ برای هر اینچ \times طول کل خم برحسب اینچ این فرمول‌ها برای **air bending** می‌باشد. اگر شما در حال **bottom bending** یا **coining** باشید، لازم است تا این موضوع را نیز در محاسبات لحاظ کنید. تناژ این حالت‌ها در بهترین صورت می‌تواند تقریبی محاسبه شود، زیرا این مقادیر بسته به اپراتور دستگاه می‌تواند تغییر کند. در این شیوه‌های خم کاری به طور حتم مقدار تناژ بالا خواهد رفت. در حالت **bottoming** لازم است تا مقدار تناژ محاسبه شده حداقل در عدد ۵ ضرب شود، در حالت **coining** این ضریب می‌تواند ۱۰ یا بیشتر باشد.

همچنین توجه داشته باشید که بیشینه تناژ به یک‌باره رخ نمی‌دهد، بلکه طی یک منحنی شبیه‌دار اعمال می‌شود. با انجام مشاهدات دقیق، متوجه خواهید شد که ۸۰ درصد تناژ نهایی در ۲۰ درجه ابتدایی خم کاری وارد می‌آید، بنابراین حتی در خم‌هایی با زاویه کوچک، فشار بسیار زیادی به تجهیزات و ابزارآلات وارد می‌آید.

همچنین بارهای بیشتر از تناژی که برای خم کردن ورق لازم است به دستگاه وارد می‌شود. ابعاد قطعه کار نیز می‌تواند مقدار تناژ را تحت تاثیر قرار دهد. هنگامی که با قطعات کوچک سر و کار دارید، این نیرو بسیار کوچک است. اما برای قطعات بزرگ، مقدار نیرو حائز اهمیت می‌باشد. با مهار کردن قطعه با تعداد زیادی کارگر تنومند یا با لیفترهای مواد که بر روی دستگاه وجود دارد یا جرثقیل می‌توان به کاهش این اثرات کمک کرد.

چه از جدول برای تعیین تناژ استفاده کنید، چه بار را به صورت دستی محاسبه نمایید، لازم است بدانید که چگونه این اطلاعات را به کار ببندید. ملزومات تناژ برای یک کار خاص نباید از ظرفیت دستگاه پرس برک یا ابزارآلات همراه آن فراتر رود.

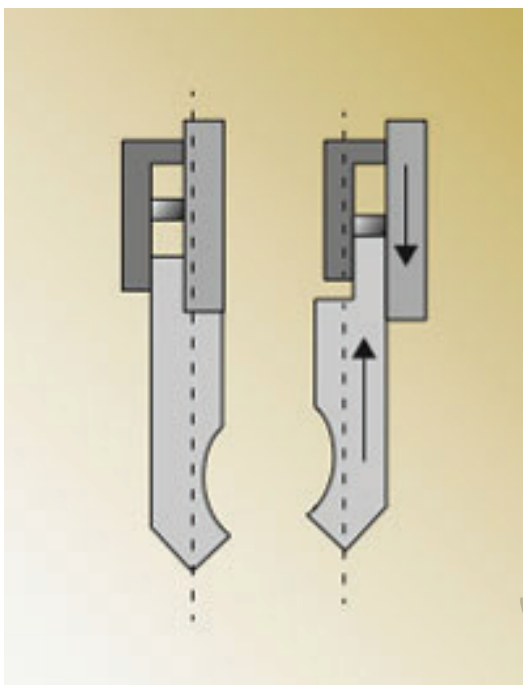
ظرفیت تناژ پرس برک

پیش از ادامه موضوع لازم است تا بعضی از عبارات تعریف شوند، در ابتدا عبارت خیز را تعریف می‌کنیم. خیز عبارتست از تغییر شکل موقت رم و بستر دستگاه پرس برک که به طور طبیعی زیر بار رخ می‌دهد (شکل ۲). هنگامی که فشار از روی دستگاه برداشته شود، رم و بستر دستگاه به موقعیت اصلی خود باز می‌گردند. به عبارت دیگر، وجود خیز در دستگاه طبیعی و مورد انتظار است.

واژه دوم برهم خوردن تنظیم دستگاه است، که زمانی رخ می‌دهد که شما از خیز بیشینه‌ی رم دستگاه فراتر روید. در این هنگام، رم و بستر به صورت دائمی تغییر شکل می‌یابند (خم می‌شوند)، اگر حتی یکبار این اتفاق بیفتد، تعمیر بستر و رم دستگاه بسیار دشوار

راست، ظاهر شده است، توجه نمایید. ابزارآلات طرح اروپایی (شکل سمت راست) کاملاً قابلیت پشت و رو نصب شدن را دارند، مرکز بودن لحاظ شده است، اما توزیع و انتقال فشار همانگونه که در شکل ۵ نشان داده شده، تغییر می‌کند.

ابزارآلات طرح اروپایی (شکل سمت راست) کاملاً قابلیت پشت و رو نصب شدن را دارند به طوری که مرکز بودن لحاظ شده است، اما ممکن است اشتباه نصب شوند. به نصب ابزار در شکل ۵ سمت راست، توجه کنید. فشار از رم عبور می‌کند و به پیچ‌های نصب وارد می‌آید که این موضوع خطرناک است.



شکل ۵

ابزارآلات اروپایی می‌توانند پشت و رو نصب شوند اما انتقال فشار تغییر می‌کند. همانطور که در تصویر سمت راست نشان داده شده است، فشار از رم عبور کرده و به پیچ‌ها وارد می‌شود که موقعیت بسیار خطرناکی ایجاد می‌کند.

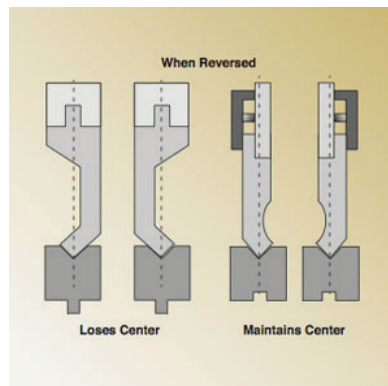
ظرفیت تناژ ابزار

تولیدکنندگان برای اکثر قطعات، یک لیست از ابزاری که تولید کرده‌اند به همراه شماره مرجع و تناژ مجاز به ازای هر فوت ارائه می‌کنند. با تقسیم تناژ ذکر شده بر ۱۲، ماکزیمم تناژ مجاز به ازای هر اینچ از طول ابزار، بدست می‌آید. با ضرب آن در طول کل بستر بر حسب اینچ، بیشینه تناژ مجاز برای طول خم بدست می‌آید. اطمینان حاصل کنید که این مقدار از تناژ مورد نیاز برای کاری که انجام می‌دهید، بیشتر باشد.

در حالت کلی لازم هرگز نباید کل تناژ دستگاه بر روی طولی کمتر از ۶۰ درصد طول کل بین چهارچوب‌های جانبی، وارد آید. فرض کنید یک پرس برک ۲۵۰ تن، با طول بستر ۱۴ فوت بین چهارچوب‌های جانبی دارید. این یعنی که کل بار مجاز دستگاه می‌تواند روی ۶۰ درصد این طول (۰.۶ * ۱۴) یا ۸.۴ فوت توزیع شود. اگر ۲۵۰ تن ظرفیت بر ۸.۴ فوت طول تقسیم شود، پس از رند کردن به عدد U.S. tons 30 در هر فوت می‌رسیم. (هنگام محاسبات توجه داشته باشید که از واحدهای سازگار استفاده کنید، هر تن در مقیاس آمریکایی برابر ۱,۱۰۲ تن متریک است.) مواردی که حین استقرار پانچ (سنه) لازم است در نظر گرفته شود

سه نوع سنه و سه نوع استقرار برای آن‌ها وجود دارد. طرح آمریکایی دو شانهای، طرح اروپایی یک شانهای سنگ‌خورده و دقیق و استاندارد جدید که مستقیماً روی رم نصب می‌شود و فشار مستقیماً از طریق نوک ابزار و در بعضی موارد شانهای ماتریس، منتقل می‌شود.

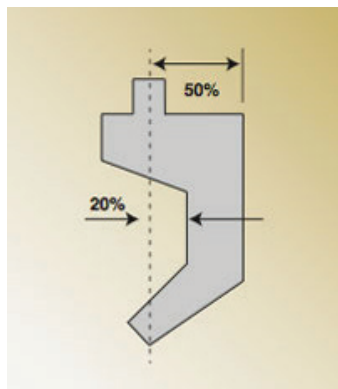
به چگونگی توزیع و انتقال فشار از طریق ابزار، هنگام نصب سنه بر روی پرس برک، توجه ویژه‌ای شود. ابزارآلات استاندارد آمریکایی، قابلیت پشت و رو شدن دارند، توزیع و انتقال فشار در نظر گرفته شده است، اما با پشت و رو کردن سنه، مرکز بودن آن بر روی ماتریس از بین می‌رود (شکل ۴)، که می‌تواند باعث مشکلاتی هنگام شکل‌دهی شود. (همچنین ارتباط بین گیج و خط خم، از بین می‌رود اما این خود یک موضوع دیگری است.)



شکل ۴

ابزارآلات استاندارد آمریکایی، قابلیت پشت و رو شدن دارند، توزیع و انتقال فشار در نظر گرفته شده است، اما با پشت و رو کردن سنه، مرکز بودن آن بر روی ماتریس از بین می‌رود. به فاصله کوچکی که بین سنه و ماتریس در جلوی ماتریس سمت

یک سنبله گردن‌غازی با عمق گلوبی زیاد، که برای خم‌کاری‌های بزرگ طراحی شده است، به مراتب نسبت به یک سنبله مستقیم به عرض ۲ اینچ، تناژ کمتری را تحمل می‌کند. هر چه عمق گلوبی سنبله‌های گردن‌غازی بیشتر باشد، ظرفیت تناژ آن‌ها کمتر است (شکل ۷). برای مثال، یک سنبله با عمق گلوبی ۷۰ درصد (۲۰ درصد نسبت به خط مرکزی) نسبت به یک سنبله مستقیم، بسته به طراحی خاص ابزار، ۳۰ درصد کمتر ظرفیت تناژ دارد.



شکل ۷

سنبله گردن‌غازی با عمق گلوبی ۷۰ درصد، که متناظر با حذف ماده تا فاصله ۲۰ درصدی نسبت به خط مرکزی. هر چه عمق گلوبی بیشتر باشد، ماده بیشتری از سنبله حذف شده است، و تناژی کمتری توسط ابزار تحمل می‌شود.

چرا اطلاعات مربوط به تناژ بسیار حائز اهمیت هستند

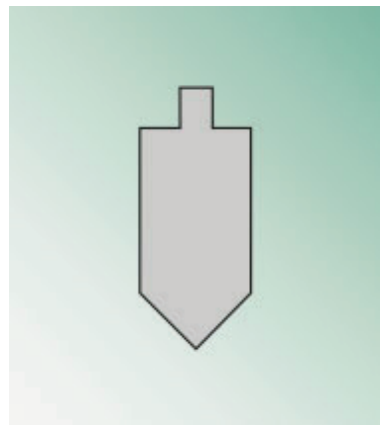
در حالت ایده‌آل، شما باید به اطلاعات فنی مربوط به ظرفیت، که توسط سازنده ابزار و فروشنده پرس برک ارائه می‌شود مراجعه نمایید. داشتن چنین اطلاعاتی و مورد استفاده قرار دادن آن می‌تواند جلوی هرگونه خطر احتمالی ناشی از وارد آمدن تناژ بیش از حد مجاز بر دستگاه را بگیرد.

با به کارگیری دستگاه فراتر از حد مجاز ظرفیت، از هر نظر خسارت جبران‌ناپذیری به دستگاه وارد می‌شود. یک پرس برک بسیار قیمتی، ممکن است پس از تعمیر دوبار خراب شود. دستگاه‌های مدرن با ابزارآلاتی به سختی HRC 75 تحت فشار بیش از حد ممکن است منفجر شوند. بدتر از همه اینکه، تکنسین دستگاه در معرض خطرات جدی قرار می‌گیرد.

طی سالیانی که مقالات زیادی پیرامون چگونگی تعیین تناژ برای یک کار خاص نوشته‌ام، همواره یک عبارت توضیحی پس از آن آورده‌ام: هرگز از حداکثر ظرفیت تناژی که تولیدکننده تعیین کرده، فراتر نروید. سوالی که بعد از آن پرسیده می‌شود: ابزار من ارزیابی نشده است، حال چگونه متوجه شوم که بار زیادی روی آن قرار نداده باشم؟

درست است که بعضی از ابزارآلات پرس برک، مورد ارزیابی ظرفیت تناژ قرار نگرفته‌اند، این موضوع در مورد ابزارآلات طرح آمریکایی رایج است. اینکه دقیقاً یک ابزار چقدر تناژ در هر فوت را می‌تواند تحمل کند بستگی به جنس ابزار، کیفیت سطح و هندسه دارد. تعیین تناژ برای یک ابزار، حتی برای مهندسان با تجربه نیز می‌تواند کار دشواری باشد.

اگر یک سنبله مستقیم با عرض ۲ اینچ، مشخصات مربوط به ظرفیت بار نداشته باشد، حد مجاز بار آن ابزار می‌تواند حد بار رایج پرس برک یعنی ظرفیت ۳۰ تن در هر فوت برای بارگذاری در امتداد مرکز، در نظر گرفته شود. علت این مطلب این است که هنگامی که از یک سنبله مستقیم استاندارد با عرض بدنه ۲ اینچ استفاده می‌کنید (شکل ۶)، می‌توان گفت که سنبله می‌تواند تناژهایی بیشتر از ۳۰ تن در هر فوت را تحمل کند. (البته اگر از پرس برک با ظرفیت بیشتر استفاده شود این موضوع قابل اتکا نخواهد بود).



شکل ۶: یک سنبله استاندارد مستقیم که پهنای بدنه آن حداقل ۲ اینچ است معمولاً می‌تواند حداقل ۳۰ تن در هر فوت تحمل نیرو داشته باشد، که این مقدار حد مجاز رایج بار پرس برک است، با این حال لازم است حتی‌الامکان اطلاعات مربوط به ظرفیت، از تولیدکنندگان ابزارآلات درخواست شود.