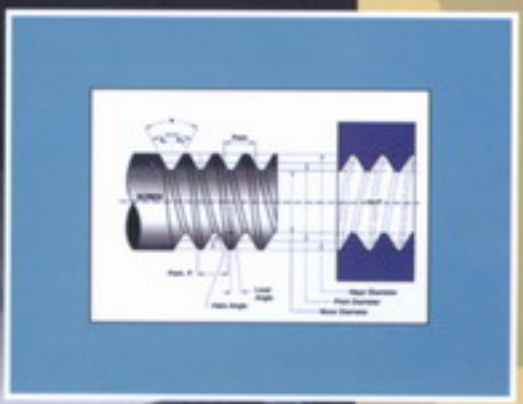


بازرسی پیچ و مهره

مولف : مهندس نیما جاویدان

انتشارات آزاده ناشر سری کتاب‌های فنی و مهندسی

بازرسی پیچ و مهره

□ تألیف : نیما جاویدان
□ حروفچینی و صفحه‌آرایی: انتشارات آزاده
□ صحافی: صالحانی
□ لیتوگرافی: مؤسسه امید
□ چاپ: مروی
□ تیراژ : ۲۰۰۰ نسخه
□ نوبت چاپ: اول زمستان ۱۳۸۵
□ ناشر : انتشارات آزاده
□ بهاء: ۲۵۰۰۰ ریال
□ شابک : ۹ ـ ۰۶۵ ـ ۵۰۱ ـ ۹۶۴

حق چاپ و نشر محفوظ و متعلق به ناشر است.

● مرکز پخش: انتشارات آزاده تلفن: ۶۶۴۱۴۳۷۴ ـ ۶۶۴۱۵۷۵۳ فاکس: ۶۶۴۱۴۵۱۰
خیابان انقلاب، مقابل دانشگاه تهران، جنب بانک ملت، پاساژ پلاک ۱۳۳۸، طبقه زیرهمکف کدپستی ۱۳۱۴۷۵۴۷۱۳

سرشناسه: جاویدان، نیما
عنوان و پدیدآور: بازرسی پیچ و مهره / تألیف نیما جاویدان
مشخصات نشر: تهران: آزاده، ۱۳۸۵.
مشخصات ظاهری: ۱۵۹ ص.: جدول، مصور.
فروست: سری کتاب‌های فنی و مهندسی
شابک: ۲۵۰۰۰ ریال: 964-501-065-9
یادداشت: واژه‌نامه.
یادداشت: کتابنامه: ص. ۱۵۹
موضوع: پیچ و مهره
رده‌بندی کنگره: ۲ب۲ج/۱۳۳۰ TJ
رده‌بندی دیویی: ۶۲۱/۸۸۲
شماره کتابخانه ملی: ۸۵-۴۲۲۸۶ م

تقدیم

به پدر و مادر عزیزم

که مهربانی شان، انگیزه پیشرفتم بوده
و هر موفقیتی، مرهون زحمات آنان است.

نیما

فهرست مطالب

پیشگفتار ۶

فصل اول: هدف ۷

فصل دوم: دامنه ۸

فصل سوم: پیچ و مهره ۹

۳-۱- انواع رزوه ۱۲

۳-۲- کلاس لقی یا محکم بودن پیچ‌ها ۱۷

۳-۳- درجه‌بندی استحکام پیچ‌ها ۱۹

۳-۴- درجه‌بندی مهره‌ها ۲۰

۳-۵- کدخوانی پیچ‌ها ۲۲

۳-۶- انواع انتهای پیچ ۲۴

۳-۷- انواع گل پیچ ۲۵

۳-۸- انواع آچارخور ۲۶

۳-۹- گشتاور لازم برای محکم نمودن پیچ‌های متریک ۲۹

۳-۱۰- ترتیب و توالی بستن پیچ‌ها ۳۶

۳-۱۱- تولید رزوه ۳۹

۳-۱۲- Failure در پیچ و مهره ۴۷

فصل چهارم: بازرسی ۵۰

۴-۱- بازرسی‌های در حین ساخت ۵۰

۴-۲- مدارک بازرسی ۵۲

۴-۳- نمونه‌برداری برای انجام بازرسی ۵۳

۴-۴- بازرسی ظاهری ۶۱

۴-۵- بازرسی غیرمخرب ۷۱

۴-۶- بازرسی ابعادی ۷۲

۴-۷- بازرسی‌های مخرب ۹۷

۴-۸- ترکیب شیمیایی ۱۲۵

۴-۹- بازرسی پوشش ۱۲۸

۴-۱۰- بازرسی نشانه‌گذاری ۱۳۵

۴-۱۱- بازرسی کمّی و بسته‌بندی ۱۳۷

فصل پنجم: واشرها ۱۳۸

فصل ششم: راهنمای تهیه پیچ، مهره و واشرها ۱۴۲

فصل هفتم: استانداردهای مرجع ۱۴۵

فصل هشتم: واژه‌نامه ۱۴۸

پیشگفتار

چند سالی است اهمیت آموزش به عنوان یکی از مهمترین عوامل در جهت رشد و اعتلای صنعت کشور مورد توجه همگان قرار گرفته است لیکن هنوز در برخی از علوم و فنون کمبود منابع معتبر فارسی مشاهده می‌گردد.

یکی از انواع اتصالات که بیشترین کاربرد را در صنایع گوناگون دارد پیچ و مهره می‌باشد که نباید اهمیت آن را از جوشکاری کمتر دانست.

این کتاب به منظور استفاده واحدهای بازرسی، طراحی، مهندسی، تدارکات و نیز صنعتگرانی که به نوعی با اتصال‌دهنده‌ها سر و کار دارند و در راستای آشنایی و تسلط بر بازرسی پیچ و مهره، تألیف و ترجمه گردیده است.

بخش عمده مراجع این کتاب استانداردهای سازمان بین‌المللی ایزو بوده و پیچ و مهره‌های سیستم اینچی (آمریکایی) را شامل نمی‌شود.

امید است روند کنونی توجه به کیفیت و استانداردسازی در کشور، رشد تصاعدی به خود گرفته و شاهد شکوفایی هر چه بیشتر توانمندی‌های نیروهای متخصص در تمامی زمینه‌های صنعتی باشیم.

قطعاً طرح نظرات اصلاحی از سوی خوانندگان گرامی در جهت رفع نقایص نگارشی ـ محتوایی، ارائه مجموعه‌ای کامل‌تر را در چاپ‌های بعدی میسر می‌سازد.

در صورت تمایل، پیشنهادات از طریق آدرس *nimajavidan@yahoo.com* به مؤلف منعکس می‌گردد.

در پایان از همکاران ارجمندم آقایان مهندس طالبی و مهندس سلیلی بخاطر مشورت و همفکری، آقایان مهندس ثابتی و نیک‌بخت به خاطر ویرایش کتاب و ارائه نظرات سازنده و خانم‌ها حاجی‌میرزایی، معروفی و سعیدی به خاطر تحریر و صفحه‌آرایی، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌نمایم.

نیما جاویدان

دیماه ۱۳۸۴

فصل اول

هدف

کتاب حاضر مجموعه‌ای است از اطلاعات ضروری استانداردهای تولید و بازرسی پیچ و مهره، که به میزان قابل ملاحظه‌ای، نیاز استفاده کننده به مراجع مختلف را برآورده می‌سازد.

هدف از تألیف این کتاب، آشنایی و تسلط نسبی بر بازرسی‌های پیچ و مهره، آزمون‌های مکانیکی و آزمایشگاهی و نیز چگونگی و روش‌های کنترل کیفیت در حین ساخت است. مطالب کتاب عمدتاً از کدهای EN و DIN گردآوری شده و در برخی موارد نیز، از استانداردهای ASTM ، ANSI و ASME استفاده شده است.

فصل دوم

دامنه

این کتاب، برای بازرسی اتصالات پیچی فولادی و فولاد آلیاژی مانند پیچ‌های خودکار، پیچ‌های همراه با مهره، پیچ‌های تمام رزوه بدون گل، مهره‌ها و واشرها تهیه شده و مفاد آن براساس سیستم متریک (ISO) تنظیم گردیده است.

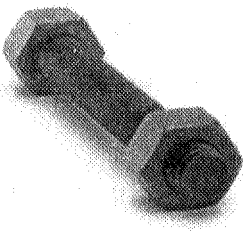
محتویات کتاب حاضر تا حدودی نیز در مورد استادبولت‌ها و انکربولت‌ها کاربری داشته ولی مراجعه به استانداردهای مرجع جهت بازرسی این گونه اتصالات توصیه می‌گردد. مطالب کتاب در مورد پیچ و مهره‌هایی که به طور معمول در صنایع مختلف نظیر فولاد، معدن، نفت و گاز، پتروشیمی، حمل و نقل همچنین سازه‌های فلزی، تجهیزات و ماشین‌آلات گوناگون به‌کار می‌روند، کاربرد داشته و اتصالات ویژه و خاص را در بر نمی‌گیرد.

فصل سوم

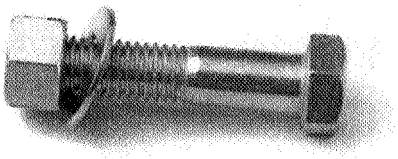
پیچ و مهره

یکی از عمده‌ترین روش‌های اتصال، بخصوص اتصالات مکانیکی، استفاده از پیچ و مهره است. واژه (Bolt) واژه‌ای عام است که به همه اتصال دهنده‌های رزوه‌دار مانند پیچ‌های دو سر رزوهٔ بدون گل یا تمام رزوه (Stud Bolt) و نیز پیچ‌های خودکار (Machine Screws) گفته می‌شود. بحث‌های گوناگونی در ارتباط با پیچ و مهره‌ها مانند مواد و آلیاژهای مصرفی، ابعاد مورد نیاز، آنالیز شیمیایی و خواص مکانیکی و فیزیکی، طراحی و هندسه، تعاریف تخصصی، روش تولید، بازرسی و کنترل کیفیت، کاربردها، پوشش‌دهی و رنگ، انواع پیچ و مهره و طبقه‌بندی آنها، نشانه‌گذاری، عیوب احتمالی، روش‌های اعمال گشتاور، استانداردهای مرتبط، خوردگی، انواع شکست، عملیات حرارتی، نمونه‌برداری و مستندسازی وجود دارد که در استاندارد ISO 1891 ، تعاریف و واژه‌های مربوط به پیچ و مهره‌ها بیان شده است.

Bolt به پیچی گفته می‌شود که به همراه مهره به کار رود (اغلب به صورت استوانه و با انتهایی تخت) و عمدتاً به دو شکل (صفحهٔ بعد) در صنعت کاربرد دارد.



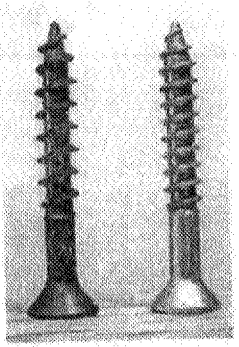
استاد بولت



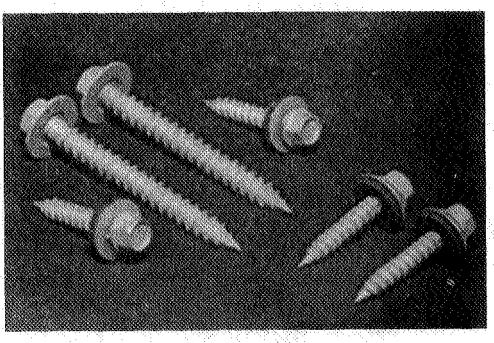
بولت آچار خور

پیچی که بدون مهره به‌کار رود، Screw نام داشته و شامل انواع زیر است:

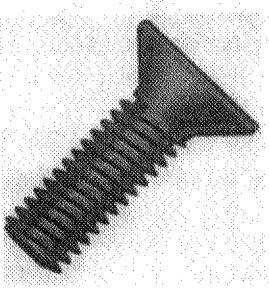
Wood Screw

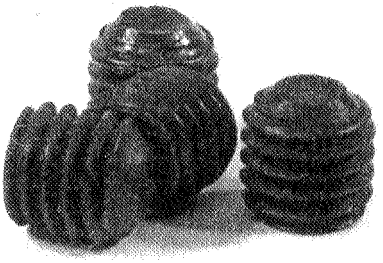


Tapping Screw



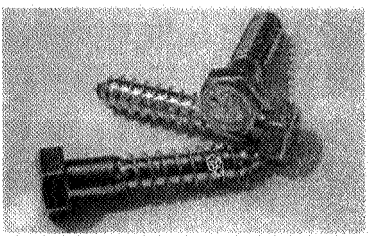
Machine Screw



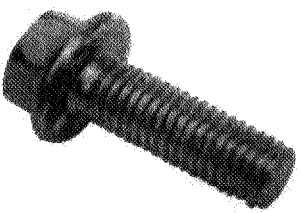


Set screw

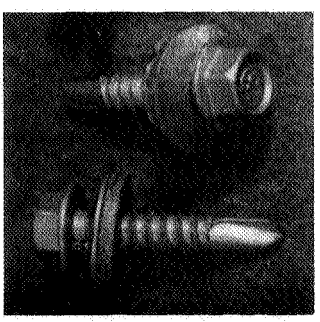
پیچ‌ها، بسته به نوع کاربرد نیز، دارای گونه‌های زیر است.



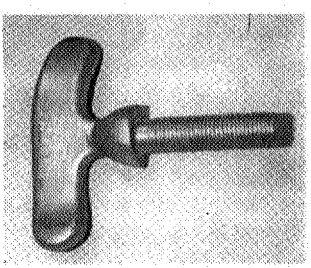
Lag Screw



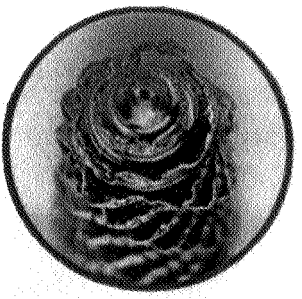
Flange Bolt



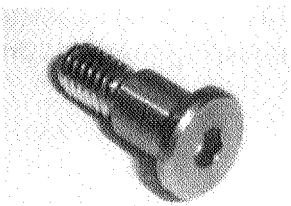
Self Drilling Screw



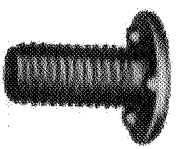
Thumb Screw



Chipboard Screw



Stripper Screw

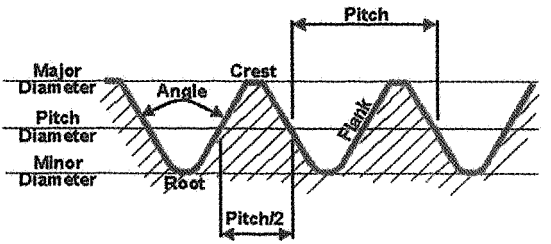


Weld Screw

Plow Screw (Step)

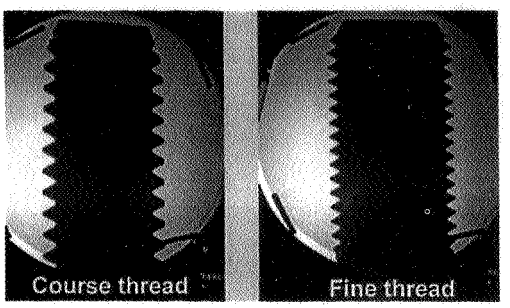
۱ـ۳ـ انواع رزوه

از نظر هندسی و ابعادی، بیش از ۱۲۵ نوع رزوه وجود دارد که آشنایی با ۳۰ نوع از آنها برای صنعتگران کافی است. اتصالات مکانیکی مانند پیچ‌ها (Bolt&Stud Bolt) دارای رزوه خارجی بوده و مهره‌ها و سوراخ‌های رزوه شده دارای رزوه *داخلی* هستند. رزوه از سه قسمت ریشه، قله و پهلو تشکیل شده (شکل ۱) و زاویه معمول هر رزوه در سیستم متریک، ۶۰ درجه می‌باشد.



شکل ۱ : اجزای رزوه

رزوه یا دنده به دو دسته تقسیم می‌شود: الف) دنده درشت (Coarse) و ب) دنده ریز (Fine) شکل ۲ این دو نوع رزوه را با هم مقایسه می‌کند:



شکل ۲ : رزوه دنده ریز و دنده درشت

مزایای دنده ریزها

الف) نسبت به دندانه درشت‌ها (البته با قطر مساوی) به دلیل سطح مقطع تنش بیشتر (A_s) و قطر ریشه (Minor Diameter) بزرگ‌تر، استحکام مکانیکی بیشتری دارند،

ب) به علت کوتاه‌تر بودن طول دامنه و دارا بودن سطح تماس بیشتر، تمایل به لقی کمتری دارند بنابراین می‌توان از آنها در بارهای دینامیک نیز استفاده نمود،

ج) به دلیل طول گام کمتر، امکان انجام تنظیمات دقیق‌تری را در تجهیزات حساس فراهم می‌کنند،

د) نسبت به دنده درشت‌ها، گشتاور کمتری نیاز دارند تا به پیش‌تنیدگی معینی برسند، و

ه) ایجاد رزوه‌های ریز (Tapping) از آلیاژهای با سختی بالا، آسان‌تر می‌باشد.

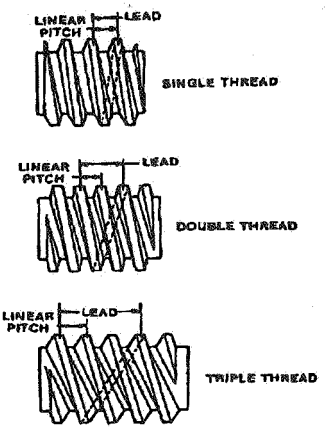
معایب دنده ریزها

الف) آسیب‌پذیری بیشتری دارند،
ب) طول درگیری رزوه در دندانه‌های ریز باید بیشتر باشد،
ج) برای نصب و مونتاژهایی با سرعت بالا مناسب نیستند،
د) تولید دشوار و هزینه زیادی دارند،
ه) مقاومت به خستگی کمتری نسبت به دندانه درشت‌ها دارند، و
و) در مقابل کچل شدن رزوه‌ها (Stripping) مقاومت کمتری از خود نشان می‌دهند.

در شرایط عادی، استفاده از پیچ دنده‌درشت ترجیح داده می‌شود، مگر اینکه در طراحی، استفاده از پیچ دنده ریز ذکر شود.

میزان پیشروی رزوه بسته به هندسه و زاویه آن متفاوت است. این موضوع در شکل ۳ مقایسه شده است.

در پیچ‌های Single Thread، میزان پیشروی رزوه (Lead) برابر گام است و
در پیچ‌های Double Thread، هر یک دور کامل معادل ۲ گام است. در پیچ‌های سه رزوه، هریک دور کامل، معادل ۳ گام است.



شکل ۳: پیشروی رزوه و هندسه گام

توجه: انواع رزوه به همراه مشخصات ابعادی و کاربردهای آنها، به‌طور کامل در استاندارد DIN 202 آمده است.

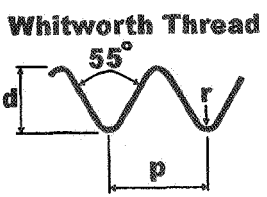
رزوه‌ها از نظر شکل هندسی و ابعاد، به انواع گوناگونی بر روی پیچ ایجاد می‌شوند که برخی از آنها در زیر آمده است:

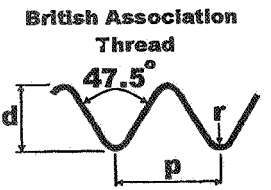
الف) رزوه مثلثی (Sellers) ب) رزوه تخت ج) رزوه یونیفاید

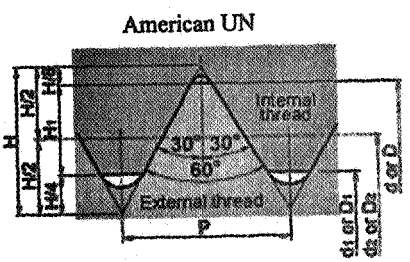
د) رزوه مربعی ه) رزوه ذوزنقه‌ای و) ویت ورث

ز) رزوه مارپیچ ح) رزوه گرد ط) رزوه دره‌ای

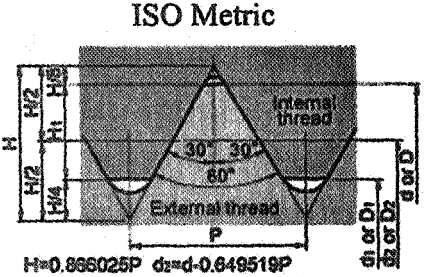
از انواع این رزوه‌ها، برخی از آنها کاربرد خاص داشته و برخی منسوخ شده‌اند.



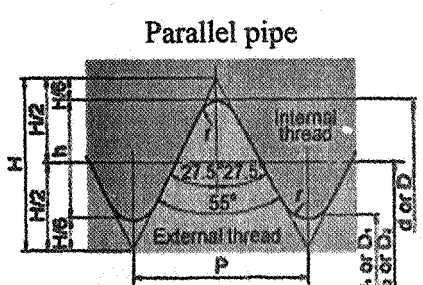




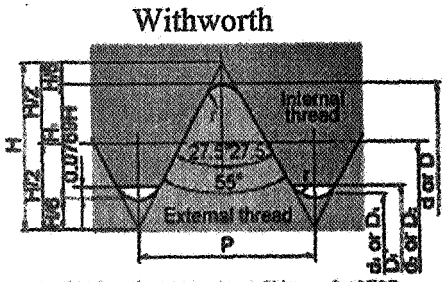
H=0.866025×25.4/n d2=(d-0.649519/n)×25.4
H1=0.541266×25.4/n d1=(d-1.082532/n)×25.4
d=(d)×25.4 D=d D2=d2 D1=d1 P=25.4/thread



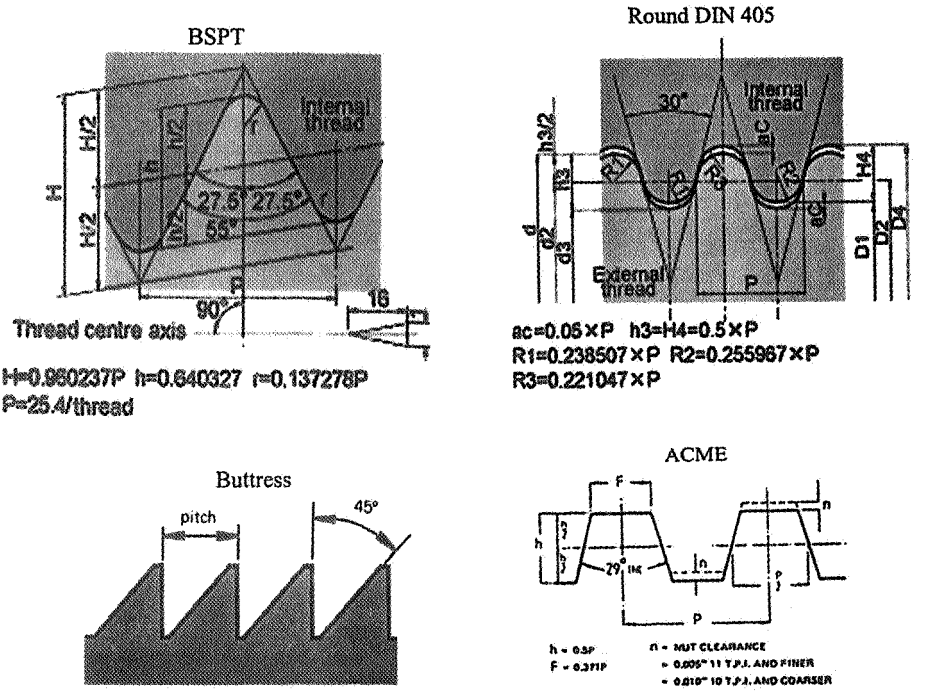
H=0.866025P d2=d-0.649519P
H1=0.541266P d1=d-1.082532P
D=d D2=d2 D1=d1



H=0.960491P d2=d-h d1=d-2h r=0.137329P
h=0.640327 D=d D2=d2 D1=d1 25.4/thread

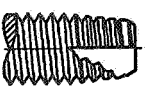


H=0.9605P d2=d-H1 d1=d-2H1 r=0.1373P
H1=0.8683P D1=d1+2×0.0769H
D=d D2=d2 D1=d1 P=25.4/thread



اساس طراحی پروفیل‌های گوناگون، مقاومت مکانیکی، سرعت نصب، مقاومت به تنش و ترک، ایجاد اصطکاک و قفل مکانیکی می‌باشد.

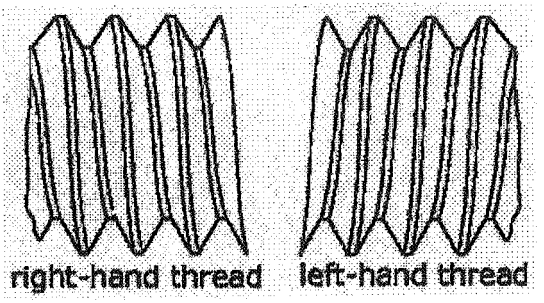
رزوه‌ها کاربردهای مختلفی دارند مثلا نوعی از آن، مخصوص از بین بردن پوشش داخل سوراخ در هنگام نصب است. شکل ۴ این نوع رزوه را که عمدتاً در سازه‌های فلزی کاربرد دارد، نشان می‌دهد.



شکل ۴: رزوه رنگ بر

اگر مهره را بتوان در جهت عقربه‌های ساعت حول پیچ چرخاند و محکم نمود، پیچ را *راست‌گرد* (Right-hand) و اگر مخالف جهت عقربه‌های ساعت باشد، چپ‌گرد (Left-hand) می‌نامند. اغلب پیچ‌ها، راست گرد هستند مگر در موارد خاص مانند پدال دوچرخه که با رزوه چپ گرد ساخته شده و هرچه پدال بیشتر می‌چرخد، پیچ محکم و ایمن‌تر می‌گردد.

در صورت چپ‌گرد بودن رزوه، تولید کننده باید توسط درج فلشی بر روی گل پیچ و یا مهره آنرا مشخص نماید. شکل ۵ سطح مقطع رزوه‌های چپ گرد و راست گرد را نشان می‌دهد.

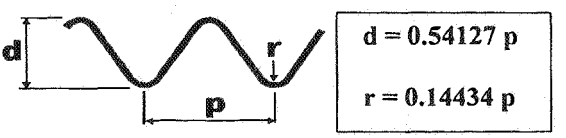


شکل ۵ : رزوه‌های چپ‌گرد و راست‌گرد

اگر عمق رزوه (ریشه) به جای تخت بودن، منحنی شکل باشد، مقاومت پیچ نسبت به خستگی بیشتر شده ولی اصطکاک و انتقال نیرو کمتر می‌شود.

توجه: انواع رزوه به همراه مشخصات ابعادی و کاربردهای آنها، به طور کامل و تشریحی در استاندارد DIN 202 آمده است.

روابط کلی عمق، زاویه ریشه و گام در پیچ‌های معمولی متریک، به شرح شکل ۶ می‌باشد:



شکل ۶ : رابطه ریشه، عمق و طول رزوه

توجه: انتخاب قطر و تناسب با گام در پیچ‌های متریک، در استاندارد ISO 261 آمده است.

۲ـ۳ـ کلاس لقی یا محکم بودن پیچ‌ها

پیچ‌ها یا اینچی (Unified) هستند یا متریک (ISO)، و رزوه‌های پیچ‌ها براساس تلرانس ابعادی و میزان لقی، به کلاس‌ها یا دسته‌های متفاوتی تقسیم می‌شوند. در سیستم اینچی، سه دسته یا کلاس لقی ۱ و ۲ و ۳ تعریف می‌شود که در آنها به ترتیب، میزان لقی کاهش یافته و میزان تلرانس‌ها، ظریف و دقیق‌تر می‌شود. بعد از ارقام فوق، حروف A یا B می‌آید. A نشانگر

رزوه خارجی (پیچ) و B نشانگر رزوه داخلی (مهره) است. بنابراین ۶ دسته کلاس لقی در سیستم اینچی تعریف می‌شود با عناوین:

1A, 1B, 2A, 2B, 3A, 3B

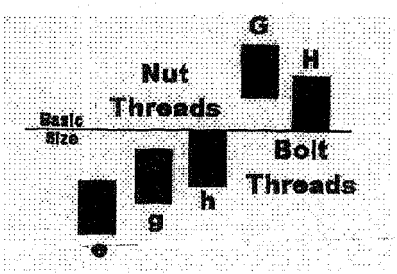
در مورد پیچ‌های متریک، نامگذاری کمی پیچیده‌تر است، به عنوان مثال 6g 7g.

اولین رقم و حرف (6g)، معرف لقی طول رزوه یا قطر موثر و دومین رقم و حرف (7g) معرف لقی عمق رزوه یا همان قطر بزرگ می‌باشد. البته به دلیل اینکه پیچ و مهره همواره همراه هم هستند، کلاس آنها را با هم بیان می‌کنیم مثلاً 5h/6H که عبارت قبل از اعشار مربوط به پیچ و بعد از اعشار مربوط به مهره می‌باشد. جدول ۱ ، سه کلاس لقی مختلف را نشان می‌دهد.

جدول ۱ : کلاس‌های لقی متریک

لق	8g/7H
معمولی	6g/6H
جذب و جفت	4h/5H

شکل ۷ به‌طور شماتیک، تلرانس‌های ابعادی رزوه‌های داخلی و خارجی را نشان می‌دهد.



شکل ۷

اگر حرف بعد از عدد، بزرگ باشد، رزوه‌ها «داخلی» (ماده) و اگر کوچک باشد، رزوه‌ها «خارجی» (نر) است. اعداد مذکور می‌توانند از ۳ تا ۹ برای رزوه‌های خارجی و از ۴ تا ۸ برای رزوه‌های داخلی متغیر باشد. هرچه عدد بزرگ‌تر باشد، میزان لقی بیشتر است. این تصور که هر رزوه‌ای که کلاس جذب و جفت (Tight) داشته باشد قوی‌تر است و تحمل بار بیشتری دارد، صحیح نمی‌باشد. لیکن هرچه کلاس رزوه به سمت محکم بودن (Tight) برود، مقاومت در برابر کچلی رزوه بیشتر می‌شود.

توجه: توضیحات بیشتر در استاندارد ISO 965-1 آمده است.

۳ـ۳ـ درجه‌بندی استحکام پیچ‌ها (Property Class)

پیچ‌ها براساس استحکام کششی درجه‌بندی شده و درجه‌بندی استحکام در سیستم متریک (Property Class) نامیده می‌شود. «طبقه‌بندی مکانیکی» در سیستم ISO در استاندارد EN 20898 قسمت ۱ و ۲ به نمایش گذاشته شده است. نامگذاری درجه‌بندی استحکام پیچ‌های متریک توسط اعداد و به صورت زیر می‌باشد:

عدد قبل از اعشار، معرف یک درصد حداقل استحکام کششی برحسب مگاپاسکال (Mpa) و عدد بعد از اعشار، معرف ده برابر نسبت حداقل استحکام تسلیم به حداقل استحکام کششی می‌باشد. اعداد فوق هر دو به طور تقریبی بوده و دقیق نمی‌باشند.

به عنوان مثال در کلاس 4.6 عدد اول معرف یک صدم استحکام کششی برحسب مگاپاسکال (Mpa) (4=0.01×400) و عدد بعد از اعشار معرف ده برابر نسبت حداقل استحکام تسلیم به حداقل استحکام کششی می‌باشد، یعنی استحکام کششی ضربدر عدد بعد از اعشار تقسیم بر ۱۰ برابر است با استحکام تسلیم:

$$400 \times 6/10 = 240 \text{ Mpa}$$

مقادیر استحکام نامی بوده و اعداد واقعی پس از انجام آزمون مشخص خواهد شد.

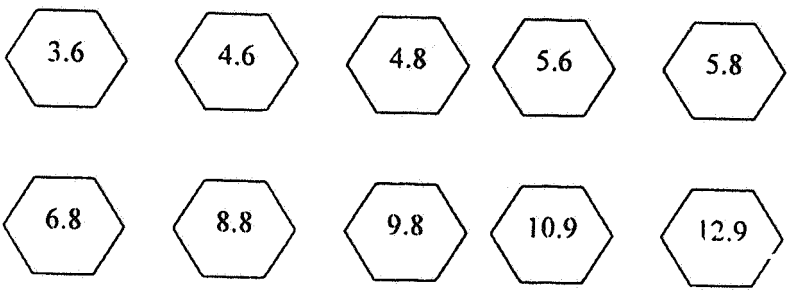
یادآوری: استحکام تسلیم همواره برحسب درصدی از استحکام کششی بیان می‌شود. به عبارت دیگر، با ضرب اعداد قبل و بعد از اعشار در هم و نیز در عدد ده، استحکام تسلیم به دست می‌آید؛ به عنوان مثال استحکام تسلیم پیچ 8.8 برابر است با ۶۴۰ مگاپاسکال (640=10×8×8).

گرید تمامی پیچ‌ها با هر درجه استحکامی، باید روی سرپیچ به طور خوانا درج شود (معمولاً به صورت برجسته)، اما این امر در مورد پیچ‌هایی که دارای گل‌پیچ حفره‌دار بوده و با آچار مخصوص (L شکل) محکم می‌شوند، لازم نیست. در این مورد، گرید پیچ‌های با گرید 8.8 و بالاتر ترجیحاً در کناره سرپیچ یا روی آن درج می‌شود. مقایسه تقریبی درجه‌بندی استحکام پیچ‌ها در سیستم متریک و اینچی در جدول ۲ آمده است:

جدول ۲

طبقه‌بندی ISO	4.6	5.8	8.8	9.8	10.9
طبقه‌بندی اینچی SAE	1	2	5	5	8
معادل ASTM	A307	-	A325	A449	A490

البته اگر قطر اسمی پیچ‌ها کمتر از ۵ میلی‌متر باشد، نیازی به درج گرید روی آن نیست. تقریباً برای پیچ‌های متریک در استاندارد ISO 898 ، ۱۰ نوع گرید مکانیکی مطابق شکل ۸ تعریف می‌شود.



شکل ۸: کلاس‌های مقاومتی پیچ‌های متریک

در استانداردهای ISO و DIN ، گریدهای مختلفی تعریف شده که جدول تبدیل آنها در استاندارد DIN 267-3 آمده است.

۴ـ۳ـ درجه‌بندی مهره‌ها

مهره‌ها نیز مانند پیچ‌ها دارای درجه‌بندی استحکام بوده و یکی از دلایل آن، این است که عمل محکم کردن پیچ‌ها تا حد گشتاور لازم (Pre-tension) بدون نگرانی از هرز شدن رزوه‌ها صورت گیرد؛

مهره‌ها نیز به ۹ درجه تقسیم می‌شوند: ۱۲ ، ۱۰ ، ۹ ، ۸ ، ۶ ، ۵ ، ۴ ، ۰۵ ، ۰۴

جدول ۳ تناسب درجه‌بندی مهره‌ها را با درجه‌بندی پیچ‌ها نشان می‌دهد.

جدول ۳: درجه‌بندی مهره‌ها با ارتفاع اسمی $\leq 0.8\ D$

گرید مهره	پیچ متناسب		مهره	
			مدل۱	مدل ۲
	گرید پیچ	سایز	سایز	
4	3.6 4.6 4.8	>M16	>M16	-
5	3.6 4.6 4.8	≤ M16	≤ M39	-
	5.6 5.8	≤ M39		
6	6.8	≤ M39	≤ M39	-
8	8.8	≤ M39	≤ M39	>M16 ≤ M39
9	9.8	≤ M16	-	≤ M16
10	10.9	≤ M39	≤ M39	-
12	12.9	≤ M39	≤ M16	≤ M39

به طورکلی، مهره، باگرید بالاتر می‌تواند جایگزین گرید پایین‌تر شود، به ویژه در مواردی که تنش در مجموعه پیچ و مهره، از تنش تسلیم بالاتر رود. در این صورت برای محکم کردن، گشتاوری بیشتر از حد مجاز گشتاور پیچ توصیه نمی‌شود. پیچ‌های با استحکام درج شده در ستون دوم جدول ۳ قابلیت تحمل گشتاور تا میزان بارگواه را بدون هرز شدن رزوه‌ها دارا می‌باشند.

استحکام یک مهره براساس Proof Load آن، نیرویی است که به‌طور محوری به مهره وارد می‌شود و مهره توانایی تحمل آنرا بدون هیچ‌گونه تخریب یا تغییر شکل داشته باشد. به‌عبارت دیگر، نیروی واقعی که لازم است به مهره اعمال شود تا بتواند رزوه‌های آنرا هرز نماید و یا دیواره آنرا بشکافد، حداقل ۵٪ بیشتر از نیروی Proof Load است.

مهره‌هایی که ارتفاع اسمی آنها بزرگ‌تر از ۰/۸ قطر اسمی‌شان می‌باشد، با عددی نامگذاری می‌شوند که معرف کلاس مقاومتی پیچ درگیر با آنها است. به عنوان مثال، مهره با کلاس 8 برای استفاده با پیچ 8.8 مناسب است.

نوع دیگری از طبقه‌بندی مهره‌ها وجود دارد که در آن، کلاس مقاومتی بر اساس سختی تعیین می‌گردد. در این طبقه‌بندی، ۴ کلاس موجود 14H,17H,22H و 11H بوده که اعداد، معرف یک‌دهم سختی بر حسب ویکرز می‌باشند.

نقایصی که با محکم نمودن بیش از حد اتصال روی رزوه‌ها پدید می‌آید، می‌تواند به‌صورت

شکست در ساق پیچ یا هرز شدن مهره ظاهر شود.

شکست در ساق پیچ ناگهانی بوده و به راحتی قابل مشاهده است اما هرز شدگی در مهره تدریجی بوده و تشخیص آن دشوار می‌باشد و این خطر وجود دارد که عیب در داخل اتصال پنهان بماند. پس موقعیت مطلوب، زمانی است که عیب در ساق پیچ به‌وجود آید که متاسفانه به‌دلیل وجود عوامل فراوان موثر بر هرز شدگی مانند استحکام مواد اولیه، خلاصی رزوه‌ها، پهنای آچارخور و غیره، باید مهره را به حد کفایت ضخیم در نظر گرفت که این نقص، تا حد ممکن جبران گردد.

به‌هر حال، محکم نمودن اتصال باید حدوداً تا مقدار بارگواه پیچ صورت گیرد زیرا طراحی مهره، بر این اساس است که «حداقل، ۱۰٪ اتصالاتِ بیش از حد محکم شده، در قسمت ساق پیچ دچار شکست شوند» به این ترتیب، می‌توان دریافت که روش نصب آنها مطلوب نمی‌باشد.

۵ـ۳ـ کدخوانی پیچ‌ها

در نامگذاری پیچ‌ها، برخی از مشخصات آنها لحاظ شده و قطر پیچ‌ها برحسب قطر اسمی آنها بیان می‌گردد که ممکن است با قطر واقعی پیچ اندکی متفاوت بوده و همواره قطر واقعی، اندکی کمتر از قطر اسمی باشد.

مثال زیر، نشانه‌گذاری یک پیچ در سیستم اینچی (Unified) را نشان می‌دهد:

1/4-16U.C.-1A×2

عدد 1/4 معرف قطر اسمی پیچ (بر حسب اینچ)، عدد 16 نشانگر وجود ۱۶ رزوه در هر اینچ و حروف U.C. معرف Unified Coarse است به معنی (رزوه) دنده درشت و در سیستم اینچی (یونیفاید). در ضمن یک پیچ می‌تواند U.F. یعنی Fine thread (دنده ریز) و یا U.R (با ریشه انحنادار) نیز باشد.

حرف A معرف کلاس لقی یا تلرانس ابعادی است که برای پیچ کاربرد دارد و حرف B عموماً برای مهره به کار می‌رود؛ اعداد قبل از A و B نشانگر میزان لقی می‌باشند:

۱ـ لقی زیاد، ۲ـ لقی معمولی، ۳ـ لقی بسیار کم.

عدد 2 در آخر عبارت که بعد از علامت × آمده، نشانگر طول پیچ (برحسب اینچ) است.

توجه: نامگذاری و کدخوانی پیچ‌ها در سیستم متریک، در استاندارد DIN 962 توضیح داده شده است.

کُدخوانی (نشانه‌گذاری) در سیستم متریک، به صورت زیر می‌باشد (به مثال‌های زیر توجه نمایید):

1) Hexagon head bolt DIN 961-M10 × 1.25 × 25-5g6g

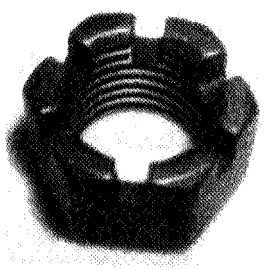
نوع سرپیچ، شش گوش و استاندارد ابعادی ساخت آن DIN 961 است.
حرف ابتدایی M ، معرف سیستم متریک،
عدد بعد از M (در اینجا 10)، نشانگر قطر اسمی پیچ برحسب میلی‌متر،
عدد بعد از ضربدر اول (1.25)، معرف طول گام (pitch) برحسب میلی‌متر،
عدد بعد از ضربدر دوم (25)، نشانگر طول پیچ برحسب میلی‌متر، و
ترکیب عدد و حرف اول بعد از خط تیره (5g)، معرف لقی گام و دومین ترکیب عدد و حرف (6g)، معرف لقی عمق می‌باشد.

2) Hexagon head bolt DIN 931-M24 × 2 × 120-A2.70

نوع سرپیچ، شش گوش و استاندارد ابعادی ساخت آن DIN 931 است.
M24 : قطر اسمی پیچ،
عدد 2 : طول هر گام بر حسب میلی‌متر،
عدد 120 : طول پیچ برحسب میلی‌متر،
A2 : نوع آلیاژ (فولاد ضدزنگ آوستنیتی)، و
عدد 70 : معرف ۰/۱ کلاس مقاومتی پیچ برحسب نیوتن بر میلی‌متر مربع.

نامگذاری مهره‌ها نیز به شرح زیر می‌باشد:
در ابتدای عبارت، نوع مهره و بلافاصله بعد از آن، استاندارد مرتبط با آن مهره درج می‌شود. پس از خط تیره، اندازه یا قطر اسمی مهره می‌آید و بعد از آن، کلاس مکانیکی یا همان جنس و آلیاژ مهره عنوان می‌شود. در صورت دارا بودن گریدهای مختلف، گرید پس از خط فاصله درج خواهد شد. مثال‌های زیر را ببینید:

Hexagon castle nut DIN937-M12-17H-A



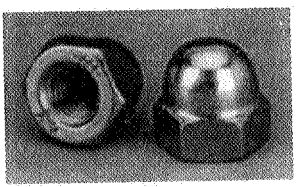
در اینجا 17H کلاس خواص مکانیکی مهره و بر پایه میزان سختی (170HV) می‌باشد.

Hexagon nut DIN982-M20-8-A

Prevailing torque hexagon nut ISO 7040-M12-8-NF

در اینجا، NF نشانگر Normal Friction (حد معمول اصطکاک) می‌باشد.

Domed Cap nut DIN 1587-M12-SW18-6



در اینجا، SW نشانگر عرض قسمت تخت مهره (Width across flat) برحسب میلی‌متر می‌باشد.

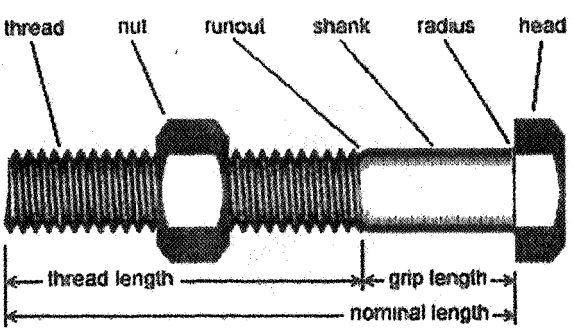
در نامگذاری پیچ‌ها، می‌توان در صورت نیاز مشخصه‌های دیگری مانند موارد زیر را بیان نمود:

الف) نوع نوک، ب) نوع میله یا Shank، ج) نوع آچار خور،
د) پوشش نهایی، ه) چپ‌گرد یا راست‌گرد بودن، و و) درجه استحکام.

۶ـ۳ـ انواع انتهای پیچ

پیچ‌های متفاوت و زیادی در صنایع مختلف به کار می‌رود، که در ادامه به چند نوع از پر کاربردترین آنها پرداخته می‌شود.

در شکل ۹، شمایی از یک پیچ و مهره نشان داده شده است.



شکل ۹ : اجزای پیچ

پیچ‌ها می‌توانند براساس موارد زیر، تقسیم‌بندی یا شناسایی شوند:

الف) نوع آچارخور، ب) نوع سر یا گُل، ج) ساق رزوه نشده (shank)، د) ساق رزوه شده، ه) نوع نوک، و و) نوع رزوه.

انواع معمول نوک‌ها یا گلویی‌ها (Point Set) به شرح زیر می‌باشند:

الف) تخت (Flat)

ب) بیضوی یا محدب (Oval)

ج) مخروطی (Cone)

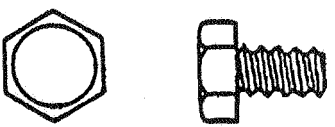
د) استوانه‌ای (Dog)

۷ـ۳ـ انواع گل پیچ (Head)

پیچ‌ها دارای انواع مختلف گل و یا سر (Head) بوده که برخی از عوامل تأثیرگذار بر هندسه آنها به شرح زیر می‌باشد:

ـ جنس قطعه به کار رفته در اتصال، ـ میزان موردنیاز توزیع تنش در سطح اتصال،
ـ مقدار تنش اعمالی به اتصال، ـ نوع آچار خور و
ـ گل پیچ‌ها؛ که در انواع کلی زیر موجود می‌باشد:

الف) شش گوش (Hexagon)



ب) آلن (Socket)

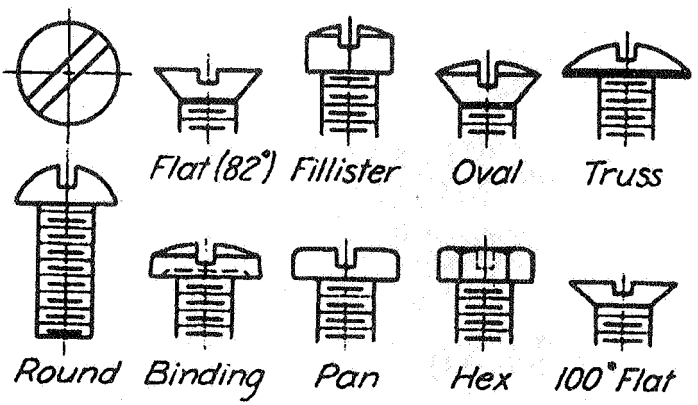
ج) عدسی (Oval)

د) نیم‌گرد (Round)

ه) ماهیتابه‌ای (Pan)

و) تخت (Flat)

در شکل ۱۰ ، گروهی دیگر از انواع گل پیچ‌ها مشاهده می‌شود.



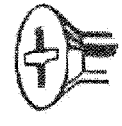
شکل ۱۰ : انواع گل پیچ

۸ ـ۳ـ انواع آچارخور (Driving Recess)

در جدول ۴ ، انواع آچارخورها، برای پیچ‌های متفاوت نشان داده شده است.

قسمتی از گل پیچ که برای محکم کردن اتصال، آچار در آن قرار می‌گیرد، *آچارخور* نـامیده می‌شود که بسته به نوع کاربری و جنس پیچ، دارای شکل‌های مختلف هندسی می‌باشد.

جدول ۴: مقایسه آچار خورها

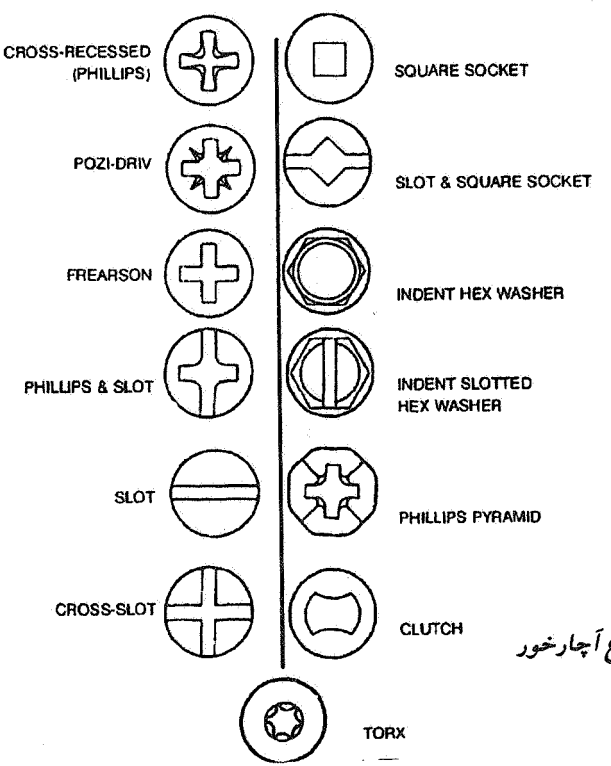
نوع آچار	شکل	کاربرد آلیاژی	تحمل گشتاور	قابلیت کار با آچار اتوماتیک	ملاحظات
Slotted		پیچ‌های استحکام پایین، پیچ‌های با گشتاور کم	ضعیف	ضعیف	خطر در رفتن آچار یا پیچ‌گوشتی
Clutch		پیچ‌های با استحکام کم و متوسط	معمولی تا خوب	معمولی	-
Hex Socket		پیچ‌های با استحکام بالا	خیلی خوب	معمولی	امکان دستیابی به حداکثر گشتاور محکم کردن
Frearson		پیچ‌های با استحکام کم و متوسط	خوب	معمولی تا خوب	اگر آچار بلغزد، امکان ایجاد شیار تیز وجود دارد مگر اینکه فشار کافی به‌طور مداوم بر سرپیچ اعمال گردد.
Phillips		پیچ‌های با استحکام کم و متوسط	خوب	معمولی تا خوب	برای درگیری بیشتر و بهتر با آچار، به یاتاقان انتهایی نیاز دارد.
Pozidrv) (Supadriv جدید		پیچ‌های با استحکام کم و متوسط	خوب تا خیلی خوب	معمولی تا خیلی خوب	پیچ‌های Supadriv جایگزین Pozidrv گردیده است.
Torx		پیچ‌های با استحکام کم تا زیاد	خوب تا خیلی خوب	خوب تا عالی	درگیری مناسب، کاربرد در خودروها و صنایع الکتریکی.

در جدول ۵، به شرح مقایسهٔ انواع آچارخورها با یکدیگر پرداخته شده است.

جدول ۵

مشخصه	دو سو	آلن	چهارسو	شش‌پر
حداقل لغزش آچار		×		×
حداکثر درگیری آچار				×
زاویه داخلی	NA	60°	NA	15°
حداقل بیرون‌زدگی		×		×
حداقل نیاز به نیروی نهایی		×		×
حداکثر اعمال گشتاور		×		×
کاهش تنش شعاعی				×
افزایش طول عمر آچار				×
در دسترس بودن آچار مربوطه	×	×	×	

در شکل ۱۱ ، انواع آچارخور با یکدیگر مقایسه شده است.



شکل ۱۱ : مقایسه انواع آچارخور

۹ـ۳ـ گشتاور لازم برای محکم نمودن پیچ‌های متریک

اساساً هر اتصالی، به پیش‌تنیده شدن یا به اصطلاح ترک خوردن نیاز ندارد؛ معمولاً یک اتصال یا اتکایی است یا اصطکاکی.

در اتصالات اتکایی، نیروهای برشی می‌توانند حضور داشته باشند و طراح با محاسبه و آنالیز نیروهای محوری و جانبی، قطر و کلاس مقاومتی مطلوب را انتخاب می‌کند؛ پس اتصال، دچار لغزش در مقیاس میکروسکوپی خواهد بود. بنابراین می‌توان از تمامی گریدها استفاده نمود ولی معمولاً کلاس 8.8 و پایین‌تر به کار می‌رود، زیرا با افزایش سختی پیچ، مقاومت به نیروهای برشی کاسته می‌شود پس، پیچ کلاس 10.9 به علت سختی زیاد مناسب نیست.

در اتصال اصطکاکی، قرار است فقط بارهای محوری موجود باشد بنابراین باید با پیش‌تنیدن پیچ و ایجاد اصطکاک زیاد، از لقی اتصال و نیز خستگی پیچ و مهره جلوگیری نمود. معمولاً در این نوع اتصال، از پیچ‌های 10.9، 12.9 و یا A490 استفاده می‌شود ولی بسته به حداکثر نیروی محوری که قرار است به اتصال اعمال گردد، می‌توان پیچ 8.8 و یا معادل آن یعنی A325 را به کار برد (در صورتی که باری بیش از ۶۰۰ مگاپاسکال معادل پروف یا تنش تسلیم پیچ به اتصال وارد نگردد).

جدول ۶ ، گشتاور لازم (Torque) را برای قطرها و کلاس‌های مقاومتی مختلف پیچ‌های متریک (با سطح رزوه‌های تمیز و روانکاری شده) توصیه می‌نماید.

توجه: برای مقادیر Torque ، استانداردی وجود نداشته، بلکه تجربی بوده و با توجه به عواملی مانند ضریب اصطکاک، پروفیل رزوه‌ها، نوع پوشش و درصد استحکام تسلیم نسبی به دست می‌آید.

جدول ۶: گشتاور لازم برای پیچ‌ها

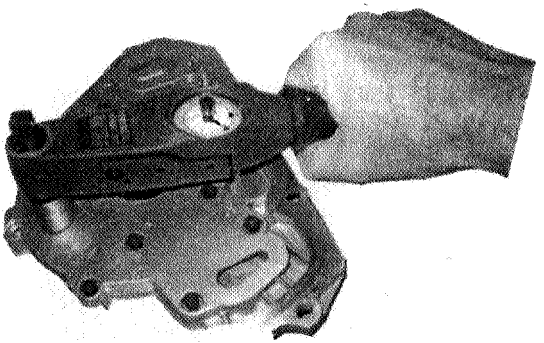
Recommended Torque, in N.m				
Bolt size (mm)	**Low Grade (5.6 &Less)**	**Grade 8.8**	**Grade 10.9**	**Grade 12.9**
6	5-8	10	14	17
8	11-17	23	33	40
10	20-30	45	65	75
12	55	80	115	130
14	82	130	180	190
16	82-130	200	275	315
18	82-177	275	385	425
20	225-250	390	550	655
24	300	660	900	1200
30	600	1300	1800	2200
36	1000	2500	3500	4700
42	1700	3600	5000	6000

باید به خاطر داشت که با اعمال گشتاور مناسب که همان Preload است، می‌توان اصطکاک را در اتصال افزایش، و احتمال کاهش Clamp Force را کاهش داد؛ در نتیجه خطر لقی و خستگی کم می‌گردد.

پیش تنیده کردن اتصالات (Pre tensioning) تا نقطه Decompression (یعنی کمی پایین‌تر از نقطه تسلیم) با یکی از روش‌های زیر صورت می‌گیرد:

الف) اعمال کنترل شده گشتاور (Torque control tightening)

در این روش، از آچاری استفاده می‌شود که با مقدار ممان موردنیاز، تنظیم شده و پس از محکم نمودن اتصال به وسیله همین آچار و رسیدن به عدد مذکور، هرز کار می‌کند.

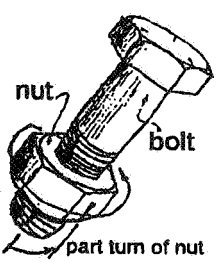


ب) کنترل زاویه‌ای (Angle control tightening)

در این روش، پس از محکم نمودن مهره با دست، باید در یک نقطه، پیچ و مهره را به‌طور همراستا علامتگذاری کرد (Snugging).

مقدار زاویه‌ای که باید مهره را با آچار دوران داد تا به نیروی Preload برسد، بسته به قطر و طول و گرید پیچ، متفاوت است و نصّاب نیز باید جدول آنرا در اختیار داشته باشد تا طبق آن، اتصالات را پیش تنیده نماید.

این روش، به ۲ نفر نیاز دارد تا یکی از آن دو، از چرخیدن پیچ جلوگیری نماید.



Turn-of-Nut

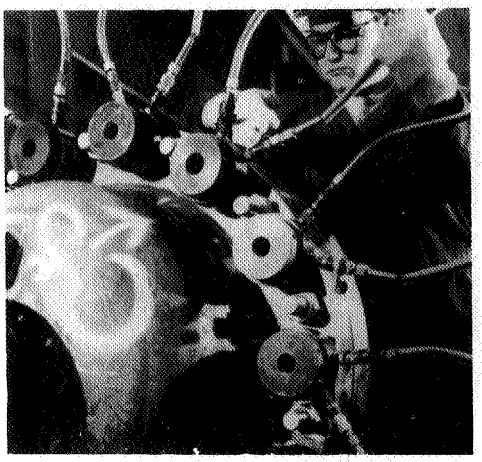
ج) کنترل نقطه تسلیم (Yield Control/Joint Control Method)

توسط دستگاهی الکترونیکی، نرخ گشتاور اعمال شده کنترل می‌گردد و به محض تغییر شدید، دستگاه، تشخیص می‌دهد که اتصال به حد پیش تنیده رسیده و در نتیجه عملکرد آچار را متوقف می‌نماید.

د) اعمال گشتاور با دستگاه هوای فشرده یا هیدرولیک (Bolt stretch method)

این روش، برای قطرهای بالاتر از ۲۰ میلی‌متر به کار می‌رود. در واقع استوانه‌ای میان تهی روی مهره سوار شده و بر رزوه‌هایی که از مهره بیرون زده‌اند، کشنده‌ای نصب می‌شود.

اعمال نیروی هیدرولیک از پیستون به کشنده، موجب می‌شود پیچ اندکی طویل شده و سپس مهره با آچار دستی محکم می‌گردد. عیب این روش، دشواریِ باز نمودن مهرهٔ زنگ زده است.



هـ) فراصوتی (کش آمدگی) (Ultrasonic)

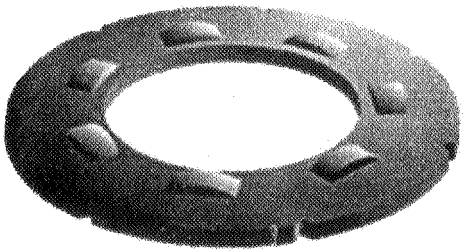
در این روش، با اتصال حسگر دستگاه فراصوت به گل پیچ و اعمال گشتاور به مهره توسط آچار معمولی، میزان گشتاور اندازه‌گیری شده و در نقطه پیش‌تنیده، با شنیدن صدای بیپ عمل متوقف می‌گردد.

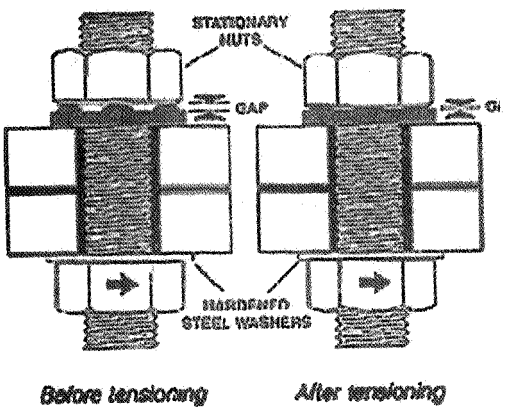
و) کنترل حرارتی (Heat tightening)

پس از درگیر کردن مختصر مهره با پیچ، به‌وسیله مشعل یا کویل المنتی، به پیچ‌ها خیلی بزرگ حرارت داده شده و پیچ هنگام سرد شدن، منقبض شده و نیرویی از طرف Material به Joint به آن اعمال می‌گردد. این نیرو همان Preload است. مقدار حرارت توسط سازنده مشخص می‌شود.

ز) واشر و فیلر (DTI) (Tension indicating method)

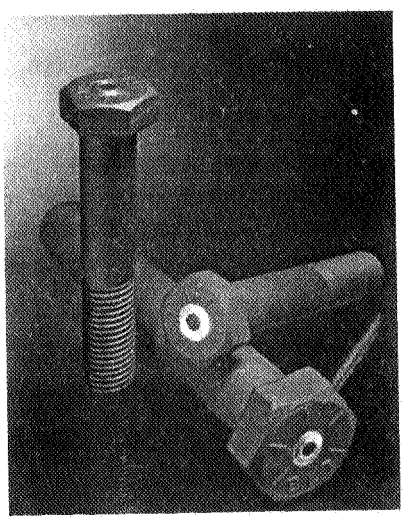
واشرهایی که قرار است در اتصال به‌کار رود، دارای برجستگی‌هایی است که شکل و اندازه آنها برای هر نوع اتصال، از قبل طراحی گردیده است. بعد از محکم شدن اتصال، برجستگی‌ها لهیده شده و فیلری مخصوص اندازه‌گیری همراه واشرها ارایه می‌گردد که اگر نصّاب نتوانست آنرا داخل اتصال نماید ولی فیلر یک سایز کوچک‌تر وارد آن شد، گشتاور لازم اعمال گردیده است. برای هر سایز و گریدی از پیچ، فیلرهایی جداگانه طراحی شد ، است.





ح) کنترل گشتاور هوشمند (Smart bolt method)

دایره‌ای، معمولا قرمز رنگ، در مرکز گل پیچ قرار دارد که پس از اعمال نیروی پیش‌تنیدگی و رسیدن اتصال به گشتاور مورد نیاز، تغییر رنگ داده و نصاب را متوجه می‌سازد.



پیش‌تنیده کردن اتصالات، دارای مزایایی مانند توزیع یکنواخت نیرو، جلوگیری از لقی (Loosening) و کاهش نیروهای برشی بوده که از طریق فرمول زیر به دست می‌آید:

$$F_p = 0.7\, f_{ub} \cdot A_s$$

در این رابطه:

F_p = نیروی پیش‌تنیدگی،

f_{ub} = عدد اول گرید کلاس مقاومتی ضربدر ۱۰۰، و

A_s = سطح مقطع تنش (در جداول موجود است و از طریق میانگین قطر موثر و کوچک محاسبه می‌شود).

گشتاور حاصله در اتصال، از فرمول زیر به دست می‌آید:

$$T=KDF$$

در این رابطه:

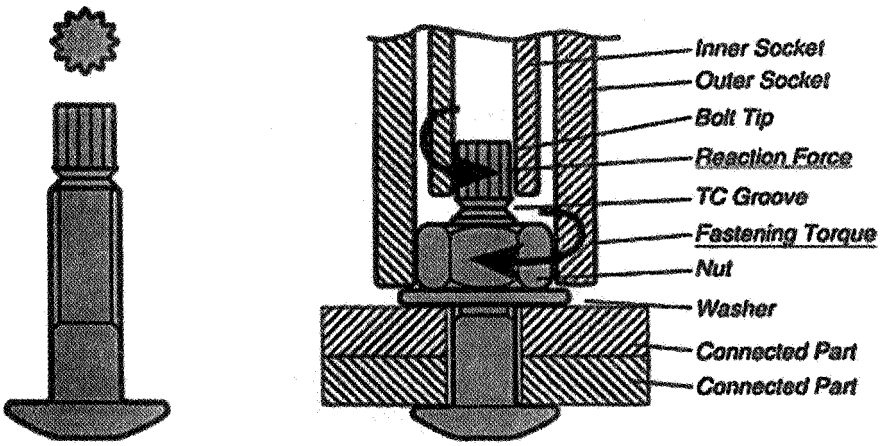
K: در سیستم متریک، ضریبی است بین 0.1 تا 0.3 که به عواملی مانند دما و شرایط رزوه بستگی دارد،

D: قطر بزرگ پیچ است، و

F: معرف Preload یا همان Prestress × Stress area (A_s) می‌باشد.

باید توجه داشت که وقتی اندازه گل پیچ با مهره برابر است، فرقی نمی‌کند که به پیچ گشتاور اعمال شود یا به مهره؛ ولی اگر قطری برابر نداشته باشند، در صورتی‌که مهره از نوع فلنجی باشد (یعنی قطر آن بیشتر از گل پیچ باشد) اگر طراح توصیه کند که به مهره اعمال شود و ما بجای آن، پیچ را محکم نماییم، بار اضافی وارد نموده و با توجه به اینکه نیمی از نیروی گشتاور صرف غلبه بر اصطکاک می‌شود، اتصال را بیش از حد محکم نموده‌ایم و اگر در طراحی، توصیه شده باشد که گشتاور به گل پیچ اعمال شود و بجای آن به مهره اعمال کنیم، اتصال به اندازه لازم محکم نخواهد شد، از طرفی خاصیت اتساعی مهره به علت عمل گوه‌ای رزوه‌ها می‌تواند در هرز شدن دندانه‌ها موثر بوده و با اعمال گشتاور به مهره، شرایط کچلی رزوه‌ها را فراهم آورد.

در نوعی از پیچ که در دهه گذشته به کار گرفته شده (Tension Control)، گشتاور لازم برای پیش‌تنیدگی، از طریق آچاری مخصوص به مهره اعمال می‌گردد. در واقع زائده‌ای در انتهای پیچ قرار دارد که پس از ثابت شدن مهره، در خلاف جهت ساعت چرخیده می‌شود و بدون اینکه تنش‌های برشی در اتصال اعمال کند، پیچ نسبت به بارهای Torsional مقاوم می‌گردد. شکل ۱۲ شمایی از TC Bolt را نشان می‌دهد.



شکل ۱۲ : پیچ‌های Tension Control

برخی از مزایای پیچ‌های با تنش کنترل شده:

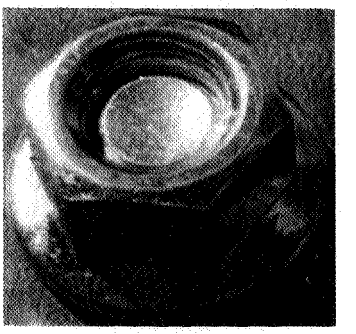
۱ـ نصب سریع و ایمن،
۲ـ نصب یکنفره و راحت،
۳ـ اعمال نیرو به‌طور یکنواخت،
۴ـ استحکام و چقرمگی (Ductility) زیاد،
۵ ـ وزن کم،
۶ ـ شکست کم به‌دلیل عدم تعریف تنش‌های جهت‌دار،
۷ـ مقاوم در برابر نیروهای Shear-Tension، و
۸ ـ مقاوم به لرزش و بی‌نیاز به مهره قفل کننده.

برخی از معایب TC Bolt ها:

۱ـ نیاز به آچار مخصوص،
۲ـ نیاز به تمیزکاری اتصال جهت دسترسی آچار،
۳ـ محدودیت در پوشش‌دهی گالوانیزه، و
۴ـ ممنوعیت روانکاری پیچ در سایت.

پس از محکم‌کردن پیچ و مهره، برای جلوگیری از هرز شدن و کچلی رزوه‌ها، باید تمام ارتفاع

رزوه‌های مهره با پیچ درگیر بوده و حداقل یک دندانه از رزوه‌های پیچ، از مهره بیرون زده باشد. در شکل ۱۳، پیچ فقط با نیمی از رزوه‌های مهره درگیر است.

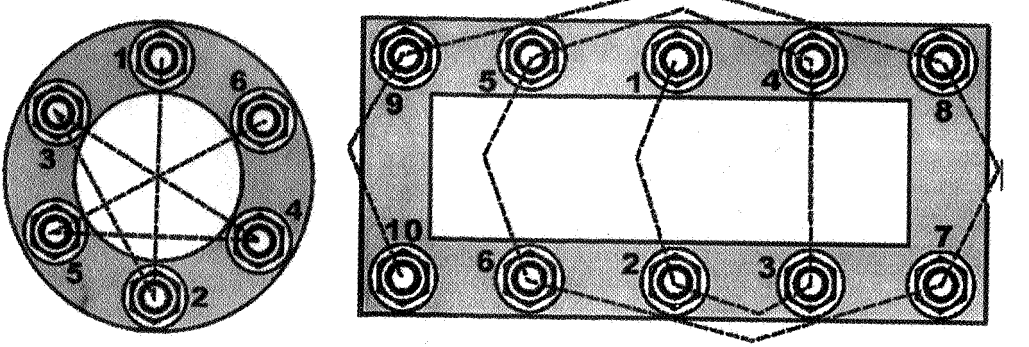


شکل ۱۳ : اتصال ناقص

۱۰ـ۳ـ ترتیب و توالی بستن پیچ‌ها

اثر متقابل ارتجاعی در اتصالات مجاور هم، موجب کاهش ۳۵ درصدی پیش‌تنیدگی و کارایی اتصال می‌شود، بنابراین برای ترتیب و توالی محکم نمودن پیچ‌ها باید اهمیت زیادی قائل شد.

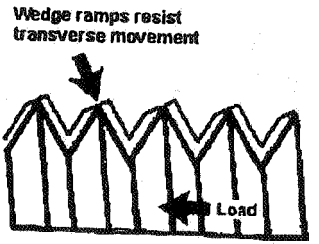
روش محکم‌کردن پیچ‌ها در دو نوع صفحهٔ اتصالی مدور و چهار ضلعی، در شکل ۱۴ نشان داده شده است.



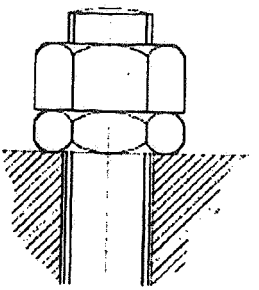
شکل ۱۴ : توالی محکم شدن اتصالات

روش‌های قفل کردن اتصالات (جلوگیری از لق‌شدگی در اثر بارهای دینامیک) به صورت‌های زیر انجام می‌گیرد:

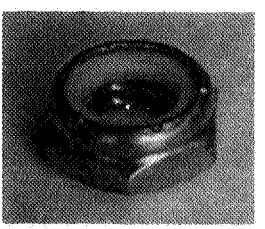
۱ـ رزوه‌های گوه‌ای شکل (Spiralock Thread)



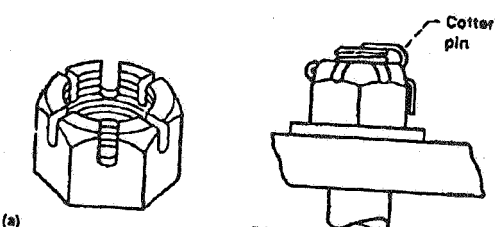
۲ـ مهره اضافی با ضخامت کمتر (Jam Nut)



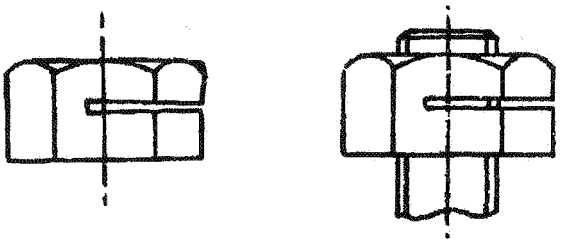
۳ـ مهره با لایی پلاستیکی (Nylock Nut)



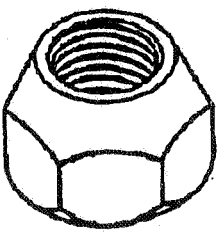
۴ـ مهره شیاردار و اشپیل (Castle Nut & Cotter Pin)



۹ـ مهره شکاف خورده (Slotted Nut)



۱۰ـ مهره قفل‌کن مخروطی (All Prevailing Nut)



۱۱ـ چسب‌های ضد لرزش

۱۱ـ۳ـ تولید رزوه

رزوه‌ها را می‌توان با دو روش معمول تولید نمود:

الف) ماشینکاری

در این روش، رزوه‌هایی را به وسیلهٔ تراشکاری روی میل‌گرد ایجاد می‌کنیم. قطر خارجی رزوه‌های تولید شده به این روش دقیقاً برابر با قطر ساق پیچ است.

■ **مزایا :**

ـ نامحدود بودن تولید پیچ نسبت به قطر و طول، و

ـ حصول و اجرای تمامی مشخصات فنی موردنیاز.

■ **معایب :**

ـ هزینه زیاد و زمان زیاد تولید، و

ـ کاهش استحکام مکانیکی به دلیل پارگی الیاف و مرزهای دانه‌ها.

ب) نورد

در این روش، به جای تراش و حذف قسمت‌هایی از میل‌گرد اولیه، رزوه‌ها توسط فرآیند اکستروژن ایجاد می‌شود. مقطع پیچ نیم رزوه قبل از رزوه شدن دارای دو قطر متفاوت است؛ قسمتی که قرار است رزوه شود دارای قطری کمتر بوده که پس از رزوه شدن به دلیل انبساط شعاعی دارای قطری برابر ساق (Shank) می‌گردد ولی پیچ تمام رزوه نیازی به داشتن دو مقطع قبل از رزوه‌زنی ندارد.

ضعیف‌ترین منطقه رزوه نسبت به نیروهای مکانیکی، قطر کوچک (Minor) است و چون این مقدار در هر دو روش تولید برابر می‌باشد، از نظر مقاومت یکسانند؛ از طرفی، کار سرد بر روی آلیاژ پیچ در روش نورد، موجب افزایش فشردگی و استحکام رزوه‌ها می‌گردد.

در این روش، بعد از عملیات رزوه‌زنی، پیچ‌های با گرید 8.8 و بالاتر، برای افزایش استحکام و سختی، مورد عملیات حرارتی سختکاری بین ۷۰۰ ـ ۹۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفته آستنیتی می‌شود (۱۰ دقیقه به ازای هر ۱۰ میلی‌متر ضخامت)، سپس در روغن کوئنچ شده و پس از آن، برای بازگشت خواص ضربه‌پذیری و جلوگیری از تردی در دمای ۴۰۰ تا ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد تمپر می‌گردد.

هنگام عملیات حرارتی (Quench-Tempering)، به منظور جلوگیری از کربوره شدن بیش از حد یا دکربوره شدن، دمای کوره باید خنثی بوده و تحت کنترل باشد.

عملیات حرارتی در کنار مواد اولیه و فرآیند تولید، از ارکان تولید پیچ و مهره به حساب می‌آید.

■ **مزایا :**

ـ هزینه پایین و زمان کم تولید،

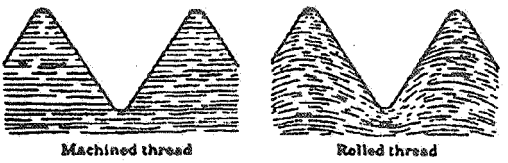
ـ هزینه کم مواد اولیه، پوشش ضعیف عملیات حرارتی و حمل و نقل به دلیل داشتن وزن کمتر (به‌واسطه قطر ساق کمتر)، و

ـ سطح نهایی صیقل و پرداخت مناسب.

■ **معایب :**

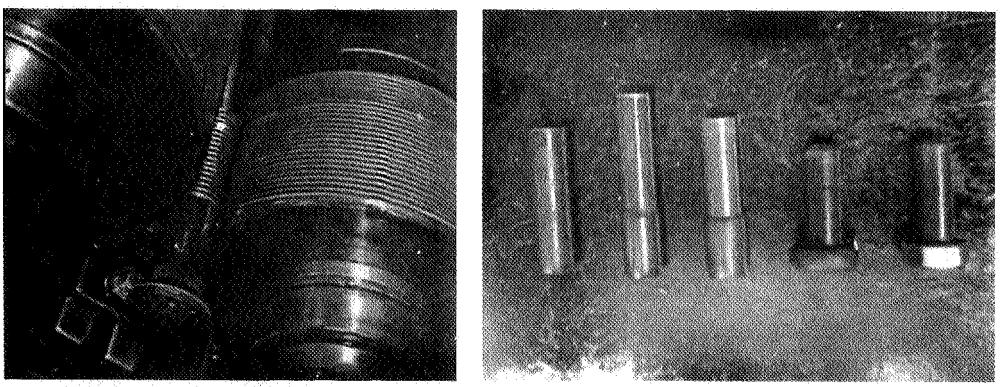
ـ محدودیت تولید به ازای قطر و طول در برخی دستگاه‌ها

شکل ۱۵، وضعیت الیاف فلز و مرز دانه‌ها را در دو روش مقایسه می‌نماید.



شکل ۱۵ : وضعیت الیاف فلز در حالت ماشینکاری و نورد

شکل ۱۶ ، مراحل تولید پیچ به روش فورج سرد را نشان می‌دهد.



شکل ۱۶ : تولید پیچ با روش فورج سرد

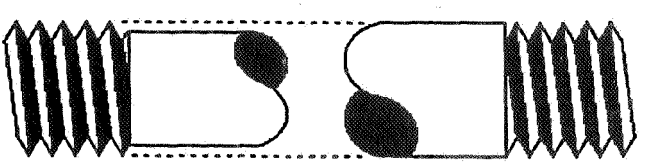
پیچ‌هایی که دارای ساقی با قطر کاهش یافته می‌باشند (Reduced shank) و حداکثر قطر آنها ۲۰ میلی‌متر است، به ۳ دلیل می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند:

الف) مقاومت به خستگی بیشتر،

ب) به دلیل وارد شدن بار کمتر به پیچ، استفاده در اتصالات نرم که استحکام و سختی قطعه، کمی کمتر از پیچ است، و

ج) حد بالای الاستیسیته.

در شکل ۱۷ ، این نوع پیچ با پیچ عادی مقایسه شده است.

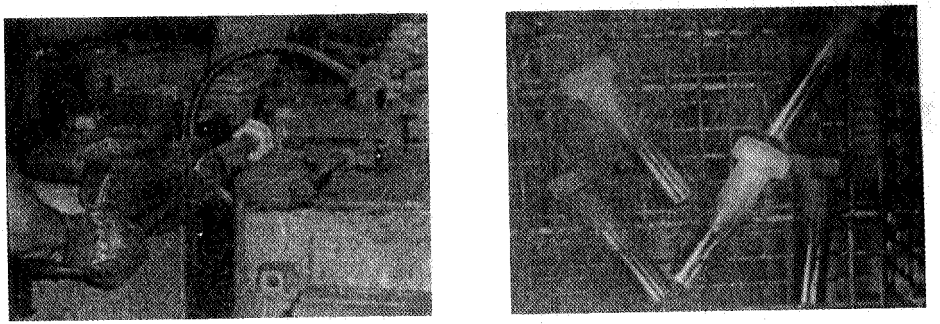


شکل ۱۷ : مقایسه پیچ معمولی و پیچ بدنه نازک

فورج پیچ و مهره، به دو روش سرد و گرم انجام می‌گیرد. در روش گرم، بعد از حرارت‌دهیِ سر قطعه در دمای بالا (۱۲۰۰ ـ ۸۵۰ درجه سانتی‌گراد)، شکل سرپیچ، توسط دستگاه پرس ایجاد می‌شود. این روش دارای مزایا و معایب زیر می‌باشد:

- فرمدهی قطعات با شکل پیچیده،
- نیاز به کمترین فشار،
- توانایی فرمدهی قطعات بسیار بزرگ،
- تشکیل پوسته‌های اکسیدی روی قطعه،
- دقت ابعادی پایین، و
- ایجاد فلاش.

شکل ۱۸ ، تولید پیچ به روش آهنگری گرم را نشان می‌دهد.



شکل ۱۸ : تولید پیچ با روش فورج گرم

در روش فورج سرد یا اکستروژن، بدون استفاده از حرارت و توسط دستگاه پرس ضربه‌ای، پیچ طی چند مرحله ولی بسیار سریع، تغییر مقطع داده و آمادهٔ رزوه شدن می‌گردد در برخی از پرس‌ها پیچ به‌طور رزوه شده از دستگاه خارج می‌گردد. مزایا و معایب این روش عبارتند از:

- ابعاد دقیق،
- مقاومت مکانیکی بالا،
- سطح صاف قطعه،
- بدون تغییر ماندن قطعه،
- عدم نیاز به ماشینکاری،

- نیاز به فشار بسیار بالا،
- چند مرحله‌ای بودن و نیاز به پیش‌فرمدهی، و
- ناتوانی در تولید با قطر بیش از ۱ اینچ.

در جدول ۷، آلیاژ مواد اولیه‌ای که معمولاً در ساخت پیچ‌ها استفاده می‌شود، به همراه آنالیز شیمیایی و استحکام نهایی آنها آمده است.

ادامه جدول ۷

قابلیت بالای عملیات حرارتی	980-1180	1.25-1.75	-	0.3-0.7	0.4-0.8	0.15-0.35	0.32-0.4	36NiCr6	1.5710
پیچ‌های با استحکام بالا	930-1130	-	-	-	0.9-1.2	0.7-0.9	0.34-0.4	38MnSi4	1.5120
پیچ‌های استحکام بسیار بالا از فولاد سختی سطحی شونده	900-1300	0.4-0.7	0.15-0.25	0.4-0.7	0.65-0.95	< 0.4	0.17-0.23	21NiCr M02	1.6523
پیچ‌های انتقال نیرو ضد زنگ	1000-1100	3-5	-	15-18	1	1	< 0.07	X5CrNiCu Nb174	1.4542
پیچ‌های مقاوم در دمای پایین سرد اکستروژن	1100-1300	-	0.15-0.30	0.9-1.2	0.6-0.9	< 0.4	0.38-0.45	42CrM04	1.7225
پیچ‌های کم کربن مقاوم به حرارت	600-700	< 0.6	0.2-0.35	0.9-12	0.5-0.8	< 0.4	0.2-03	42CrM05	1.7258
فولادهای سختی سطحی شونده	800-1200	-	0.4-0.5	0.3-0-6	0.7-1	< 0.4	0.17-0.22	20MoCrS4	1.7323
پیچ‌های مقاوم تا ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد	700-820	< 0.6	0.5-0.6	1.2-1.5	0.3-0.6	0.15-0.35	0.2-0.28	24CrMoV55	1.7733
فولادهای ساختمانی مقاوم به‌حرارت	700-820	< 0.6	1-1.2	1.2-1.5	0.3-0.6	0.3-0.6	0.17-0.25	21CrMoV511	1.8070
دارای انواع گرید کم کربن و ضدزنگ می‌باشد. بیشتر برای استاد و گریدهای B7,B8,B8M	650-850	-	0.15-3	0.75-20	0.45-1.1	0.15-1	0.15-0.5		A193

جدول ۷: برخی از انواع آلیاژ مواد اولیه پیچ و مهره

ملاحظات	استحکام نهایی N/mm^2	Ni	Mo	Cr	Mn	Si	C	معادل	شماره جهانی متریال
پیچ به روش فورج سرد (اکستروژن)	550-700	-	-		0.4-1.1	0.1-0.4	0.18-0.24	CK22 10B21	1.1151
پیچ‌های با استحکام بالا	630-790	-	-	-	0.5-0.8	0.1-0.4	0.32-0.4	CK35	1.1181
پیچ‌های با استحکام بالا	700-820	-	-	-	0.5-0.8	0.1-0.4	0.42-0.5	CK45	1.1191
پیچ‌های ضد زنگ	< 800	-	-	12-14	< 1	< 1	0.35-0.42	X40Cr13	1.4301
پیچ‌های ضد زنگ	500-700	11-13	-	17-19	0.5-0.8	< 1	< 0.07	X5CrNi1 911	1.4303
پیچ‌های مقاوم در برابر خزش	950-1150	0.3-0.8	0.5-0.1	10-12	0.3-0.8	0.1-0.5	0.16-0.22	X19CrMo vNb111	1.4913
پیچ‌های مقاوم در حرارت‌های بالا	950-1200	24-27	1-15	14-16	1-2	< 1	< 0.08	X5NiCrTi 2615	1.4980
پیچ‌های مقاوم تا ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد	700-830	0.1-0.3	0.8-1	0.2-0.4	0.5-0.8	0.15-0.35	0.14-0.22	17Mov84	1.5406

ادامه جدول ۷

مهره، با گریدهای 2H,4,7,8,8M برای فشارهای بالا		0.014	0.0-3.0	0.0-19.0	0.7-2.0	0.1-1.0	0.1-0.4	-	A194
معادل گرید 5.6 شامل ۳ تیپ	420-700	0.17	0.15	0.42	0.37	---	0.19-0.55	-	A307
معادل گرید 8.8 شامل ۳ تیپ	725-830	0.2-0.8	< 0.1	0.3-0.9	0.5-1.4	0.1-0.57	0.28-0.55	-	A325
معادل گرید 10.9 شامل ۳ تیپ	1040-1210	>0.17	>0.15	>0.4	>0.4	---	0.28-0.55	-	A490
شامل گریدهای BC,BD	800-1030	-	-	-	-	-	0.28-0.55	-	A354
مهره، شامل گریدهای A,B,C,D,DH ,C3 ,DH3		0.17-0.95	0.0-0.1	0.25-1.3	0.36-1.24	0.13-0.55	0.15-0.55	-	A563
شامل گریدهای ,L43,L7(4140) B9M(316), B8(304) برای دماهای پایین	515-860	0.5-11.0	0.15-0.3	0.4-21.0	0.7-2.0	0.15-1.0	0.05-0.48	-	A 320
شامل گریدهای مختلف از 4.6 الی 12.9 (ساده و آلیاژی)	400-1200	0.2-0.8	<0.1	0.3-0.95	<0.7	0.13-0.55	0.15-0.65	-	F568

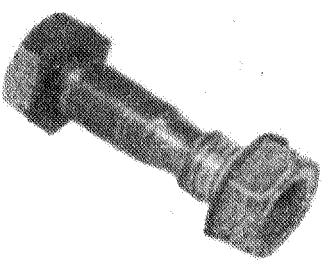
۱۲ـ۳ـ Failure در پیچ و مهره

انجام آزمون‌های فراوان برای جلوگیری از Failure، اقتصادی و عملی نیست بنابراین باید به آنالیز تحلیلی و تجربه طراحان اتکا نمود. عوامل گوناگونی بر نوع شکست تاثیر گذارند مانند: نوع آلیاژ، عملیات حرارتی، ماشینکاری یا نورد شدن رزوه، فرآیند تولید و فاکتورهای طراحی.

انواع شکست:

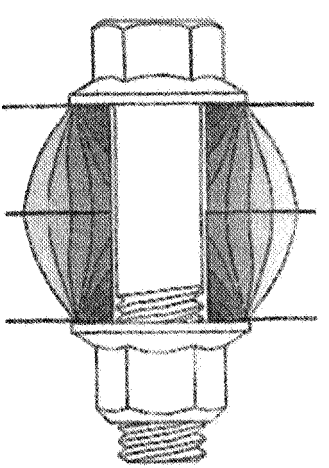
۱ـ قدرت اتصال ناکافی (Insufficient Clamp Force)

اگر بین هرکدام از اجزای اتصال فاصله بوده و یا پیش‌تنیدگی مناسب اعمال نشده باشد، نیروهای برشی، موجب آسیب می‌گردند. فاصله مذکور، در مقیاس میکروسکوپی است.



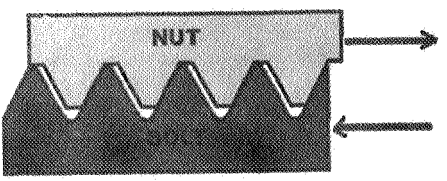
۲ـ تنش بیش از حد در سطح تحمل کننده بار (Excessive Bearing Stress)

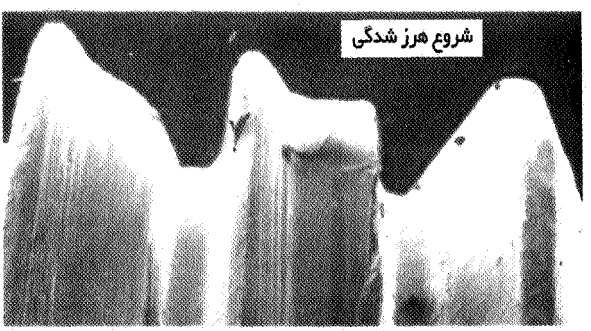
اگر تنش اعمالی به سطح زیر گل پیچ یا مهره، بیش از حد تسلیم باشد، اجزای اتصال، در هم فرو رفته و نیروی پیش‌تنیدگی، کم می‌شود. گسیختگی معمولاً در زیر گل پیچ و یا قسمت ابتدایی رزوه اتفاق می‌افتد.



۳ـ هرز شدگی رزوه‌ها (Thread Stripping)

وقتی نیروی برشی بیش از حد مجاز به رزوه‌ها وارد شود، عیب هرز شدگی اتفاق خواهد داد. همانگونه که استحکام و سختی مهره قدری بیشتر از پیچ است، مقاومت آن به هرزشدگی رزوه نیز بیشتر است بنابراین در اتصالات، چنانچه بیش از حد مجاز بار اعمال شود و یا خستگی اتفاق بیفتد، ابتدا پیچ شروع به هرز شدن می‌نماید. این عیب، تدریجی اتفاق می‌افتد یعنی هنگام مونتاژ، رزوه سالم به نظر می‌رسد ولی اولین رزوه‌ای که بار عرضی به آن وارد شده، شروع به تغییر شکل داده و نیرو را بعد از تسلیم به رزوه‌های مجاور منتقل می‌نماید. مکانیزم کچل شدگی، پیچیده بوده و خم شدن رزوه‌ها و اتساع مهره (جابجایی شعاعی) نیز در آن دخیل است.



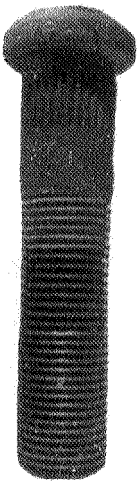


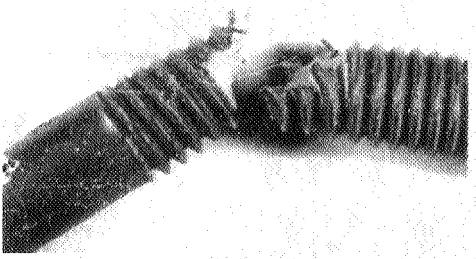
۴ـ بار محوری بیش از حد (Axial Overloading)

وقتی نیرویی بیش از حد، به اتصالی وارد می‌شود، پیچ باری را تحمل می‌کند که بیش از حد تسلیم آن است. پیچ به دو طریق دچار Necking یا گسیختگی می‌شود:

در حالت اول، پیچ به‌طور مستقیم و با اعمال بار زیاد Fail می‌کند که این حالت بعید است زیرا معمولاً پیچ، سهم کوچکی از نیروهای وارده به اتصال را تحمل می‌کند، و

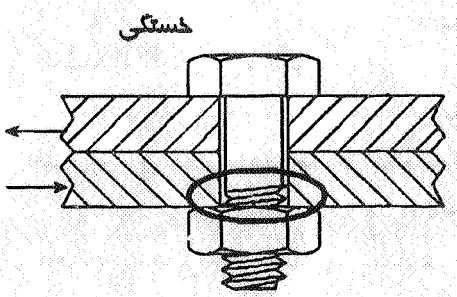
در حالت دوم، وقتی بار برداشته شود، پیچ مجبور است قدری تغییر شکل پلاستیکی را به خود ببیند که موجب کاهش پیش‌تنیدگی و در نتیجه، لق شدگی می‌گردد.

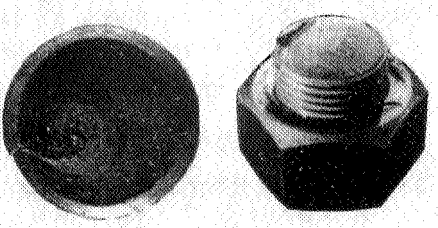




۵ ـ خستگی (Fatigue)

اگر بارهای دینامیک و سیکلی، به اتصالی اعمال شود و یا اتصال در معرض لرزش قرار گیرد، احتمال گسیختگی‌های ناشی از خستگی افزایش می‌یابد. بسیاری از Failure هایی که در اتصالات پیچی رخ می‌دهند از این گونه‌اند. یکی از راه‌های جلوگیری، می‌تواند کاهش قطر قسمت رزوه نشده (Shank) باشد.





فصل چهارم

بازرسی

عکس‌العمل‌های پیچ و مهره‌ها نسبت به بارهای اعمالی، از طریق آزمون خواص مکانیکی مشخص و معین می‌شود. خواصی مانند استحکام کششی، استحکام تسلیم، سختی، ضربه‌پذیری و ... همگی در معرض تغییراتی قرار می‌گیرند که به انتخاب روش‌های تولید و عملیات متالورژیکی بستگی دارد.

بازرسی‌های پیچ و مهره، باید مطابق نقشه‌های تایید شده، درخواست خرید، مشخصات فنی پروژه و استانداردهای معرفی شده انجام پذیرد.

پیشنهاد می‌شود از این کتاب همراه با چک لیستی برای بازرسی استفاده گردد و یا به طور مجزا، به بندهایی از آن اقتباس و استناد شود.

انواع پیچ و مهره‌ها، بسیار متنوع می‌باشند، بنابراین مطالب این کتاب جنبه عمومی داشته و نه به عنوان مرجع قطعی بلکه به عنوان راهنما، تهیه و تدوین گردیده است؛ مطلوب‌ترین حالت بازرسی پیچ و مهره، در حین ساخت می‌باشد زیرا نظارت بر تمامی مراحل میسر است.

۱-۴- بازرسی‌های در حین ساخت

این نوع بازرسی، شامل مواردی است که در صفحهٔ بعد آمده است:

۱ـ۱ـ۴ـ بررسی گواهینامه مواد اولیه

الف) نام و محل سازنده،

ب) شماره گواهینامه،

ج) شماره ذوب یا ریختگی مواد اولیه،

د) شماره سریال محصول،

ه) ترکیب شیمیایی،

و) خواص مکانیکی، و

ز) نتیجه عملیات حرارتی صورت گرفته.

۲ـ۱ـ۴ـ بررسی ظاهری مواد اولیه

الف) تطبیق شماره شناسایی مواد با شماره گواهینامه،

ب) بررسی مواد برای دارا بودن مشخصات فنی صحیح موردنظر استاندارد، و

ج) بررسی ظاهری و ابعادی مواد اولیه و انطباق با مشخصات فنی پروژه.

۳ـ۱ـ۴ـ بازرسی و نظارت بر ماشینکاری یا دیگر فرآیندهای ساخت

۴ـ۱ـ۴ـ بازرسی و نظارت بر عملیات حرارتی

۵ـ۱ـ۴ـ بازرسی پوشش نهایی

الف) فرآیند پوشش‌دهی مطابق با درخواست کارفرما یا استاندارد مرتبط،

ب) کنترل ضخامت لایه پوشش مطابق با مشخصات فنی پروژه،

ج) نظارت بر تست پاشش مه نمکی (Salt spray) در صورت نیاز، و

د) بازرسی ظاهری برای کنترل عیوبی مانند شُره و عدم پوشش.

۶ـ۱ـ۴ـ بازرسی چشمی و ابعادی

۷ـ۱ـ۴ـ بازرسی نشانه گذاری

۸ـ۱ـ۴ـ بازرسی و آزمون‌های نهایی مکانیکی

۹ـ۱ـ۴ـ بررسی مدارک وگواهینامه صادر شده برای محصول توسط سازنده

۱۰ـ۱ـ۴ـ بازرسی بسته‌بندی و حمل

در بازرسی نهایی محصول (یا هنگام خرید)، بندهای ۲ـ۱ـ۴ ، ۳ـ۱ـ۴ و ۴ـ۱ـ۴ از دستورکار حذف شده و بند ۵ ـ۱ـ۴ نیز در صورت نیاز به حفاظت سطح، در دستورکار بازرسی قرار می‌گیرد.

۲ـ۴ـ مدارک بازرسی

با اینکه برخی پیچ و مهره‌ها با وجود داشتن گواهینامه کیفی و سایر مدارک، درکاربری خود دچار شکست می‌شوند، اما اخذ گواهینامه از تامین کننده، تا حدودی موجب اطمینان خاطر بوده و تاکیدی بر مسئولیت‌های وی می‌باشد.

۱ـ۲ـ۴ـ مدارک مرجع

این گونه مدارک، جنبه ماخذ را داشته و برای اعمال تلرانس و یا به عنوان مرجع در حل اختلافات احتمالی، استفاده می‌شوند که شامل این موارد است:

ـ درخواست خرید کارفرما یا همان مشخصات فنی پروژه

(Purchase order technical Specification) ، و

ـ استانداردهای اعلام شده از طرف کارفرما و در صورت اعلام استاندارد خاص، استانداردهای مشخص پیچ و مهره مانند ASTM ، ANSI ، DIN ، ISO ، IFI و ...

۲ـ۲ـ۴ـ مدارکی که باید در اختیار بازرس قرار گیرد:

ـ درخواست خرید شامل تعداد، اندازه پیچ و مهره و واشر، و استانداردهای مرتبط ابعادی و مکانیکی، مانند EN 20898 برای مشخصات مکانیکی و EN24014 برای مشخصات ابعادی پیچ‌ها،

ـ خواص مکانیکی و گرید مقاومتی،

ـ نوع پوشش‌دهی و ضخامت پوشش و اطلاعات اضافی،

ـ گواهینامه مواد اولیه مصرفی،

ـ برنامه کنترل کیفی (Q.C.T.M) و برنامه بازرسی (ITP)،

ـ روش نمونه‌برداری (Sampling Procedure)،

ـ دستورالعمل و نتایج عملیات حرارتی،
ـ گواهینامه‌های کالیبراسیون ابزار اندازه‌گیری،
ـ دستورالعمل بسته‌بندی، محافظت و علامت‌گذاری بسته‌ها و حمل، و
ـ فهرست اقلام بسته‌بندی (Packing list).

۳ـ۲ـ۴ـ مدارک ارائه شده از سوی سازنده برای بررسی و امضا

ـ گزارش‌های مختلف ساخت و کنترل کیفی،
ـ گواهینامه مواد اولیه مصرفی،
ـ گزارش‌های ابعادی،
ـ گزارش تست سختی،
ـ گزارش تست بارگواه (Proof Load) (برای مهره)،
ـ گزارش تست کشش (Tensile)،
ـ گواهینامه پوشش سطحی،
ـ گزارش تست‌های غیر الزامی و اطلاعات جانبی مفید،
ـ نشانه‌گذاری روی اقلام و علائم بسته‌بندی،
ـ فهرست اقلام بسته‌بندی (Packing list)، و
ـ گواهینامه انطباق محصول.

۳ـ۴ـ نمونه‌برداری برای انجام بازرسی

معمولاً روش و نحوه نمونه‌برداری برای تست‌های مختلف و بازرسی‌ها، در قرارداد مشخص شده یا تعداد نمونه‌های مرتبط با بازرسی به‌صورت شفاف و دقیق بیان می‌گردد و یا برای نمونه‌برداری، در قرارداد استانداردی به عنوان مرجع ذکر می‌شود.

یکی از استانداردهای مرجع برای نمونه‌برداری عمومی ISO 2859 بوده، اما استاندارد اروپایی نمونه‌برداری ویژه پیچ و مهره، ISO 3269 می‌باشد.

اگرچه تاکید می‌شود که پیچ و مهره‌ها مشخصات فنی موردنیاز در استانداردها را برآورده می‌نمایند، اما در تولید انبوه، تقریباً تحقق تمامی الزامات بسیار دشوار است. جداسازی پیچ و مهره‌هایی که نیازمندی‌های استاندارد را برآورده می‌کنند از سایر پیچ‌ها (به علت نوع کاربری و سرویس‌دهی گوناگون پیچ و مهره)، نه ضرورتی دارد و نه اقتصادی است.

Sample نمونه‌ای است که به طور تصادفی، از یک Lot یا Batch گرفته می‌شود و به

عبارت دیگر، شانس انتخاب آن با بقیه قطعات برابر است.

Lot تعدادی پیچ و مهره از یک نوع، یک کلاس تلرانس ابعادی، یک کلاس مقاومتی و یک ابعاد است که در شرایط واحد و یکسان تولید شده و در یک زمان به بازرس ارائه می‌شود.

در استاندارد ASME B18.18.1M نمونه‌برداری به صورت زیر انجام می‌گیرد:

در جدول ۸ و ۹ برای هریک از مشخصه‌های ابعادی و مکانیکی سطحی از بازرسی معین گردیده که با استفاده از جدول ۱۰ می‌توان به تعداد نمونه‌برداری لازم رسید.

جدول ۸: سطوح بازرسی مشخصه‌های ابعادی

آزمون‌های ابعادی			
مشخصه	Inspection Level	مشخصه	Inspection Level
Body Diameter	C	Grip Length	B
Length	B	Slot Width	A
Width Across Flats	B	Slot Depth	A
Width Across Corners	C	Slot Alignment	C
Head or Nut Thickness	C	Visual Inspection	A
Wrenching height	B	Point Diameter	C
Angularity of Bearing Surface	C	Countersing Diameter & Depth	C
Bearing Surface diameter	C	Thread Acceptability	A or B
Flang Thickness	C	Total Thread Length	B
Flang Diameter	C	Recess Penetration	A

جدول ۹: سطوح بازرسی مشخصه‌های مکانیکی

آزمون‌های مخرب	
مشخصه	سطح بازرسی
Proof load externally threaded	C
Proof load internally threaded	B
Tensile strength (wedge or axial)	B
Hardness	A
Case Depth	B
Decarburization	C
Torsioanal strength	B
Drive Test	B
Prevailing Torque	B
Washer Hardness	B
Ductility	A
Plating thickness	B
Salt Spray	B
Hydrogen embrittlement	A

جدول ۱۰: تعداد نمونه‌برداری

Lot Size (حجم محموله)	Level	ابعادی		مخرب	
		Sample size	Acc No	Sample Size	Acc No
Up to 250000	A	100	2	8	0
	B	32	1	4	0
	C	8	0	1	0

به عنوان مثال، از جدول ۹ می‌توان دریافت که سطح بازرسی برای استحکام کششی، B بوده و بنابراین با استفاده از جدول ۱۰ تعداد نمونه لازم جهت تست ۴ عدد تعیین می‌شود و باتوجه به اینکه در ستون سمت راست جدول حد پذیرش ۰ اعلام شده است، مردود شدن حتی یک نمونه از ۴ عدد نمونه مورد آزمایش، منجر به رد شدن کل محموله می‌گردد.

در استاندارد ISO ، سطح کیفی پذیرش (AQL) واژه‌ای است با معنای سطحی از کیفیت در یک روش نمونه‌برداری، که با توجه به اهمیت کالا و شرایط بازرسی تعیین می‌گردد.

براساس استاندارد ISO 2859 ، رابطه حجم انباشته و حجم نمونه با توجه به جدول ۱۱ مشخص می‌شود.

جدول ۱۱ : رابطه حجم انباشته و حجم نمونه

حجم انباشته (Lot Size)	حجم نمونه (Sample Size)
2-8	2
9-15	3
16-25	5
26-50	8
51-90	13
91-150	20
151-280	32
280-500	50
501-1200	80
1201-3200	125
3200-10000	200
10001-35000	315
35001-150000	500
150001-500000	800
500001-بالاتر	1250

جدول مذکور، براساس سطح بازرسی II و فقط برای سنجش کیفی مطرح گردیده است.

سطح بازرسی I ، زمانی است که کالا خیلی ارزان، و یا تعداد بازرس محدود باشد.

سطح بازرسی III ، برای کالای خیلی گران و یا تعداد بازرس زیاد در نظر گرفته می‌شود.

بازرسی سطح II ، حد میانی است.

توجه: موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، بازرسی سطح II و AQL برابر ۲/۵ را، به‌عنوان بازرسی عادی می‌شناسند.

اگر شرایط بازرسی بسیار حساس و یا کم‌اهمیت باشد، باید به ISO 2859 مراجعه شود.
در جدول ۱۲، AQL مرتبط برای بازرسی مشخصه‌های ابعادی پیچ و مهره تعیین گردیده است.

جدول ۱۲ : مشخصه‌های ابعادی و AQL مرتبط پیچ و مهره‌ها

Applicable dimensional characteristics 1)		Product Group					
		Socket Screw, bolts & screw of grade A &B , studs (Note 2)	Bolts & Screw of grade C (Note 2)	Nuts ⩾ Class 8	Nuts < Class 8	Machine Screws	Self Tapping Screws , thread -forming Screws
		AQL (Note 3)					
Major Characteristics	Width across flats	1	1.5	1	1.5	1.5	1.5
	Width across corners	1	1.5	1	1.5		1.5
	Width of slot or socket	1				1.5	1.5
	Depth of slot or socket	1				1.5	1.5
	Recess penetration depth					1.5	1.5
	Radius under head	1.5					
	Go thread gauge	1	1.5	1.5	1.5	1.5	
	No go thread gauge	1	1.5	2.5	2.5	1.5	
	Major diameter						2.5
Minor Characteristics	All Others	2.5	4	2.5	4	4	4

توجه ۱ : گرید محصول با طبقه‌بندی محصول، برحسب تلرانس و لقی آن مشخص می‌گردد (به استاندارد ISO 4759-1 مراجعه شود).

توجه ۲ : برای مشخصه‌هایی که در شرایط چکش‌کاری گرم قرار گرفته‌اند، AQL برابر ۲/۵ استفاده می‌شود. محصولات تولیدی به روش چکش‌کاری گرم، به‌طور جداگانه بازرسی می‌شوند.

مشخصه‌های اصلی یا Major ، به ابعادی گفته می‌شود که بر کاربری یا ماهیت پیچ و مهره تاثیرگذار بوده و بر مشخصه‌های فرعی یا Minor تاثیر چندانی ندارند.

ریسک تامین کننده، اصطلاحی است به معنای احتمال برآورده نشدن الزامات فنی یک Lot و در واقع عددی است که به AQL مخصوص خود مربوط می‌شود.

خریدار مجاز است پیچ و مهره‌هایی را که تحویل گرفته، از نظر عملکردی و کاربری آزمایش نماید؛ در ضمن قضاوت او توجیه‌پذیر است، به شرطی که از میزان ریسک تامین کننده در مورد مشخصه‌های ابعادی بالاتر از ۵٪ و در مشخصات مکانیکی (استحکامی) بالاتر از ۱۲٪ تجاوز نکنند.

چنانچه نیازمندی خریدار محصول، مبتنی بر کیفیت ابعادی دقیقی باشد (کلاس لقی 4h/5H)، گرید آن با حروف A یا B مشخص می‌گردد و اگر نیازمندی، مبتنی بر کیفیت ابعادی نه چندان دقیق (کلاس لقی 7g/8H) باشد، گرید محصول با حرف C تعیین می‌گردد.

بنابراین، برای نمونه‌برداری محصولات با گرید A و B ، باید حجم نمونه‌هایی که از ردیف ریسک تامین کننده ۵٪ قرار دارند تعیین گردد.

اگر اعتبار سازنده برای خریدار محقق نگردیده باشد و یا اصولاً توانمندی لازم برای تولید محصولات با ابعاد دقیق را دارا نباشد، در این‌صورت می‌توان در ستون مربوط به Supply Risk جدول ۸ ، برای تعیین حجم نمونه از درصد پایین‌تری از ریسک تامین کننده استفاده گردد؛ به‌عنوان مثال ۴٪.

اصطلاح دیگری با نام LQ_{10} وجود دارد که به کاربری و عملکرد پیچ و مهره مربوط می‌شود، به این معنی که برای پیچ و مهره‌هایی که کاربری و عملکرد آنها اهمیت بیشتری دارد، مقدار LQ_{10} کمتر است، بنابراین مستلزم حجم نمونه‌برداری و صرف هزینه بازرسی بیشتری است.

نسبت LQ_{10}/AQL تنها توسط خریدار تعیین می‌شود.

در جدول ۱۳ ، AQL مرتبط با هریک از مشخصه‌های مکانیکی تعیین گردیده است.

جدول ۱۴ ، روشی است برای تعیین تعداد نمونه و نیز حد پذیرش براساس AQL ها و LQ_{10} های متفاوت.

جدول ۱۳ : مشخصه‌های مکانیکی پیچ و مهره و AQL های مرتبط

Applicable Mechanical characteristics [1]	Carbon or Alloy Steel				Stainless Steel		
	bolt, screws and studs	NUT	Machin Screws	Self tapping screw	bolt, screws and studs		NUT
	AQL				≤M5	>M5	
Tensile Strength [2]	1.5		1.5		1.5	1.5	
Hardness	0.65	0.65	0.65	0.65		0.65 [3]	0.65 [3]
Stress at 2% Permanent Strain						1.5	
Extension value at fracture						1.5	
Stress under Proof load [3]		1.5					1.5
Stress under Wedge Loading	1.5						
Surface discontinuities visual	0.65	0.65	0.65	0.65			
Surface discontinuities destructive	1.5	1.5	1.5	1.5			
Decarburization (class ≥ 8.8)	1.5						
Application test				1.5			
Torque test				1.5	1.5		
Widening or cone proof load test		1.5					
Marking [4]	0.65	0.65				0.65	0.65

توجه ۱ : سایر مشخصات می‌توانند براساس مشخصات فنی پروژه، تعیین سطحی کیفی شوند.

توجه ۲ : استحکام کششی و تنش در ۰/۲٪ کرنش دائمی، می‌تواند در یک آزمایش تست شود.

توجه ۳ : اگر مقدور است، مطابق گریدهای فولاد مربوطه تست شود.

با استفاده از جدول‌های ۱۲ و ۱۳ ، AQL ، تعیین شده و با داشتن ریسک تأمین کننده در جدول شماره ۱۴ ، تعداد نمونه برای بازرسی مشخص می‌گردد.

جدول ۱۴ : روش نمونه‌برداری و معیار پذیرش

Acceptance Number (AC)	AQL%					Ratio LQ_{10}/AQL	Supplier's Risk %
	0.65	1	1.5	2.5	4		
	Sample Size						
0	20	13	8	5	3	16.5	12
1	80	50	32	20	13	7.5	9
2	125	80	50	32	29	6.2	5
3	200	125	80	50	32	5.2	4
5	315	200	125	80	50	4.4	2
7	500	315	200	125	80	3.7	2
10		500	315	200	125	3.1	2
14			500	315	200	2.6	2
21				500	315	2.2	1

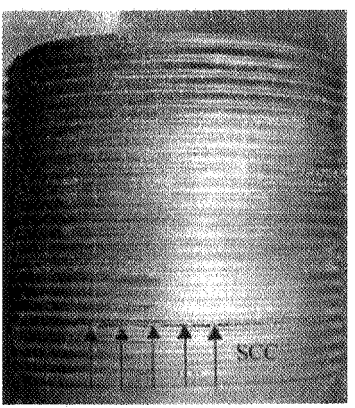
در صورتی که حجم انباشته (Lot Size) کمتر از حجم نمونه (Sample Size) باشد، باید روی همه نمونه‌ها بازرسی انجام شود.

به عنوان مثال، اگر بخواهیم رزوه‌های یک پیچ با گل شش ضلعی و درجه کیفی A را بازرسی کنیم، چون محصول سازنده از درجه کیفی بالایی برخوردار است، ریسک تامین کننده با مقدار ۵ مناسب است. بنابراین با استفاده از جدول ۱۲ ، درمی‌یابیم که AQL برابر ۱ بوده، سپس با استفاده از جدول ۱۴ حجم نمونه ۸۰ و حد پذیرش ۲ تعیین می‌گردد. یعنی اگر ۳ نمونه از ۸۰ نمونه مردود شوند، تمامی محموله مردود اعلام می‌گردد.

۴ـ۴ـ بازرسی ظاهری

بازرسی ظاهری، برای پیچ‌ها و مهره‌ها، به قرار زیر انجام می‌گیرد.

۱ـ۴ـ۴ـ بازرسی ظاهری پیچ‌ها



از آنجایی که بازرسی ظاهری، می‌تواند موجب کاهش سایر هزینه‌های بازرسی نظیر آزمون‌های مخرب و غیرمخرب شود، بنابراین از اهمیت خاصی برخوردار است. هرگاه مطابق استاندارد، پیچ یا مهره‌ای به دلیل وجود عیوب ظاهری مردود اعلام شود، دیگر نیازی به تست‌های بعدی نیست و از طرفی، تنها بازرسی ظاهری (Visually) برای تائید پیچ و مهره کفایت نمی‌کند. نکته قابل توجه اینکه، ابعاد و نوع برخی از عیوب ظاهری به صورت شفاف در استانداردها مشخص شده‌اند و تجربه و مهارت بازرس در این هنگام بسیار ضروری است؛ در ضمن انجام تست‌های مخرب در این موارد می‌تواند کارساز باشد.

همواره تعداد نمونه‌های ارسالی برای تست‌های غیرمخرب مانند بازرسی چشمی، بیشتر از

نمونه‌های تست مخرب است و از این تعداد، نمونه‌های مشکوک برای انجام آزمون‌های مکانیکی جدا، و تست می‌شوند.

نمونه‌برداری برای بازرسی چشمی و غیرمخرب، باید مطابق جدول ۱۵ (استاندارد EN26157) صورت بگیرد.

جدول ۱۵ : تعداد نمونه برای بازرسی‌های چشمی و غیرمخرب

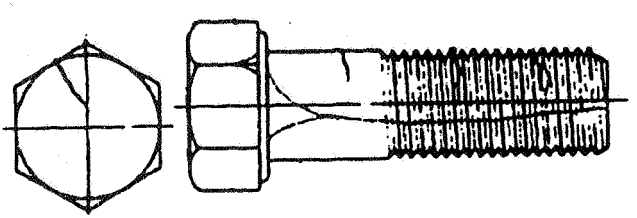
تعداد نمونه	حجم انباشته (تعداد محصول) (N)
20	$N \leq 1200$
32	$1201 \leq N \leq 10000$
50	$10001 \leq N \leq 35000$
80	$35001 \leq N \leq 50000$

عیوبی که در بازرسی چشمی پیچ‌ها قابل تشخیص است، به ۸ گروه تقسیم می‌شوند که توضیح آنها و حد پذیرش هریک، در بندهای ۱-۱-۴-۴ الی ۸-۱-۴-۴ آمده است.

۱-۱-۴-۴- ترک‌ها

ترک‌ها، در انواع زیر مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۱-۱-۱-۴-۴- ترک‌های آبدهی (Quench Cracks)

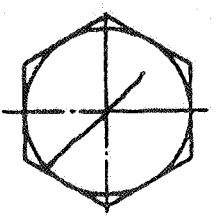


این‌گونه ترک‌ها ممکن است در حین عملیات سخت‌کاری (به دلیل تنش‌های اضافی حرارتی) یا ناشی از تغییر شکل ناگهانی به وجود آیند. ترک‌های سرد، معمولاً به صورت رگه‌های نامنظم و با خط سیری متغیر روی تمامی سطح پیچ و مهره ظاهر می‌شوند. در صورت مشاهده چنین ترک‌هایی با هر عمق و طولی در هر کجای محصول، نمونه مردود اعلام می‌شود اما

موجب مردود شدن کل محصول نمی‌شود زیرا مطابق جدول ۱۴، بسته به تعداد نمونه‌ها، درصدی از آنها می‌تواند مردود باشد بدون آنکه به رد کل محصول منجر گردد. از طرفی، پذیرش کل محصول منوط به افزایش حجم نمونه برداری (مثلاً ۲ برابر) با همان حد پذیرش قبلی می‌باشد. البته این ارفاق (نمونه‌گیری مجدد) فقط یک بار صورت می‌گیرد.

۲-۱-۱-۴-۴- ترک‌های پرس گرم (Forging Cracks)

ترک‌های پرس گرم، ممکن است در حین عملیات برش مواد اولیه و یا کله‌زنی (گیوتین) ایجاد شوند. محل پیدایش آن، روی گل پیچ و در مورد پیچ‌های با گل حفره‌دار، در پیرامون گل است. اگر طول این نوع ترک، کمتر از قطر اسمی پیچ و عمق یا عرض آن، کمتر از ۰/۰۴ قطر اسمی پیچ باشد، نمونه مورد پذیرش قرار می‌گیرد.



۲-۱-۱-۴-۴- شکاف‌های پرس گرم (Forging burst)

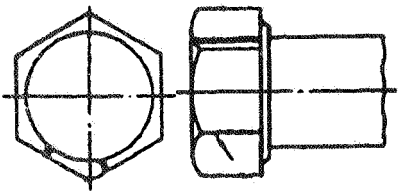
شکاف های چکش‌کاری، ممکن است در حین عملیات پرس گرم اتفاق بیفتد. محل پیدایش آنها در کناره‌ها و یا گوشه‌های گل پیچ، و در مورد پیچ‌های سر گرد و فلنجی، در محیط آنها است.

شکاف‌هایی که در کناره‌های گل‌پیچ و به قسمت ماشینکاری شده گل (تاج) یا سطح تحمل‌کنندهٔ بار (در زیر گل) راه پیدا کرده باشند، موجب مردود شدن نمونه خواهند شد.

شکاف‌هایی که در حد فاصل دو کناره متقابل گل قرار دارند، به شرطی قابل پذیرش خواهند بود که موجب کاهش اندازه عرض گوشه‌ای گل پیچ (کمتر از حد استاندارد) نشوند.

عرض شکاف‌هایی که روی پیچ‌های با گل حفره‌دار ظاهر می‌شوند، نباید بیشتر از ۰/۰۶ قطر اسمی پیچ بوده و یا عمق شکاف به قسمت زیرین حفره کشیده شده باشد.

تعداد شکاف‌هایی که روی پیچ‌های سر گرد یا فلنجی پدیدار می‌شوند، اگر ۲ عدد یا بیشتر باشند، نباید عرضی بیشتر از ۰/۰۴ قطر گل یا فلنج پیچ داشته باشند (هریک از آنها می‌تواند فقط عرضی تا ۰/۰۸ قطر گل داشته باشد) و اگر تنها ۱ شکاف موجود باشد نباید عرضی بیش از ۰/۰۸ قطر گل یا فلنج پیچ داشته باشند.



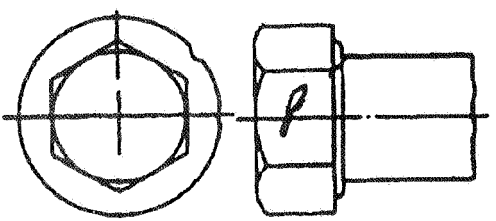
۳-۱-۴-۴- شکاف‌های برشی یا زاویه‌دار (Shear Brusts)

شکاف‌های برشی، ممکن است در طول عملیات پرس گرم رخ دهند. این نوع عیب در پیچ‌های قارچی و فلنجی، اغلب در قسمت محیطی پدید آمده و با محور پیچ، زاویه‌ای حدود ۴۵ درجه می‌سازد.

شکاف زاویه‌دار ممکن است در پهلوی گل پیچ‌های سر شش گوش ظاهر شود. شکاف‌های زاویه‌داری که در کناره‌های گل پیچ به قسمت ماشین‌خورده گل (تاج) و یا سطح تحمل‌کننده بار در زیر گل راه پیدا کرده باشند، موجب مردود شدن نمونه خواهند شد.

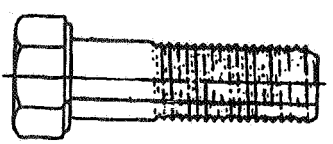
شکاف‌هایی که در مرز مشترک دو وجه گل قرار دارند، به شرطی قابل قبولند که موجب کاهش اندازه عرض گوشه‌ای گل پیچ (کمتر از حد استاندارد) نشوند.

شکاف‌های برشی که روی پیچ‌های با گل حفره‌دار قرار دارند، نباید عرضی بیشتر از ۰/۰۶ قطر اسمی پیچ داشته باشند، یا عمق شکاف نباید به قسمت زیرین حفره آچارخور راه پیدا کرده باشد.



۴-۱-۴-۴- درزها و رگه‌های مواد اولیه (Seams)

درز یا روی هم افتادگی، ناپیوستگی باریکی است که عموماً خط راست یا با انحنای ملایمی در راستای محور طول پیچ بر سطح رزوه، ساق (Shank) و یا گل پیچ مشاهده می‌شود. عمق مجاز در مورد درزها و رگه‌های مشاهده شده حداکثر ۰/۰۳ قطر اسمی پیچ بوده و در صورت امتداد رگه‌ها به گل‌پیچ، معیار پذیرش مانند بند ۳-۱-۴-۴ (شکاف‌های پرس گرم) می‌باشد.

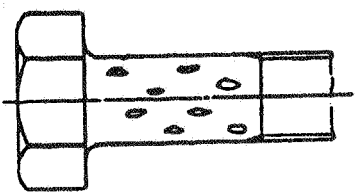


۵-۱-۴-۴- حفره‌ها (Void)

حفره، گودی کم‌عمق یا کندگی کوچک روی سطح پیچ است که به واسطه عدم پر شدن فلز در حین پرس گرم و یا پرس القایی، ایجاد می‌شود.

حفره‌ها در اثر وجود براده‌ها و لبه‌های زائد یا اکسید ناشی از زنگ‌زدگی موجود در مواد اولیه، روی محصول شکل گرفته و در حین عملیات تولید، نیز از بین نمی‌روند.

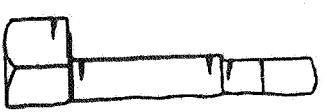
عمق حفره باید کمتر از ۰/۰۲ قطر اسمی پیچ و حداکثر ۰/۲۵ میلی‌متر باشد؛ مجموع مساحت حفره‌های موجود در سطح تحمل کننده (زیر گل) نباید بیشتر از ۱۰٪ مجموع مساحت کل حفره‌ها باشد.



۶-۱-۴-۴- چین‌خوردگی یا پلیسه (Folds)

چین‌خوردگی یا Fold، روی هم افتادن یا تا خوردگی فلز است که بر سطح پیچ و مهره و در حین پرس گرم اتفاق می‌افتد.

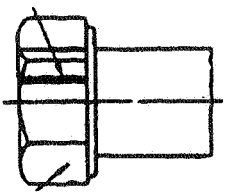
در صورت ناهمگونی در کیفیت شکل‌ها و حجم ماده اولیه به هنگام فورج یک مرحله‌ای در فلز، جابجایی رخ می‌دهد که باعث تا خوردگی یا چین خوردگی در پیچ و مهره‌ها می‌شود. اگر این عیب در سطوح تماس پیچ یا زیر سطح تحمل کننده بار (مماس با قطعه) وجود داشته باشد، موجب مردود شدن نمونه خواهد شد ولی اگر روی گل باشد، بلامانع است.



۷-۱-۴-۴- نشان ابزار (Tool Marks)

نشان ابزار، شیارهای کم‌عمقی هستند که به صورت طولی یا محیطی وجود دارند. این عیوب به‌علت جابجایی ابزار تولید بر سطح محصول پدید می‌آیند.

نشان ابزارهایی که بر ساق (Shank) و گوشه‌ها یا سطح تحمل‌کننده بار (زیر گل پیچ) قرار دارند و میزان زبری سطح آنها بیش از ۳/۲ میکرومتر باشد، مردود است.



۸ـ۱ـ۴ـ۴ـ آسیب‌دیدگی‌ها (Damages)

هرگونه ناهمگونی روی سطح پیچ و مهره مانند لب‌پریدگی‌ها، چاکدار بودن، خراشیدگی و کندگی، جزو آسیب دیدگی‌ها به حساب می‌آیند. این نوع عیوب بر اثر عوامل خارجی بعد از تولید، مانند بارگیری و حمل و نقل ایجاد می‌شود. عیب مذکور موجب مردود شدن محموله نمی‌شود، مگر اینکه کاربری و استفاده از آنها را دچار اختلال کند، آسیب‌دیدگی‌های موجود در سه رزوه نخست، باید طوری باشند که اجازه دهند تا گیج برو (Go Gauge) با گشتاور حداکثر $0/001\ d^3$ (d = قطر اسمی) برحسب نیوتن متر بر رزوه‌ها آزادانه بچرخد.

اگر در حین بازرسی چشمی، برخی از رزوه‌ها له شده باشد، به طوری که بر عملکرد پیچ تاثیر مخرب داشته و مهره را نتوان به صورت دستی تا انتهای پیچ چرخاند و محکم نمود (اما این مورد از نظر کمّی و کیفی جزئی بود)، می‌توان آنرا با سوهان کاری مرتفع نمود. اما اگر تعداد پیچ‌های با رزوه‌های معیوب در بین محموله زیاد بود، منجر به رد محموله خواهد شد، مگر آنکه سازنده به نحوی آنها را اصلاح نماید که بتوان به صورت دستی مهره‌ها را به پیچ‌ها بست.

اگر رزوه‌ها دچار له شدگی نباشد و مهره نتواند به دور پیچ بچرخد، احتمال وجود ترک در ریشه رزوه‌های پیچ وجود داشته و بنابراین باید مورد تست غیرمخرب مایعات نافذ قرار گیرد.

توسط بازرسی ظاهری و به کمک تجربه، می‌توان به روش تولید نیز پی برد که آیا رزوه‌ها توسط نورد ایجاد شده یا به وسیله ماشینکاری.

اغلب مواقع، خریدار علاقمند است پیچ‌هایش با روش Roll-Extruded تولید شده باشد.

در روش نورد، سطح رزوه‌ها و نیز ریشه دنده‌های پیچ تولیدی به روش نورد، یکدست، یکنواخت و دارای سطحی با پرداخت مطلوب می‌باشد، اما در پیچ‌های تولیدی با ماشینکاری، آثار ناشی از پارگی الیاف و مضرس بودن سطح مشهود است.

کلیه عیوب باید قبل از هرگونه پوشش‌دهی برطرف شده باشند، زیرا بعد از پوشش دهی، تشخیص عیوب بسیار دشوار یا غیرممکن خواهد بود. بنابراین بهتر است بازرسی چشمی قبل از پوشش‌دهی انجام شود.

۲ـ۴ـ۴ـ بازرسی ظاهری مهره‌ها

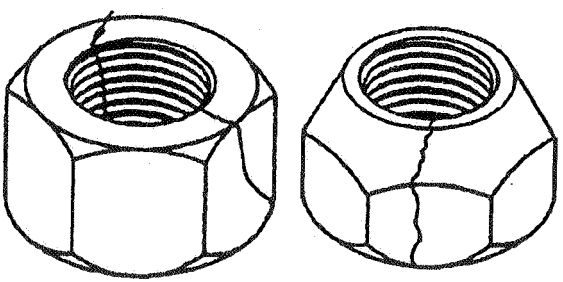
این بازرسی نیز، شامل موارد زیر می‌باشد:

۱ـ۲ـ۴ـ۴ـ ترک‌ها

ترک، نوعی گسیختگی است که در طول مرز دانه‌ها یا از میان آنها عبور نموده و یا در پی ناخالصی‌ها حرکت می‌کند. ترک‌ها اغلب بر اثر تنش بیش از حد، در حین پرس گرم یا دیگر عملیات شکل‌دهی و یا در خلال عملیات حرارتی به وجود آمده و یا اصلاً در مواد اولیه وجود دارند.

۱ـ۱ـ۲ـ۴ـ۴ـ ترک‌های آبدهی (Quench Crack)

ترک‌های آبدهی اغلب دارای طول زیاد، شکاف غیرمنظم، و کج و معوجی بوده که ممکن است بر هر سطحی از مهره پدیدار شوند. در هر شرایطی، وجود این نوع ترک موجب رد نمونه خواهد شد.



۲ـ۱ـ۲ـ۴ـ۴ـ ترک‌های پرس گرم (forge)

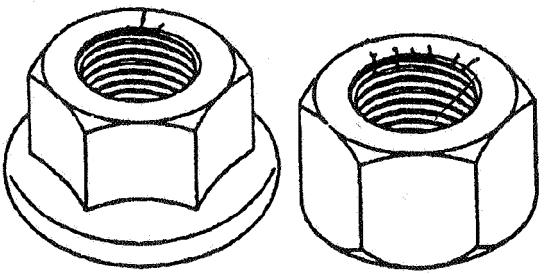
ترک‌های پرس گرم یا ترک‌های ناخالصی (Inclusion)، بر سطوح بالایی و پایینی مهره ایجاد می‌شوند. در ضمن ممکن است در مرز بین سطح بالایی و ضلع کناری مهره نیز پدید آیند.

ترک‌های ناخالصی به طور ذاتی در مواد اولیه موجود بوده و ناشی از عملیات تولید نمی‌باشد. ترک‌های موجود بر سطوح بالایی و زیرین مجاز هستند به شرطی که:

الف) بیش از دو ترک بر تمام عرض تحمل کننده بار عبور نکرده و عمقی بیش از ۰/۰۵ قطر اسمی رزوه نداشته باشد (در مورد مهره‌های فلنجی، وجود ترک در محدوده میان قطر خارجی سطح تحمل‌کننده بار و کناره‌های مهره مجاز نمی‌باشد)،

ب) ترک در سطح رزوه شده از حد اولین رزوه کامل (گام)به سمت رزوه‌های بعدی عبور نکرده باشد، و

ج) میزان پیشروی ترک در سطح اولین رزوه کامل، بیش از نصف ارتفاع رزوه نباشد.



۳-۱-۲-۴-۴- ترک در قسمت قفل کننده مهره نوع All metal prevailing torque

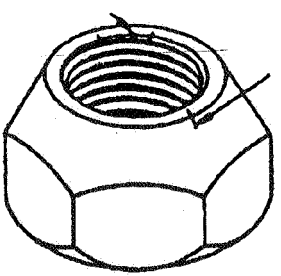
این نوع ترک، ممکن است بر سطح خارجی قسمت قفل کننده مخروطی یا سطح داخلی آن اتفاق بیفتد. وجود ترک مذکور بلامانع است به شرطی که:

الف) نیازمندی‌های مکانیکی و کاربردی برآورده شود،

ب) بیش از ۲ ترک (که از تمامی عرض دایره تاجی بالای مهره عبور کرده و یا عمقی بیش از ۰/۰۵ قطر اسمی رزوه داشته باشد) وجود نداشته باشد،

ج) ترک در سطح رزوه شده از قله اولین رزوه عبور نکرده باشد، و

د) میزان پیشرفت ترک در سطح اولین رزوه کامل، از عمق ۰/۵ برابر ارتفاع رزوه بیشتر نباشد.

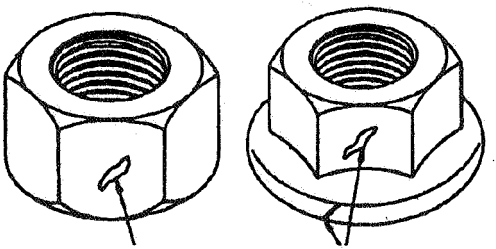


۲-۲-۴-۴- شکاف‌های برشی یا زاویه‌دار (Shear bursts)

این نوع باز شدگی که قبلاً توضیح داده شده، اگر به سطح تحمل کننده بار مهره یا دایره تاجی‌شکل مهره فلنج‌دار راه پیدا کرده باشد، مردود است.

شکاف‌هایی که در مرز مشترک دو ضلع مهره قرار دارند، به شرطی قابل قبول هستند که عرض گوشه‌ای مهره به کمتر از حد استاندارد نرسیده باشد.

شکاف‌های موجود بر محیط فلنج مهره‌های فلنج‌دار، به شرطی مورد تائید هستند که به قطر داخلی سطح تحمل کننده بار راه پیدا نکرده باشند.

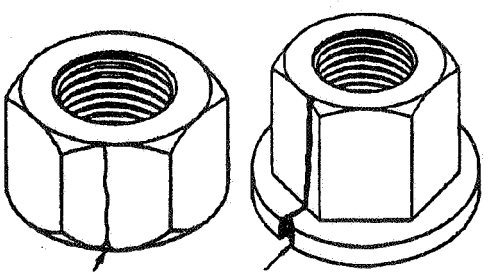


۳-۲-۴-۴- شکاف‌ها (Burst)

باز شدگی‌های مهره، روی سطح مهره راه نمی‌یابند، بلکه در مرز بین دو ضلع مهره رخ خواهد داد، بنابراین نباید طوری باشد که عرض گوشه‌ای مهره از حد استاندارد کمتر شود.

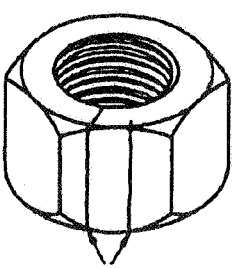
شکافی که در مرز بین یکی از سطوح بالایی یا پایینی و یکی از اضلاع قرار گرفته، نباید عرضی بیشتر از ۰/۲۵ میلی‌متر یا ۰/۰۲ عرض تخت مهره داشته باشد.

در مورد مهره‌های فلنجی، شکاف نباید به قطر داخلی فلنج راه یافته و عرض شکاف بیش از ۰/۰۸ قطر فلنج باشد.



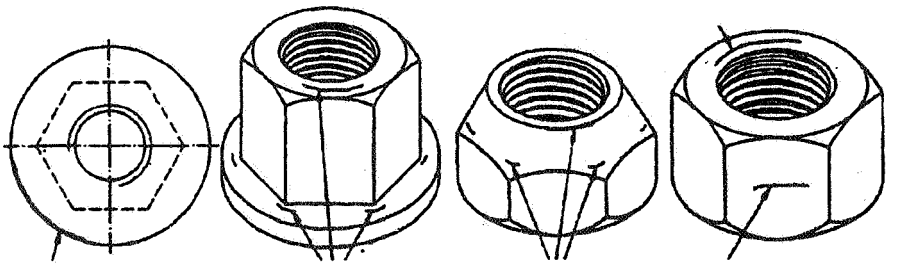
۴-۲-۴-۴- درزها

درزها به شرطی قابل قبول هستند که عمق آنها بیشتر از ۰/۰۵ قطر اسمی رزوه نباشد.



۵-۲-۴-۴- چین‌خوردگی یا پلیسه (Folds)

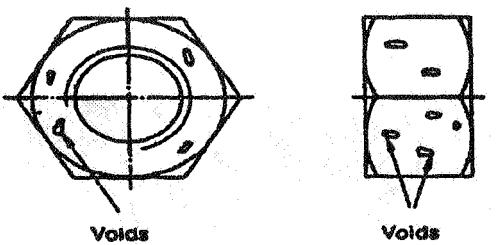
Fold ها قابل قبول هستند مگر در مورد مهره‌های فلنج‌دار که چین‌خوردگی نباید در مرز بین محیط بیرونی فلنج و سطح تحمل کننده بار باشد. در ضمن چین‌خوردگی نباید بر سطح تحمل‌کننده بار راه یابد.



۶-۲-۴-۴- حفره‌ها (Voids)

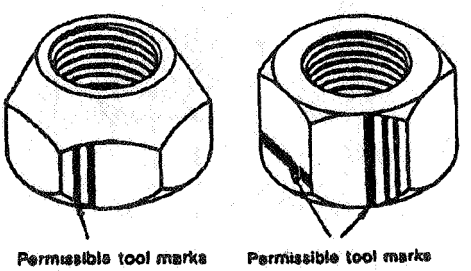
عمق حفره‌ها نباید بیشتر از ۰/۰۲ قطر اسمی رزوه، بلکه حداکثر ۰/۲۵ میلی‌متر باشد.

برای رزوه‌های با قطری تا ۲۴ میلی‌متر، مجموع سطح حفره‌ها نباید بیشتر از ۵٪ مساحت سطح تحمل‌کننده بار باشد. برای قطر رزوه‌های بیشتر از ۲۴ میلی‌متر، مجموع سطح حفره‌ها نباید بیشتر از ۱۰٪ مساحت سطح تحمل‌کننده بار باشد.



۷-۲-۴-۴- نشان ابزار (Tool Marks)

علائم باقی‌مانده ناشی از ابزار تولید بر مهره‌ها، نباید زبری سطحی بیش از ۳/۲ میکرومتر داشته باشد، در غیر این‌صورت نمونه مذکور مردود می‌باشد.



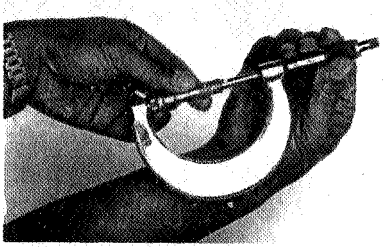
۸-۲-۴-۴- آسیب‌دیدگی‌ها

آسیب‌دیدگی‌ها مانند خراشیدگی، کندگی و لب‌پریدگی، در صورتی موجب مردود شدن می‌شوند که کاربری مهره را مختل نمایند.

جدول ۱۶ ـالف : نمونه‌برداری بازرسی مخرب از نمونه‌های مردودی آزمون غیرمخرب

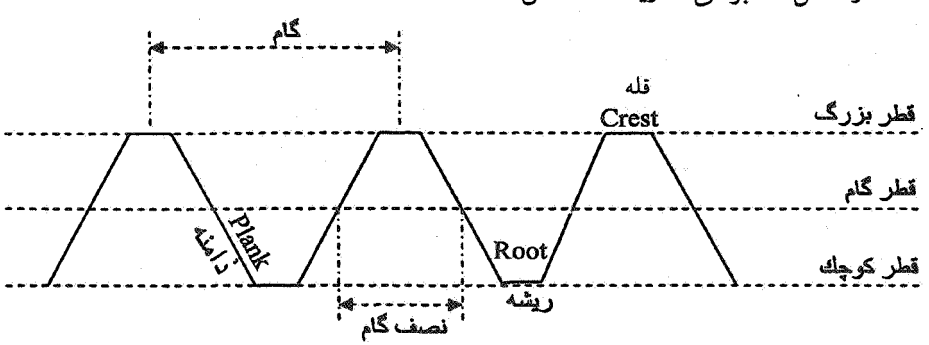
حجم نمونه برداری شده ثانویه	تعداد نمونه های معیوب در حجم نمونه برداری شده (N)
2	$N \leq 8$
3	$9 \leq N \leq 15$
5	$16 \leq N \leq 25$
8	$26 \leq N \leq 50$
13	$51 \leq N \leq 80$

۶ـ۴ـ بازرسی ابعادی



برای برآورده شدن نیازهای طراحی و نیز کاربری اصولی مجموعه اتصال، باید روی پیچ و مهره‌ها بازرسی‌های ابعادی انجام شود، اما اهمیت این آزمون‌ها به اندازه تست‌های مکانیکی نبوده و نحوه نمونه‌برداری آنها مانند آزمون‌های چشمی و غیرمخرب می‌باشد، یعنی روی همان نمونه‌هایی که برای آزمون چشمی در نظر گرفته شده است می‌توان تست‌های Dimensional را انجام داد.

در شکل ۱۹ برخی تعاریف مشخص شده است.



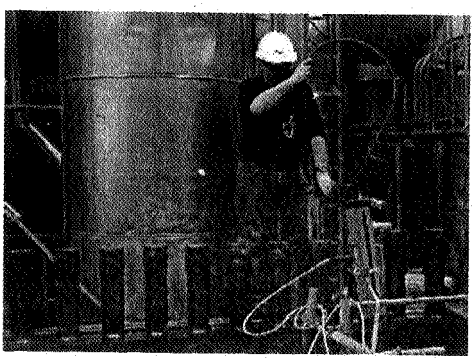
شکل ۱۹ : مقطع رزوه پیچ

اگر نمونه‌ای، در بازرسی چشمی یا غیرمخرب مردود اعلام شد، باید آنها را جداسازی و علامتگذاری کرد، تا از مخلوط شدن سهوی و یا عمدی پیشگیری به عمل آید.

برای آگاهی از جزییات بیشتر، می‌توان به استانداردهای زیر مراجعه کرد:

DIN EN 26157 , EN493 , ISO 3269

۵ ـ۴ـ بازرسی غیرمخرب

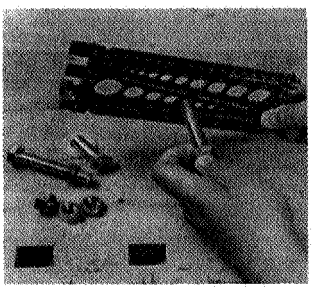


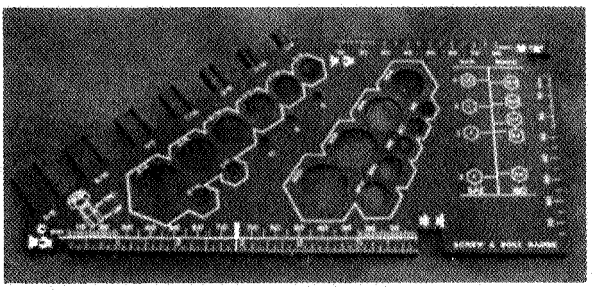
برای انجام آزمون‌های غیرمخرب، نمونه‌برداری به صورت مستقل انجام نشده و با بازرسی چشمی همراه خواهد بود. گاهی اوقات، عیوب موجود در پیچ و مهره‌ها به‌طور چشمی قابل تشخیص هستند. فقط در مواردی که در تشخیص با چشم، تردید وجود دارد (مثل شباهت درز و ترک)، از آزمون‌های غیرمخرب استفاده می‌شود. به این صورت که نمونه‌برداری، به صورت تصادفی و مطابق جدول ۱۵ انجام می‌گیرد و نمونه‌هایی که به طور چشمی تائید می‌شوند، دارای وضعیت مشخصی بوده و کار دیگری روی آنها انجام نمی‌شود. اما نمونه‌هایی که بازرس از نظر ظاهری به آنها مشکوک است، در همان نقاط مورد آزمون‌های NDT قرار می‌گیرند. اگر در این مرحله، ترک یا عیب مهم دیگری مانند آن مشاهده نشد، مورد تائید قرار گرفته و اگر عیبی شناسایی شد، برای انجام تست‌های مخرب مطابق جدول ۱۶ ـ الف از میان نمونه‌های معیوب نمونه‌بردرای انجام می‌شود. اگر نمونه در تست مخرب مردود شناخته شود، موجب مردود شدن کل محموله خواهد شد. اگر عیب در نزدیکی گل پیچ یا سطح تحمل کنندهٔ بار (زیر گل) باشد، می‌توان تست گوه را جایگزین تست کشش نمود، که شرح آن در فصل‌های بعد خواهد آمد.

قطر گام یا قطر مؤثر، قطر استوانه‌ای فرضی است و از جایی از دنده می‌گذرد که فاصله بین دو نقطه متقاطع با دامنه دنده، برابر نصف گام می‌باشد (تقریباً برابر قطر ساق رزوه نشده پیچ).

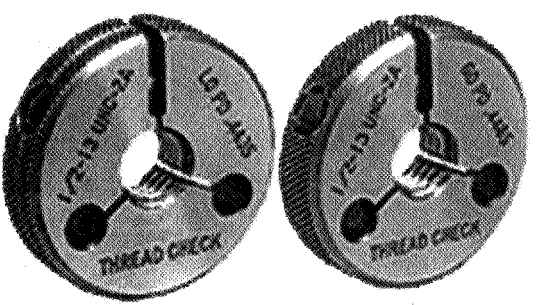
قطر بزرگ یا همان قطر اسمی رزوه پیچ، فاصله رأس به رأس دندانه‌ها است.

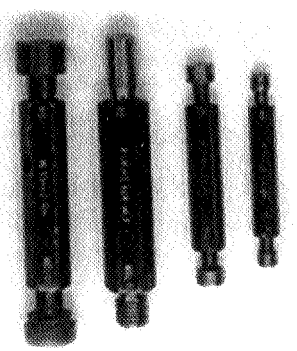
برای اندازه‌گیری قطر اسمی پیچ، باید قطر ساق رزوه نشده پیچ (Shoulder یا Shank) را اندازه گرفت. اختلاف این اندازه با قسمت رزوه شده چندان زیاد نبوده و خطا در حد استاندارد قابل قبول است.

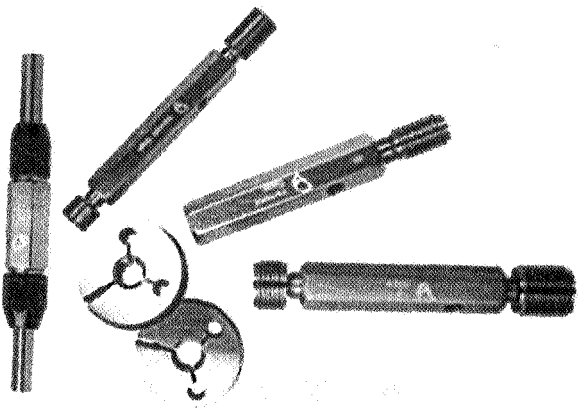




در جدول ۱۶ ـ ب، تلرانس ابعادی برای قطر خارجی (Major) پیچ‌ها، در قالب ۳ کلاس *سخت‌گیرانه* (4)، *معمولی* (6) و *سهل‌گیرانه* (8) درج شده است. اصلی‌ترین تست ابعادی برای رزوه‌ها، به‌کارگیری گیج برو ـ نرو بوده که از گیج رینگی جهت مطابقت قطر بزرگ و کوچک پیچ، و از گیج توپی برای رزوه‌های مهره استفاده می‌شود.







این گیج‌ها، فقط صحت ابعادی قطر بزرگ و کوچک را تایید می‌کند و برای اطمینان از دقت ابعادی دامنه رزوه و زاویه آن، از گیج خاصی به نام سه میل استفاده می‌شود. یکی از تست‌های ابعادی پیچ و مهره‌ها، اندازه‌گیری میزان لقی است. کلاس‌های مختلفی برای لقی و یا جذب و جفت بودن پیچ و مهره‌ها وجود دارد که در بند ۲ـ۳ (کلاس محکم بودن پیچ‌ها) توضیح داده شده است.

برای سهولت در بازرسی، سطح کیفی معمولی برای کلاس لقی مدنظر قرار گرفته است، به عبارت دیگر معیار سنجش، کلاس 6g/6H بوده که 6g برای پیچ‌ها (رزوه‌های خارجی) و 6H برای مهره‌ها (رزوه‌های داخلی) می‌باشد.

جدول ۱۶ ـ ب: تلرانس ابعادی برای قطر بزرگ رزوه‌های خارجی

قطر اسمی پیچ	گام P	کلاس تلرانس		
		4	6	8
mm	mm	µm	µm	µm
1	0.2	36	56	-
1.2	0.25	42	67	-
1.2	0.3	48	75	-
1.6	0.35	53	85	-
2	0.4	60	95	-
2.5	0.45	63	100	-
3	0.5	67	106	-
4	0.6	80	125	-
4	0.7	90	140	-
4	0.75	90	140	-
5	0.8	95	150	236
6	1	112	180	280
8	1.25	132	212	335
10	1.5	150	236	375
12	1.75	170	265	425
16	2	180	280	450
20	2.5	212	335	530
24	3	236	375	600
30	3.5	265	425	670
36	4	300	475	750
42	4.5	315	500	800
48	5	335	530	850
64	5.5	355	560	900
64	6	375	600	950
>64	8	450	710	1180

اندازه‌های مذکور و تلرانس قابل قبول در مورد لقی در استاندارد ISO 965-1 آمده است. برای پذیرش یا رد پیچ و مهره‌ای از نظر کلاس لقی، در کارگاه سازنده، گیج‌های مخصوصی متناسب با کلاس لقی وجود دارد که توسط آنها دقیق بودن ابعاد و رواداری‌های رزوه‌ها سنجیده می‌شود.

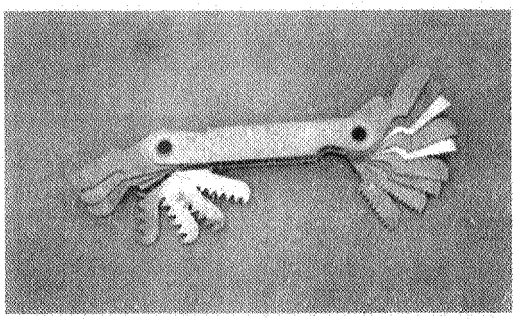
توجه: توضیح گیج‌ها و چگونگی اندازه‌گیری با آنها به طور کامل در استاندارد ISO 1502 آمده است.

لازم به یادآوری است که در صورت باز و بسته کردن مهره به پیچ و وجود لقی محسوس (در صورت وجود تناسب ابعادی پیچ و مهره) باید توسط شابلون‌های مربوطه نسبت به تعیین تطابق پیچ با مهره اقدام نمود. بنابراین در صورت جذب و جفت بودن پیچ و مهره با یکدیگر، و یا لقی نامحسوس، از این آزمون می‌توان صرف‌نظر کرد.

در سیستم متریک، گام دندانه‌ها بر حسب میلی‌متر بوده که برای اندازه‌گیری و اطمینان از صحت ابعادی و زوایای رزوه‌ها، از شابلونی که به صورت شانه‌ای است استفاده می‌شود. روی این شابلون‌ها اعدادی درج شده که معرف اندازه گام بر حسب میلی‌متر است.

در صورت تطابق کامل دندانه‌های شابلون با پیچ یا مهره مورد بازرسی، این آیتم تائید می‌شود و در صورت عدم تطابق کامل دندانه‌های شابلون بر رزوه‌های پیچ و یا مهره، حتی به مقدار بسیار کم، گام رزوه با استاندارد مغایرت داشته و مورد دلخواه خریدار نخواهد بود.

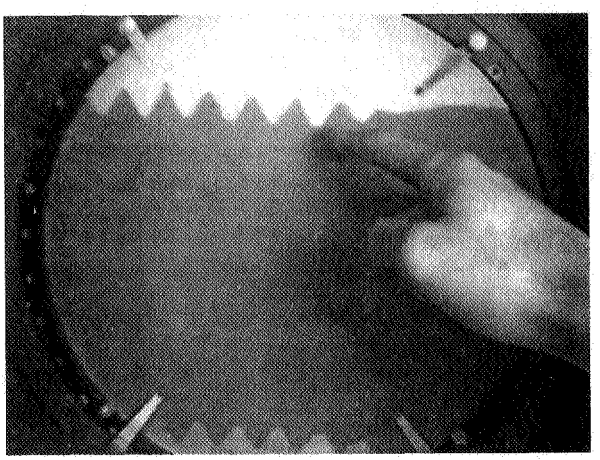
این نوع شابلون در شکل ۲۰ نشان داده شده است.



شکل ۲۰: فیلر شانه‌ای برای مطابقت طول گام

برای کلیه رزوه‌ها اعم از ریز و درشت، بین قطر و گام پیچ، نسبتی وجود دارد که باید برای انتخاب گام رزوه‌ها با توجه به قطر اسمی آن، از جدول ۱۷ استفاده نمود.

در آزمایشگاه سازندگان، اغلب پروژکتوری وجود دارد که با بزرگنمایی رزوه‌ها می‌توان اندازه‌گیری دقیق‌تری روی رزوه‌های انواع پیچ‌های دندانه ریز یا درشت انجام داده، مطابقت آنها با پروفیل استاندارد را بررسی نمود.



جدول ۱۷ : گام‌های مختلف و قطرهای مرتبط

Nominal diameter D, d			Coarse	Pitch P fine									
Col. 1 1st choice	Col. 2 2nd choice	Col. 3 3rd choice		3	2	1.5	1.25	1	0.75	0.5	0.35	0.25	0.2
2.5			0.45										
3			0.5										
	3.5		0.6										
4			0.7							0.5	0.35		
	4.5		0.75							0.5			
5			0.8										
		5.5								0. 5			
6			1						0.75	0.5			
	7		1						0.75				
8			1.25					1	0.75				
		9	1.25					1	0.75				
10			1.5				1.25	1	0.75				
		11	1.5					1	0.75				
12			1.75			1.5	1.25	1					
	14		2			1.5	1.25	1					
		15				1.5		1					
16			2			1.5		1					
		17				1 5		1					

ادامه جدول ۱۷

	18		2.5		2	1.5		1					
20			2.5		2	1.5		1					
	22		2.5		2	1.5		1					
24			3		2	1.5		1					
		25			2	1.5		1					
		26				1.5							
	27		3		2	1.5		1					
		28			2	1.5		1					
30			3.5		2	1.5		1					
		32			2	1 5							
	33		3.5		2	1.5							
		35				1.5							
36			4	3	2	1.5							
		38				1.5							
	39		4	3	2	1.5							
42				3	2	1.5							
		40	4.5	3	2	1.5							
	45		4.5	3	2	1.5							

قطراسمی را باید ترجیحاً از ستون ۱ انتخاب کرد و در صورت لزوم می‌توان از ستون ۲ و یا ۳ جدول نیز کمک گرفت.

با تعیین قطر، هریک از گام‌های موجود در ردیف مذکور را می‌توان انتخاب نمود. اگر گام‌های ریزتر از اعداد مندرج در جدول ۱۷ موردنیاز باشد، فقط گام‌هایی با اندازه‌های زیر مجاز به استفاده خواهند بود:

۳ میلی‌متر، ۲ میلی‌متر، ۱ میلی‌متر، ۰/۷۵ میلی‌متر، ۰/۵ میلی‌متر، ۰/۳۵ میلی‌متر، ۰/۲۵ میلی‌متر و ۰/۲ میلی‌متر.

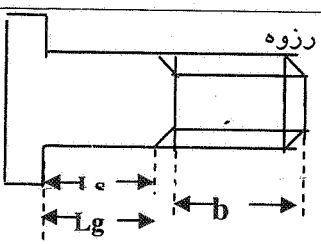
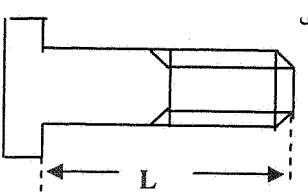
هرچه دندانه‌ها با گام کوچک‌تر انتخاب شوند، تلرانس ابعادی محدودتر و مشکلات تولید و بازرسی بیشتر می‌شود، بنابراین از گام‌های ریزی که در جدول ۱۸ آمده است نیز می‌توان استفاده نمود.

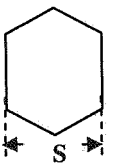
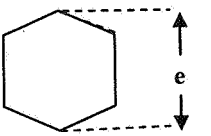
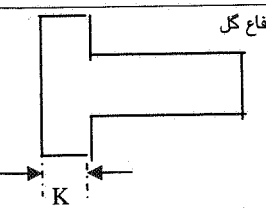
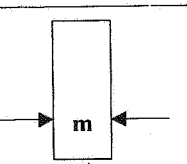
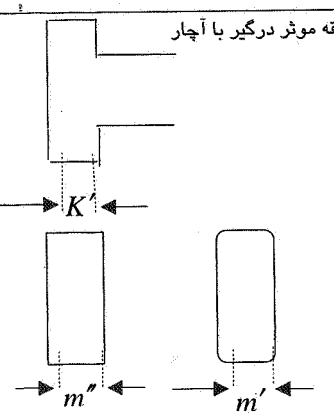
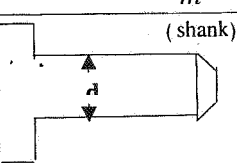
جدول ۱۸ : حداکثر قطر اسمی و گام‌های مرتبط

حداکثر قطر اسمی	گام پیشنهادی
≤ ۲۲	۰/۵
۲۲ - ۳۳	۰/۷۵
۳۳ - ۸۰	۱
۸۰ - ۱۵۰	۱/۵
۱۵۰ - ۲۰۰	۲
۲۰۰ - ۳۰۰	۳

برخی از تلرانس‌های ابعادی پیچ و مهره‌ها، در جدول ۱۹ آمده است.

جدول ۱۹ : برخی از تلرانس‌های ابعادی پیچ و مهره‌ها

مشخصه ابعادی	محصول درجه A	محصول درجه B	محصول درجه C
طول رزوه  تلرانس 2p + فقط برای پیچهایی است که Ls و Lg آنها در استاندارد ساخت ، ثابت نمی باشد.	$b+2p$	$b+2p$ Lg :حداکثر طول رزوه نشده شامل رزوه Run-out بوده و یا حداقل طول درگیر شونده است	$b+2p$ P : گام رزوه Ls حداقل طول رزوه نشده ساق (shank) است
طول اسمی  	برای طول کمتر از ۵۰میلیمتر $j_s 15$	$j_s 17$	برای طول کوچکتر و مساوی ۱۵۰میلیمتر $j_s 17$
	$j_s 16$ برای طول بیشتر از ۵۰میلیمتر		برای طول بیشتر از ۱۵۰میلیمتر $2\times j_s 17$

عرض کناری گل پیچ (آچار گیر) 	برای s≤32 H13 برای s>32 H14	S≤19 h14 19 < S ≤ 60 h15 60<S ≤ 180 h16 S> 180 h17
عرض گوشه ای گل پیچ (راس به راس) 	e min ≥ 1.13 S min برای محصول فلنج دار و کله های فورج سرد شده بدون عملیات تمیزکاری e min ≥ 1.12S min	
ارتفاع گل 	j_s14	j_s15
		اگر k < 10 j_s16 اگر k ≥ 10 j_s17
ارتفاع مهره 	مهره ≤ M12 :h14 M12<مهره≤M18:h15 مهره>M18:h16	h17
منطقه موثر درگیر با آچار 	$K' \geq O.7K$ min $m' \geq o.8m$ min $m'' \geq o.7m$ min	
قطره میله (shank) 	h13	h14 ±IT 15

جدول ۲۰ : مقادیر تلرانس‌های ابعادی

ابعاد اسمی		Tolerance field									
over	to	h 13	h 14	h15	h 16	H 17	js 14	js15	js16	js17	IT 15
	3	0 - 0,14	0 - 0,25	0 - 0,40	0 - 0,60	0 -1,00	±0,125	±0,20	±0,30	±0,50	0,4
3	6	0 - 0,18	0 - 0,30	0 - 0,48	0 -0,75	0 -1,20	±0,15	±0,24	±0,375	±0,60	0,48
6	10	0 - 0,22	0 - 0,36	0 - 0,58	0 -0,90	0 -1,50	±0,18	±0,29	±0,45	±0,75	0,58
10	18	0 - 0,27	0 -0,43	0 - 0,70	0 -1,10	0 -1,80	±0,215	±0,35	±0,55	±0,90	0,7
18	30	0 - 0,33	0 - 0,52	0 - 0,84	0 -1,30	0 -2,10	±0,26	±0,42	±0,65	±1,05	0,84
30	50	0 - 0,39	0 - 0,62	0 -1,00	0 -1,60	0 -2,50	±0,31	±0,50	±0,80	±1,25	1,00
50	80	0 - 0,46	0 - 0,74	0 -1,20	0 -1,90	0 -3,00	±0,37	±0,60	±0,95	±1,50	1,2
80	120	0 - 0,54	0 - 0,87	0 -1,40	0 -2,20	0 -3,50	±0,435	±0,70	±1,10	±1,75	1,4
120	180	0 - 0,63	0 -1,00	0 -1,60	0 -2,50	0 -4,00	±0,50	±0,80	±1,25	±2,00	1,6
I8O	250	0 - 0,72	0 -1,15	0 -1,85	0 -2,90	0 -4,60	±0,575	±0,925	±1,45	±2,30	1,85
250	315	0 - 0,81	0 -1,30	0 -2,10	0 -3,20	0 -5,20	±0,65	±1,05	±1,60	±2,60	2,1
315	400	0 - 0,89	0 -1,40	0 -2,30	0 -3,60	0 -5,70	±0,70	±1,15	±1,80	±2,85	2,3
400	500	0 - 0,97	0 -1,55	0 -2,50	0 -4,00	0 -6,30	±0,775	±1,25	±2,00	±3,15	2,5

سایر ابعاد، مانند ابعاد گل پیچ‌های سوکتی و شیار پیچ‌های دوسو، از اهمیت خاصی برخوردارند که برای آگاهی از آنها می‌توان به استاندارد ISO 4759-1 مراجعه نمود.

برای اطلاع از تلرانس‌های ابعادی پیچ و مهره‌های با کیفیت معمولی و تجاری، می‌توان به استاندارد DIN 13-14 مراجعه نمود.

برای تلرانس‌های ابعادی پیچ و مهره‌های آبکاری شده، به روش Electroplate، استاندارد DIN267-9، و برای تلرانس ابعادی پیچ و مهره‌های گالوانیزه گرم شده به DIN 267-10، و برای تلرانس رزوه‌های پیچ و مهره‌های فولادی با چقرمگی خوب در درجه حرارت‌های پایین و یا مقاه م به درجه حرارت‌های بالا، به استاندارد DIN 2510-2 مراجعه شود.

تلرانس ابعادی پیچ و مهره‌هایی که در دمای ۲۰۰- تا ۷۰۰+ درجه سانتی‌گراد سرویس‌دهی می‌کنند، در استاندارد DIN 267-29 آمده است.

مقادیر حداکثر زبری سطح (roughness) برای سطوح مختلف، مطابق جدول ۲۱ استخراج می‌گردد.

جدول ۲۱: زبری سطحی.

محل اندازه گیری		مقدار زبری سطح Rz (میکرومتر)		
		P <2.5	P ≥2.5	مطابق DIN4768 پارت ۱
دامنه رزوه(۱) و (۲)	نورد	۶/۳	۱۰	–
	پیچ ماشینکاری	۱۶	۲۵	–
	مهره	۲۵	۴۰	–
سطح تحمل کننده بار(۲)	سطح نهایی سرد	۱۶	۲۵	–
	سطح نهایی گرم	۲۵	۴۰	–
قسمت رزوه نشده (۱) پیچ	سطح نهایی سرد	–	–	۵۰
	سطح نهایی گرم	–	–	۱۰۰
سطوح قابل مشاهده (۳)		۱۰	–	–

(۱) بخاطر تنش موجود ناشی از شکاف ایجاد شده ، ریشه رزوه های خارجی نباید زبری بیشتر از دامنه داشته باشد بازرسی چشمی برای این منظور کافی است .

(۲) در مورد پیچهای خودکار قلاویزی بکار نمی رود.

(۳) فقط برای پیچهایی که قطر اسمی آنها تا ۶میلیمتر می باشدیعنی پیچهایی که در استانداردهای DIN84 ، DIN85، DIN920 تا DIN925، DIN963 تا DIN966 ، DIN7973 ، DIN7976 و DIN7981 تا DIN7985 بکار می رود.

P گام پیچ وبر حسب میلیمتر است ،جزییات مربوط به زبری سطح در استاندارد DIN4768-1 بطور کامل توضیح داده شده است .

برای انتخاب ابعاد پیچ‌ها در مصارف عمومی و مهندسی، جدول ۲۲ از استاندارد ISO 262 تهیه شده، که مرجع و معیار نیز می‌باشد. در صورتی‌که استفاده از این جدول انتظارات طراح را برآورده نسازد و یا رزوه‌های ریزتر موردنیاز باشد، می‌توان به جدول ۱۷ مراجعه نمود.

جدول ۲۲ : ابعاد ترجیح داده شده

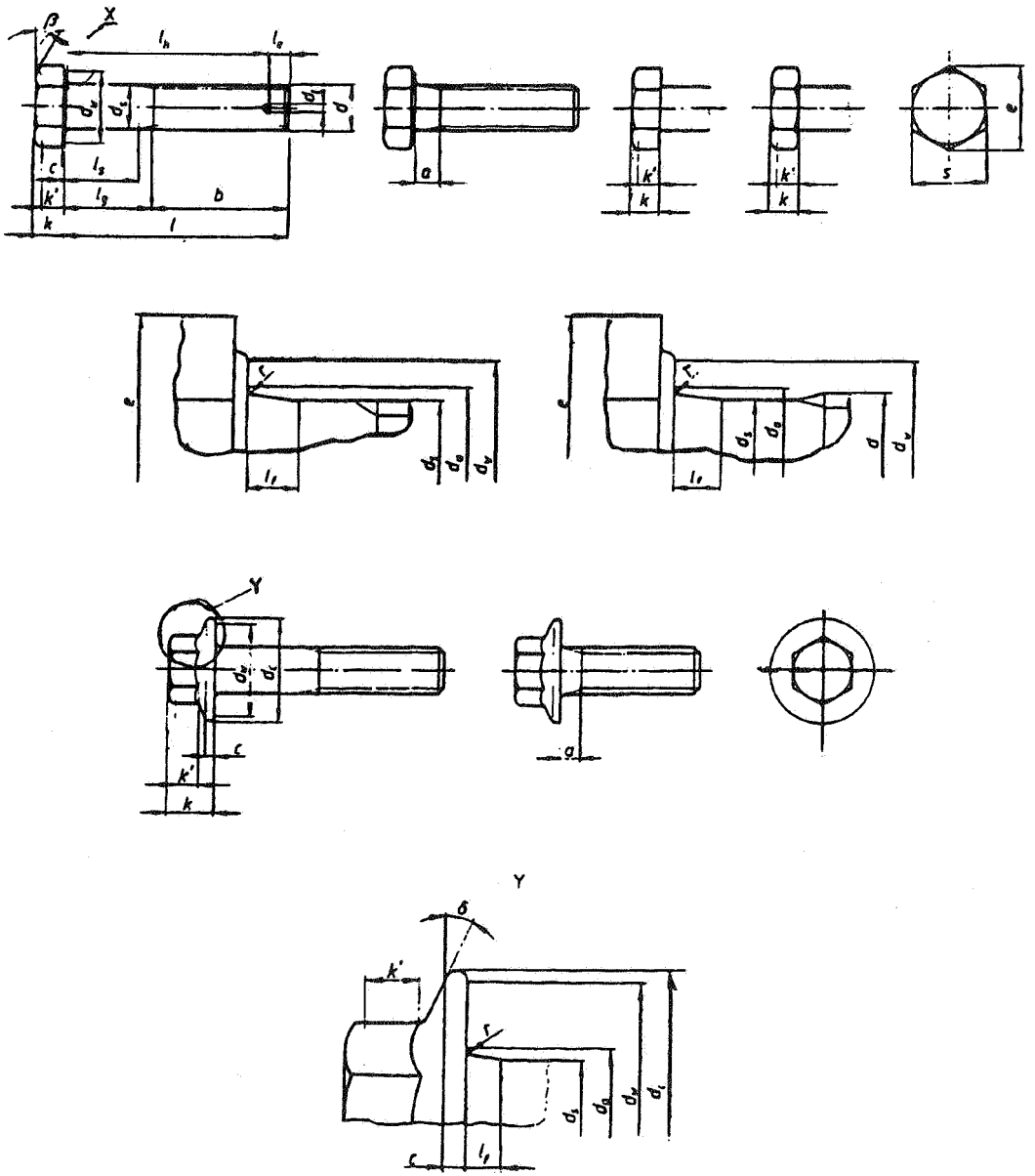
Nominal diameter *D,d*		Pitch *P*		
1st choice	2nd choice	Coarse	Fine	
1		0,25		
1,2		0,25		
	1,4	0, 3		
1,6		0,35		
	1,8	0,35		
2		0,4		
2,5		0,45		
3		0,5		
	3,5	0,6		
4		0,7		
5		0,8		
6		1		
	7	1		
8		1,25	1	
10		1,5	1,25	1
12		1,75	1,5	1,25
	14	2	1,5	
16		2	1,5	
	18	2,5	2	1,5
20		2,5	2	1,5
	22	2,5	2	1,5
24		3	2	
	27	3	2	
30		3,5	2	
	33	3,5	2	
36		4	3	
	39	4	3	
42		4,5	3	
	45	4,5	3	
48		5	3	
	52	5	4	
56		5,5	4	
	60	5,5	4	
64		6	4	

نامگذاری مشخصه‌های ابعادی پیچ‌ها مطابق شکل ۲۱ و به شرح جدول ۲۳ انجام می‌گیرد.

جدول ۲۳ : علامتگذاری مشخصه‌های ابعادی پیچ

علامت	توضیح
a	فاصله بین آخرین رزوه کامل تا سطح تحمل کننده بار
b	طول رزوه
c	ارتفاع قسمت واشر مانند فلنج پیچ یا همان ضخامت فلنج
d	قطر بزرگ یا همان قطر اسمی
da	قطر تغییر مقطع
dc	قطر فلنج
dl	قطر سوراخ شکافی پین
ds	قطر ساق یا قسمت رزوه نشده
dw	قطر قسمت واشرخور (سطح تحمل کننده بار)
e	عرض گوشه ای گل
k	ارتفاع گل
K'	ارتفاع درگیر با آچار
l	طول اسمی
$\mathbf{l_e}$	فاصله بین سوراخ پینی تا آخرین رزوه (انتهای پیچ)
$\mathbf{l_f}$	طول تغییر مقطع یافته
$\mathbf{l_g}$	فاصله بین آخرین رزوه کامل تا سطح تحمل کننده بار (طول رزوه نشده)
$\mathbf{l_h}$	فاصله مرکز سوراخ پین خور تا سطح تحمل کننده بار
$\mathbf{l_s}$	طول رزوه نشده میله (shank)
r	شعاع انحنای زیر گل
s	عرض کناری گل
δ	زاویه فلنج
β	زاویه پخ گل
m	طول قسمت آچار خور پیچ چهار سو(cross)
n	عرض شیار آچار خور پیچ دو سو(slotted)

سایر مشخصه‌های ابعادی در مورد پیچ‌های خاص، در استاندارد EN20225 آمده است.

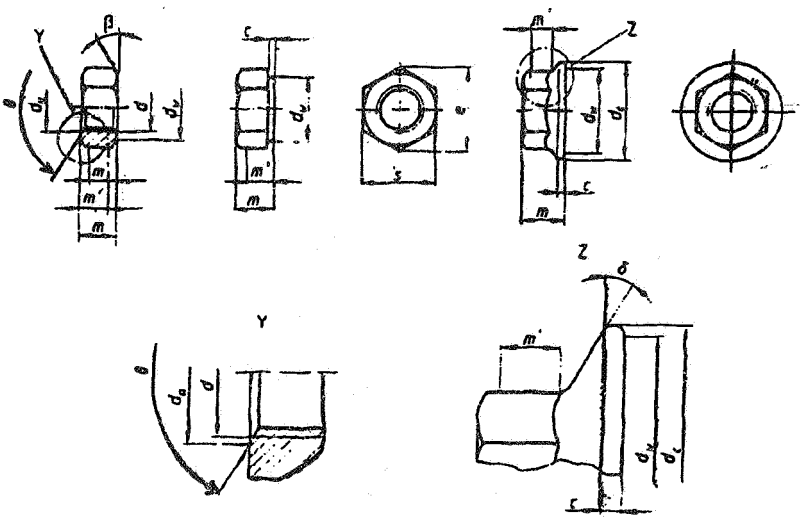


شکل ۲۱ : مشخصه‌های ابعادی پیچ‌های سر شش‌گوش و فلنج‌دار

نامگذاری مشخصه‌های ابعادی مهره‌ها براساس شکل ۲۲ و به شرح جدول ۲۴ صورت می‌گیرد.

جدول ۲۴ : علامت‌گذاری مشخصه‌های ابعادی مهره

علامت	توضیح
c	ارتفاع قسمت واشری مهره یا ضخامت فلنج
d	قطر بزرگ یا قطر اسمی رزوه
da	قطر مهره از قسمت شروع پخ (Countersink)
dc	قطر فلنج
dw	قطر سطح تحمل‌کننده بار
e	عرض گوشه‌ای گل
m	ارتفاع مهره
m′	ارتفاع قسمت درگیر با آچار
s	عرض کناری گل
β	زاویه پخ بیرونی
δ	زاویه فلنج
θ	زاویه پخ خورده شروع رزوه (Countersink)



شکل ۲۲ : مشخصه‌های ابعادی مهره‌های شش‌گوش و فلنجی

تلرانس‌های ابعادی رزوه‌ها که معرف کلاس خلاصی آنها می‌باشد، برای قطرهای گوناگون در استاندارد ISO 965-1 آمده است.

در هنگام بازرسی یک پیچ، ابعاد مورد اندازه‌گیری مانند طول رزوه، قطر مؤثر، قطر اسمی و شعاع ریشه، عدد ثابتی نداشته و اگر ابعاد اندازه‌گیری شده دقیقاً همان عدد درج شده در درخواست خرید نبود، به مردود شدن نمونه منجر نمی‌شود، مگر آنکه از تلرانس‌های قابل قبول ابعادی مندرج در استاندارد ISO965-2 (برای هر کلاس خلاصی) تجاوز کرده باشد.

تلرانس ابعادی پیچ‌ها، مطابق جدول‌های ۲۵ تا ۲۸ می‌باشد. به عبارت دیگر برای مقایسه ابعاد اندازه‌گیری شده پیچ‌های مورد بازرسی مطابق با استاندارد DIN EN نیز باید از جدول‌های مربوطه استفاده شود که حداکثر و حداقل مشخصه‌های ابعادی را تعیین می‌نماید.

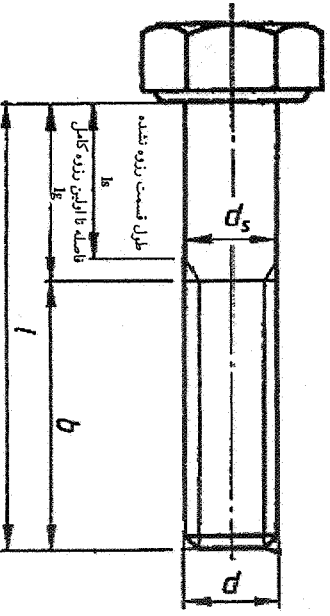
مشخصه‌های ابعادی، به طور شماتیک در شکل ۲۱ مشخص شده است.

اگر پیچ و مهره‌ای دارای پوشش بود و در تست عملکردی، نتیجه رضایت‌بخشی به دست نیامد و مشخص شد که ضخامت پوشش بیش از حد استاندارد است، کاری روی پیچ نمی‌توان انجام داد، امّا می‌توان مهره را تا حد مجاز قلاویز (over tapped) نمود تا بتواند آزادانه به پیچ بسته شود.

جدول ۲۵: مشخصه‌های ابعادی پیچ‌ها با قطرهای ترجیحی (متداول)

Thread, d			M6	M8	M10	M12	M16	M20	M24	M30	M36	M42
P [1]			1	1.25	1.5	1.75	2	2.5	3	3.5	4	4.5
b	For lengths less 125mm		18	22	28	30	38	46	54	66	-	-
	l less than 200 more than 125 mm		-	-	-	-	44	52	60	72	84	96
	L more than 200 mm		-	-	-	-	-	-	73	85	97	109
c	min		0.15	0.15	0.15	0.15	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3
	max		0.5	0.6	0.6	0.6	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	1
d_a	max		6.8	9.2	11.2	17.7	17.7	22.4	26.4	33.4	39.4	45.6
d_s	nom.max.		6	8	10	12	16	20	24	30	36	42
			5.82	7.78	9.78	11.7	15.7	19.6	23.6	-	-	-
	min.		-	-	-	-	15.5	19.5	23.5	29.5	36.3	41.4
d_w	Product grade A /B min.		8.88	11.6	14.6	16.6	22.5	28.2	33.6	-	-	-
			-	-	-	-	22	27.7	33.2	42.7	51.1	56.9
e	Product grade A /B min.		11.0	14.3	17.7	20.0	26.7	33.5	40	-	-	-
			-	-	-	-	26.1	32.9	39.5	50.8	60.7	71.3
l_f	max		1.4	2	2	3	3	4	4	6	6	8
k		nom	4	5.3	6.4	7.5	10	12.5	15	18.7	22.5	26
	Product grade A	min	3.85	5.15	6.22	7.32	9.82	12.2	14.8	-	-	-
		max	4.15	5.45	6.58	7.68	10.1	12.7	15.2	-	-	-
	Product grade B	min	-	-	-	-	9.71	12.1	14.6	18.2	22.0	25.5
		max	-	-	-	-	10.3	12.8	15.3	19.1	22.9	26.4
K'	Product grade A /B min.		2.7	3.61	4.35	5.12	6.87	8.6	10.3	-	-	-
			-	-	-	-	6.8	8.51	10.2	12.8	15.4	17.9
r	Min		0.25	0.4	0.4	0.6	0.6	0.8	0.8	1	1	1.2
s	nom. = max		10	13	16	18	16	30	36	4	55	65
	Product grade A /B min.		9.78	12.7	15.7	17.7	23.6	29.6	36.3	-	-	-
			-	-	-	-	23.1	29.1	36	45	53.8	63.1

طول قسمت رزوه نشده پیچهای غیرمتداول به ازای قطرها و طولهای متفاوت



l nom	Grade A		Grade B		M14		M18		M22		M27		M33		M39		M45	
	min	max	min	max	ls min	lg max	ls min	lg max	ls min	lg max	ls min	lg max	ls min	lg max	ls min	lg max	ls min	lg max
20	19.88	20.42	-	-														
25	24.58	25.42	-	-														
30	29.58	30.42	-	-														
35	34.5	35.5	-	-														
40	39.5	40.5	-	-														
45	44.5	45.5	-	-														
50	49.5	50.5	-	-														
55	54.4	55.6	-	-														
60	59.4	60.6	-	-	16	26												
65	64.4	65.6	-	-	21	31												
70	69.4	70.6	-	-	26	36	15.5	28										
80	79.4	80.6	-	-	36	46	25.5	38										
90	89.3	90.7	-	-	46	56	35.5	48	27.5	40								
100	99.3	100.7	98.25	101.7	56	66	45.5	58	37.5	50	25	40						
110	109.3	110.7	108.2	111.7	66	76	56.5	68	47.5	60	35	50						
120	119.3	120.7	118.2	121.7	76	86	65.5	78	57.5	70	45	60						
130	129.3	130.8	128	132	80	90	69.5	82	61.5	74	49	64	34.5	52				
140	139.2	140.8	138	142	90	100	79.5	92	71.5	84	59	74	44.5	62				
150	149.2	150.8	148	152			89.5	102	81.5	94	69	84	54.5	72	40	60		
160	-	-	158	162			99.5	112	91.5	104	79	94	64.5	82	50	70		
180	-	-	178	182			119	132	111	124	99	114	84.5	102	70	90		
200	-	-	197.7	202.3					131	144	119	134	104	122	90	110	55.5	78
220	-	-	217.7	222.3					138	151	126	141	115	129	97	117	75.5	98
240	-	-	237.7	242.3							146	161	131	149	117	137	82.5	105

جدول ۲۶: فاصله بین آخرین رزوه کامل تا سطح تحمل‌کننده بار (lg)، طول رزوه نشده میله (ls) به ازای طول‌های مختلف

طول قسمت رزوه نشده پیچ به ازای قطرها و طولهای متفاوت

l nom	Grade A		Grade B		M10		M12		M16		M20		M24		M30		M36	
	min	max	min	max	ls min	lg max	ls min	lg max	ls min	lg max	ls min	lg max	ls min	lg max	ls min	lg max	ls min	lg max
16	15.85	16.36	-	-														
20	19.58	20.42	-	-														
25	24.58	25.42	-	-														
30	29.58	30.42	-	-														
35	34.5	36.5	-	-														
40	39.5	40.5	-	-														
45	44.5	45.5	-	-	11.5	19												
50	40.5	50.5	-	-	16.5	24	11. 5	19										
56	54.4	55.6	-	-	21.5	29	16.5	24										
55	59.4	60.6	-	-	26.5	34	21.5	29										
60	64.4	65.6	-	-	31.5	39	26.5	34										
65	69.4	70.6	-	-	36.5	44	31.5	39	17	27								
70	79.4	80.6	-	-	46.5	54	36.5	44	22	32								
80	89.3	90.7	-	-	56.5	64	46.5	54	32	42	21.5	34						
90	99.3	100.7	-	-	66.5	74	56.5	64	42	52	31.5	44	21	36				
100	109.3	110.7	-	-			66.5	74	52	62	41.5	54	31	46				
110	119.3	120.7	108.2	111.7					62	72	51.5	64	41	56	26.5	44		
120	129.2	130.8	118.2	121.7					72	82	61.5	74	51	66	35.5	54		
130	139.2	140.8	128	132					76	86	65.5	78	55	70	40.5	58		
140	149.2	150.8	138	142					86	96	75.5	88	65	80	50.5	68	36	56
150	-	-	148	152					96	106	85.5	98	75	90	60.5	78	46	66
160	-	-	158	162					106	116	96.5	108	85	100	70.5	88	56	76
180	-	-	178	182							115.5	128	105	120	90.5	108	76	96
200	-	-	197.7	202.3							135.5	148	125	140	110.5	128	96	116

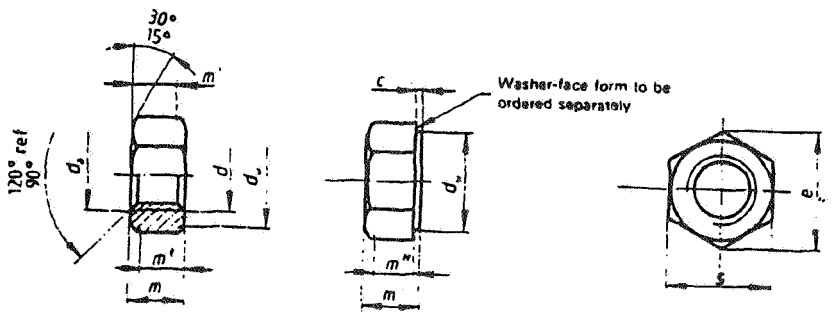
جدول ۲۷: مشخصه‌های ابعادی پیچ‌ها برای قطرهای غیر رایج (ترجیحاً مورد استفاده قرار نگیرند)

Thread, d			M14	M18	M22	M27	M33	M39	M45
P [1]			2	2.5	2.5	3	3.5	4	4
b		2)	34	42	50	60	-	-	-
		3)	40	48	56	66	78	90	102
		4)	-	-	69	79	91	103	115
c	min		0.15	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3
	max		0.6	0.8	0.8	0.8	0.8	1	1
d_a	max		15.7	20.2	24.4	30.4	36.4	42.4	48.6
d_s	Nom=max		14	18	22	27	33	39	46
	Grade A/B min		13.73	17.73	21.67	-	-	-	-
			-	17.57	21.48	26.48	32.38	38.38	44.38
d_w	Grade A/B min		19.37	25.34	31.71	-	-	-	-
			-	24.85	31.35	38	46.55	55.86	64.7
e	Grade A/B min		23.36	30.14	37.72	-	-	-	-
			-	29.56	37.29	45.2	55.37	66.44	76.95
l_f	max		3	3	4	6	6	6	8
k		nom	8.8	11.5	14	17	21	25	28
	Product grade A	min	8.62	11.285	13.785	-	-	-	-
		max	8.98	11.175	14.215	-	-	-	-
	Product grade B	min	-	11.15	13.65	16.65	20.58	24.58	27.58
		max	-	11.85	14.35	17.35	21.42	25.42	28.42
K'	Grade A/B min		6.03	7.9	9.65	-	-	-	-
			-	7.81	9.56	11.66	14.41	17.21	19.31
r	min		0.6	0.6	0.8	1	1	1	1.2
s	nom. = max		21	27	34	41	50	60	70
	Grade A/B min		20.67	26.67	33.38	-	-	-	-
			-	26.16	33	40	49	58.8	68.1

جدول ۲۸ : فاصله بین آخرین رزوه کامل تا سطح تحمل‌کننده (lg)، طول رزوه نشده میله (ls) به ازای طول‌های مختلف (غیر رایج)

l nom	Grade A		Grade B		M14		M18		M22		M27		M33		M39		M45	
	min	max	min	max	ls min	lg max	ls min	lg max	ls min	lg max	ls min	lg max	ls min	lg max	ls min	lg max	ls min	lg max
20	19.88	20.42	-	-														
25	24.58	25.42	-	-														
30	29.58	30.42	-	-														
35	34.5	35.5	-	-														
40	39.5	40.5	-	-														
45	44.5	45.5	-	-														
50	49.5	50.5	-	-														
55	54.4	55.6	-	-														
60	59.4	60.6	-	-	16	26												
65	64.4	65.6	-	-	21	31												
70	69.4	70.6	-	-	26	36	15.5	28										
80	79.4	80.6	-	-	36	46	25.5	38										
90	89.3	90.7	-	-	46	56	35.5	48	27.5	40								
100	99.3	100.7	98.25	101.7	56	66	45.5	58	37.5	50	25	40						
110	109.3	110.7	108.2	111.7	66	76	56.5	68	47.5	60	35	50						
120	119.3	120.7	118.2	121.7	76	86	65.5	78	57.5	70	45	60						
130	129.3	130.8	128	132	80	90	69.5	82	61.5	74	49	64	34.5	52				
140	139.2	140.8	138	142	90	100	79.5	92	71.5	84	59	74	44.5	62				
150	149.2	150.8	148	152			89.5	102	81.5	94	69	84	54.5	72	40	60		
160	-	-	158	162			99.5	112	91.5	104	79	94	64.5	82	50	70		
180	-	-	178	182			119	132	111	124	99	114	84.5	102	70	90		
200	-	-	197.7	202.3					131	144	119	134	104	122	90	110	55.5	78
220	-	-	217.7	222.3					138	151	126	141	115	129	97	117	75.5	98
240	-	-	237.7	242.3							146	161	131	149	117	137	82.5	105

توجه: مشخصه‌های ابعادی پیچ‌های تمام رزوه در استاندارد EN 24017 آمده است.
مشخصه‌های ابعادی مهره‌ها در جدول ۲۹ آمده و معیار پذیرش، برای بازرسی‌های ابعادی می‌باشد.



جدول ۲۹ : مشخصه‌های ابعادی مهره‌ها

Thread size, d		M 2	M2.5	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M 12
$P^{1)}$		0.4	0.45	0.5	0.7	0.8	1	1.25	1.5	1.75
c	max.	0.2	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6
	min.	0.1	0.1	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
d_c	min.	2	2.5	3	4	5	6	8	10	12
	max.	2.3	2.9	3.45	4.6	5.75	6.75	8.75	10.8	13
d_w	min.	3.1	4.1	4.6	5.9	6.9	8.9	11.6	14.6	16.6
e	min.	4.32	5.45	6.01	7.66	8.79	11.05	14.38	17.77	20.03
m	max.	1.6	2	2.4	3.2	4.7	5.2	6.8	8.4	10.8
	min.	1.35	1.75	2.15	2.9	4.4	4.9	6.44	8.04	10.37
m'	min.	1.1	1.4	1.7	2.3	3.5	3.9	5.2	6.4	8.3
m''	min.	1	1.2	1.5	2	3.1	3.4	4.5	5.6	7.3
s	nom.=max.	4	5	5.5	7	8	10	13	16	18
	min.	3.82	4.82	5.32	6.78	7.78	9.78	12.73	15.73	17.73

Thread size, d		M16	M 20	M24	M30	M36	M42	M48	M56	M64
$P^{1)}$		2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6
c	max.	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	1	1	1	1
	min.	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3
d_c	min.	16	20	24	30	36	42	48	56	64
	max.	17.3	21.6	25.9	32.4	38.9	45.4	51.8	60.5	69.1
d_w	min.	22.5	27.7	33.3	42.8	51.1	60	69.5	78.7	88.2
e	min.	26.75	32.95	39.55	50.85	60.79	71.3	82.6	93.56	104.86
m	max.	14.8	18	21.5	25.6	31	34	38	45	51
	min.	14.1	16.9	20.2	24.3	29.4	32.4	36.4	43.4	49.1
m'	min.	11.3	13.5	16.2	19.4	23.5	25.9	29.1	34.7	39.3
m''	min.	9.9	11.8	14.1	17	20.6	22.7	25.5	30.4	34.4
s	nom.=max.	24	30	36	46	55	65	75	85	95
	min.	23.67	29.16	35	45	53.8	63.1	73.1	82.8	92.8

در مورد مهره‌هایی که دندانهٔ ریز (رزوه‌های fine) دارند، جدول‌های ۳۰ و ۳۱ معیار پذیرش بازرسی‌های ابعادی خواهند بود.

جدول ۳۰: مشخصه‌های ابعادی مهره‌های دنده ریز (قطرهای ترجیحی ـ متداول)

رزوه (گام × قطر)		M8 ×1	M10 ×1	M12 ×1.5	M16 ×1.5	M20 ×1.5	M24 ×2	M30 ×2	M36 ×3	M42 ×3	M48 ×3	M56 ×4
c	max	0.6	0.6	0.6	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	1	1	1
c	min	0.15	0.15	0.15	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3
dc	min	8	10	12	16	20	24	30	36	42	48	56
	max	8.75	10.8	13	17.3	21.6	25.9	32.4	38.9	45.4	51.8	60.5
dw	min	11.63	14.63	16.63	22.9	27.7	33.2	42.7	51.1	59.9	69.4	78.6
e	min	14.38	17.77	20.03	26.7	32.9	39.5	50.8	60.7	71.3	82.6	93.5
m	max	6.8	8.4	10.8	14.8	18	21.5	25.6	31	34	38	45
m	min	6.44	8.04	10.37	14.1	16.9	20.2	24.3	29.4	32.4	36.4	43.4
m'	min	5.15	6.43	8.3	11.2	13.5	16.1	19.4	23.5	25.9	29.1	34.7
m''	min	4.51	5.63	7.26	9.87	11.8	14.1	17.0	20.5	22.6	25.4	30.3
S	nom=max	13	16	18	24	30	36	46	55	65	75	85
S	min	12.73	15.73	17.73	23.6	29.6	35	45	53.8	63.1	73.1	82.8

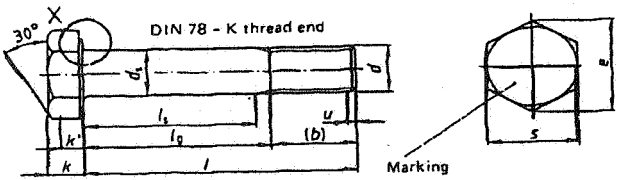
جدول ۳۱: مشخصه‌های ابعادی مهره‌های دنده ریز (قطرهای کمیاب ـ غیر رایج)

Thread, $d \times P$		M12 ×1,25	M14× 1,5	M18 ×1,5	M20× 2	M22 ×1,5	M27× 2	M33× 2	M39× 3	M45× 3
C	max.	0.6	0.6	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	1	1
	min.	0.15	0.15	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3
d_a	min.	12	14	18	20	22	27	33	39	45
	max.	13	15.1	19.5	21.6	23.7	29.1	35.6	42.1	48.6
d_w	min.	16.63	19.64	24.85	27.7	31.35	38	46.55	55.86	64.7
e	min.	20.03	23.36	29.56	32.95	37.29	45.2	55.37	66.44	76.95
m	max	10.8	12.8	15.8	18	19.4	23.8	28.7	33.4	36
	min.	10.37	12.1	15.1	16.9	18.1	22.5	27.4	31.8	34.4
m'	min.	8.3	9.68	12.08	13.52	14.48	18	21.92	25.44	27.52
m''	min.	7.26	8.47	10.57	11.83	12.67	15.75	19.18	22.26	21.08
S	nom=max.	18	21	27	30	34	41	50	60	70
	min.	17.73	20.67	26.16	29.16	33	40	49	58.8	68.1

جدول ۳۲: مشخصه‌های ابعادی پیچ‌های *HV*

Thread, d		M12	M16	M20	M22	M24	M27	M30	M36
P 1)		1.75	2	2.5	3	3	3	3.5	4
b	2)	21	26	31	34	34	37	40	48
	3)	23	28	33	37	37	39	42	50
C	min	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
	max	0.6	0.6	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
d_a	max	15.2	19.2	24	28	28	32	35	41
d_s	Nominal Size	12	16	20	24	24	27	30	36
	min	11.3	15.3	19.1	23.1	23.1	26.1	29.1	35
	max	12.7	16.7	20.8	24.8	24.8	27.8	30.8	37
d_w 4)	min	20	25	30	39	39	43.5	47.5	57
e	min	23.91	29.5	35.0	45.2	45.2	50.8	55.3	66.4
k	Nominal Size	8	10	13	15	15	17	19	23
	min	7.55	9.25	12.1	14.1	14.1	16.1	17.95	21.95
	max	8.45	10.7	13.9	15.9	15.9	17.9	20.0	24.0
k'	min	5.28	6.47	8.47	9.87	9.87	11.2	12.5	15.3
r	min	1.2	1.2	1.5	1.5	1.5	2	2	2
s	max= Nominal Size	22	27	32	36	41	46	50	60
	min	21.16	26.16	31	35	40	45	49	58.8

مشخصه‌های ابعادی پیچ‌های سازه‌ای استحکام بالا (کلاس 10.9) با عرض آچارخور زیاد و مطابق با استاندارد DIN 6914، در جدول ۳۲ آمده است. بنابراین برای بازرسی ابعادی پیچ‌های با مارکینگ HV، باید از شکل ۲۳ و جدول ۳۲ استفاده نمود.



$u = 2P$ maximum; incomplete thread.

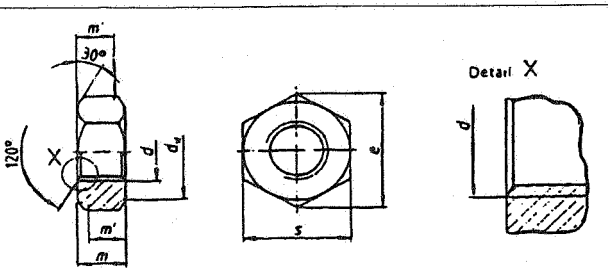
شکل ۲۳: مشخصه‌های ابعادی پیچ‌های HV

مشخصه‌های ابعادی مهره‌های استحکام بالا (کلاس 10) در جدول ۳۳ آمده است. بنابراین برای بازرسی ابعادی مهره‌های دارای علامت HV، باید از شکل ۲۴ و جدول ۳۳ استفاده نمود. استاندارد مرتبط با این نوع مهره‌ها DIN 6915 است.

جدول ۳۳: مشخصه‌های ابعادی مهره‌های استحکام بالا (HV)

Thread size (d)		M12	M16	M20	M22	M24	M27	M30	M36
p		1.75	2	2.5	2.5	3	3	3,5	4
$dw^{1)}$	min	20	25	30	34	39	43.5	47,5	57
e	min	23,91	29.56	35,03	39.55	45,20	50.85	55.37	66.44
m	max.= nom size	10	13	16	18	19	22	24	29
	min	9.64	12.3	14.9	16.9	17,7	20.7	22.7	27,7
m'	min	7,71	9,84	11.92	13.52	14.16	16.56	18,16	22.16
s	max.= nom size	22	27	32	36	41	46	50	60
	min	21.16	26.16	31	35	40	45	49	58.8
Mass (7,85 kg/dm3), in kg per 1000 units		23,3	44.8	73.9	104	155	224	300	515
1) The maximum Value of d_w shall not exceed the actual width across flats.									

The nuts shall be countersunk at an angle of 120° on both sides to the screw thread diameter, d.



m' = minimum wrenching height (equal to 0.8 m_{min})

شکل ۲۴: مشخصه‌های ابعادی مهره HV

توجه: برای بازرسی ابعادی پیچ‌های دنده‌ریز، می‌توان به استانداردهای EN 28676 و EN 28765 مراجعه نمود.

۷-۴- بازرسی‌های مخرب

برای اطمینان یافتن از انطباق خواص مکانیکی و رفتار پیچ و مهره تولید شده با خواسته‌های طراحی، باید برخی از آزمون‌های مخرب را روی نمونه‌ها انجام داد. مطابق استاندارد، برخی از این آزمون‌ها ضروری، برخی غیرضروری و بعضی نیز به دلخواه کارفرما انجام می‌شود.

مطابق استاندارد بین‌المللی ایزو با دو روش A و B می‌توان نسبت به اجرای آزمایش‌های مخرب اقدام نمود که شرح آن در جدول ۳۵ آمده است.

اغلب، استفاده از روش B ترجیح داده می‌شود اما در مورد پیچ و مهره‌های با نیروی پارگی کمتر از ۵۰۰ کیلونیوتن ضروری می‌باشد.

روش A برای نمونه‌های ماشینکاری شده‌ای که سطح مقطع آنها کمتر از سطح مقطع تنش است مناسب می‌باشد. در جدول ۳۴، دو دایره خالی و توپر به عنوان راهنمای استفاده از جدول ۳۵ آمده است.

جدول ۳۴: راهنمای استفاده از جدول ۳۵

پیچ‌های با قطر بزرگ‌تر از ۴ میلی‌متر (طول بیشتر یا مساوی ۲/۵ برابر قطر)	پیچ‌های با قطر کمتر یا مساوی ۴ میلی‌متر (طول کمتر از ۲/۵ برابر قطر)	ابعاد
●	○	عامل تصمیم‌گیری در پذیرش

جدول ۳۵: تست‌های موردنیاز مکانیکی پیچ و مهره‌ها براساس دو روش A و B

خواص مکانیکی	روش A			روش B		
	نوع آزمایش	کلاس مقاومتی		نوع آزمایش	کلاس مقاومتی	
		3.6 4.6 5.6	8.8 9.8 10.9 12.9		3.6 4.6 4.8 5.6 5.8,6.8	8.8 9.8 10.9 12.9
Min tensile strength , Rm	Tensile test	●	●	Tensile -test 1)	●	●
Minimum Hardness 2)	Hardness test3)	○	○	Hardness test 3)	○	○
Maximum Hardness		● ○	● ○		● ○	● ○
Maximum Surface hardness			● ○			● ○
Minimum Lower yield Stress , R_{SL}	Tensile test	●				
Proof stress , $Rp_{0.2}$	//		●			
Stress under proofing Load , Sp				Proofing load test	●	●
Minimum elongation After fracture, A_{min}	Tensile test	●	●			
Strength under wedge Loading 4)				Wedge Loading test 1)	●	●
Minimum Impact Strength	Impact test 5)	● 6)	●			
Head Soundness 7)				Head soundness test	○	○
Maximum decarburized Zone	Decarburization test		● ○	Decarburization test		● ○
Minimum tempering Temperature	Retempering test		● ○	Retempering test		● ○
Surface integrity	Surface Integrity test	● ○	● ○	Surface Integrity test	● ○	● ○

توضیحات جدول:

۱) در صورتی که تست گوه رضایت‌بخش باشد، نیازی به تست کشش نیست.

۲) تست حداقل سختی، فقط در مورد پیچ‌هایی به کار می‌رود که طول آنها کمتر از ۲/۵ برابر قطرشان است (پیچ‌هایی که نمی‌توانند مورد تست کشش قرار گیرند).

۳) تست سختی می‌تواند بر اساس یکی از سه روش ویکرز، برینل یا راکول باشد، اما در موارد مشکوک تست ویکرز، ملاک است.

۴) پیچ‌های مخصوصی که شکل هندسی آنها به‌صورتی است که گل، ضعیف‌تر از قسمت رزوه است از این تست مستثنی می‌باشند.

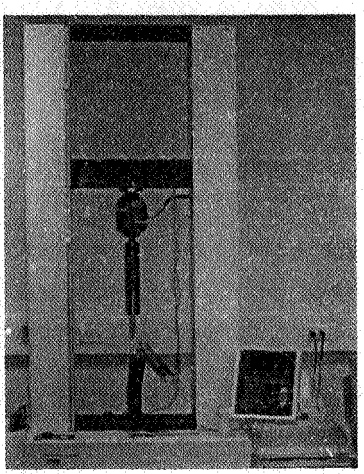
۵) آزمایش ضربه فقط در مورد پیچ‌های با قطر بیشتر از ۱۶ میلی‌متر و طبق درخواست خریدار انجام می‌شود.

۶) آزمایش ضربه برای کلاس‌های زیر 8.8، فقط برای کلاس مقاومتی 5.6 انجام می‌شود.

۷) فقط برای پیچ‌های با قطر کمتر یا مساوی ۱۶ میلی‌متر و طول‌های بسیار کوتاه که نمی‌توان تست گوه نمود.

لازم به یادآوری است که استاندارد مورد استفاده برای بازرسی ابعادی و بازرسی مکانیکی، باید از یک نوع باشد. به عنوان مثال استاندارد EN24014 برای بازرسی ابعادی، و استاندارد EN20898 برای بازرسی مکانیکی به کار رود. در واقع نباید برای هر کدام از بازرسی‌ها، از یک نوع استاندارد مجزا مانند DIN، ISO، ASME، SAE و IFI استفاده نمود.

به عنوان مثال اگر کارفرما بخواهد بازرسی مطابق استاندارد آمریکایی انجام شود، استاندارد ASME B18.2.3.5 برای بازرسی ابعادی و استاندارد ASTM A370 و یا ASTM F606 برای خواص مکانیکی مرجع می‌باشد.



۱ـ۷ـ۴ـ آزمایش کشش

با این آزمون، استحکام پیچ یا همان UTS (حداکثر تنش کششی) که معرف گرید یا کلاس مقاومتی پیچ است تعیین می‌گردد، بنابراین انجام این آزمایش ضروری است. توسط این آزمون علاوه بر نیرویی که پیچ می‌تواند تحمل نماید تا گسیخته شود می‌توان تنش تسلیم، درصد افزایش طول و درصد کاهش سطح مقطع را بدست آورد.

نمونه‌هایی که برای این تست انتخاب می‌شوند، بهتر است از نمونه‌هایی باشند که روی آنها آزمایش سختی انجام شده و دارای کمترین و بیشترین سختی هستند.

برای انجام آزمایش کشش دو روش وجود دارد:

الف) آزمایش نمونه ماشینکاری شده (دمبلی)

برای پیچ‌هایی که در آزمایش آنها به نیروهایی بالاتر از 450KN نیاز است، باید از نمونه ماشینکاری شده استفاده کرد (شکل‌های ۲۵ و ۲۶).

جدول ۳۶: استحکام کششی برای نمونه‌های کششی ماشینکاری شده (دمبلی)

خاصیت مکانیکی		کلاس مقاومتی										
		3.6	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8 [1]		9.8 [3]	10.9	12.9
								d< 16 mm	d> 16 mm [2]			
استحکام کششی (Rm) [4] N/mm^2	اسمی	300	400		500		600	800	800	900	1000	1200
	حداقل	330	420	420	520	520	600	800	830	900	1040	1220

توضیحات جدول:

۱) در مورد پیچ‌های با کلاس مقاومتی 8.8 با قطر کمتر از ۱۶ میلی‌متر، احتمال هرز شدن رزوه‌های مهره در اثر محکم کردن بیش از حد مجاز، وجود دارد.

۲) برای پیچ‌هایی که در سازه فلزی کاربرد دارند، این حد ۱۲ میلی‌متر است.

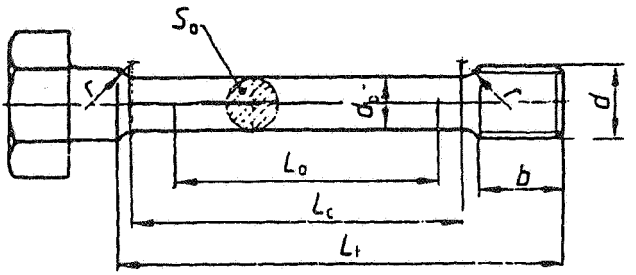
۳) فقط در مورد قطرهای اسمی کوچک‌تر از ۱۶ میلی‌متر کاربرد دارد.

۴) حداقل استحکام کششی، در مورد پیچ‌هایی به کار می‌رود که طول اسمی آنها بزرگ‌تر مساوی ۲/۵ برابر قطر آنها باشد. حداقل سختی در مورد پیچ‌هایی به کار می‌رود که طول آنها کمتر از ۲/۵ برابر قطرشان بوده و نمی‌توانند مورد آزمون کشش قرار گیرند و یا گل آنها به شکلی است که تست کشش مقدور نیست.

در هنگام ماشینکاری، کاهش قطر پیچ‌های عملیات حرارتی شده‌ای که قطر آنها بیشتر از ۱۶ میلی‌متر است، نباید از ۰.۲۵ قطر اولیه ساق تجاوز نماید.

پیچ‌های با کلاس مقاومتی 4.8، 5.8 و 6.8 (تولید شده با روش چکش‌کاری سرد) باید به روش تمام قد (Full-size) آزمایش شوند.

نمونه ماشینکاری شده مطابق شکل ۲۵ تهیه می‌شود.



d = nominal thread diameter

d_0 = diameter of test piece (d_0 < minor diameter of thread)

b = length of thread ($b > d$)

L_0 = $5\,d_0$ or $(5.65\sqrt{S_0})$

L_c = length of straight portion ($L_0 + d_0$)

L_t = total length of test piece ($L_c + 2r + b$)

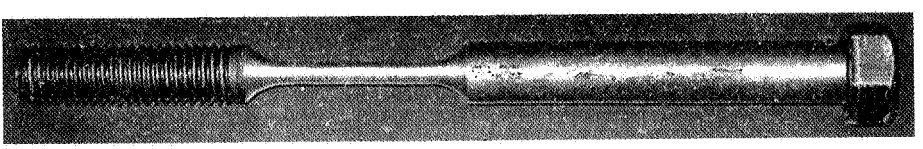
L_u = length after fracture

S_0 = cross-sectional area

r = fillet radius ($r \geq 4$ mm)

Test piece for tensile test

شکل ۲۵ : ابعاد نمونه ماشینکاری شده پیچ برای آزمایش کشش



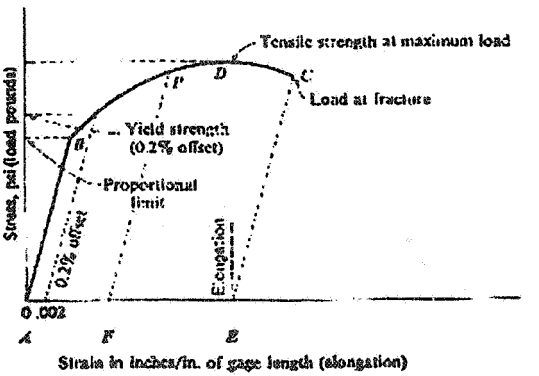
شکل ۲۶ : شمای نمونه ماشینکاری شده

ابعاد مشخص شده در شکل ۲۵ ، در استانداردهای مختلف متفاوتند، بنابراین می‌توان به استاندارد ISO 6892 مراجعه نمود و یا استاندارد ASTM F606 را مورد استفاده قرار داد.

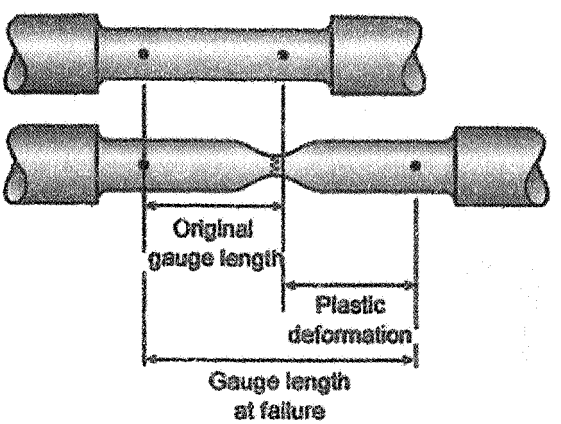
برای انجام آزمایش، نمونه ماشینکاری شده بین دو فک گیره دستگاه کشش قرار گرفته و با سرعت ثابت ۲۵ میلی‌متر بر دقیقه تحت کشش قرار می‌گیرد. نقطه اوج منحنی رسم شده، نمایانگر UTS یا همان استحکام نهایی کششی (Ultimate Tensile Strength) است که در ادامه کشش، نمونه دچار پارگی (Rupture) خواهد شد.

از طریق انجام این آزمایش، می‌توان به نقاط تسلیم و استحکام نهایی کششی پی برد و با

ادامه آزمایش که به پارگی نمونه منجر می‌شود، درصد افزایش نسبی طول و کاهش نسبی سطح مقطع با استفاده از نمودار تنش ـ کرنش (شکل ۲۷ و ۲۸) مشخص می‌گردد.



شکل ۲۷: نمودار تنش ـ کرنش



شکل ۲۸: افزایش طول در تست کشش

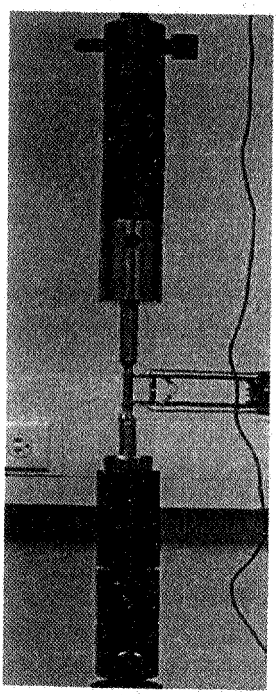
باید توجه داشت که اگر عدد اعلام شده از سوی آزمایشگاه، از UTS مورد نظر کلاس مربوط بیشتر باشد، نمونه مردود است زیرا با توجه به نمودار تنش ـ کرنش، درصد افزایش نسبی طول، کاهش یافته و سرعت شکست بالا می‌رود، در حالی که وضعیت مطلوب هنگامی است که زمان شکست طولانی باشد، تا در حین بازرسی‌های دوره‌ای بتوان آنرا تشخیص داد. به همین دلیل در بسیاری از پروژه‌ها نسبت تنش تسلیم به تنش نهایی (Fy/Fu) مورد اهمیت قرار می‌گیرد، زیرا هرچه این نسبت بزرگ‌تر باشد، شکست دیرتر اتفاق افتاده و مطلوب‌تر است. در واقع هرچه

اختلاف بین تنش تسلیم و تنش نهایی بیشتر شود شکست دیرتر رخ می‌دهد یعنی خاصیت کشسانی بیشتری دارد.

به عنوان مثال، اگر پیچی با کلاس 5.6 مورد آزمایش قرار گیرد و آزمایشگاه عدد $800N/mm^2$ را اعلام کند، نمونه مردود است زیرا از $500N/mm^2$ (استحکام کلاس 5.6) بسیار بیشتر می‌باشد. به عبارت دیگر، با افزایش استحکام معمولاً درصد افزایش طول (خاصیت ارتجاعی) کاهش می‌یابد.

از طرف دیگر، باید توجه داشت که اگر در حین آزمایش، نشانگر دستگاه کشش از عدد UTS پیچ بالاتر برود ولی پارگی اتفاق نیفتد، نمونه آزمایش شده مورد قبول خواهد بود.

ب) نمونه تمام قد (Full-size)



اساس آزمایش تمام قد، شبیه آزمایش نمونه ماشینکاری شده است، اما خود پیچ بدون ماشینکاری شدن در دستگاه کشش قرار گرفته و کشیده می‌شود. قسمتی از رزوه پیچ که باید آزاد و بیرون از فک‌های گیره دستگاه کشش باشد، باید حداقل معادل قطر پیچ در نظر گرفته شود. شکست یا پارگی نیز باید در ناحیه ساق یا قسمت رزوه شده پیچ اتفاق بیفتد نه در قسمت اتصال

گل به ساق پیچ.

توجه: سرعت کشش فک‌ها نباید از ۲۵ میلی‌متر بر دقیقه تجاوز کند.

گیره‌های دستگاه باید خود تنظیم بوده و در هر شرایط، همراستا باشند تا نیروهای جانبی به نمونه وارد نشود.

نیرویی که در این آزمایش باید به نمونه اعمال شود، برحسب گریدهای مکانیکی و قطرهای مختلف، در جدول‌های ۳۷ و ۳۸ آورده شده است.

جدول ۳۷: حداقل نیروی کششی لازم برای پیچ‌های رزوه درشت

Thread	Nominal Stress area A_s nom mm^2	Property class								
		3.6	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8. 8	9.8	10.9	12.9
		Minimum ultimate tensile load ($A_s \times R_m$), N									
M3	5.03	1 660	2010	2 110	2 510	2 620	3 020	4 020	4 530	5 230	6 140
M3.5	6,78	2 240	2 7 10	2 850	3 390	3 530	4 070	5 420	6 100	7 050	8 270
M4	8,78	2 900	3 5 10	3690	4 390	4 570	5 270	7 020	7 900	9 130	10 700
M5	14.2	4 690	5 680	5960	7 100	7 380	8 520	11 350	12 800	14 800	17 300
M6	20.1	6 630	8 040	8440	10 000	10 400	12 100	16 100	18 100	20 900	24 500
M7	28.9	9 540	11 600	12 100	14 400	15 000	17 300	23 100	26 000	30 100	35 300
M8	36,6	12 100	14 600	15 400	18 300	19 000	22 000.	29 200	32 900	38 100	44 600
M10	58	19 100	23 200	24 400	29 000	30 200	34 800	46 400	52 200	60 300	70 800
M12	84.3	27 800	33 700	35 400	42 200	43 800	50 600	67 400	75 900	87 700	103 000
M14	115	38 000	46 000	48 300	57 500	59 800	69 000	92 000	104000	120 000	140 000
M16	157	51 800	62 800	65 900	78 500	81 600	94 000	125 000	141000	163 000	192 000
M18	192	63 400	76 800	80 600	96 000	99 800	115000	159000	-	200 000	234 000
M20	245	80 800	98 000	103 000	122 000	127 000	147000	203 000	-	255 000	299 000
M22	303	100 000	121 000	127 000	152 000	158 000	182000	252 000	-	315 000	370 000
M24	353	116 000	141 000	148 000	176 000	184 000	212000	293 000	-	367 000	431 000
M27	459	152 000	184 000	193 000	230 000	239 000	275000	381 000	-	477 000	560 000
M30	561	185 000	224 000	236 000	280 000	292 000	337000	466 000	-	583 000	684 000
M33	694	229 000	278 000	292 000	347 000	361 000	416000	576 000	-	722 000	847 000
M36	817	270 000	327 000	343 000	408 000	425 000	490000	678 000	-	850 000	997 000
M39	976	322 000	390 000	410 000	488 000	508 000	586000	810 000	-	1 020 000	1 200 000

جدول ۳۸: حداقل نیروی کششی برای پیچ‌های دنده ریز

Thread[1)]	nominal Stress area A .s mm^2	Property class									
		3.6	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	9.8	10.9	12.9
		Minimum ultimate tensile load ($A_s \times R_m$), N									
M8 × 1	39,2	12 900	15 700	16 500	19 600	20 400	23 500	31 360	35 300	40 800	47 800
M10 × 1	64,5	21 300	25 800	27 100	32 300	33 500	38 700	51 600	58 100	67 100	78 700
M12 × 1,5	88,1	29 100	35 200	37 000	44 100	45 800	52 900	70 500	79 300	91 600	107 500
M14 × 1,5	125	41 200	50 000	52 500	62 500	65 000	75 000	100 000	112000	130 000	152 000
M16 × 1,5	167	55 100	66 800	70 100	83 500	86 800	100 000	134 000	150000	174 000	204 000
M18 × 1,5	216	71 300	86 400	90 700	108 000	112 000	130 000	179 000	-	225 000	264 000
M20 × 1,5	272	89 800	109 000	114 000	136 000	141 000	163 000	226 000	-	283 000	332 000
M22 × 1,5	333	110 000	133 000	140 000	166 000	173 000	200 000	276 000	-	346 000	406 000
M24 × 2	384	127 000	154 000	161 000	192 000	200 000	230 000	319 000	-	399 000	469 000
M27 × 2	496	164 000	194 000	208 000	248 000	258 000	298 000	412 000	-	516 000	605 000
M30 × 2	621	205 000	248 000	261 000	310 000	323 000	373 000	515 000	-	646 000	758 000
M33 × 2	761	251 000	304 000	320 000	380 000	396 000	457 000	632 000	-	791 000	928 000
M36 × 2	865	285 000	346 000	363 000	432 000	450 000	519 000	718 000	-	900 000	1 055 000
M39 × 2	1 030	340 000	412 000	433 000	515 000	536 000	618 000	855 000	-	1 070000	1 260 000

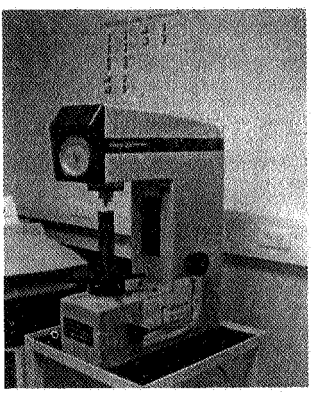
A_s یا سطح مقطع تنش، از فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$A_s = ۰/۷۸۵۴ (D - ۰/۹۳۸۲ P)^۲$$

که D: قطر، و P: گام پیچ است.

تعداد نمونه‌های کشش، در روش نمونه‌برداری توضیح داده شده و به کمک جدول‌های ۱۳ و ۱۴ صورت می‌گیرد. اگر نمونه، قبل از رسیدن به نقطه UTS دچار گسیختگی شود، مردود است و اگر بعد از رسیدن به UTS دچار پارگی شود مورد قبول می‌باشد.

۲ـ۷ـ۴ـ سختی سنجی (Hardness test)



یکی از آزمون‌های مهمی که روی پیچ و مهره صورت می‌گیرد، سختی سنجی است زیرا باید تناسبی بین سختی پیچ و مهره و واشر با قطعه اتصال داده شده وجود داشته باشد. پایین بودن سختی پیچ یا مهره، منجر به تخریب آنها گردیده و اگر سختی آنها بیشتر از حد مجاز باشد، در قطعه یا واشر فرو رفته و قدرت اتصال کاهش می‌یابد. از طرفی، اگر سختی بیشتر از حد استاندارد باشد، موجب می‌شود تا فاصله بین ناحیه شروع تغییر فرم پلاستیک تا ناحیه گسیختگی در نمودار تنش و کرنش کاهش یافته و شکست سریع‌تر اتفاق بیفتد.

سختی، جزو خواص فیزیکی ماده نیست بلکه مقاومت اجسام نسبت به فرو رفتن می‌باشد.

سختی پیچ‌ها در کلاس‌های مقاومتی مختلف، باید مطابق جدول ۳۹ باشد.

جدول ۳۹: میزان سختی موردنظر برای پیچ‌ها

خواص مکانیکی			3.6	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8 [1]		9.8 [3]	10.9	12.9
									d < 16mm	d ≥ 16mm [2]			
HV, ویکرز F> 98N	حداقل		95	120	130	155	160	190	250	225	290	320	385
	حداکثر		250						320	335	360	380	435
HB, برنیل $F=30D^2$	حداقل		90	114	124	147	152	181	238	242	275	304	366
	حداکثر		238						304	318	342	361	414
HR , راکول	min	HRB	52	67	71	79	82	89	–	–	–	–	–
		HRC	–	–	–	–	–	–	22	23	28	32	39
	max	HRB	99.5						–	–	–	–	–
		HRC	–						32	34	37	39	44
حداکثر HV0.3 ، سختی سطح			–						[4]				

توضیحات جدول:

۱) در مورد پیچ‌های با کلاس مقاومتی 8.8 که قطر آنها کمتر از ۱۶ میلی‌متر است، احتمال هرز شدن رزوه‌های مهره در اثر محکم کردن بیش از حد مجاز، وجود دارد.

۲) برای پیچ‌هایی که در سازه‌های فلزی کاربرد دارند، این مقدار، ۱۲ میلی‌متر خواهد بود.

۳) فقط در مورد قطرهای اسمی کوچک‌تر از ۱۶ میلی‌متر کاربرد دارد.

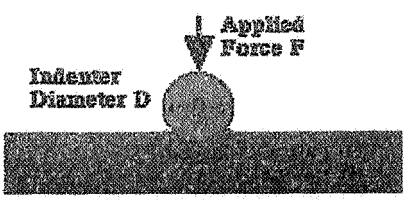
۴) سختی سطح در تست ویکرز ۰/۳ ، نباید بیشتر از ۳۰ ویکرز بالاتر از سختی مغز پیچ باشد.

۵) در مورد کلاس 10.9 اگر سختی سطح بیشتر از ۳۹۰ ویکرز باشد، نمونه مردود خواهد شد.

در بازرسی‌های معمولی، پس از آماده‌سازی مناسب نمونه و زدودن هرگونه پوشش در صورت وجود، سختی قطعه در قسمت گل، انتها و یا ساق (SHANK) پیچ اندازه‌گیری می‌شود.

در مورد کلاس مقاومتی 4.8، 5.8 و 6.8 ، سختی‌سنجی فقط روی انتهای پیچ صورت می‌گیرد.

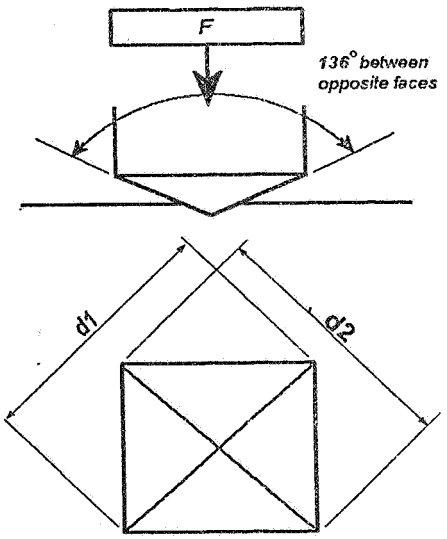
سختی‌سنجی قطعاتی با سختی کم، از روش برینل و بر اساس استاندارد ISO 6506 انجام می‌شود که D : قطر اثر ساچمه فلزی و F : مقدار نیروی وارده است.



$$BHN = \frac{F}{\frac{\pi}{2} D.(D - \sqrt{D^2 - D_i^2})}$$

سختی‌سنجی قطعات با سختی متوسط، پایین و بالا، با روش ویکرز و مطابق استاندارد ISO 6507 و فرمول صفحهٔ بعد انجام می‌شود که d : متوسط اقطار لوزی اثر و F : نیروی اعمالی است.

سختی‌سنجی قطعات با سختی بالا، از روش راکول و مطابق استاندارد ISO 6508 انجام می‌شود.

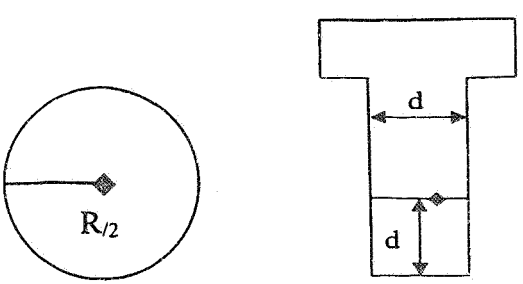


$$HV = \frac{2F\sin\frac{136^\circ}{2}}{d^2} \qquad HV = 1/854\frac{F}{d^2}$$

برای آزمایش سختی پیچ‌های با ابعاد کوچک‌تر از M12، معمولاً باید آنها را توسط قالب‌گیری پلاستیک (Mount) آماده‌سازی کرد و پس از پرداختکاری سطح، به روش برینل سختی‌سنجی نمود.

در هنگام سختی‌سنجی پیچ‌ها در هر سه روش، اگر یکی از سه نقطه قرائت شده توسط دستگاه از حداکثر سختی معین شده در جدول ۳۹ تجاوز نماید، باید نسبت به تجدید آزمایش در محل جدید اقدام نمود؛ به‌طوری که این بار از مغز نمونه سختی‌سنجی شود، یعنی باید طولی به اندازه قطر پیچ از انتهای آن برید و پس از آماده سازی نمونه، سختی در محل نصف شعاع (R/2) قرائت شود (مانند شکل ۲۹).

در مواقع لزوم، می‌توان مانند این نقطه، در ۴ نقطه دیگر (مانند نقاط ۳، ۶، ۹ و ۱۲ صفحه ساعت) سختی‌سنجی انجام داد.



شکل ۲۹ : محل اثرگذاری دستگاه سختی سنج

در صورت تردید به نتایج، روش سختی‌سنجی ویکرز ملاک عمل خواهد بود.

محل مناسب برای سختی‌سنجی سطحی پیچ، یا انتهای پیچ است یا کناره‌های گل پیچ که باید با کمترین سوهانکاری یا سمباده‌زنی آنرا آماده‌سازی نمود، تا مقدار سطح کافی (در صورت نیاز به تجدید نظر و تست مجدد) باقی بماند.

آزمون ویکرز HV0.3 معیار عمل در سختی‌سنجی سطحی است.

در روش HV0.3، سختی سطح با سختی قرائت شده از مغز پیچ مقایسه می‌شود. در صورتی‌که اختلاف سختی سطح و مغز کمتر از ۳۰ ویکرز باشد، نمونه پذیرفته می‌شود اما اگر اختلاف بیش از ۳۰ ویکرز مشاهده شود، نشانگر کربوره شدن سطح و یا عملیات حرارتی نامناسب بوده و نمونه مردود خواهد بود.

اگر سختی سطحی در مورد پیچ‌های مقاومت بالا (HV) یعنی کلاس 10.9 بیشتر از ۳۹۰ ویکرز باشد، نمونه مردود است. بازرس باید مطمئن شود که افزایش سختی، ناشی از کربوره شدن سطح بوده و یا در اثر عملیات حرارتی و کار سرد اتفاق افتاده است. بنابراین تست دکربوره (Decarburization test)، روی پیچ‌های با کلاس مقاومتی 8.8 و یا بالاتر انجام می‌پذیرد.

باید در نظر داشت که رابطه دقیقی میان سختی و استحکام در فولادهای آلیاژی و نیز ضدزنگ وجود ندارد ولی در فولادهای کربنی، رابطه تقریبی میان سختی بر حسب برینل و استحکام بر حسب مگاپاسکال، به‌صورت زیر است:

$$\text{Tensile (MPa)} = 3.55\ HB \quad (HB \leq 175)$$

$$\text{Tensile (MPa)} = 3.38\ HB \quad (HB > 175)$$

در جدول شماره ۴۰، رابطه میان استحکام کششی و واحدهای مختلف سختی آمده است.

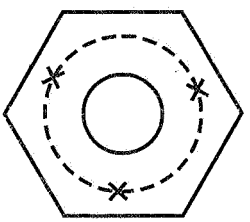
جدول ۴۰: رابطه استحکام کششی و واحدهای مختلف سختی

استحکام کششی	ویکرز F≥98N	برینل	راکول B	راکول C	راکول A
320	100	95	56.2		
335	105	99.8			
350	110	105	62.3		
370	115	109			
385	120	114	66.0		
400	125	119			
415	130	124	71.2		
430	135	128			
450	140	133	75.0		
465	145	138			
480	150	143	78.7		
495	155	147			
510	160	152	81.7		
530	165	156			
545	170	162	85.0		
560	175	166			
570	180	171	87.1		
595	185	176			
610	190	181	89.5		
625	195	185			
640	200	190	91.5		
660	205	195	92.5		
675	210	199	93.5		
690	215	204	94.0		
705	220	209	95.0		
720	225	214	96.0		
740	230	219	97.7		
755	235	223			
770	240	228	98.1	20.3	60.7
785	245	233		21.3	61.2
800	250	238	99.5	22.2	61.6
820	255	242		23.1	62.0
835	260	247	101	24.0	62.4
850	265	252		24.8	62.7
865	270	257	102	25.6	63.1
880	275	261		26.4	63.5
900	280	266	104	27.1	63.8
915	285	271		27.8	64.2
930	290	276	105	28.5	64.5
950	295	280		29.2	64.8
965	300	285		29.8	65.2
995	310	295		31.0	65.8
1030	320	304		32.2	66.4
1060	330	314		33.3	67.0
1095	340	323		34.4	67.6
1125	350	333		35.5	68.1
1155	360	342		36.6	68.7
1190	370	352		37.7	69.2
1220	380	361		38.8	69.8

پیچ‌هایی که طولی مساوی یا کمتر از ۲/۵ برابر قطرشان داشته و امکان انجام آزمایش کشش روی آنها وجود ندارد، مورد تست حداقل سختی قرار گرفته و بررسی می‌شود که حداقل سختی آنها کمتر از مقادیر مندرج در جدول ۳۹ نباشد.

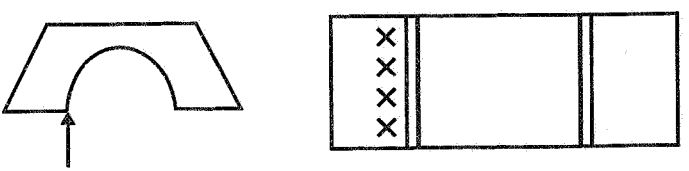
در بخش آزمون‌های مخرب، فقط خواص مکانیکی برای بازرس اهمیت داشته و نیازی به نظارت بر عملیات حرارتی و نحوه انجام آن نمی‌باشد، زیرا اگر سازنده ادعا نماید که عملیات حرارتی انجام شده است، با برخی آزمون‌های مخرب و غیرمخرب مانند سختی‌سنجی و متالوگرافی، می‌توان به صحت آن پی برد.

برای بازرسی سختی مهره، روی سطح تحمل‌کننده بار و در سه نقطه به فاصله ۱۲۰ درجه از یکدیگر و روی دایره‌ای واقع در نصف شعاع (مطابق شکل ۳۰) سختی‌سنجی انجام می‌شود.



شکل ۳۰: محل اندازه‌گیری سختی مهره

اگر بین سازنده و بازرس، اختلاف نظر وجود داشته باشد، مهره را باید طبق شکل ۳۱ برش داده و پس از آماده‌سازی سطح برش خورده، در سه نقطه از سطح مقطع حاصله و تا جایی که ممکن است نزدیک به رزوه‌ها، سختی‌سنجی انجام داد.



شکل ۳۱: محل اندازه‌گیری سختی مهره

محدوده سختی مجاز برای مهره‌ها، باتوجه به کلاس مقاومتی آنها، در جدول ۴۱ آمده است.

اگر سختی نمونه‌ای بیش از حد استاندارد باشد، خطر تردی و شکنندگی وجود دارد و اگر کمتر از حد استاندارد باشد استحکام لازم تأمین نشده است.

جدول ۴۱: سختی مهره‌ها

سختی برحسب ویکرز HV																							
کلاس		04	05	4	5	6	8		9	10		12											
رزوه		Style thin	Style thin	Style	Style 1	Style 1	Style 1	Style 2	Style 2	Style 1		Style 1		Style 2									
بزرگتر از	کوچکتر از	min	min	min	min	min	min	min	min	min	max	min	Max	min	max								
-	M4	188	272	117	148	170	233	180	188	170	302	272	353	272	353								
M4	M7	302	353	302	302	302	353	302	302														
M7	M10			-	130	150	200	-				295											
M10	M16			-			180	-	170														
M16	M39						302		188														

۳ـ۷ـ۴ـ آزمون بارگواه (Proof load test)

در این آزمون، کارآیی و عملکرد پیچ و مهره‌ها بررسی می‌شود؛ به این ترتیب که باید نیروهای درج شده در جدول ۴۲ را به پیچ و مهره متصل به دستگاه کشش اعمال کرد و مدت ۱۵ ثانیه در حالت کشش نگه‌داشت. اگر پس از قطع نیرو، پیچ و مهره با دست از یکدیگر باز شد و نیز افزایش طول دائمی در پیچ (با میکرومتر اندازه‌گیری می‌شود، تا حداکثر ۱۳ میکرون) مشاهده نشد، نمونه مورد قبول است، در غیر این‌صورت، نمونه مردود خواهد بود.

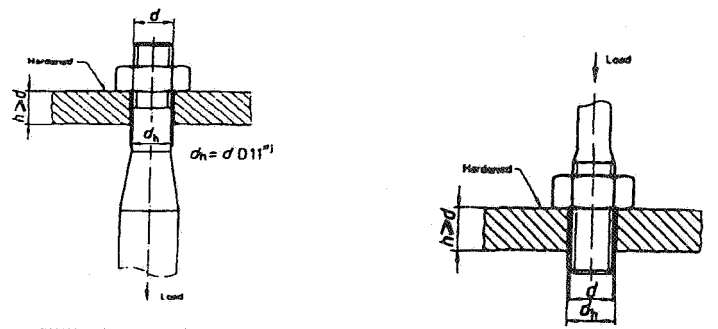
در برخی مراجع، این آزمون از نوع مخرب به حساب می‌آید.

مقدار بارگواه، بسته به کلاس مقاومتی پیچ، ۸۸ تا ۹۳ درصد نیروی تسلیم است.

این آزمون فقط برای پیچ‌هایی لازم است که نیروی لازم برای پارگی آنها کمتر از ۵۰۰ کیلونیوتن می‌باشد. مقدار طولی از رزوه‌ها که آزادانه باید در معرض بار محوری قرار گیرد، برابر با 6p (۶ برابر گام) است. سرعت اعمال نیروی کشش نباید از ۳ میلی‌متر در دقیقه تجاوز کند.

آزمون بارگواه برای مهره‌های بزرگ‌تر از M5 الزامی است. در برخی از استانداردها، برای آزمون بارگواه مهره، از پیچ با کلاس مقاومتی بالاتر از مهره استفاده می‌شود، زیرا در حالت عادی استحکام مکانیکی مهره بیشتر است. ولی در استاندارد EN، به استفاده از مندرلی با سختی حداقل ۴۵ راکول C توصیه شده است.

بارگواه مطابق شکل ۳۲ و جدول ۴۳ به مهره اعمال شده و به مدت ۱۵ ثانیه ثابت نگه‌داشته می‌شود. پس از حذف نیروی کشش، مهره باید سالم و بدون تغییر شکل در رزوه‌ها بماند، به‌طوری که بتوان آنرا با دست باز کرد. اگر در هنگام تست، رزوه‌های مندرل دچار آسیب‌دیدگی شوند، باید مجدداً آزمایش تکرار گردد. در ضمن اگر اعمال نیرو به عدد Proof Load رسید و رزوه‌های مندرل آسیب دید، می‌توان مهره را تا نیم دور به کمک آچار شل کرد. حال اگر مهره با دست باز شد و پس از بازرسی ظاهری، نتیجه رضایت‌بخش به دست آمد، نمونه قابل قبول است. مهره سالم باید بتواند با اعمال نیروی دست روی پیچ دوران کند.



*) D11 in relation from ISO 286-2.

Figure 1 – Axial tensile test

شکل ۳۲: آزمون بارگواه مهره

جدول ۴۲: نیروی لازم در آزمون بارگواه برای پیچ رزوه درشت (Coarse)

Thread[1]	Nominal stress area $A_{s\ nom}$ mm^2	Property class									
		3.6	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8..8	9.8	10.9	12.9
		Proofing load ($A_s \times S_p$), N									
M3	5,03	910	1 130	1 560	1 410	1 910	2 210	2 920	3 270	4 180	4 880
M3.5	6,78	1 220	1 530	2 100	1 900	2 580	2 960	3 940	4 410	5 630	6 580
M4	8,78	1 580	1 960	2 720	2 460	3 340	3 860	5 100	5 710	7 290	8 520
M5	14,2	2 560	3 200	4 400	3 960	5 400	6 250	8 230	9 230	11 800	13 800
M6	20,1	3 620	4 520	5 230	5 630	7 640	8 840	11 600	13 100	16 700	19 500
M7	28,9	5 200	6 500	8 960	8 090	11 000	12 700	16 800	18 800	24 000	28 000
M8	36,6	6 590	8 240	11 400	10 200	13 900	16 100	21 200	23 800	30 400	35 500
M10	58	10 400	13 000	18 000	16 200	22 000	25 500	33 700	37 700	48 100	56 300
M12	84,3	15 200	19 000	26 100	23 600	32 000	37 100	48 900[2]	54 800	70 000	81 800
M14	115	20 700	25 900	35 600	32 200	43 700	50 600	66 700[2]	74 800	95 500	112 000
M16	157	28 300	35 300	48 700	44 000	59 700	66 100	91 000[2]	102 000	130 000	152 000
M18	192	34 600	43 200	59 500	53 800	73 000	84 500	115000	-	159 000	186 000
M20	245	44 100	56 100	76 000	68 600	93 100	108 000	147 000	-	203 000	238 000
M22	303	54 500	68 200	93 900	84 800	11 5000	133 000	182 000	-	252 000	294 000
M24	353	63 500	79 400	109 000	98 800	134 000	156 000	212 000	-	293 000	342 000
M27	469	82 600	103 000	142 000	128 000	174 000	202 000	275 000	-	381000	445 000
M30	561	101 000	126 000	174 000	157 000	213 000	247 000	337 000	-	466 000	544 000
M33	694	125 000	156 000	215 000	194 000	264 000	305 000	416 000	-	570 000	673 000
M36	817	147 000	184 000	253 000	229 000	310 000	359 000	490 000	-	678 000	792 000
M39	976	176 000	220 000	303 000	273 000	371 000	429 000	586 000	-	810 000	947 000

دنده ریز (fine)

Thread[1)]	Nominal Stress area $A_{s\ nom}$ mm^2	کلاس مقاومتی									
		3.6	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8. 8	9.8	10.9	12.9
		Proofing load ($A_s \times S_p$), N									
M8 × 1	39,2	7 060	8 820	12 200	11 000	14 900	17 200	22 700	25 500	32 500	38 000
M10 × 1	64,5	11 600	14 500	20 000	18 100	24 500	28 400	37 400	41 900	53 500	62 700
M12 × 1,5	88,1	15 900	19 800	27 300	24 700	33 500	38 800	51 100	57 300	73 100	85 500
M14 × 1,5	125	32 500	28 100	38 800	35 000	47 500	55 000	72 500	81 200	104 000	121 000
M16 × 1,5	167	30 100	37 600	51 800	46 800	63 500	73 500	96 900	109 000	139 000	162 000
M18 × 1,5	216	38 900	48 600	67 000	60 500	52 100	95 000	130 000	-	179 000	210 000
M20 × 1,5	272	49 000	61 200	84 300	76 200	103 000	120 000	163 000	-	226 000	264 000
M22 × 1,5	333	59 900	74 900	103 000	93 200	126 000	146 000	200 000	-	276 000	323 000
M24 × 2	384	69 100	86 400	119 000	108 000	146 000	169 000	230 000	-	319 000	372 000
M27 × 2	496	89 300	112 000	154 000	139 000	188 000	218 000	298 000	-	412 000	481 000
M30 × 2	621	112 000	140 000	192 000	174 000	236 000	273 000	373 000	-	515 000	602 000
M33 × 2	761	137 000	171000	236 000	213 000	289 000	335 000	457 000	-	632 000	738 000
M36 × 3	865	156 000	195 000	268 000	242 000	329 000	381 000	519 000	-	718 000	839 000
M39 × 3	1 030	185 000	232 000	319 000	288 000	391 000	453 000	618 000	-	855 000	999 000

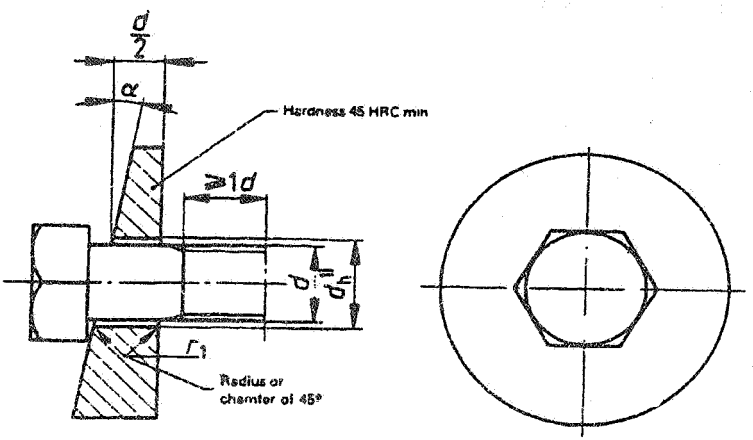
جدول ۴۳ : نیروی لازم برای آزمون بارگواه مهره

Thread	Thread Pitch	Nominal stress area of the mandrel A_s	Property class										
			04	05	4	5	6	8		9	10	12	
			Proof load ($A_s \times S_p$), N										
	mm	mm^2			Style1	Style1	Style1	Style1	Style2	Style2	Style1	Style1	Style2
M3	0.5	5.03	1 910	2 500	-	2 600	3 000	4 000	-	4 500	5 200	5 700	5 800
M3.5	0.6	6.78	2 580	3 400	-	3 550	4 050	5 400	-	6 100	7 050	7 700	7 800
M4	0.7	8.78	3 340	4 400	-	4 550	5 250	7 000	-	7 900	9 150	10 000	10 100
M5	0.8	14.2	5 400	7 100	-	8 250	9 500	12 140	-	13 000	14 800	16 200	16 300
M6	1	20.1	7 640	10 000	-	11 700	13 500	17 200	-	18 400	20 900	22 900	23 100
M7	1	28.9	11 000	14 500	-	16 800	19 400	24 700	-	26 400	30 100	32 900	33 200
M8	1.25	36.6	13 900	18 300	-	21 600	24 900	31 800	-	34 400	38 100	41 700	42 500
M10	1.5	58	22 000	29 000	-	34 200	39 400	50 500	-	54 500	60 300	86 100	67 300
M12	1.75	84.3	32 000	42 200	-	51 400	59 000	74 200	-	80 100	88 500	98 600	100 300
M14	2	115	43 700	57 500	-	70 200	80 500	101 200	-	109 300	120 800	134 600	136 900
M16	2	157	59 700	78 500	-	95 800	109 900	138 200	-	149 200	164 900	183 700	186 800
M18	2.5	192	73 000	96 000	97 900	121 000	138 200	176 600	170 900	176 600	203 500	-	230 400
M20	2.5	245	93 100	122 500	125 000	154 400	176 400	225 400	218 100	225 400	259 700	-	294 000
M22	2.5	303	115 100	151 500	154 500	190 900	218 200	278 800	269 700	278 800	321 200	-	363 600
M24	3	353	134 100	176 500	180 000	222 400	254 200	324 800	314 200	324 800	374 200	-	423 600
M27	3	469	174 400	229 500	234 100	289 200	330 500	422 300	408 500	422 300	486 500	-	550 800
M30	3.5	561	213 200	280 500	286 100	353 400	403 900	516 100	499 300	516 100	594 700	-	673 200
M33	3.5	694	263 700	347 000	353 900	437 200	499 700	638 500	617 700	638 500	735 600	-	832 800
M36	4	817	310 500	408 500	416 700	514 700	588 200	751 600	727 100	751 600	866 000	-	980 400
M38	4	976	370 900	488 000	497 800	614 900	702 700	897 900	868 600	897 900	1 035000	-	1 171 000

۴-۷-۴- آزمایش مقاومت گوه‌ای (wedge Loading test)

آزمایش مقاومت گوه‌ای مخصوص پیچ بوده و در اغلب استانداردها برای پیچ‌های تولیدی به روش فورج گرم الزامی است، اما در استاندارد EN برای پیچ‌های با نیروی گسیختگی کمتر از ۵۰۰ KN الزامی می‌باشد.

در شکل ۳۳، چگونگی این آزمون مشخص شده است. دیسکی به شکل گوه در زیر گل پیچ قرار گرفته و اعمال نیروی کشش آنقدر ادامه می‌یابد تا شکست صورت بگیرد. در صورت شکست پیچ در قسمت رزوه یا ساق رزوه نشده (Shank)، نمونه قابل قبول بوده و اگر شکست در ناحیه نزدیک به گل پیچ رخ دهد، نمونه مردود خواهد بود. در این آزمون از صحت اتصال گل‌پیچ به بدنه در فرآیند تولید اطمینان حاصل می‌شود تا در هنگام نصب، با بریدن گل پیچ‌ها مواجه نگردیم.



1) d_s according to ISO 273, medium series.

شکل ۳۳: آزمون مقاومت گوه‌ای

سایر شرایط، مانند آزمون کشش (Tensile) برای نمونه تمام قد (Full-Size) می‌باشد. اگر پیچ‌هایی که قطر سطح تحمل کننده بار (زیر گل) آنها بیشتر از ۱٫۷ برابر قطرشان است در آزمون مردود شوند، می‌توانند مجدداً مورد آزمایش قرار گیرند به شرطی که گل آنها توسط ماشینکاری تا ۱٫۷ برابر قطرشان کاهش یابد. سختی گوه حدوداً ۴۵ راکول C است.

قطر سوراخ دیسک گوه‌ای باید مطابق جدول ۴۴ و ابعاد آن مطابق جدول ۴۵ باشد.

نیروی اعمالی نیز همان نیروی وارده در آزمون کشش است.

جدول ۴۴: قطر سوراخ دیسک گوه‌ای در آزمون Wedge

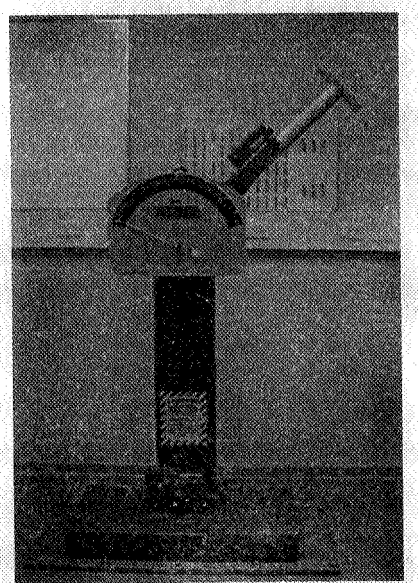
Nominal thread diameter , d	3	3,5	4	5	6	7	8	10	12	14
d_h	3,4	3,9	4,5	5,5	6,6	7,6	9	11	13,5	15,5
r_1	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	1,3

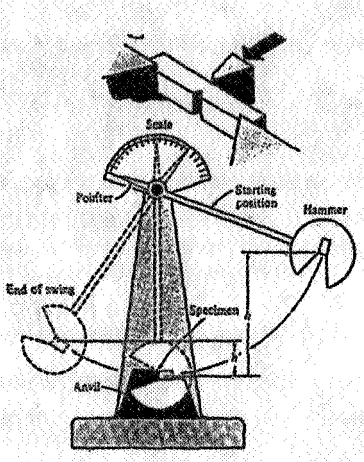
Nominal thread diameter , d	16	18	20	22	24	27	30	33	36	38
d_h	17,5	20	22	24	26	30	33	36	39	42
r_1	1,3	1,3	1,3	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6

جدول ۴۵: ابعاد گوه

Nominal diameter of bolt and screw d mm	Property Class for:			
	Bolt and screws with plain shank length $l_s > 2\,d$		Bolt and screws threaded to the head or with plain shank $l_s > 2\,d$	
	3.6 , 4.6 , 4.8 , 5.6 , 5.8 , 8.8 , 9.8 , 10.9	6.8 , 12.9	3.6 , 4.6 , 4.8 , 5.6 , 5.8 , 8.8 , 9.8 , 10.9	6.8 , 12.9
	α ± 30'			
d < 20	10°	6°	6°	4°
20 < d < 39	6°	4°	4°	4°

۵-۷-۴- آزمایش ضربه (Impact test)

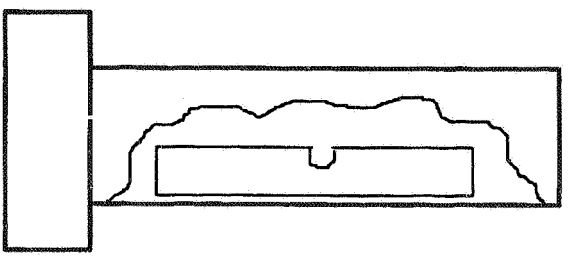




شکل ۴۴: دستگاه آزمایش ضربه

آزمایش ضربه برای پیچ‌هایی مناسب است که سطح مقطع قسمت رزوه نشدهٔ ساق آنها کوچک‌تر از سطح مقطع تنش (A_s) باشد و فقط برای پیچ‌هایی با قطر بزرگ‌تر یا مساوی با ۱۶ میلی‌متر کاربرد دارد و زمانی الزامی است که سرویس‌دهی پیچ و مهره در دمای کمتر از ۰ درجه سانتی‌گراد باشد.

این آزمایش، فقط برای پیچ‌های با کلاس مقاومتی 8.8، 9.8، 10.9 و 12.9 کاربرد دارد. نمونه ماشینکاری شده تا حد امکان از قسمت نزدیک به سطح پیچ انتخاب می‌شود.



شکل ۳۵: نمونه تست ضربه

در زمان تهیه نمونهٔ ماشینکاری، باید دقت شود که وجه شیاردار آن، مطابق شکل ۳۵ به سمت مغز پیچ واقع شده باشد.

نمونه‌ها دارای ابعاد ۵۰×۱۰×۱۰ میلی‌متر و شیار U شکلی به عمق ۵ میلی‌متر می‌باشند.

توجه: روش انجام آزمون همراه با جزییات، در استاندارد ISO 83 تشریح شده است.

جزییات انجام این تست، معمولاً به درخواست کارفرما و بنا به شرایط پروژه تعیین می‌شود.

حداقل مقادیر انرژی جذب شده در آزمون ضربه برحسب ژول در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد، مطابق اعداد جدول ۴۶ است.

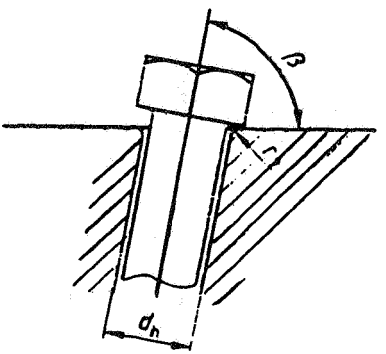
جدول ۴۶: حداقل مقادیر انرژی جذب شده بر حسب ژول

کلاس مقاومتی	3.6	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	9.8	10.9	12.9
حداقل استحکام ضربه ای (J)	-	-	-	25	-	-	30	25	20	15

۶ـ۷ـ۴ـ آزمایش سلامت گل (Head Soundness test)

این آزمایش، در مورد پیچ‌هایی با قطر کمتر از ۱۶ میلی‌متر که طول آنها برای تست گوه کافی نباشد، به اجرا گذاشته می‌شود. اگر آزمایش مقاومت گوه‌ای قابل اجرا بود، نیازی به این تست نیست.

همان‌طوری که در شکل ۳۶ مشاهده می‌شود، در حالت شروع آزمایش، یک طرف گل با سطح ماتریس در تماس بوده و طرف دیگر با لبه فاصله دارد؛ حال باید با چند ضربهٔ چکش روی گل کوبید تا زیر گل‌پیچ با سطح ماتریس مماس شود، یعنی با ضربه چکش زاویه مایل β تبدیل به ۹۰° درجه شود. حال با ذره‌بین، با بزرگنمایی حدود ۸× تا ۱۰×، محل اتصال ساق به گل (Fillet) بازرسی چشمی می‌شود. اگر ترکی مشاهده شود، نمونه مردود و اگر عیبی مشاهده نشد، نمونه قبول است.



شکل ۳۶: تست سلامت گل

ضخامت ماتریس باید بیش از ۲ برابر قطر پیچ باشد. مقادیر r_2 (که برابر r_1 است) و d_h از جدول ۴۴ قابل استخراج می‌باشد. مقادیر زاویه β نیز در جدول ۴۷ مشخص شده است.

جدول ۴۷: مقدار زاویه β

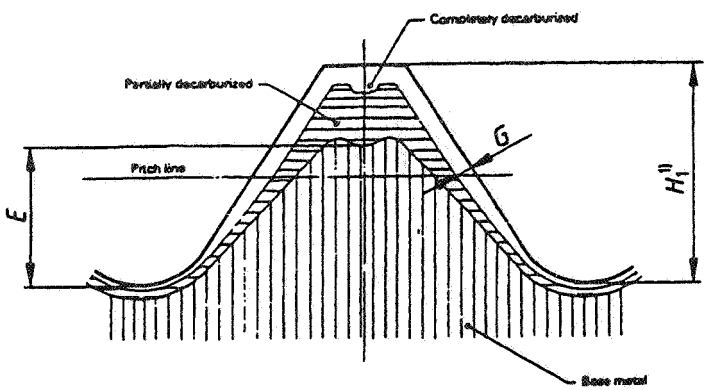
کلاس مقاومتی	3.6	4.6	5.6	4.8	5.8	6.8	8.8	9.8	10.9	12.9
β	60°			80°						

۷ـ۷ـ۴ـ آزمایش دکربوره (کربن زدایی)

در عملیات سختکاری، به سطح پیچ، کربن دهی شده است که با عملیات برگشت تا حدودی کربن‌زدایی می‌گردد. برای حصول اطمینان از اینکه رزوه‌ها در اثر کربوره شدن شکننده نشده باشند و نیز از طرفی دکربوره و نرم نباشند به توسط این آزمایش عمق نفوذ کربن بررسی می‌شود.

این آزمایش، فقط برای پیچ‌هایی با کلاس مقاومتی 8.8، 10.9 و 12.9 به کار می‌رود. به منظور آگاهی از وسعت ناحیه دکربوره شده و کفایت عملیات، پس از برش طولی رزوه‌ها و نمونه‌سازی، سطح مقطع آنها مورد بررسی قرار می‌گیرد.

شکل ۳۷، حداقل ارتفاع منطقه کربوره نشده (E) و حداکثر عمق کربوره شده (G) را مشخص می‌نماید.



1) H = external thread height in the maximum material condition

شکل ۳۷: حداقل عمق کربوره نشده و حداکثر عمق کربوره شده

اگر عمق نفوذ بیش از حد مجاز باشد، کاهش چقرمگی (Toughness) و کش‌آمدگی (Elongation) محصول را در پی خواهد داشت.

حداقل ارتفاع منطقه کربوره نشده در رزوه (E) برای کلاس‌های مقاومتی 8.8 و 9.8 برابر با نصف ارتفاع رزوه، برای کلاس 10.9 دو سوم ارتفاع رزوه، و برای کلاس 12.9 سه چهارم ارتفاع رزوه می‌باشد.

حداکثر عمق کربوره شده کامل (G) برای کلاس‌های 8.8، 9.8، 10.9 و 12.9 مقدار ۰/۰۱۵ میلی‌متر می‌باشد.

برای این آزمایش، دو نوع روش تست وجود دارد:

الف) روش میکروسکوپی:

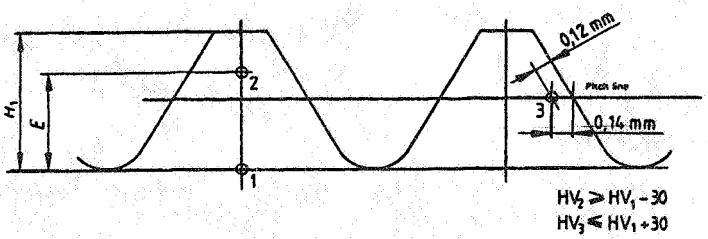
برای آماده‌سازی نمونه آزمایشی، باید پیچ را به صورت طولی از وسط برش داده، انتهای آنرا معادل قطر پیچ برید و کنار گذاشت. نمونه‌گیری از پیچ‌هایی که عملیات حرارتی نیاز دارند، پس از پایان عملیات صورت می‌گیرد. سطح مقطع نمونه آزمایشی، توسط پلاستیک، قالبگیری (Mount) می‌شود تا بتوان آنرا آماده‌سازی سطحی نمود.

پس از پرداختکاری سطح، نمونه را در محلول ۳٪ نایتال، اچ (Etch) می‌کنند تا برای اندازه‌گیری توسط میکروسکوپ آماده شود. بزرگنمایی میکروسکوپ باید 100× باشد.

ب) روش سختی‌سنجی (Microhardness)

این روش، معیاری برای سنجش مقدار کربن‌زدایی جزیی (ناقص) بوده و برای پیچ‌هایی به کار می‌رود که گام آنها ۱/۲۵ میلی‌متر و بیشتر باشد.

سختی‌سنجی در ۳ نقطه که در شکل ۳۸ مشخص شده، روی مقطع طولی پیچ صورت می‌گیرد و وزن نوک اثرگذار دستگاه سختی‌سنج ۳۰۰ گرم می‌باشد.



شکل ۳۸: نقاط اندازه‌گیری سختی سطح مقطع رزوه در تست کربن‌زدایی

سختی‌سنجی از نقطه سوم، باید روی سطح مقطع دندانه مجاور رزوه‌ای باشد که سختی‌سنجی از نقاط ۱ و ۲ انجام شده و روی خط فرضی گام (Pitch line) در نظر گرفته شود (مطابق شکل ۳۸).

سختی نقطه ۲ بر حسب ویکرز، باید بزرگ‌تر یا مساوی سختی نقطه ۱ منهای ۳۰ باشد. به عنوان مثال، اگر سختی نقطه ۱، ۲۵۰ ویکرز است، سختی نقطه ۲ باید بزرگ‌تر یا مساوی ۲۲۰ باشد.

سختی نقطه ۳ برحسب ویکرز باید مساوی یا کمتر از سختی نقطه ۱ به علاوه ۳۰ باشد. و اگر سختی نقطه ۱، ۲۵۰ ویکرز است، سختی نقطه ۳ باید کمتر یا مساوی ۲۸۰ باشد. در این روش آزمایش حداقل ارتفاع کربوره نشده رزوه (E) باید مطابق جدول ۴۸ باشد.

کربن‌زدایی کامل تا 1/2، 2/3 و 3/4 ارتفاع رزوه، برای کلاس‌های 8.8 و 10.9 و 12.9 توسط این روش تشخیص داده نمی‌شود.

جدول ۴۸: مقادیر ارتفاع رزوه و حداقل ارتفاع کربوره نشده برای گام‌های مختلف پیچ

Pitch of the thread, P[1] mm			0.8	1	1.25	1.5	1.75	2	2.5	3	3.5	4
H_1 mm			0.491	0.613	0.767	0.920	1.074	1.227	1.534	1.840	2.147	2.454
Property class	8.8, 9.8	E mm min.	0.245	0.307	0.384	0.460	0.537	0.614	0.767	0.920	1.074	1.227
	10.9		0.327	0.409	0.511	0.613	0.716	0.818	1.023	1.227	1.431	1.636
	12.9		0.368	0.460	0.576	0.69	0.806	0.920	1.151	1.380	1.610	1.841

۸-۷-۴- آزمایش برگشت مجدد (Retempering)

میانگین ۳ عدد حاصل از سختی‌سنجی پیچ قبل و بعد از عملیات برگشت مجدد، نباید بیشتر از ۲۰ ویکرز باشد. این در شرایطی است که نمونه در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد پایین‌تر از حداقل دمای برگشت، به مدت ۳۰ دقیقه نگه‌داری شده باشد.

این تست، مانند آزمایش کربن‌زدایی برای پیچ‌های با کلاس مقاومتی 8.8 و بالاتر انجام می‌شود. حداقل دمای برگشت کلاس‌های مقاومتی مختلف برحسب درجه سانتی‌گراد، به صورت جدول ۴۹ می‌باشد:

جدول ۴۹: حداقل دمای برگشت

کلاس مقاومتی	8.8	9.8	10.9	12.9
درجه حرارت (°C)	425	425	425	380

منظور از این تست، اطمینان از یکنواخت بودن استحکام و چقرمگی در تمامی مناطق پیچ و برقراری ثبات ساختار و خواص پیچ، هنگام کاربری در دماهای بالا می‌باشد. انجام این آزمون ضروری نبوده و بنا به درخواست کارفرما صورت می‌گیرد.

۹ـ۷ـ۴ـ آزمون‌های اضافی

انجام این آزمون‌ها الزامی نبوده و فقط به درخواست کارفرما انجام می‌شود بنابراین در این‌جا، به شرح آنها نپرداخته و تنها به ذکر مرجع برخی از آنها اکتفا کرده‌ایم:

الف) آزمایش خستگی: مطابق با استاندارد ISO 3800،

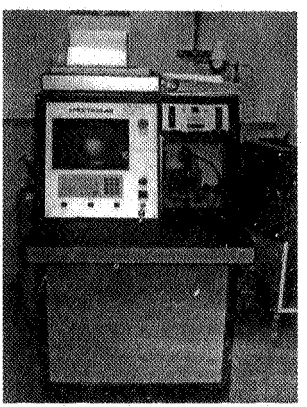
ب) آزمایش گشاد شدن مهره (Widening test): مطابق استاندارد EN493 ضمیمه A،

ج) آزمایش بارگواه مخروطی مهره: مطابق استاندارد EN493 ضمیمه B،

د) آزمایش حداقل گشتاور (Torque test) : مطابق استاندارد EN 20898 part7 و

ه) آزمایش ظرفیت چرخشی (Rotational Capacity) : مطابق استاندارد ASTM A325.

۸ـ۴ـ ترکیب شیمیایی



تعیین حدود عناصر شیمیایی طبق جدول ۵۰، فقط برای پیچ‌هایی الزامی است که مورد آزمایش کشش قرار نمی‌گیرند. وجود هر عنصر آلیاژی، موجب تقویت یا تضعیف خاصیتی در فولاد خواهد شد ولی معمولاً بطور همزمان از چند نوع عنصر آلیاژی استفاده می‌شود تا خواص مطلوب تشدید گردد. البته در برخی موارد اگر عنصری در کنار عناصر آلیاژی دیگر قرار گیرد، نه تنها خواص موردنظر را ایجاد نکرده بلکه معکوس عمل می‌کند.

تأثیر برخی از عناصر در فولادها به شرح زیر است:

بور: افزایش استحکام در دماهای بالا ـ بهبود سختی‌پذیری عمقی و استحکام مغزی ـ کاهش قابلیت جوشکاری،

کبالت: افزایش استحکام در دماهای بالا ـ افزایش پس‌ماند مغناطیسی و هدایت گرمایی،

کرم: افزایش سختی‌پذیری ـ افزایش مقاومت سایشی و برشی ـ افزایش مقاومت

به‌خوردگی،

منگنز: افزایش تنش تسلیم ـ افزایش قابلیت جوشکاری ـ افزایش عمق سختی‌پذیری،

مولیبدن: افزایش مقاومت به خوردگی ـ افزایش قابلیت سختی‌پذیری ـ افزایش استحکام کششی،

نیکل: افزایش چقرمگی و ضربه‌پذیری،

سیلیسیم: افزایش مدول الاستیسیته ـ افزایش مقاومت به پوسته شدن ـ افزایش مقاومت سایشی، و

وانادیوم: ریزدانه نمودن ساختار دانه‌بندی ـ افزایش مقاومت سایشی.

جدول ۵۰: آنالیز شیمیایی فولادهای مصرفی برای پیچ‌ها

Property class	Material and treatment	Chemical composition limits (check analysis) %				Tempering temp ^{0}C
		C		P	S	
		min.	Max.	max.	max.	min.
3.6[1]	Carbon steel	-	0.20	0.05	0.06	-
4.6[1]		-	0.55	0.05	0.06	-
4.8[1]						
5.6		0.15	0.55	0.05	0.06	
5.8[1]		-	0.55	0.05	0.06	-
6.8[1]						
8.8[2]	Carbon steel with additives (e.g. Boron or Mn or Cr) quenched and tempered	0.15[3]	0.40	0.035	0,035	425
	or Carbon steel quenched and tempered	0,25	0 .56	0.035	0.035	
9.8	Carbon steel with additives te.g. Boron or Mn or Cr) quenched and tempered	0.15[3]	0.35	0.035	0.035	425
	or Carbon steel quenched end tempered	0.25	0.55	0.035	0.035	
10.9[4]	Carbon steel with additives (e.g. Boron or Mn or Cr) quenched and tempered	0.15[3]	0.35	0.035	0.035	340
10.9[5]	Carbon steel quenched and tempered	0.25	055	0.035	0.035	425
	or Carbon steel with additives (e.g .Boron or Mn or Cr) quenched and tempered	0.20[3]	0.55	0.035	0.035	
	or Alloy steel quenched and tempered[7]	0.20	0.55	0.035	0.035	
12.9[5, 6]	Alloy steel quenched and tempered [7]	0.20	0.50	0.35	0.35	380

توضیحات جدول:

۱) حداکثر مقدار سولفور، فسفر و سرب در صورتی‌که از فولاد Free-Cutting استفاده شود، به ترتیب ۰/۳۴، ۰/۱۱ و ۰/۳۵ درصد می‌باشد.

۲) برای قطرهای بزرگ‌تر از ۲۰ میلی‌متر مشخص شده در کلاس 10.9 برای رسیدن به سختی موردنظر لازم می‌باشد.

۳) در صورتی که بارون استیل با درصد کربن کمتر از ۰/۲۵ استفاده شود، حداقل مقدار منگنز برای کلاس 8.8 باید ۰/۶ درصد و برای کلاس 9.8 و 10.9 مقدار ۰/۷ درصد باشد.

۴) این کلاس مقاومتی به واسطه مارتنزیتی بودن، به وسیله خطی در زیر 10.9 مشخص می‌شود.

۵) برای مواد این کلاس، سختی‌پذیری باید به حدی باشد تا ۹۰ درصد ساختار مغز رزوه‌ها مارتنزیتی باشد.

۶) اگر در زیر میکروسکوپ، لایه‌های زیادی از فسفر سفید رنگ مشاهده شد، این مواد برای استفاده در کلاس مقاومتی 12.9 در سطوحی که در معرض آزمایش کشش قرار بگیرند مجاز نیستند.

۷) آلیاژ موردنظر باید یک عنصر یا بیشتر از عناصر کرم، نیکل، مولیبدن یا وانادیم را داشته باشد.

ترکیب شیمیایی مهره‌ها باید مطابق جدول ۵۱ باشد.

جدول ۵۱ : ترکیب شیمیایی مهره

کلاس مقاومتی		%C max	%Mn min	%P max	%S max
4,5,6	-	0.5	-	0.06	0.15
8,9	04[1)]	0.58	0.25	0.06	0.15
10[2)]	05[2)]	0.58	0.3	0.048	0.058
12[2)]	-	0.58	0.45	0.048	0.058

توضیحات جدول:

۱) مهره‌های این کلاس‌ها می‌توانند از فولاد Free-Cutting تولید شوند، بنابراین حداکثر مقادیر سولفور، فسفر و سرب به ترتیب می‌تواند ۰/۳۴، ۰/۱۱ و ۰/۳۵ درصد باشد.

۲) در صورت نیاز، عناصر آلیاژی برای بهبود خواص مکانیکی افزوده می‌شوند.

معمولاً مواد اولیه با وجود داشتن گواهینامه، مورد تست کوانتومتری قرار می‌گیرند و گرفتن آنالیز شیمیایی از محصول نهایی، بنا به درخواست خریدار صورت می‌گیرد زیرا ترکیب عناصر در پیچ و مهره آماده استفاده، ممکن است بنا به فرآیند تولید، با مواد اولیه متفاوت باشد.

۹ـ۴ـ بازرسی پوشش

انواع مختلفی از پوشش، برای پیچ‌ها، وجود دارد. برخی از آنها برای جلوگیری از لقی و خلاصی به کار می‌روند مانند چسب‌های معمولی و چسب‌های قفل کننده که در استاندارد DIN267 قسمت ۲۷ و ۲۸ توضیح داده شده است.

منظور از پوشش، پوشاندن پیچ با آن دسته از موادی است که در پیچ، مقاومت به خوردگی ایجاد می‌نمایند.

● روش‌های پوشش‌دهی عبارتند از:

ـ آبکاری یا روکش‌دهی الکتریکی،

ـ روکش‌دهی مکانیکی،

ـ متال اسپری،

ـ غوطه‌وری در مذاب روی (گالوانیزه گرم)،

ـ کانورژن شیمیایی (فسفاته)،

ـ میکرو کپسول،

ـ زینک فلیک (غوطه‌وری سرد)، و

ـ پوشش‌دهی آلی (رنگ‌آمیزی).

● پوشش‌دهی باید با در نظر گرفتن عوامل زیر انتخاب گردد:

ـ مقاومت به خوردگی

ـ اهمیت ظاهری پوشش پیچ،

ـ شکل و اندازه،

ـ تردی و شکنندگی ناشی از پوشش،

ـ رسانایی،

ـ روانکاری و نصب آسان،

ـ نوع کاربرد، و

ـ فام رنگ.

الف) گالوانیزه گرم (Hot-dip galvanized)

یکی از روش‌های پوشش‌دهی پیچ و مهره، HDG است که در آن، روی با داشتن پتانسیل احیا بیشتر، نقش آند را بازی می‌کند. بنابراین الکترون‌ها به سمت پیچ گسیل شده و از آن حفاظت کاتدیک می‌کند. در واقع با این کار، خود فدا می‌شود. بدون توجه به شرایط محیطی، هرچه ضخامت پوشش روی بیشتر شود، عمر و بقا پیچ طولانی‌تر خواهد شد؛ البته از یک اندازه به بعد، افزایش ضخامت، بیشتر به مقاومت مکانیکی کمک می‌کند تا مقاومت خوردگی و ضمناً کاربری پیچ را مختل می‌نماید.

معمولاً در صنعت، ضخامت لایهٔ پوشش روی بین ۵۰ تا ۱۰۰ میکرون اعمال می‌گردد که در آزمون پاشش مه نمکی (Salt Spray) مقاومتی حدود ۳۰۰ تا ۹۰۰ ساعت حاصل می‌گردد که حدوداً معادل ۳ تا ۱۰ سال در عمل می‌باشد. لازم به یادآوری است که رابطه افزایش عمر پوشش و افزایش ضخامت، خطی نیست.

میزان جرم پوشش با سطح، ارتباط داشته و ضخامت نمی‌تواند از حد مشخصی کمتر یا بیشتر باشد، حتی مقدار جرم قابل پوشش، به ترکیب شیمیایی پیچ به ویژه فسفر و سیلیکون آن بستگی دارد در حالی که در سایر روش‌های پوشش‌دهی، نسبت مشخصی میان جرم و ترکیب فلز پایه و ضخامت وجود ندارد.

فرآیند غوطه‌وری پیچ و مهره در فلز روی مذاب، موجب تشکیل پیوندهای متالورژیکی دوفازی روی ـ آهن شده، که به دلیل تشکیل لایه سخت کربنات روی به نام پاتینا، فولاد مورد محافظت قرار می‌گیرد.

این روش، هم آسان است و هم مقرون به‌صرفه، ولی در صورت عدم کنترل مناسب فرآیند پوشش‌دهی، ممکن است ضخامت روی بر پیچ یا مهره، بیش از حد لازم شود و دقت ابعادی و کاربری را مختل نموده و حتی ممکن است ضخامت پوشش در نقاط مختلف متفاوت باشد. از طرف دیگر، ممکن است دمای بالای مذاب روی، بر ساختار آلیاژ تأثیر منفی گذاشته و نتایج عملیات حرارتی صورت گرفته بر پیچ و مهره را تغییر دهد. به همین دلیل، پیچ‌های با کلاس مقاومتی 12.9 مجاز به گالوانیزهٔ گرم نیستند و برای پیچ‌های کلاس 10.9 نیز توصیه‌ای به پوشش گالوانیزه نمی‌گردد. به هر حال، مهره‌های تا کلاس مقاومت 10، گالوانیزه گرم می‌شوند.

در مورد پیچ‌های کلاس مقاومتی 8.8، قبل از عملیات پوشش‌دهی، می‌توان سختی را به حدی بالاتر برد تا جبران اُفت استحکام و سختی در حین فرآیند گالوانیزاسیون بشود ولی افزایش سختی توسط عملیات حرارتی نیز محدودیت دارد. بنابراین می‌توان از روش گالوانیزه مکانیکی استفاده نمود که در آن، عنصر روی به وسیله روش بلاست و یا روش تلاطم در بشکه (غلطک) تا

ضخامت ۱۲ـ۸ میکرون به توسط جوش سزد و دیفیوژن، روی سطح پیچ می‌نشیند، ولی از مقاومت HDG کمتر است مگر اینکه تا ۴۰ میکرون ضخیم شود.

از دیگر معایب HDG، ظاهر نامناسب آن است که کاربران ترجیح می‌دهند در جاهایی که در معرض دید است از گالوانیزه گرم استفاده نشود.

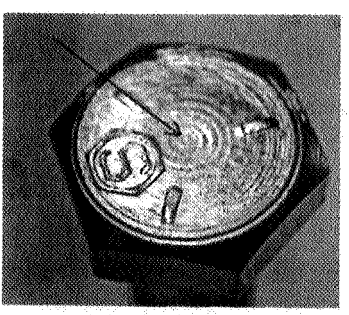
رزوه‌های مهره را می‌توان پوشش‌دهی نکرد. یعنی ابتدا مهرهٔ بدون رزوه را گالوانیزه گرم نموده و سپس رزوه ایجاد شود. دلیل این امر، آنست که معمولاً پس از HDG نمودن مهره، پوشش روی به‌طور ناهمگن روی پروفیل رزوه نشسته و مانع از جفت شدن مهره با پیچ می‌گردد. در صورت مواجهه با این مشکل، می‌توان مهره را قلاویز مجدد (Overtapped) نمود بدون آنکه نگرانی از بابت خوردگی وجود داشته باشد زیرا اولاً سطح رزوه‌های مهره در تماس مستقیم با سطح پوشش شده پیچ هستند، ثانیاً لقی بین پیچ و مهره‌ها به‌ویژه در گرید A بسیار ناچیز است.

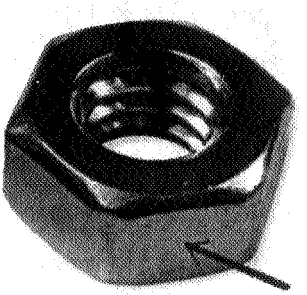
حداقل ضخامت فلز روی در پوشش گالوانیزهٔ گرم برای کلاس‌های مختلف مقاومتی پیچ‌ها و مهره‌ها، ۴۰ میکرون می‌باشد. حداکثر ضخامت پوشش، چندان محدودیتی ندارد و بسته به کاربری پیچ و مهره (با حفظ خواص مکانیکی از پیش تعیین شده) و مشروط بر چرخیدن آزادانه مهره به دور پیچ، پوشش‌دهی صورت می‌گیرد.

توجه: در صورت پوشش‌دهی بیش از حد، امکان اصلاح و کاهش ضخامت پوشش پیچ وجود ندارد.

پس از گالوانیزاسیون، لایه پوششی روی، تغییر رنگ داده و کدر می‌شود. رگه‌های خاکستری رنگ تیره، طبیعی بوده و عیب محسوب نمی‌شود.

محل اندازه‌گیری ضخامت پوشش، روی گل پیچ، و مرکز آن می‌باشد. محل اندازه‌گیری ضخامت پوشش مهره، مرکز یکی از وجوه جانبی آن است.





شکل ۳۹: محل اندازه‌گیری ضخامت پوشش

استاندارد DIN 50933، چگونگی اندازه‌گیری ضخامت پوشش را توضیح می‌دهد.

برای نمونه‌برداری پیچ و مهره‌ها به منظور اندازه‌گیری ضخامت پوشش، باید از هر محموله (Lot) تعداد ۳۲ عدد به طور تصادفی انتخاب نمود؛ حداکثر ۲ نمونه مجاز است ضخامتی کمتر از ۴۰ میکرون داشته باشد. در مدارک خرید، برای نامگذاری پیچ و مهره‌هایی که پوشش گالوانیزه گرم دارند در انتهای عبارت، واژه tZn می‌آید.

چهار مورد مهم در بازرسی پوشش اتصالات عبارتند از:

- مقاومت یا عمر مفید لایه پوشش (توسط آزمایش Salt Spray تعیین می‌گردد)،
- اندازه‌گیری ضخامت لایه پوشش،
- میزان چسبندگی (توسط تست کشش تا ۸۰ درصد proof load)، و
- عیوب ظاهری.

ب) آبکاری (Electro Plating)

در بازار، به عنوان گالوانیزه سرد نیز شناخته می‌شود. آبکاری، علاوه بر جلوگیری از خوردگی، به بهبود خواص قطعه از جمله سختی نیز کمک می‌کند و نیز سطح حاصله، ظاهری براق و زیبا دارد.

روکش‌دهی، توسط روی، نیکل یا کرم انجام می‌گیرد و برای صنایع دریایی و نظامی، از کادمیوم استفاده می‌گردد که البته، آلایندهٔ محیط زیست به حساب می‌آید. در صنایع غذایی، از آبکاری قلع استفاده می‌شود.

پس از انجام آبکاری مطابق استاندارد ISO 1502، توسط ابزار اندازه‌گیری برو (Go-gauge)، اقدام به بازرسی ابعادی رزوه‌های خارجی (طبق کلاس ابعادی h) و رزوه‌های داخلی (طبق کلاس H) می‌گردد. بقیه ابعاد، قبل از آبکاری اندازه‌گیری می‌شود (ضخامت آبکاری در این روش حداکثر ۲۵ میکرون است).

پوشش باید از نظر ظاهری بی‌عیب بوده، چسبندگی لازم را داشته باشد، و در ضمن ضربه‌پذیر خوب و مقاوم در مقابل خوردگی نیز باشد.

یکی از معایب مهم آبکاری، ایجاد تردی هیدروژنی ناشی از آماده‌سازی نامناسب و عدم صحت اجرای فرآیند نامناسب می‌باشد.

پیچ‌های با کلاس مقاومتی 10.9، باید ۴ ساعت و پیچ‌های کلاس 12.9 در صورت آبکاری به مدت ۶ ساعت در دمای ۱۸۰ تا ۲۳۰ درجه سانتی‌گراد بازپخت شوند.

یکی از راه‌های کاهش تردی هیدروژنی، استفاده از شات‌بلاست به جای اسیدشویی در مرحله آماده‌سازی سطح می‌باشد.

حداقل ضخامت پوشش آبکاری باید مطابق جدول ۵۲ تعیین گردد.

جدول ۵۲: حداقل ضخامت آبکاری پیچ و مهره‌ها

ضخامت اسمی پوشش	ضخامت پوشش μ m		
	حداقل ضخامت موضعی	میانگین ضخامت محموله	
		حداقل	حداکثر
3	3	3	5
5	5	4	6
8	8	7	10
10	10	9	12
12	12	11	15
15	15	14	18
20	20	18	23
25	25	23	28
30	30	27	35

اگر عدد اندازه‌گیری شده، از حداکثر میانگین ضخامت محموله در جدول ۵۲ بیشتر شود، اما گیج برو، بتواند آزادانه از پیچ یا مهره عبور کند، نمونه قبول است. حد بالای ضخامت اسمی پوشش نیز در جدول ۵۳ مشخص گردیده است.

نمونه‌برداری برای اندازه‌گیری ضخامت آبکاری، مطابق استاندارد ISO 4519 انجام می‌گردد.

جدول ۵۳: حدود ضخامت اسمی پوشش

Pitch P	Nominal thread diameter[1] d	Internal thread			External thread											
		Tolerance position G			Tolerance position g						Tolerance position e					
		Fundamental deviation	Nominal coating thickness		Fundamental deviation	Nominal coating thickness max.					Fundamental deviation	Nominal coating thickness max.				
						2)	3)					2)	3)			
						All nominal lengths	Nominal length, l					All nominal lengths	Nominal length, l			
							$l<5d$	$5d<l<10d$	$10d<l<5d$				$l<5d$	$5d<l<10d$	$10d<l<15d$	
	mm	μm	μm		μm	μm	μm	μm	μm		μm	μm	μm	μm	μm	
0.2		+17	3		-17	3	3	3	3							
0.25	1 , 1.2	+18	3		-18	3	3	3	3							
0.3	1.4	+18	3		-18	3	3	3	3							
0.35	1.6 (1.8)	+19	3		-19	3	3	3	3							
0.4	2	+19	3		-19	3	3	3	3							
0.45	2.5(2.2)	+20	5		-20	5	5	3	3							
0.5	3	+20	5		-20	5	5	3	3		-50	12	12	10	8	
0.6	3.5	+21	5		-21	5	5	3	3		-53	12	12	10	8	
0.7	4	+22	5		-22	5	5	3	3		-56	12	12	10	8	
0.75	4.5	+22	5		-22	5	5	3	3		-56	12	12	10	8	
0.8	5	+24	5		-24	5	5	3	3		-60	15	15	12	10	
1	6(7)	+26	5		-26	5	5	3	3		-60	15	15	12	10	
1.25	8	+28	5		-28	5	5	5	3		-63	15	15	12	10	
1.5	10	+32	8		-32	8	8	5	5		-67	15	15	12	10	
1.75	12	+34	8		-34	8	8	5	5		-71	15	15	12	10	
2	16(14)	+38	8		-38	8	8	5	5		-71	15	15	12	10	
2.5	20(18,22)	+42	10		-42	10	10	8	5		-80	20	20	15	12	
3	24(27)	+48	12		-48	12	12	8	8		-85	20	20	15	12	
3.5	30(33)	+53	12		-53	12	12	10	8		-90	20	20	15	15	
4	36(39)	+60	15		-60	15	15	12	10		-95	20	20	15	15	
4.5	42(45)	+63	15		-63	15	15	12	10		-100	20	20	20	15	
5	48(52)	+71	15		-71	15	15	12	10		-106	25	25	20	15	
5.5	56(60)	+75	15		-75	15	15	15	12		-112	25	25	20	15	
6	64	+80	20		-80	20	20	15	12		-118	25	25	20	15	

معمولاً مرحله اول آبکاری، توسط اعمال جریان الکتریکی انجام شده و یون‌های فلز روی، بر پیچ می‌نشینند و در مرحله دوم، برای حصول لایه‌ای passive، سختی سطحی و ظاهر زیبا بدون اعمال جریان الکتریکی (Electroless) پوشش کروماته با رنگ‌های مختلف (زرد، سبز، آبی، مشکی، هفت رنگ) بر روی پیچ و مهره نشانده می‌شود. در پایان، برای نصب آسان، به روانکار آغشته می‌گردند.

جزییات مربوط به انواع آبکاری در استاندارد ISO شماره‌های 2081 و 1458 آمده است.

ج) پوشش روی و آلومینیوم (Zinc Flake)

در دهۀ گذشته، پوشش‌های جدید با مشخصاتی بهتر از روش‌های الکتریکی، مکانیکی و غوطه‌وری داغ عرضه شده‌اند که استفاده از آنها رواج یافته است. این نوع پوشش، که با نام تجاری داکروتایز نیز شناخته می‌شود، از طریق غوطه‌وری سرد به سطح پیچ و مهره اعمال می‌گردد.

این‌گونه پوشش‌ها، دارای شرایط زیر می‌باشند:

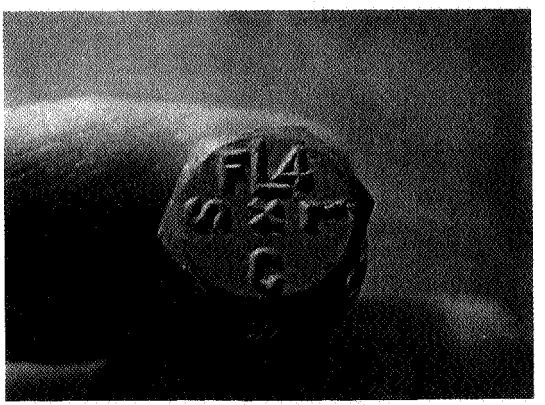
- از خوردگی گالوانیک (جنس‌های مختلف) جلوگیری می‌کنند،
- آلودگی محیط زیست کمی دارند،
- توسط اسید کرمیک موجب Passive شدن قطعه می‌گردند،
- در ریز ساختار پیچ تغییری ایجاد نمی‌کند،
- مقاومت بالایی (بیش از ۱۰۰۰ ساعت در محیط مه نمکی) دارد،
- پوشش نازکی (زیر ۱۴ میکرون) دارد،
- قابلیت کاربرد روی انواع آلیاژها را دارد،
- ایجاد تردی هیدروژنی نمی‌کند،
- در حرارت‌های بالا مقاومت خوبی دارد،
- پوشش روی سطح، هموژن است، و
- افزایش اصطکاک به‌طور یکنواخت بوده و در نتیجه پیش‌تنیدگی دقیقی به‌دست می‌دهد.

پس از چربی‌گیری و تمیزکاری پیچ و مهره‌ها برای چسبندگی بهتر، عملیات شات‌بلاست انجام می‌گیرد. در ادامه، بعد از غوطه‌وری قطعات در ظرف حاوی مایع غنی از روی، به‌وسیله دستگاه سانتریفیوژ، اعمال رنگ بر تمامی سطوح پیچ و مهره (اعم از رزوه‌ها و بدنه)، همگن و یکنواخت می‌گردد، سپس قطعات به درون کوره رفته تا پوشش سطح آنها با دمای ۱۵۰ تا ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد پخته شوند.

انـواع دیگـری از پـوشش، بـرای Coating پـیچ و مـهره‌ها مـانند پـوشش‌های فسـفاته (Chemical Conversion)، پوشش‌های آلی و میکروکپسول‌ها وجود دارد که کاربرد کمتری دارند.

یکی از روش‌های اعمال پوشش، شراردایزینگ (sherardizing) است که در آن، ذرات فلز روی، یونیزه شده و به دمای بالا می‌رسد سپس توسط حمالی مانند نشادر، روی سطح قطعه نشانده می‌شود. این روش هنوز اقتصادی نیست.

۱۰ـ۴ـ بازرسی نشانه‌گذاری



الف) پیچ‌ها:

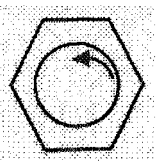
داشتن نشانه برای تمامی پیچ‌ها الزامی است. کلاس مقاومتی پیچ از 3.6 تا 12.9 باید روی آن حک و یا برجسته گردد؛ البته حذف نقطه میان دو عدد بدون اشکال است.

اگر در کلاس 10.9 از فولاد مارتنزیتی کم‌کربن استفاده شود، باید زیر عدد 10.9 خط کشیده شود. این نشانه‌گذاری، ترجیحاً باید روی گل‌پیچ در نزدیکی یکی از گوشه‌ها (به‌صورت برجسته یا فرو رفته) باشد، در غیر این‌صورت می‌تواند بر پهلوی گل، به‌طور فرو رفته حک شود.

پیچ‌هایی که قطر آنها کوچک‌تر از ۵ میلی‌متر است، نیازی به نشانه‌گذاری ندارند.

پیچ‌هایی که چپ‌گرد هستند، باید توسط فلشی منحنی در خلاف جهت عقربه ساعت و روی گل، مشخص شوند (شکل ۴۰).

درج نام تجاری یا نام سازنده، به صورت اختصار و یا کامل در کنار کلاس مـقاومتی روی گل‌پیچ، الزامی است.

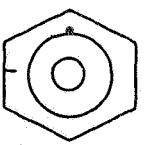


شکل ۴۰: علامتگذاری پیچ چپ‌گرد

ب) مهره‌ها:

داشتن نشانه کلاس مقاومتی برای تمامی مهره‌ها الزامی است مهره‌ها به دو روش می‌توانند نشانه‌گذاری شوند. در روش اول، کلاس مقاومتی مهره روی سطح تحمل کننده یا پهلوی مهره به صورت فرو رفته حک می‌شود و یا بر پخ‌های جانبی به صورت برجسته نقش می‌بندد.

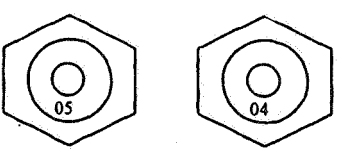
در روش دوم، سطح تحمل کننده، مانند صفحه ساعت در نظر گرفته شده و کلاس مقاومتی مهره، معادل موردنظر در صفحه ساعت، به وسیلهٔ خط تیره کوچکی علامتگذاری می‌شود.

مثلاً اگر کلاس مقاومتی مهره ۹ باشد، به صورت  نشانه‌گذاری می‌شود.

علاوه بر خط تیره، نقطه‌ای هم در ساعت ۱۲ روی تمامی مهره‌ها درج می‌شود که می‌تواند به جز کلاس مقاومتی ۱۲ توسط نام تجاری سازنده جایگزین شود.

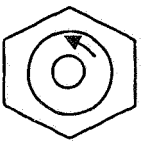
توجه: عدم مشاهده خط تیره، می‌تواند به معنی کلاس مقاومتی ۱۲ باشد.

نشانه‌گذاری مهره‌های کلاس مقاومتی 04 و 05 باید روی سطح تحمل‌کننده به صورت شکل ۴۱ باشد. عدم مشاهده نشانه کلاس مقاومتی منجر به مردود شدن مهره در بازرسی می‌شود.



شکل ۴۱: نشانه‌گذاری مهره‌های کلاس 04 و 05

مهره‌هایی که چپ‌گردند، باید توسط فلشی در خلاف جهت عقربه ساعت، مطابق شکل ۴۲ مشخص شوند.



شکل ۴۲ : نشانه‌گذاری مهره چپ‌گرد

درج نام تجاری روی همه کلاس‌های مقاومتی مهره به شرطی که منجر به مشکلات فنی نشود، ضروری است.

۱۱-۴- بازرسی کمّی و بسته‌بندی

تأیید پیچ و مهره‌ها باید مطابق با درخواست خرید (Purchase Order) یا فهرست اقلام و مواد (Supply List) تهیه شود.

بازرس، اطمینان حاصل می‌نماید که تعداد پیچ و مهره ارائه شده از سوی سازنده، با سفارش خریدار تطبیق دارد و این می‌تواند از طریق شمارش ۱۰۰٪ کالا صورت گرفته و یا در صورت تعداد زیاد محصول، از طریق نمونه‌گیری آماری مطابق با ISO 2859-1 و نیز وزن نمودن محصولات انجام شود.

اوزان پیچ‌های سر شش‌گوش در استاندارد DIN 931 sup1 مشخص شده است.

از طرفی، بازرس باید مطمئن شود که بسته‌بندی محصولات تولیدی یا خریداری شده، مطابق درخواست کارفرما بوده و در هنگام حمل و جابجایی در مبدا و مقصد و همچنین دوره انبارداری، آسیبی به محموله وارد نمی‌شود.

بسته‌بندی پیچ و مهره در شکل‌های گوناگونی صورت می‌گیرد. در برخی از سفارش‌ها، از کارتن استفاده می‌شود، در برخی قراردادها به علت آغشته بودن پیچ و مهره‌ها به روغن (برای جلوگیری از زنگ‌زدگی) استفاده از کیسه‌های پلاستیکی به‌همراه کیسه گونی توصیه می‌گردد و در بسیاری از مواد، جعبه‌های فلزی یا پلی‌اتیلنی به‌کار گرفته می‌شود.

قبل از حمل، بازرس، مشخصات مندرج در مدارک را با محموله مطابقت داده و صحت تعداد و نوع پیچ و مهره‌ها را در هر lot مکتوب می‌نماید.

در مدرک بسته‌بندی و حمل کالا (Packing List) باید برای هر محموله (Lot)، تعداد، طول، نوع، استاندارد ساخت، قطر، کلاس مقاومتی، نوع پوشش و سایر اطلاعات مفید درج شده باشد.

فصل پنجم

واشرها

برای کاهش اصطکاک (جهت چرخیدن مهره) و افزایش نیروی اتصال پیچ و مهره (clamp force) و همچنین برای یکنواخت نمودن توزیع نیرو، از واشر استفاده می‌کنیم.

در بازرسی ابعادی واشر، قطر درونی و بیرونی، و نیز ضخامت آن اندازه‌گیری می‌شود. علاوه بر این، می‌توان زاویه تراش لبه‌ها، مطابقت هندسی، مدور بودن و صاف بودن آنرا بررسی نمود.

توجه: تلرانس‌های ابعادی واشر در استاندارد DIN 522 آمده است.

واشر باید مورد بازرسی چشمی قرار گرفته و عاری از هر عیبی از جمله پلیسه، خراشیدگی عمیق و کندگی باشد.

براساس سیستم متریک، تعداد نمونه‌برداری برای بازرسی چشمی واشر ۲۰ عدد است و حداکثر یکی از این ۲۰ نمونه می‌تواند مردود شود (Ac=1).

زبری سطح برای واشرهای با ضخامت کمتر از ۳ میلی‌متر، حداکثر ۱/۶ میکرومتر؛ برای بین ۳ تا ۶ میلی‌متر ۳/۲ میکرومتر و برای بزرگ‌تر از ۶ میلی‌متر، ۶/۳ میکرومتر می‌باشد. زبری کناره‌های واشر حداکثر ۲۵ میکرومتر است.

تعداد نمونه‌برداری برای بازرسی ابعادی واشر با کیفیت بالا (Grade A) برای دو مشخصه قطر خارجی و داخلی به ترتیب ۵۰ و ۸۰ عدد (Ac=2&3) و برای محصول با کیفیت معمولی

(Grade C) به ترتیب ۳۲ و ۵۰ عدد است.

تعداد نمونه‌برداری برای بازرسی سایر مشخصه‌های ابعادی مانند ضخامت برای محصولات باکیفیت بالا (Grade A) ۳۲ عدد (Ac=2= حد پذیرش) و برای محصولات باکیفیت متوسط (Grade C) ۲۰ عدد می‌باشد.

تنها آزمایش مکانیکی که روی واشر انجام می‌گیرد، تست سختی‌سنجی است که در آن مطابق استاندارد اروپایی، تعداد نمونه برای محصولات باکیفیت بالا (Grade A) بدون توجه به حجم انباشته ۲۰ عدد (Ac=0) و برای محصولات باکیفیت متوسط (Grade C) ۸۰ عدد (Ac=1) پیش‌بینی می‌شود.

روی بسته‌بندی واشر، نوع و شماره استاندارد مکانیکی و ابعادی تولید، تعداد محموله، اندازه اسمی واشر و نام سازنده به عنوان Shipping Mark ثبت می‌شود.

مشخصه‌های ابعادی و اوزان واشرها در جدول ۵۴ آمده است.

در اتصالات استاتیک، باید از واشر تخت استفاده کرد، در حالی که در اتصالات دینامیک که وجود ارتعاش و لرزش متحمل می‌باشد، برای جلوگیری از لقی در محل اتصال، از واشر فنری استفاده می‌شود.

در ضمن اگر قطر سوراخ قطعه کار بزرگ‌تر از حد مجاز باشد، می‌توان از واشری با قطر داخلی مناسب و ضخامت کافی برای جبران نقیصه استفاده نمود.

در اغلب مراجع، استفاده از واشر برای پیچ‌های گرید 10.9 و 12.9 اکیداً توصیه شده است.

در اغلب اتصالات، یک واشر در زیر گل‌پیچ و یک واشر زیر مهره قرار می‌گیرد مگر اینکه گل‌پیچ فلنجی باشد، که در این صورت، واشر در زیر مهره کفایت می‌کند.

به علت ارزان بودن و قابلیت کاربرد مجدد واشر، استفاده از آن در پیچ‌های گرید 8.8 نیز توصیه می‌شود.

جدول ۵۴: مشخصه های ابعادی واشرها

size	For Thread size M	Clearance hole diameter , d_1		Outside diameter d_2		Thickness h			Mass ($7,85kg/dm^3$) per 1000 units, in kg,
		min = nom size	max	max= nom size	min	Nominal size	max	min	
5,3	5	5,3	5,48	10	9,64	1	1,1	0.9	0,443
6,4	6	6,4	6,62	12	11.57	1,6	1,8	1,4	1,02
7,4	7	7,4	7.62	14	13.57	1,6	1,8	1,4	1,39
8,4	8	8,4	8,62	16	15,57	1,6	1,8	1,4	1,83
10,5	10	10,5	10,77	20	19,48	2	2,2	1,8	3,57
13	12	13	13,27	24	23,48	2,5	2.7	2.3	6,27
15	14	15	15,27	28	27,48	2,5	2.7	2,3'	8,62
17	16	17	17,27	30	29,48	3	3,3	2,7	11,3
19	18	19	19,33	34	33,38	3	3,3	2,7	14,7
21	20	21	21,33	37	36,38	3	3,3	2,7	17,2
23	22	23	23,33	39	38,38	3	3,3	2,7	18,3
25	24	25	25,33	44	43,38	4	4,3	3.7	32.3
27	26	27	27,33	50	49.38	4	4,3	3,7	43,7,
28	27	28	28,33	50	49,38	4	4,3	3,7	42,3
29	28	29	29,33	50	49,38	4	4,3	3,7	40,9
31	30	31	31,39	56	55,26	4	4,3	3,7	53,6
33	32	33	33,62	60	58,8	5	5.6	4,4	77,4
34	33	34	34,62	60	58,8	5	5.6	4,4	75.3
36	35	36	36,62	66	64,8	5	5,6	4,4	94,3
37	36	37	37,62	66	64.8	5	5,6	4,4	92,1
39	38	39	39,62	72	70,8	6	6,6	5,4	136
40	39	40	40,62	72	70,8	6	6,6	5,4	133
41	40	41	41,62	72	70,8	6	6,6	5,4	130
43	42	43	43,62	78	76,8	7	8	6	183
46	45	46	46.62	85	83,6	7	8	6	220
50	48	50	50,62	92	90,6	8	9	7	294
52	50	52	52,74	92	90,6	8	9	7	284
54	52	54	54,74	98	96,6	8	9	7	330
57	55	57	57,74	105	103,6	9	10	8	431
58	56	58	58,74	105	103,6	9	10	8	425
60	58	60	60,74	110	108,6	9	10	8	472
62	60	62	62,74	110	108,6	9	10	8	458
66	64	66	66,74	115	113,6	9	10	8	492
70	68	70	70,74	120	118,6	10	11	9	586
74	72	74	74,74	125	123,4	10	11	9	626
78	76	78	78,74	135	133,4	10	11	9	749
82	80	82	82,87	140	138,4	12	13.2	10,8	953
87	85	87	87,87	145	143,4	12	13,2	10,8	996
93	90	93	93.87	160	158,4	12	13,2	10,8	1250
98	95	98	98,87	165	163,4	12	13,2	10,8	1300
104	100	104	104,87	175	173,4	14	15.2	12,8	1710

سختی واشرها در ۳ گروه زیر قرار می‌گیرد:

الف) کلاس ۱۴۰ ویکرز که سختی واشرهای این گروه باید بین ۱۴۰ تا ۲۰۰ ویکرز باشد،

ب) کلاس ۲۰۰ ویکرز که سختی واشرهای این گروه باید بین ۲۰۰ تا ۳۰۰ باشد، و

ج) کلاس ۳۰۰ ویکرز که سختی واشرهای این گروه باید بین ۳۰۰ تا ۴۰۰ ویکرز باشد.

مشخصه‌های ابعادی گروه ج با دو گروه دیگر متفاوت است. برای آگاهی بیشتر به استاندارد DIN 125 قسمت دوم و یا ISO 7089 مراجعه شود.

برای آگاهی از مشخصه‌های ابعادی و مکانیکی واشرهای با کیفیت متوسط (Grade C) می‌توان به استاندارد DiN 126 مراجعه نمود.

برای آگاهی از مشخصه‌های ابعادی و مکانیکی واشرهای مورد استفاده در سازه‌های فلزی (Steel Structure) سنگین می‌توان به استانداردهای DIN 6916 و DIN 6917 مراجعه نمود.

برخی از این واشرها، ابعادی چهار پهلو و سطحی شیبدار دارند و با استفاده در نقاط اتصال با سطح شیبدار، مانند جان ناودانی و تیر آهن، سطح مسطحی را فراهم می‌سازند.

برای آگاهی از مشخصات واشرهای فنری به استانداردهای DIN 127 و DIN 128 مراجعه گردد.

سختی واشری که همراه پیچ 8.8 و مهره کلاس 8 به‌کار می‌رود، باید حداقل ۱۴۰ و حداکثر ۳۰۰ ویکرز باشد.

به عبارت دیگر پایین بودن سختی واشر معادل الاستیسیته بیشتر بوده و موجب می‌گردد تا اتصال جذب و جفتی ایجاد شود.

در یک اتصال معمولی که هدف اصلی استفاده از واشر، توزیع نیرو است، از واشر نرم (Soft) با حداقل سختی ۱۴۰ ویکرز استفاده می‌شود ولی در اتصالات استحکام بالا (High-Strength) از واشر سختکاری شده (Quenched-tempered) با سختی حداقل ۳۰۰ و حداکثر ۴۰۰ ویکرز استفاده می‌شود تا از فرو رفتن اجزای اتصال در همدیگر (Embedment) جلوگیری گردد.

مطابق استاندارد ASME B18.22M چنانچه واشری پوشش گالوانیزه گرم داشته باشد، در اتصال High-Strength، باید دارای سختی ۲۷۰ تا ۴۴۰ ویکرز باشد.

فصل ششم

راهنمای تهیه پیچ، مهره و واشرها

انتخاب پیچ با توجه به مقاومت مکانیکی، مقاومت به خوردگی، نوع کاربری، دمای سرویس‌دهی، نوع اتصال و برخی عوامل دیگر صورت می‌گیرد.

برای پیچ‌هایی که از فولاد کم‌کربن، بدون عملیات حرارتی و با حداقل نیروی کششی کمتر از 75000 psi ساخته شده‌اند، کافی است از مهره‌ای استفاده شود که ابعاد آن مطابق استاندارد باشد؛ در واقع کلاس مقاومتی برای چنین مهره‌هایی چندان اهمیتی ندارد.

برای پیچ‌های سیستم متریک که نوع طبقه‌بندی آن در بخش‌های قبلی آمده، بهتر است از مهره‌ای با کلاس مقاومتی بالاتر از پیچ و یا معادل پیچ، استفاده شود.

مهره‌هایی که دارای ابعاد بزرگ‌تری هستند، یعنی ارتفاع و عرض کناری (عرض آچارخور) بیشتری دارند، نسبت به مهره‌هایی که با عملیات حرارتی به استحکام مکانیکی مطلوب می‌رسند، از نظر اقتصادی به‌صرفه‌تر هستند.

برای سفارش تولید یا خرید پیچ و مهره و واشر، و همچنین تهیه QCTM، استانداردهایی به این شرح توصیه می‌شود:

EN 24032 برای بازرسی ابعادی مهره،

EN 24014 برای بازرسی ابعادی پیچ،

EN 20898 قسمت ۱ و ۲ برای آزمایش‌های مکانیکی و خواص آنها،
ISO 3506 برای پیچ و مهره و واشرهای زنگ نزن،
ISO 8839 برای پیچ و مهره غیر فولادی،
ISO 4759 قسمت ۱ و ۲ برای تلرانس‌های ابعادی،
ISO 6157 قسمت‌های ۱ و ۲ و ۳ برای عیوب سطحی،
ISO 4042 برای پوشش و حفاظت سطحی، و
ISO 3269 برای معیارهای پذیرش.

اختلالات سطحی و زواید جزئی ناشی از آهنگری، برشکاری، پرسکاری و ... معمولاً نیاز به زدودن ندارد، مگر اینکه کارفرما و سازنده توافق نمایند. ولی هرگونه مغایرت مانند پلیسه که ایمنی کار یا کارایی اتصال را به خطر بیندازد، مجاز نبوده و باید برطرف شود.

هرگونه تمیزسازی و برطرف کردن اختلالات سطحی مانند زواید واقع در سطح تحمل‌کننده بار پیچ‌ها که به آسیب و لطمه به کارآیی پیچ منجر شود، مجاز نمی‌باشد.

سطح نهایی پیچ‌ها باید به صورت زیر باشد:

اگر محصول تولیدی، مورد عملیات حرارتی، آبدهی و برگشت قرار نگرفته باشد، به همان صورتی خواهد بود که در فرآیند تولید شکل گرفته است (به طور ساده و اولیه).

در صورتی‌که محصول تولیدی، مورد عملیات حرارتی آبدهی و برگشت قرار گرفته باشد، توسط لایه اکسید کربن سیاه رنگ (به علت غوطه‌وری در روغن) پوشانیده می‌شود.

در صورتی‌که میان سازنده و کارفرما توافق ویژه‌ای نباشد، برای جلوگیری از خوردگی اتمسفریک، پیچ و مهره‌ها و واشرها، پس از آغشته شدن به لایه نازکی از روغن، حمل و تحویل خریدار می‌شوند.

استانداردهای ابعادی و مکانیکی ساخت و بازرسی و نیز استانداردهای آزمایش‌های مخرب و غیرمخرب، بسته‌بندی و نشانه‌گذاری قبل از تولید یا تهیه پیچ و مهره باید بین کارفرما و سازنده به توافق برسد.

آزمایش‌های مخرب مکانیکی باید در آزمایشگاه معتبر انجام گیرد که مورد تائید سازنده و کارفرما باشد. البته سازنده مجاز است آزمایش‌های مربوطه را در آزمایشگاه کارگاه خود انجام بدهد، به شرطی که صلاحیت آزمایشگاه او مورد تائید اداره استاندارد باشد (ISO 17025).

تعداد نمونه‌برداری در این کتاب به عنوان راهنما بوده و کارفرما می‌تواند تعداد نمونه‌گیری را

از حد استاندارد افزایش یا کاهش بدهد.

توصیه می‌شود انجام نمونه‌برداری و آزمایش‌های مکانیکی و بازرسی‌های مربوطه، در حضور و نظارت نماینده خریدار انجام پذیرد.

توصیه می‌گردد سازنده در پایان، گواهینامه‌ای صادر نماید که در آن به‌طور مکتوب اعلام کند که محمولهٔ ارسالی (به همراه شماره ذوب یا Batch) مطابق با دستورالعمل و یا استاندارد مشخصی تولید گردیده و آزمون‌های الزامی را با موفقیت گذرانیده است.

باید به خاطر داشت که در درخواست خرید، موارد زیر به‌طور مشخص اعلام گردد تا از بروز هرگونه مغایرت بین آنچه که واحد طراحی مدنظر داشته و آنچه که خریداری گردیده، جلوگیری شود:

- شماره استاندارد مکانیکی،
- شماره استاندارد ابعادی،
- قطر،
- طول پیچ یا ارتفاع مهره،
- طول رزوه،
- نوع رزوه (زاویه، MJ، رنگ بر)،
- نوع سرپیچ یا نوع آچارخور،
- طول گام،
- HV بودن یا نبودن (DIN 6914,6915,6916)،
- نوع، ضخامت و روش اعمال پوشش،
- کلاس ابعادی پیچ و مهره، و
- کلاس مقاومتی (گرید مکانیکی).

فصل هفتم

استانداردهای مرجع

DIN ISO 965	ISO general purpose metric screw threads tolerances
ISO 6157	Surface discontinuities, general requirement
ISO 4759	Tolerances for fasteners /1.6 and <150mm & product grades A&B
ISO 261	ISO general purpose metric screws threads, general plan
DIN 267-10	Technical delivery conditions, hot- dip galvanized parts
ISO 4042	Threaded components, electroplated coating
ISO 83	Charpy impact test
ISO 3800	Axial load fatigue testing
ISO 262	Selected sizes for screws, bolts & nuts
DIN 6914	High-strength hexagon head bolt with large width across flats for structural steel bolting
DIN 125	Product grade A washers for use with hexagon bolt's & nuts
DIN 7989	Plain washers for steel construction

DIN 126	Product grade C washers for use with hexagon bolts & nuts
ISO 8992	General requirement for bolts, screws, studs & nuts
EN 493	Fasteners, surface discontinuities. Nuts
DIN 6915	High-strength hexagon nuts with large width across flats for structural steel bolting
DIN 522	Metal washers, technical delivery conditions
ISO 473	Point set dimensions- اندازه انتهای پیچها
ISO 272	Width across flats
EN 20225	Bolt, screws & studs - dimensioning
DIN 158-2	روش گیج‌زنی و شابلون زنی رزوه های پیچ
ISO 6506	سختی‌سنجی به روش برنیل
ISO 6507-1	سختی‌سنجی به روش ویکرز
ISO 6508	سختی‌سنجی به روش راکول
DIN 1441	Washers, coarse type for bolt
DIN 6902	Plain washers for screw & washer assemblies
EN 20898-1	Mechanical properties of bolts, screws & studs
EN 20898-2	Mechanical properties of nuts with coarse pitch thread
DIN EN 28676	Hexagon head screws with metric fine pitch grades A & B
DIN EN 24032	Hexagon nuts style, product grades A & B
ISO 3269	Fasteners-acceptance inspection
DIN EN 24014	Hexagon head bolt, product grades A & B
DIN 962	Designation system for fasteners
DIN ISO 1891	Bolt & nuts - terminology & nomenclature
ISO 2859	Sampling procedures & tables for inspection by attributes
DIN EN ISO 3506	Corrosion - resistant stainless steel fasteners
DIN 13	ISO metric screw threads

DIN EN 24017	Hexagon head screws, product grades A & B
DIN EN ISO 10642	Hexagon socket head cap screw
DIN 912	Hexagon socket counter sunk head screw Tensile test
ISO 68	ISO general purpose screw threads - basic profile
ISO 885	General purpose bolts & screws - metric
ISO 888	Bolts, Screws & studs - nominal lengths
DIN 6901	Tapping screw and washer assemblies
EN 24014	Hexagon head bolt, product grades A & B
DIN EN ISO 2009	Slotted Counter sunk flat head screws
DIN 976	Metric thread stud bolts
ISO 7089	Plain Washers

فصل هشتم

واژه‌نامه

Angle Controlled Tightening

کنترل زاویه‌ای روشی است برای پیش تنیده کردن اتصال که ابتدا مهره با دست تا حد امکان محکم گردیده و سپس قسمتی از پیچ و مهره در یک راستا علامتگذاری می‌شود؛ به عنوان مثال، یک دور کامل مهره موجب اعمال ۵۰ نیوتن‌متر گشتاور به اتصال می‌گردد. به این ترتیب، توسط کنترل زاویه چرخش مهره به دور پیچ، گشتاور لازم **(Proof load)** به اتصال اعمال می‌گردد.

Bearing Stress

فشاری است که به طور مستقیم بر سطح درگیر اتصال عمل کرده و در اثر اعمال نیرو به پیچ و مهره ایجاد می‌گردد.

Black Bolt and Nuts

واژه سیاه در این اصطلاح، به معنای وجود رواداری یا تلرانس بیشتر بوده و لزوماً به معنی رنگ نهایی پیچ و مهره نمی‌باشد. به عبارت دیگر، این اصطلاح برای اتصالات غیر دقیق به کار می‌رود.

Bolt

در مورد پیچهای رزوه‌ای به کار می‌رود که دارای گل یا سر بوده و با مهره استفاده می‌شود.

Electroplating

همان آبکاری است که برای جلوگیری از خوردگی و افزایش مقاومت سایشی، فیلمی از فلزاتی مانند نیکل، کرم، روی یا کادمیوم بر روی پیچ و مهره می‌نشانند.

Clamping Force

نیروی فشاری است که یک پیچ یا مهره به اتصال اعمال می‌کند.

Class of Fit

میزان جذب و جفت بودن رزوه‌های یک اتصال‌دهنده مانند پیچ و مهره، که با علائمی مثل 6g، 7H و ... نمایش داده می‌شوند.

Decompression Point

وافشردگی، در نمودار تنش کرنش، نقطه‌ای است که پایین‌تر از نقطه تسلیم قرار داشته و هرچه بالاتر و به نقطه تسلیم نزدیک‌تر باشد، بهتر است زیرا در این نقطه، فشاری که به سطوح مشترک اتصال وارد می‌شود ناچیز بوده و اگر نیروی اعمالی از نقطه وافشردگی بیشتر شود، بازدهی اتصال کاهش یافته و بین آن فاصله ایجاد می‌گردد.

Direct Tension Indicators

یکی از روش‌های اعمال گشتاور لازم به اتصال است که در آن، واشری با برجستگی را در اتصال قرار داده، محکم می‌کنند تا برجستگی‌ها دچار لهیدگی شوند، سپس با فیلرهای مخصوص، فاصله بین اتصال و در نتیجه گشتاور مطلوب بررسی می‌گردد.

Driving Recess

آچارخور، محلی از گل‌پیچ که آچار در آن قرار می‌گیرد.

Effective Diameter

قطر سیلندر فرضی هم‌محور با رزوه‌ها که از وسط ارتفاع رزوه عبور می‌کند. نام دیگر آن قطر گام (Pitch Diameter) است.

Embedment

تغییر شکل پلاستیکی موضعی که در نزدیکی محل اتصال پیچ و مهره، و یا رزوه‌ها ایجاد می‌شود.

External Thread

رزوه‌هایی هستند که بر محیط خارجی یک استوانه مانند پیچ‌ها، Stud‌ها یا بولت‌ها ایجاد می‌گردند.

Grip Length

فاصله بین سطح زیرین مهره تا سطح تحمل‌کنندهٔ بار در پیچ، که می‌تواند شامل واشر یا گسکت (Gasket) باشد.

H.V

پیچهای کلاس 10.9 و یا مهره‌های کلاس 10 که ابعادی بزرگتر از معمول داشته و برای اتصالات اصطکاکی در سازه‌های فلزی بکار می‌روند و استاندارد آنها DIN 6914 و DIN 6915 است.

Hydrogen Embrittlement

تردی هیدروژنی، در فرآیند آبکاری و در اثر عدم آماده‌سازی مناسب و یا اجرای نامناسب فرآیند (به علت در معرض هیدروژن قرار گرفتن و جذب آن) ایجاد می‌گردد.

Impact Wrench

ابزاری است عمدتاً بادی یا برقی که برای اعمال گشتاور و محکم نمودن پیچ و مهره به کار می‌رود.

Integral Fastener

برخی از پیچ و مهره‌ها به واسطه شکل خاص رزوه‌هایشان، نسبت به لق شدن مقاوم هستند.

Internal Thread

رزوه‌هایی که درون سوراخ‌ها شکل می‌گیرند، رزوه‌های داخلی نام دارد.

K Factor

این ضریب در سیستم متریک، برابر ۰/۲ بوده و در فرمول T=KDF به کار می‌رود. در این فرمول: T گشتاور محکم نمودن پیچ (برحسب نیوتن متر)، D قطر پیچ (بر حسب متر) و F نیروی پیش‌تنیدگی (برحسب نیوتن) می‌باشد.

Lefthand Thread

رزوه‌ای که جهت پیچش آن برخلاف جهت عقربه ساعت باشد.

Length of Engagement

فاصله‌ای است از رزوهٔ خارجی که با یک رزوهٔ داخلی درگیر و در تماس باشد.

Locknut

مهره قفل‌شونده دارای ۳ معنی زیر می‌باشد:

الف) مهره‌ای که بواسطه شکل هندسی خود که شبیه فلنج بوده، از لق شدن ناشی از لرزش جلوگیری می‌نماید.

ب) مهره‌ای با ضخامت کم که برای قفل کردن مهره‌ای با ضخامت بیشتر به کار می‌رود.

ج) مهره‌ای که به واسطه زایده پلاستیکی درون خود از لق شدن اتصال جلوگیری می‌نماید.

Major Diameter

همان قطر استوانهٔ فرضی است که بر قله رزوه‌ها منطبق می‌گردد؛ به عبارت دیگر فاصلهٔ قله به قله رزوه، قطر خارجی یا قطر بزرگ نام دارد.

Mean shift

اختلاف بین مقدار گشتاور ایجاد شده توسط یک روش یکسان برای محکم نمودن در یک اتصال سخت و یک اتصال نرم.

یک اتصال سخت، مقدار گشتاور بیشتری را ایجاد می‌کند و هرچه این اختلاف کمتر باشد، رسیدن به مقدار معین گشتاور آسان‌تر است.

Minor Diameter

قطر استوانهٔ فرضی است که بر ریشه رزوه‌های خارجی یا قله رزوه‌های داخلی منطبق می‌باشد.

Nicked Threads

رزوه‌های لب‌پریده یا آسیب‌دیده‌ای که با افزایش قطر و برای رزوه‌های ریز (Fine) گسترش می‌یابند. برای پذیرش باید از گیج برو عبور کنند. حد پذیرش آن در استاندارد SAE J123 آمده است.

Nominal Diameter

قطر اسمی است که برابر است با قطر خارجی رزوه‌ها یا قطر ساق.

Nut Dilation

رفتار گوه‌ای شکل رزوه‌ها تحت بار که موجب اتساع مهره و در نتیجه افزایش قطر کوچک آن و کاهش مساحت برشی موثر رزوه‌های خارجی و داخلی می‌گردد.

Octagon Head

پیچی است با سَری ۸ وجهی.

Overtapping

قلاویز کردن و به دنبال آن پوشش‌دهی رزوه‌ها به منظور منطبق شدن رواداری‌های رزوه‌ها با مشخصات فنی پروژه، که عملاً در مورد رزوه‌های داخلی به کار رفته و برای سازگاری ابعادی پیچ و مهره استفاده می‌شود.

Pitch

فاصله اسمی بین دو رزوه مجاور (قله تا قله یا ریشه تا ریشه).

Point Set

نوک یا گلویی انتهای پیچ

Preload

تنشی که با محکم کردن اتصال برای بار اول ایجاد شده و بعد از یک دوره زمانی، ممکن است کاهش می‌یابد.

Prevailing Torque

گشتاور موردنیاز برای به جلو بردن مهره روی رزوه (در برخی از انواع مهره‌ها) که برای جلوگیری از لقی حاصل از لرزش حاصل شده‌اند. این مقاومت به لقی، بر اثر وجود زایده‌ای پلاستیکی و یا شکل هندسی غیر مدور مهره ایجاد می‌گردد.

Proof load

نیرویی است که پیچ یا مهره باید در طول محور خود تحمل کند بدون آنکه تغییر شکل دائمی یا هرز شدن رزوه‌ها اتفاق بیفتد و کمی کمتر از تنش تسلیم است.

Reduced Shank Bolt

پیچی که قطر ساق آن کوچک‌تر از قطر اسمی پیچ است. معمولاً قطر ساق چنین پیچ‌هایی، تقریباً برابر با قطر موثر رزوه‌ها می‌باشد.

Rolled Thread

رزوه‌ای که با روش نورد ایجاد شده باشد نه روش ماشینکاری.

استحکام مکانیکی در این نوع رزوه‌ها بیشتر بوده و عملیات نورد باید قبل از هر نوع عملیات حرارتی انجام پذیرد.

Runout

آخر رزوه، جایی که رزوه تمام شده و بدنه صاف شروع می‌شود.

Screw

نوعی پیچ است که بدون مهره به کار می‌رود. به عبارت دیگر، برای اتصال به رزوه‌های داخلی مانند سوراخ‌های رزوه شده مورد استفاده قرار می‌گیرد (مانند پیچ‌های خودکار).

Sems

مجموعه یک پیچ بدون مهره به همراه واشر.

Set Screw

استوانه‌ای رزوه شده و بدون سر، که برای جلوگیری از حرکت یک چرخ‌دنده، مغزی، خار و غیره بر روی یک شفت به کار می‌رود.

Shank

قسمت رزوه نشده بین سرپیچ و رزوه‌های آن، که به ساق نیز معروف است.

Snugging

فرآیند کشیده شدن اجزای یک اتصال به طرف یکدیگر.

Socket Head Cap Screw

پیچ خزینه‌دار (دارای سر حفره‌دار) که به آلن نیز معروف است. به علت استحکام بالا (10.9 و Grade 12.9) معمولاً در اجزای ماشین‌آلات استفاده می‌شود.

Step- Lock Bolt (SLB)

پیچ‌های مقاوم به لق‌شدگی.

Stress Area

سطح مقطع موثری از برش عرضی یک پیچ، که در معرض نیروی کششی قرار گرفته و از

فرمول $\frac{۳.۱۴d^{۲}}{۴}$ بدست می‌آید (d میانگین قطر گام (موثر) و قطر کوچک می‌باشد).

Structural Bolt

نوعی پیچ که در صنایع ساختمانی به کار رفته و دارای گلی بزرگ‌تر از پیچ‌های معمولی می‌باشد. این نوع پیچ، با داشتن طول کنترل شده‌ای از رزوه‌ها، مقاومت برشی پیچ را بهبود می‌بخشد.

Stud

نوعی پیچ (Fastener) بدون سر، که هر دو سر آن رزوه شده و ممکن است قسمت میانی آن بدون رزوه باشد.

Thread Crest

قله رزوه، بالاترین قسمت یک رزوه است. در مورد رزوه‌های داخلی، منطقه‌ای است که قطر داخلی را تشکیل می‌دهد.

Thread Flank

منطقه‌ای از رزوه که قله و ریشهٔ آنرا به هم متصل می‌نماید، قسمت شیبدار یا دامنه رزوه.

Thread Height

فاصله بین قطرهای بزرگ و کوچک (فاصله بین ریشه تا قله).

Thread Length

طولی از پیچ که دارای رزوه می‌باشد.

Thread Root

پایین‌ترین قسمت رزوه که در رزوه‌های خارجی، برای جلوگیری از ایجاد خستگی، آنرا به صورت انحنادار (و نه به صورت تیز) ایجاد می‌کنند.

Thread Runout

ناحیه انتهایی ساق رزوه شده که تا عمق کامل رزوه نشده و درست قبل از اولین رزوه کامل می‌باشد.

Thread locker

هرنوع اتصال دهنده‌ای که نسبت به لقیِ در اثر لرزش، مقاوم باشد. بنابراین عمدتاً به چسب‌های مقاوم کننده در برابر لق‌شدگی گفته می‌شود.

Tolerance Class

ترکیبی است از یک عدد، که نشانگر درجه رواداری، و یک حرف، که نشانگر انحراف از پایه می‌باشد.

Tolerance Grade

اختلاف بین حداکثر و حداقل شرایط ابعادی آلیاژ اتصال‌دهنده برای اعمال رواداری، که در سیستم متریک به صورت یک عدد نشان داده می‌شود.

Torque Multiplier

جعبه دنده‌ای که مقدار گشتاور اعمال شده توسط آچار دستی را افزایش می‌دهد.

Torque Wrench

آچاری دستی که همراه نشانگری بوده تا گشتاور انتقالی به پیچ و مهره را نشان دهد.
عدد موردنظر را می‌توان روی آچار تنظیم نمود، به طوری‌که آچار با اعمال گشتاوری بیش از آن عدد، عمل نکند.

U Bolt

اتصال دهنده‌ای U شکل برای کاربرد در قطعات آویزان و نواحی مشابه در وسایل نقلیه و غیره.

Ultrasonic Extensometer

ابزاری فراصوتی، که تغییرات طول پیچ را بر اثر اعمال نیرو اندازه‌گیری می‌نماید.

Waisted shnak Bolt

پیچی که قطر آن از قطر کوچک رزوه‌ها است. اغلب، ساق این نوع پیچ‌ها، ۰/۹ برابر قطر ریشه رزوه‌هایشان می‌باشد.

Wire Insert

زائده‌ای رزوه شده از جنس آلومینیوم یا روی، که برای افزایش مقاومت به هرز شدن در رزوه‌های داخلی کار گذاشته می‌شود.

Zince Electroplating

روشی از پوشش‌دهی توسط فلز روی، که با آبکاری روی پیچ، نرخ خوردگی آنرا کاهش می‌دهند.

منابع و مأخذ:

1- Standard handbook of fastening and joining, 1977, Mcgraw hill, Roberto parmley.

2- What every engineer should know about threaded fasteners, Marcel dekker, Alexander blake.

3- Industrial fasteners handbook, 1985, Trade Technical press.

4- Guide to world screw threads, 1969, Industrial press, p.a. Sidders

5- Nuts, Bolts and fasteners and plumbing handbook, 1990, MBI publishing company, Carroll smith.

6- Handbook of bolts and bolted joints, 1998, Marcel Dekker, Sayed Naser, john H Bickford.