

طراحی اجزاء 1

منابع (reference) :

Shigley's Mechanical Engineering Design, (10th Edition); Richard G. Budynas; J. Keith Nisbett

**Machine Elements in
Mechanical Design**

SIXTH EDITION

Robert L. Mott
Edward M. Vavrek
Jyhwen Wang

**Fundamentals of Machine
Component Design**

Fifth
Edition

ROBERT C. JUVINALL KURT M. MARSHEK

Design of Machine Elements(8th Edition); Merhyle
F. Spotts, Terry E. Shoup, Lee E. Hornberger

مندرجات (سرفصل ها) Contents :

فصل اول: مقدمه طراحی

فصل دوم: مواد مهندسی و خواص آنها

فصل سوم: طراحی تحت بارگذاری استاتیکی

فصل چهارم: طراحی تحت بارگذاری دینامیکی

فصل پنجم: طراحی محور

فصل ششم: طراحی اتصالات غیردائم (پیچ و مهره ها)

فصل هفتم: طراحی اتصالات دائم (جوش ها)

فصل هشتم: طراحی فنرهای مکانیکی

فصل اول: مقدمه طراحی (ماهیت طراحی مکانیکی)

هدف: - برای طراحی اجزاء و تجهیزات مکانیکی باید قادر باشید اجزاء ویژه تشکیل دهنده سیستم را طراحی کنید

- اما شما باید بتوانید اجزای دستگاه را در سیستمی هماهنگ و قوی طوری ادغام کنید که با سلیقه مشتری شما هم مطابقت داشته باشد.

فکر کنید اکنون میتوانید در برخی زمینه ها ، طراحی مکانیکی انجام دهید ، در این صورت باید جوابگوی بسیاری از سوالات باشید:

- برخی از محصولات آن طرح کدامند؟

- چه نوع موادی برای ساخت آن محصولات بکار می روند؟

- برخی از ویژگی های منحصر بفرد آن محصولات کدامند؟

- چگونه اجزای آن محصولات ساخته می شوند؟

- چگونه قطعات آن محصولات مونتاژ می گردند؟

در نظر بگیرید محصولات مصرفی ، تجهیزات ساختمانی، ماشین آلات کشاورزی ، سیستم های ساخت و سیستم های انتقال بر روی زمین ، هوا و روی یازیر آب باشد.

طراحی اجزای ماشین، جزء لاینفکی از طراحی مکانیکی در ابعادی کلی و وسیعتر آن است. طراحان و مهندسين طراح برای برآوردن نیازهای خاص، تجهیزات و یا سیستم هایی را خلق می کنند. معمولاً دستگاههای مکانیکی شامل قطعات متحرکی هستند که با انجام حرکت های خاص میتوانند قدرت را انتقال دهند. سیستم های مکانیکی ترکیبی از چندین وسیله مکانیکی میباشد. بنابراین برای طراحی دستگاههای مکانیکی و سیستمها شما باید قادر باشید هر کدام از اجزاء تشکیل دهنده سیستم را طراحی کنید. همچنین شما باید بتوانید اجزاء را طوری ادغام کنید تا به یک سیستم هماهنگ و قوی برای برآوردن نیازهای مشتری تبدیل گردد.

زمانیکه میخواهید یک وسیله مکانیکی را طراحی کنید آنرا با سازندگان و همکاران خود که در حال مطالعه باشما هستند به بحث و گفتگو بپردازید. با افرادی که در صنایع مختلف طراحی مکانیکی انجام داده اند گفتگو کنید. سعی کنید اگر امکان داشته باشد با کمپانی های آن هاملاقات کنید. با طراحان ومهندسين طراح ملاقات داشته باشد همچنين در نشست های انجمن های پیشرفته شرکت داشته باشید.

نمونه هایی از محصولات مکانیکی که طراحی وتولید شده اند بصورت زیر میباشند:

محصولات مصرفی:

لوازم خانگی(درب بازکن، غذاساز، مخلوط کن ،توستر، جاروبرقی، لباسشویی)، ماشین چمن زنی،اره های زنجیری، ابزارهای برقی،دربازکن گاراژ،سیستم های تهویه هوا وچندین نوع دیگر شکل های زیر چند نوع از محصولات تجاری هستند.



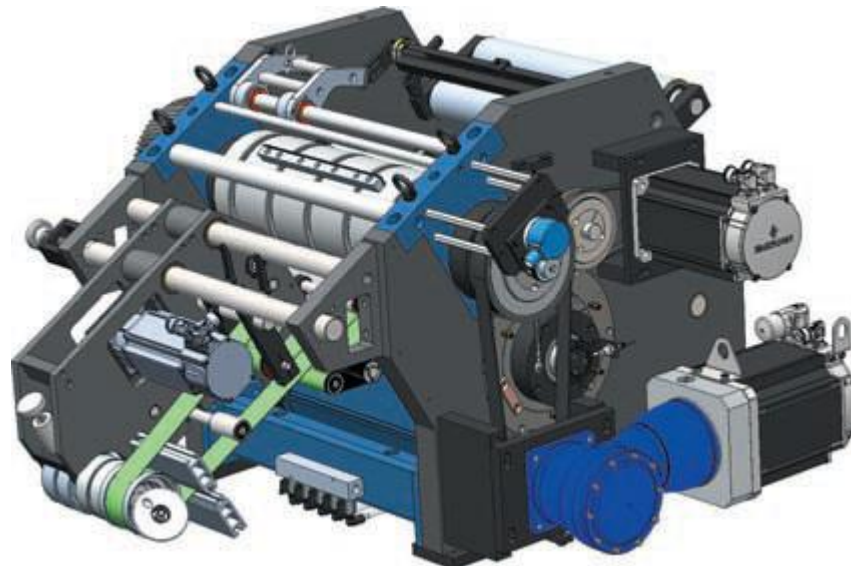
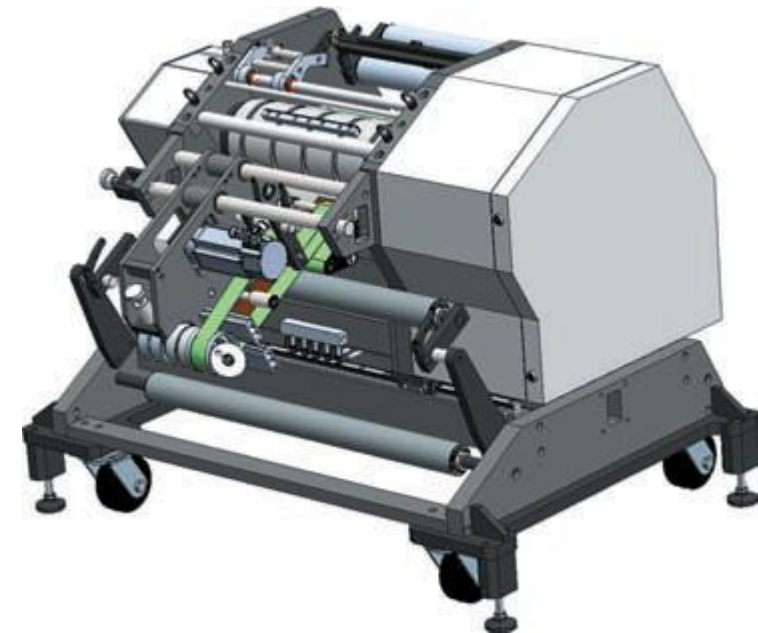
FIGURE 1–1 (a) Hand-held power drill (b) Cutaway view of a hand drill



FIGURE 1-2 Chain saw
(Shutterstock)

سیستم های تولیدی:

دستگاههای تولید مواد، تسمه نقاله ها، جرثقیل ها دستگاههای انتقال، روبات های صنعتی، ماشین های ابزار، سیستم های مونتاژ خودکار، سیستم های با فرایند خاص، لیفتراک و دستگاههای پکیجی.



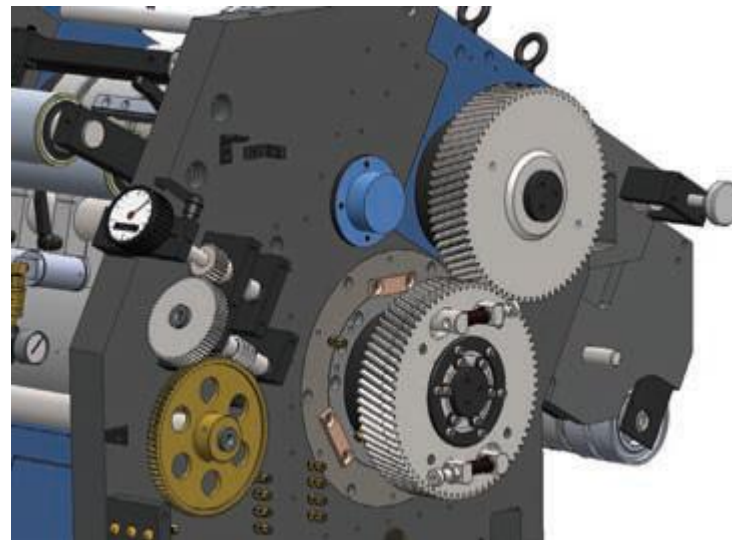
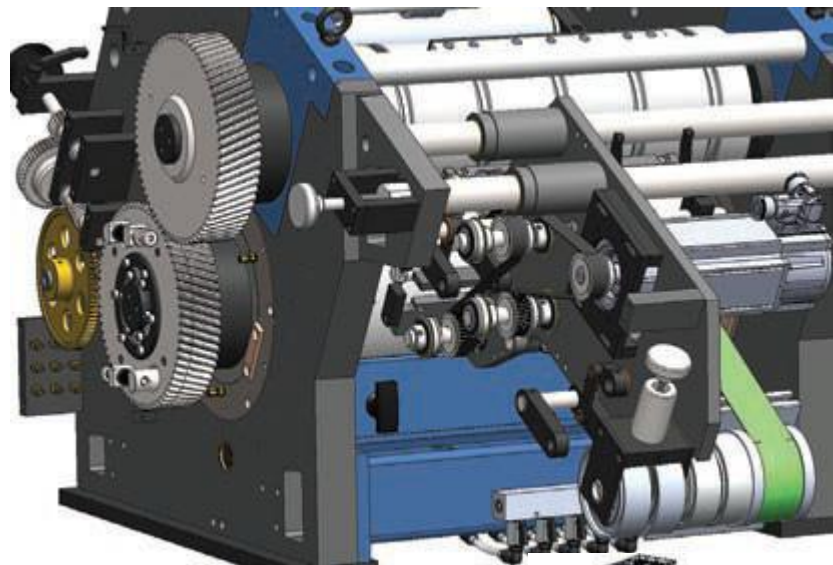
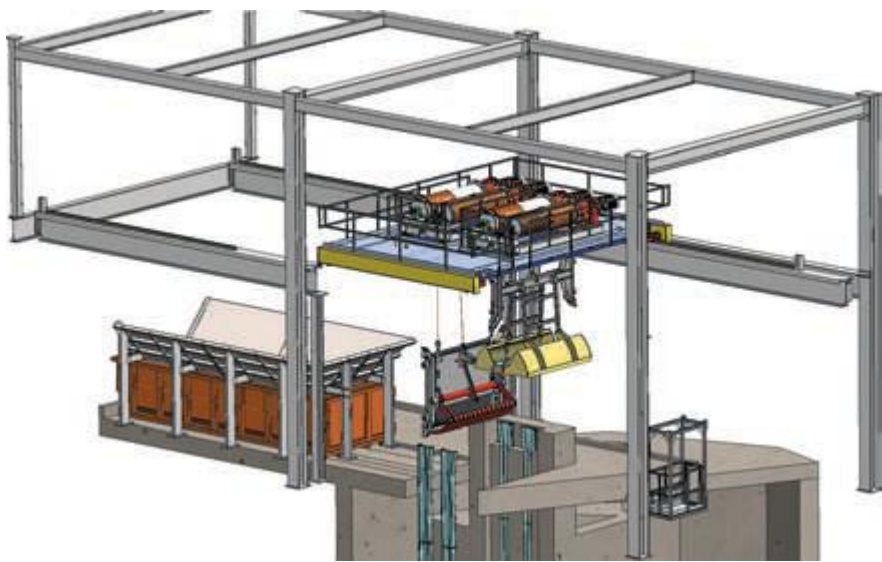


FIGURE 1-3 Closed end mailer for the printing industry
Created by Edward M. Vavrek for The Lettershop Group, Leeks, UK

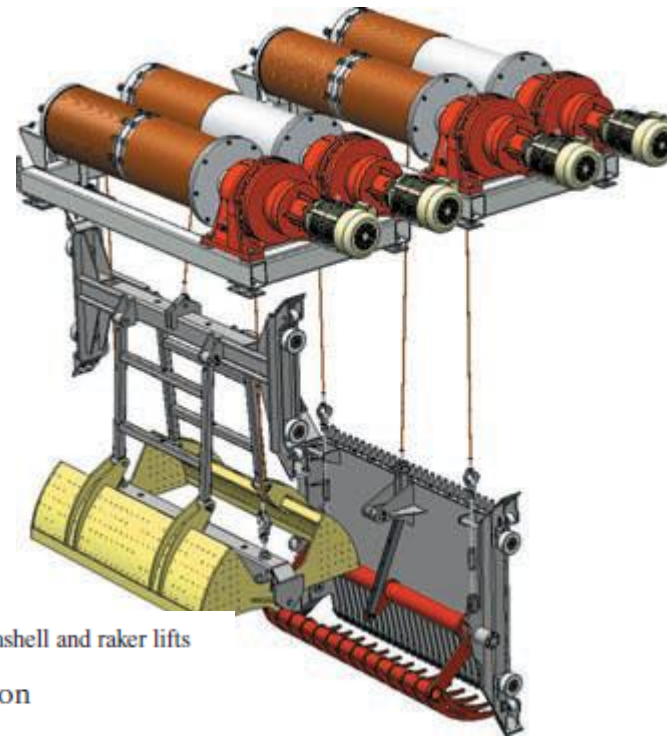


(b) Interior of lower shaft showing raker and clamshell

a) Overall view of shaft and raker system



(c) Upper structure and lift system



(d) Drive system for clamshell and raker lifts

FIGURE 1-4 Raker and clamshell for a deep rock tunnel connector pumping station

Created by Edward M. Vavrek for Fairfield Service Company, Michigan City, IN

تجهیزات مصرفی:

تراکتورهای با نمای جلو و عقب یا بیل، جرثقیل، بیل برقی، گریدر، کامیون کمپرسی، سنگفرش جاده، میکسر بتن، میخ گیرها و منگنه ها.



FIGURE 1-5 Construction crane on a building site
(Shutterstock)



FIGURE 1-6 Construction backhoe and front-end loader
(Shutterstock)

تراكتورها، دروگرها (ذرت، گوجه، محصولات زراعی)، چنگک زن، بیلریونجه، شخم زن، کلوخ شکن دیسکی، و...



FIGURE 1-7 Corn harvester on a farm
(Shutterstock)



FIGURE 1-8 Heavy duty tractor for farm, highway construction, and commercial applications
(Shutterstock)

اتومبیل ها ، کامیون ها، اتوبوسها و هزاران وسیله مکانیکی دیگر همچون اجزاء تعلیق شامل فنرها، میراکننده های ضربه و پایه ها ، بازکننده های درب و پنجره و برف پاکن شیشه و سیستمهای فرمان و....



FIGURE 1-9 Aircraft showing open door and steps
(Shutterstock)



FIGURE 1-10 Landing gear for a large aircraft
(Shutterstock)

کشتی ها:

وینچ برای حمل لنگر، جرثقیل حمل بار، آنتن های راداری دوار، سکان دنده فرمان، دنده محرک و محورها، سنسورها و کنترل های متعدد برای عملکرد سیستم های روی کشتی و...

سیستم های فضایی:

سیستم های ماهواره ای، شاتل فضایی، ایستگاه های مکانیکی متعدد مانند ایستگاه های استقرار آنتن ها، دریچه ها، سیستم های اتصال، روباتیک بازوها، دستگاه های کنترل ارتعاش، ایستگاه های موقعیت یابی برای ابزار، محرک های پیشران و سیستم های پیشران.

چند نمونه دیگر شما میتوانید به این لیست اضافه کنید؟ برخی از ویژگی های منحصر بفرد محصولات در این زمینه ها کدامند؟ چه نوع مکانیزمی شامل میشود؟ از چه موادی در محصولات استفاده میشود؟ چگونه اجزای آن ساخته میشوند؟ نحوه مونتاژ قطعات برای کامل نمودن محصول چگونه است؟

مراحل طراحی:

هدف نهایی طراحی مکانیکی، طراحی محصولی مفید است که بتواند نیازهای ذینفعان را برآورده کند و اینکه ایمن، کارآمد، قابل اعتماد، از نظر اقتصادی مطمئن و تولید آن عملی باشد.

بطور گسترده فکر کنید می خواهید محصول یا سیستمی را طراحی کنید چه کسانی میتوانند بعنوان ذینفعان شما باشند موارد زیر را در نظر داشته باید:

- شما در حال طراحی قوطی بازکن برای بازار خانگی هستید. ذینفع نهایی شخصی است که آن را در آشپزخانه استفاده می کند. سایر ذینفعان ممکن است شامل طراح بسته بندی قوطی بازکن، کارکنان تولید که می خواهند آنرا از نظر اقتصادی و خدماتی تولید کنند و همچنین پرسنل تعمیرات واحد می باشند.

- شما در حال طراحی قطعه ای از ماشین آلات تولید هستید. برای یک عملیات تولیدی ذینفعان شامل مهندس تولید که مسئول عملیات تولید است، اوپراتور دستگاه، کارکنانی که دستگاه را نصب میکنند و پرسنل تعمیر و نگهداری می باشند.

- شما در حال طراحی یک سیستم قدرتمند برای باز کردن درب هواپیما هستید. ذینفعان شامل شخصی که باید در شرایط عادی یا اضطراری سرویس کار کند. افرادی که باید از درب عبور کنند. پرسنلی که درب بازکن تولید میکنند. نصب کنندگان، طراحان ساختار هواپیما که بارهای ایجاد شده در باز کردن در و بستن آن در نظر بگیرند، سرویس کننده و تکنسین هایی که سیستم فضای داخلی را حفظ میکنند. طراحانی که باید در حین استفاده از بازکن محافظ باشند و اجازه دسترسی نصب و نگهداری را میدهند.

ضروریست که خواسته ها و انتظارات را بشناسید. قبل از شروع طراحی محصول، از متخصصان بازاریاب برای مدیریت تعریف انتظارات ذینفعان بکارگرفته شوند و طراحان بعنوان بخشی از توسعه محصول با آنها کار می کنند.

رویکردهای متعددی وجود دارد که میتواند راهنمای طراحان با استفاده از فرایند کامل محصول و روشهای جدید و نوآورانه باشد.

برخی به سمت محصولات پیچیده بزرگ گرایش دارند. مانند هواپیما، خودرو و ماشین ابزارهای چندمنظوره. بای یک شرکت توصیه میشود که از یک یک روش بعنوان سبک خاص که برای محصولات آنها مناسب هست انتخاب کند.

برخی از ویژگی های بارز رویکردهای طراحی به شرح زیر است:

طراحی بدیهی:

مراجعه به سایت های انترنتی، پیاده سازی طراحی بدیهی، یعنی فرایندی که توسعه دهندگان ابتدا به عملکرد آن توجه میکنند و سپس تجسم خلاقانه فیزیک جسم برای برآوردن نیاز های مشتری همراه با فرایند تولید محصول.

توسعه کیفیت عملکردی:

با استفاده از منابع انترنتی و استاندارد های اصول کیفی سازی برای به حداکثر رساندن کیفیت محصول اقدام می کنند.

طراحی کلی:

روش مهندسی محصول بصورت سیستماتیک و فرایند منظم برای ایجاد محصولات نوآورانه که نیازهای مشتری را برآورده نماید.

فرایند طراحی محصول:

طراحی تجسم یک فرایند جامع شامل شناسایی نیاز، انتخاب مفهوم، تصمیم گیری ، طراحی جزئیات، مدلسازی، طراحی برای تولید، طراحی قوی و.... میباشد.

حالت های شکست و تجزیه و تحلیل اثرات:

مراجعه به سایت های انترنتی و استفاده از استانداردهای تجزیه و تحلیل برای پشتیبانی محصول در صنایع مختلف

طراحی محصول برای تولید و مونتاژ:

یک روش طراحی محصول باتاکید زیاده بر نحوه ادغام قطعات مونتاژ شده برای دستیابی به هدف تولید است.

طراحی ارزان وبا کیفیت بالا شامل چه روشی از فرایندهای ریخته گری،آهنگری،پودر فلز،ورقکاری،ماشینکاری،قالبگیری تزریقی وبسیاری فرایندهای دیگر میباشد؟همچنین مهم است نحوه طراحی طوری باشد که متناسب با تمام عملگردهایی که باید داشته باشد،محصول برای تمام عمرش رضایتمندی مشتری را به همراه داشته باشد.نحوه دفع محصول پس از عمر آن نیز خیلی مهم است که باید توجه خاص شود.درمجموع به برخی از عوامل که در طراحی محصول تاثیر میگذارند را اشاره مینماییم:

-عملگردهای بازاریابی برای ارزیابی نیازهای مشتری-تحقیق برای تعیین فناوری موجود که میتوان به طور منطقی در محصول بکاربرد.

-در دسترس بودن مواد و اجزای استاندارد و یا ساخته شده-طراحی وتوسعه محصول-آزمایش عملکرد-مستندات طرح-روابط فروشندگان و کارهای خرید-در نظر گرفتن منابع جهانی مواد-بازاریابی جهانی-مهارت های نیروی کار-کالبد فیزیکی جسم وامکانات جسم-قابلیت سیستم های تولید-برنامه ریزی و کنترل سیستم های تولید-سیستم های پشتیبانی تولید و پرسنل-الزامات سیستم های کیفیت-بهره برداری ونگهداری ار کارخانه-سیستم های توزیع برای تحویل محصولات به مشتری-عملیات فروش وبرنامه زمانبندی-اهداف هزینه وسایر رقبا-الزامات خدمات مشتری-نگرانی های زیست محیطی در حین تولید،بهره برداری ودفع محصول-الزامات قانونی-در دسترس بودن سرمایه مالی-وملاحظات دیگر که میتواند اضافه کنید.

مهارت های مورد نیاز در طراحی مکانیکی:

1-طراحی وترسیم فنی بصورت دوبعدی وسه بعدی بکمک کامپیوتر

2-خواص مواد

3-عملکرد شیمیایی همچون محافظت در مقابل خوردگی،آبکاری ونقاشی

4-استاتیک،دینامیک ومقاومت مصالح،سینماتیک ومکانیزم های آن.

5-مکانیک سیالات،ترمودینامیک وانتقال حرارت.

6-قدرت سیال،اصول پدیده های برقی و کنترل صنعتی.

7-ارتباطات گفتاری،شنیداری ونوشتاری ومهارتهای تیم کاری

8-طراحی تجربی(آزمایشگاهی).اجرای تست مواد و سیستم های مکانیکی واستفاده از کامپیوتر بکمک نرم افزارهای مهندسی

9-خلاقیت،حل مسئله ومديریت پروژه

10-آنالیز تنش

11- شناخت خاص رفتار اجزای ماشین مانند چرخدنده ها ومحرک های تسمه ای،زنجرها،شافت هاویاتاقان ها،خارها وهزارخارها،کوپلینگ ها،سیل ها،فنرها،اتصالات،موتورهای الکتریکی،تجهیزات حرکت خطی،کلاچ ها وترمزها.

عملکردها، نیازهای طراحی و معیارهای طراحی:

عملکردها:

چه وسیله ای باید این کار را انجام دهد؟ معمولاً بیانیه های بسیار کمی در مورد عمل وارد کردن بار سیستم انتقال قدرت وجود دارد.

نیازهای طراحی:

بیانات کمی از سطح عملکرد مورد انتظار وجود دارد، شرایط محیطی که وسیله باید کار کند، محدودیت ها و فضای عملکرد و یا وزن یا مواد مطلوب و اجزایی که باید استفاده شوند.

معیارهای ارزیابی:

بیانیه هایی هستند از مشخصات کمی نامطلوب از یک طرح که کمک می کند تصمیم بگیرد با استفاده از طرح های مختلف طرحی را انتخاب کند که حداکثر مزایا و حداقل معایب را داشته باشد.

مثال: مثالی از عملکرد ها، نیازهای طراحی و معیارهای ارزیابی.

فرض کنید که شما طراح یک سیستم کاهنده سرعت قسمتی از دستگاه انتقال قدرت یک تراکتور کوچک هستید. موتور تراکتور در یک سرعت نسبتاً بالا کار می کند، در حالیکه چرخ های متحرک در سرعت کمتر. مطلوبست سیستم انتقال دهنده گشتاور بالاتر در خروجی موتور.

برای شروع فرایند طراحی ابتداء عملکردهای کاهنده سرعت را لیست کنید.

عملکردها:

1- دریافت قدرت از موتور تراکتور از طریق یک محور چرخشی 2- انتقال قدرت از طریق اجزای کاهنده سرعت ماشین تا سرعت چرخشی به مقدار مطلوب برسد. 3- انتقال قدرت یا نیرو در سرعت پایین به محور خروجی که نهایتاً چرخ های تراکتور را میچرخاند.

نیازهای طرح:

اگر شما در تیم طراحی تراکتور هستید شما باید قادر باشید اینچنین نیازها را با استفاده از تجربیات و نبوغ خودتان و یا با مشورت همکاران طراح،

همکاران بازاریاب، مهندسین ساخت، پرسنل سرویس، تامین کنندگان و مشتریان. در زیر لیست نیازهای طراحی به صورت فرضی آمده است.

1- کاهنده بایستی قدرت 1.5 اسب بخار را انتقال دهد. 2- محرک یک نوع موتور گازوئیلی با سرعت دورانی 2000 rpm 3- سرعت دورانی خروجی در محدوده 290-295 rpm 4- راندمان مکانیکی بزرگتر از 95 درصد مطلوب میباشد. 5- مینیمم گشتاور کاهنده خروجی بایستی lb.in 3050 باشد. 6- خروجی کاهنده به یک محور متحرک چرخ های تراکتور متصل است. ضربه متوسط وارد میشود. 7- محورهای ورودی و خروجی بایستی در یک راستا باشند. 8- کاهنده توسط یک قاب فولادی صلب پوشیده شده است. 9- سایز کوچک مطلوب است و کاهنده در فضای بزرگتر از 20 in*20 با ماکزیمم ارتفاع 24 in قرار دارد. 10- کارکرد تراکتور با 8 ساعت در روز و 5 روز در هفته برای یک عمر 10 سال مورد انتظار است.

11- کاهنده بایستی از محدودیت آب و هوا حفظ شود و باید در هر شرایط محیطی مثلاً در ایران بتواند کار کند. 12- کوپلینگ های انعطاف پذیر باید برای محورهای خروجی استفاده شود برای محدود کردن بارهای خمشی و محوری از منبع انتقال قدرت به کاهنده. 13- کیفیت برابر است با 10000 واحد در سال 14- برای بازاریابی موفقیت آمیز قیمت متوسط در نظر گرفته شود. 15- همه استانداردهای ایمنی دولت و صنعت رعایت شود.

معیارهای ارزیابی:

1- ایمنی (ضریب ایمنی در الزامات آورده شده است). 2- کارایی (درصد راندمان عملکرد در الزامات آن سیستم بیان شده است) 3- آسانی ساخت 4- آسانی تعمیر و جابجایی اجزاء آن 5- عملکرد آسان داشته باشد. 6- قیمت اولیه پایین 8- سایز و وزن آن پایین باشد. 9- عدم سروصدا و ارتعاش بنابراین عملکرد آرام داشته باشد. 10- استفاده از مواد موجود و اجزای خریداری شده براحتی انجام گیرد. 11- استفاده محتاطانه از هر دو قطعه با طراحی منحصر بفرد و اجزای تجاری موجود. 12- ظاهر آن جذاب و مناسب با کاربرد آن باشد.

در مثال طراحی سیستم کاهنده انتقال قدرت، مجموعه ای از اجزای یک ماشین در یک طرح مکانیکی آورده شده است. طراحی مکانیکی فرایندی از طراحی و یا انتخاب اجزای مکانیکی و هماهنگی با یکدیگر برای ایجاد کاری مطلوب میباشد. شکل زیر عناصر اولیه کاهنده سرعت را نشان میدهند:

1- محور ورودی (محور 1) متصل به منبع قدرت همان موتور گازوئیلی که خروجی محور آن با سرعت rpm 2000 دوران دارد. یک کوپلینگ انعطاف پذیر هم برای مینیم کردن مشکلات تنظیم استفاده شده است.

2- ابتدا یک جفت چرخ دنده A و B باعث کاهش سرعت محور در گیر 2 متناسب با تعداد دندانه ها در چرخ دنده ها میشود.

چرخنده های B و C هردوبه محور 2 متصل هستند وبا سرعت یکسان میچرخند.

3-خاری بکاربرده شده درفضای داخلی هاب(تویی محوروچرخنده) بطوریکه بین چرخنده ومحورانتقال گشتاورانجام یرد.

4- جفت چرخنده های C و D برای کاهش سرعت D وخروجی محور3 درمحدوده 290-295 دوربردقیقه بکار میروند.

5- محورخروجی برای حرکت یک چرخ زنجیر(نشان داده نشده) ومحرک زنجیر که درنهایت به چرخ های متحرک تراکتوروصل شده بکار میروود.

6-هرکدام از سه محور بوسیله دابلبرینگ بعنوان تکیه گاه استاتیکی برای تعیین نیروهای محوری ومحاسبه تنش های موجوددرمحوربا استفاده ازقوانین تعادل نگهداری میشوند.

7- یاتاقان ها درهوزینگ قراردارند که توسط قابی پوشیده شده اند.8-آب بندها (سیل ها)روی محورهای ورودی وخروجی برای جلوگیری از ورود آلودگی به بلبرینگ بکار میروند.9-قسمت های دیگر هوزینگ بطورشماتیک نشان داده شده است وجزئیات نحوه نصب عناصر فعال ،روغنکاری شده درآن به صورت زیر میباشد ومیتواند مبنای مونتاژقرارگیرد:

- Start by placing the gears, keys, spacers, and bearings on their respective shafts.
- Then insert shaft 1 into its bearing seat on the left side of the housing.
- Insert the left end of shaft 2 into its bearing seat while engaging the teeth of gears A and B.
- Install the center bearing support to provide support for the bearing at the right side of shaft 1.
- Install shaft 3 by placing its left bearing into the seat on the center bearing support while engaging gears C and D.
- Install the right side cover for the housing while placing the final two bearings in their seats.
- Ensure careful alignment of the shafts.
- Place gear lubricant in the lower part of the housing.

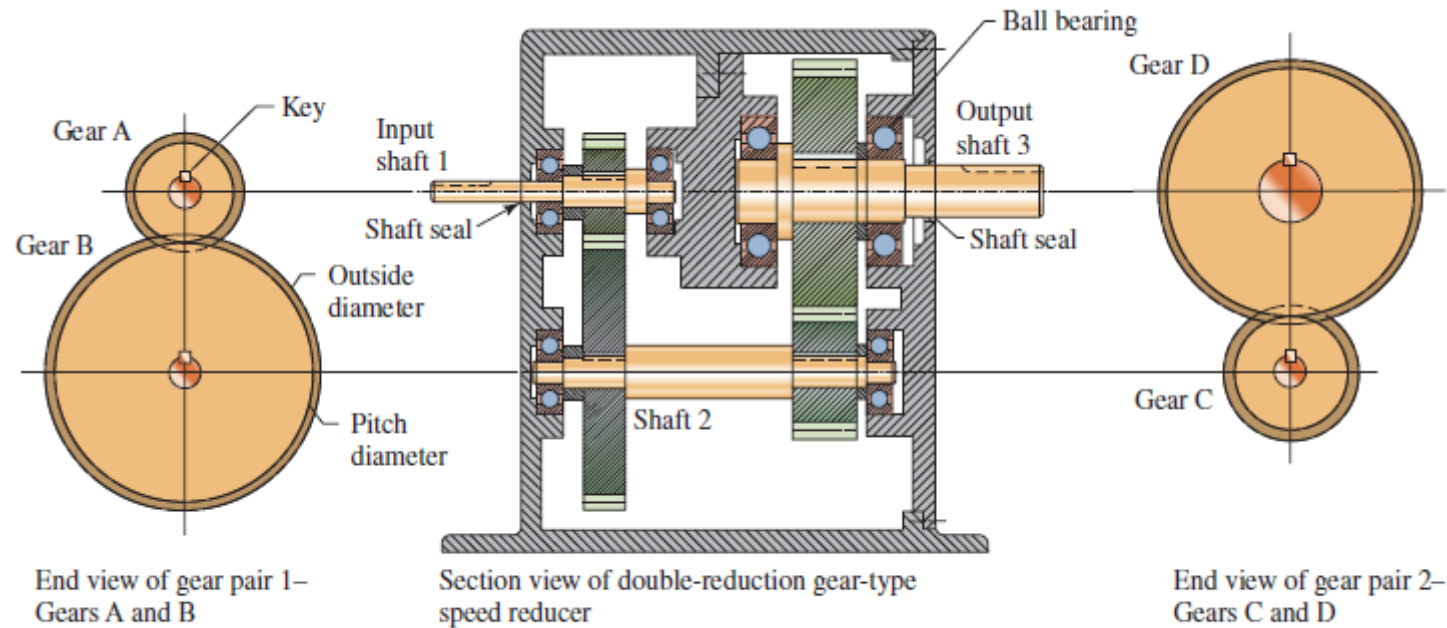


FIGURE 1-12 Conceptual design for a speed reducer

کمک های محاسباتی:

بدلیل استفاده معمول از چندین تکرار و بدلیل اینکه بسیاری از روش های طراحی از نظر زمانی طولانی و محاسبات آنها با استفاده از تجزیه و تحلیل ریاضی پیچیده هستند بنابراین نرم افزارها و برنامه های کامپیوتری اغلب در اجرای طرح مفید هستند.

محاسبات طراحی:

معمولاً برای تهیه یک طرح دقیق کارهای زیر انجام میگیرد:

- 1- اجزای ماشین طراحی شده و ماهیت محاسبات را مشخص کنید
- 2- نقشه اجزای آن را ترسیم کنید و همه عناصر موثر بر تحلیل تنش را نشان دهید.

- 3- نیروهای وارد بر عضورانسان داده و ترسیمات دیگری برای آشکار نمودن جسم حقیقی فراهم کنید.
 - 4- نوع تحلیل مانند تنش های خمشی ، تغییر شکل ضمن خمش ، کمانش ستون و مانند اینها را تعیین کنید.
 - 5- همه اطلاعات و فرضیات را ذکر کنید.
 - 6- فرمول های نمادین مورد استفاده در طرح را بنویسید و مقادیر و واحدهای مختلف آنرا نشان دهید.
- ترجیحاً از اجزای استاندارد در طراحی استفاده شود مانند پیچ ها، رزوه ها، بیرینگ ها، چرخدنده ها، تسمه ها، زنجیرها ، و.....

اخلاق مهندسی:

از الزامات حرفه ای مهندس طراح این که همه کار خود را با تعهد به اخلاق و جامعه انجام دهد. آیین نامه مهندسی را در اینجا از انجمن ملی مهندسان حرفه ای (NSPE) می آوریم:

« به عنوان یک مهندس حرفه ای ، من دانش و مهارت حرفه ای خود را در خدمت پیشبرد و بهبود خوشبختی و سلامت انسان میگذارم، سوگند میخورم و شهادت میدهم.

که همه تلاش خود را در این راه بکنم.

که در هیچ تعهدی مگر شرافتمندانه شرکت نجویم.

که بر مرام انسان زندگی کنم و کارم را در بالاترین حد استاندارد حرفه ای انجام دهم.

که خدمت را بر تر از سود بدانم، ارج و اعتبار حرفه را پیش از بهره گیری شخصی و سلامت جامعه را فرای همه جنبه های دیگر بدانم.

من با فروتنی و عنایت پروردگار سوگند می خورم»

تدوین از انجمن ملی مهندسان حرفه ای ژوئن 1954 (سوگندنامه مهندسی)

فصل دوم: مواد مهندسی و خواص آنها

شناخت مواد و خواص آنها اهمیت زیادی در طراحی مهندسی دارد. اجزای ماشین باید از موادی ساخته شوند که خواص آنها برای شرایط کاری مناسب باشد. علاوه بر آن یک مهندس طراح باید با اثراتی که فرایندهای ساخت و عملیات حرارتی روی خواص فلزی دارند آشنا باشد. اکنون ما باید بحث کنیم مواد مهندسی و خواص آنها که بطور کلی در طراحی اجزای ماشین بکاربرده می شوند.

دسته بندی مواد مهندسی:

مواد اصلی مهندسی شامل:

1- فلزات و آلیاژهای آنها شامل آهن، فولاد، مس، آلومینیم و...

2- غیر فلزات شامل شیشه، لاستیک، پلاستیک و...

فلزات بیشتر به دودسته فلزات آهنی و فلزات غیر آهنی تقسیم میشوند.

فلزات آهنی:

آنهاييکه دارای آهن بعلاوه ترکیبات اصلی آنها مانند چدن، آهن اسفنجی و فولاد میباشند

فلزات غیر آهنی: آنهاييکه دارای فلز دیگری غیر از آهن بعلاوه ترکیبات اصلی آنها فلزاتی مانند مس، آلومینیم، برنج، تیتانیم، روی و...

انتخاب مواد:

انتخاب ماده مناسب برای هدف مهندسی یک از مشکلترین مسائل برای طراح میباشد. بهترین مصالح آنست که کارکرد مطلوبی داشته باشد بعلاوه قیمت مناسب باشد.

فاکتورهای زیر بایستی درانتخاب مواد مهندسی درنظر گرفته شوند:

1-دسترسی به مواد(فراهم بودن)

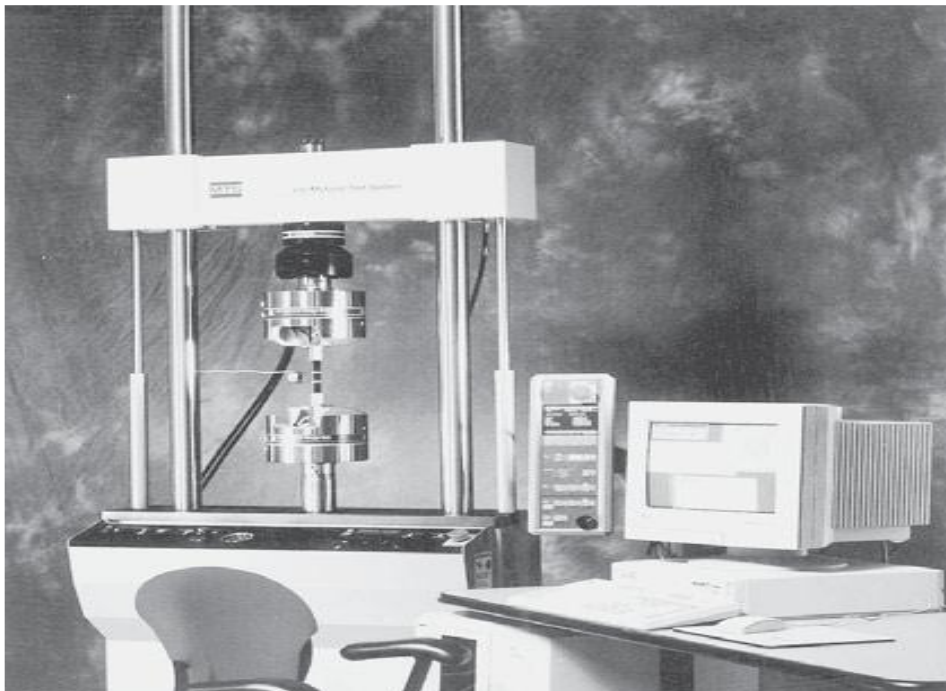
2-مناسب برای شرایط کاری باشد.

3-خواص مهم تعیین کننده سودمندی ماده را دارا باشد.مانند خواص فیزیکی ،شیمیایی وخواص مکانیکی

خواص فیزیکی فلزات:شامل درخشندگی،رنگ،اندازه وشکل،دانسیته،هدایت الکتریکی وحرارتی،نقطه ذوب.

خواص مکانیکی فلزات:آنهايکه درارتباط با قابلیت مواد به مقاومت درمقابل نیروهای مکانیکی وبار می باشند شامل:مقاومت،سفتی،الاستیسیته،پلاستیسیته،نرمی ،شکندگی،قابلیت شکل پذیری،تاب آوری، خزش وسختی میباشد.

خواص مقاومت،الاستیک ونرمی فلزات،پلاستیک ها وانواع دیگر مواد بکمک آزمایش یک میله تخت یا گرد که دو انتهای آن به دوفک یک گیره درحال کشش بسته شده است بدست می آیند.مقدار نیروی میله ومطابق آن تغییرطول نسبی(کرنش)روی کامپیوتر بطورپیوسته ضمن آزمایش ثبت میشود.بدلیل اینکه تنش درمیله مساوی است با بار وارده برسطح،تنش با نیروومتناسب است.اطلاعات آزمایش برای دوميله فولادی وآلومینیمی ترسیم شده است:



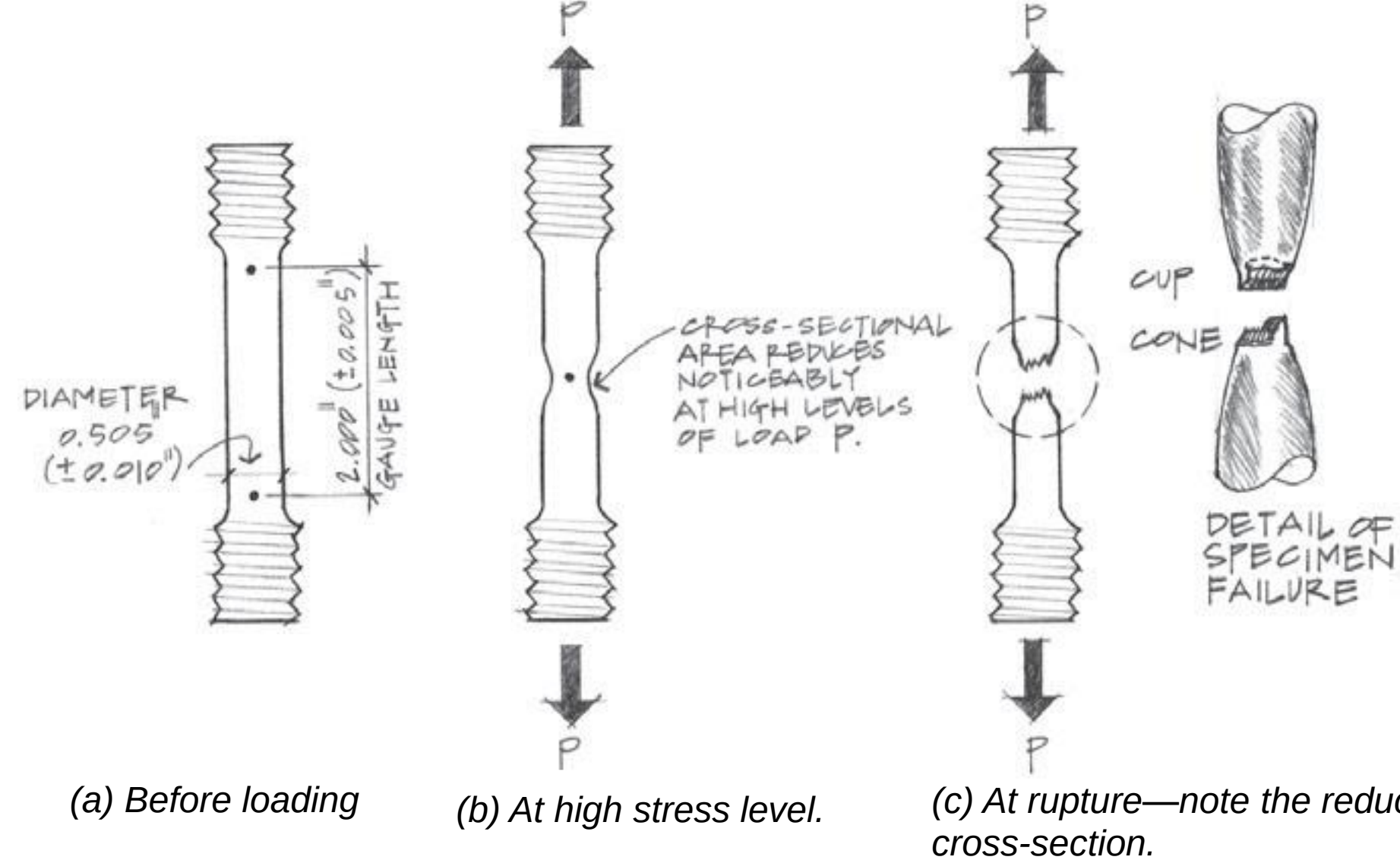
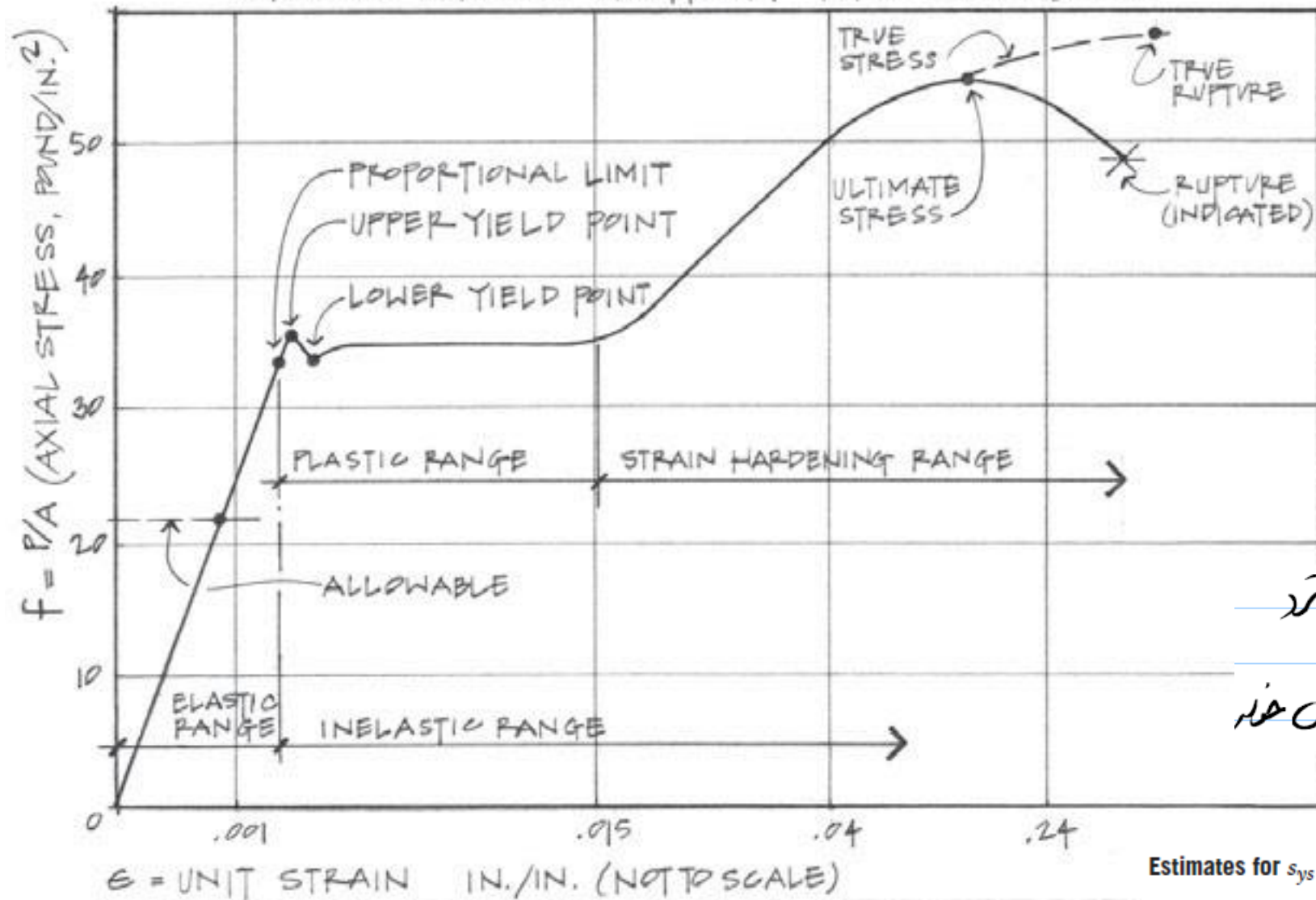


Figure 19 Steel specimens—original, with load, and at failure.

STRESS-STRAIN DIAGRAM MILD STEEL (A36)



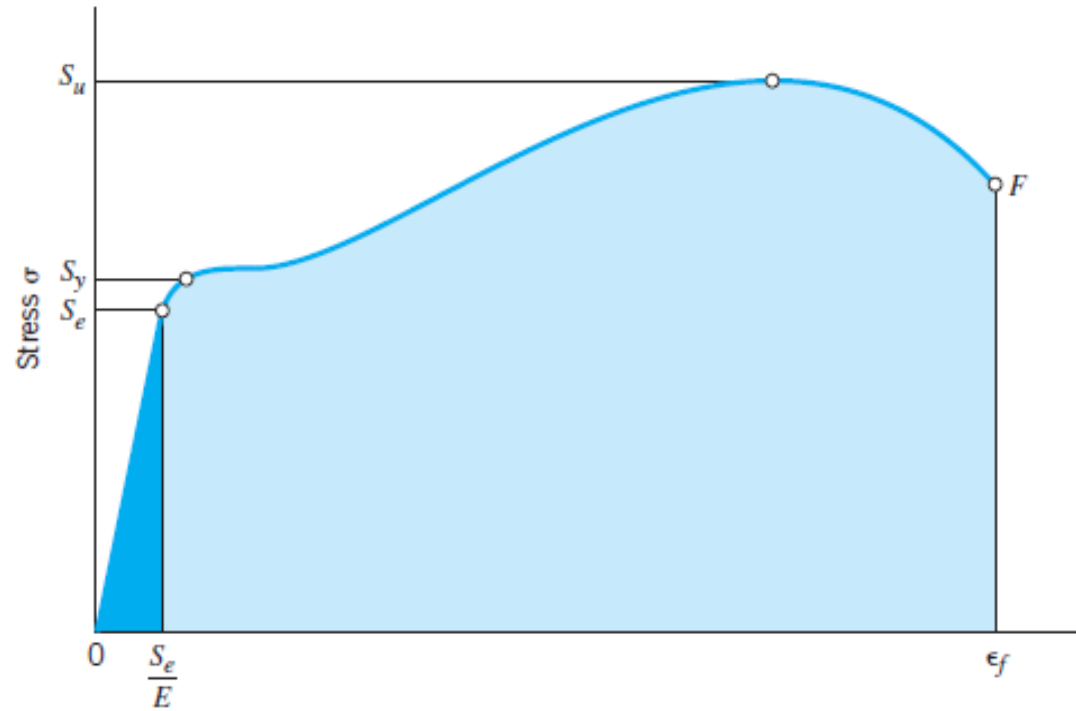
$\epsilon_f < 5\%$ ← مادی

$\epsilon_f > 5\%$ ← پلین خور

Estimates for s_{ys} and s_{us}

$s_{ys} = s_y/2 = 0.50 s_y$ = yield strength in shear

$s_{us} = 0.75 s_u$ = ultimate strength in shear



modulus of resilience

$$R_m = \frac{1}{2}(S_e)(S_e/E) = S_e^2/2E$$

Estimates for s_{ys} and s_{us}

$$s_{ys} = s_y/2 = 0.50 s_y = \text{yield strength in shear}$$

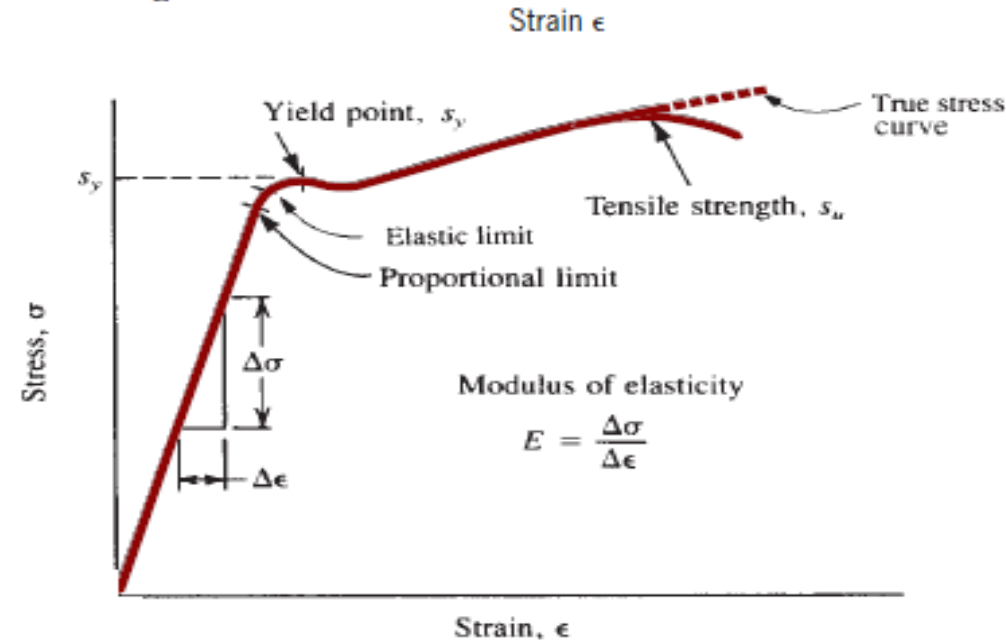
$$s_{us} = 0.75 s_u = \text{ultimate strength in shear}$$

Modulus of Elasticity in Shear

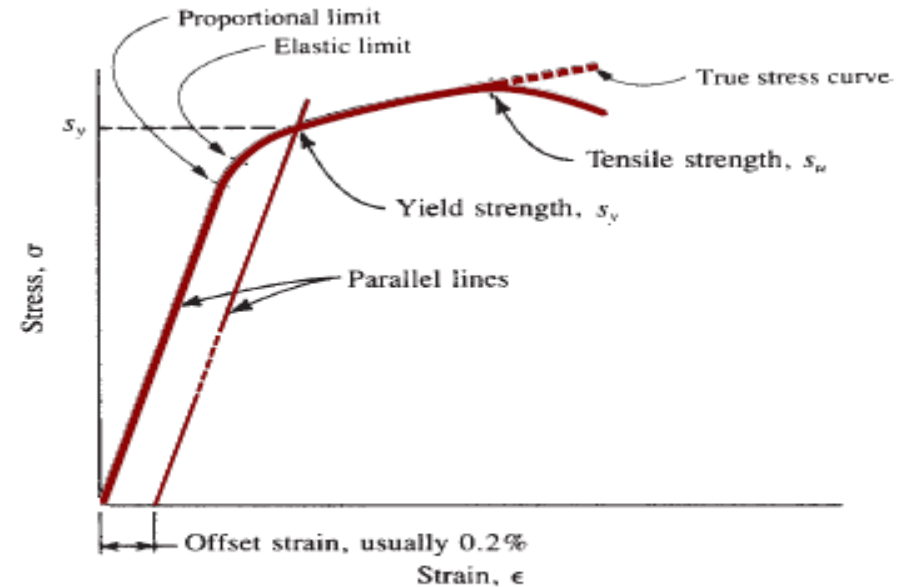
$$G = \frac{E}{2(1 + \nu)}$$

modulus of toughness T_m

$$T_m = \int_0^{\epsilon_f} \sigma d\epsilon$$

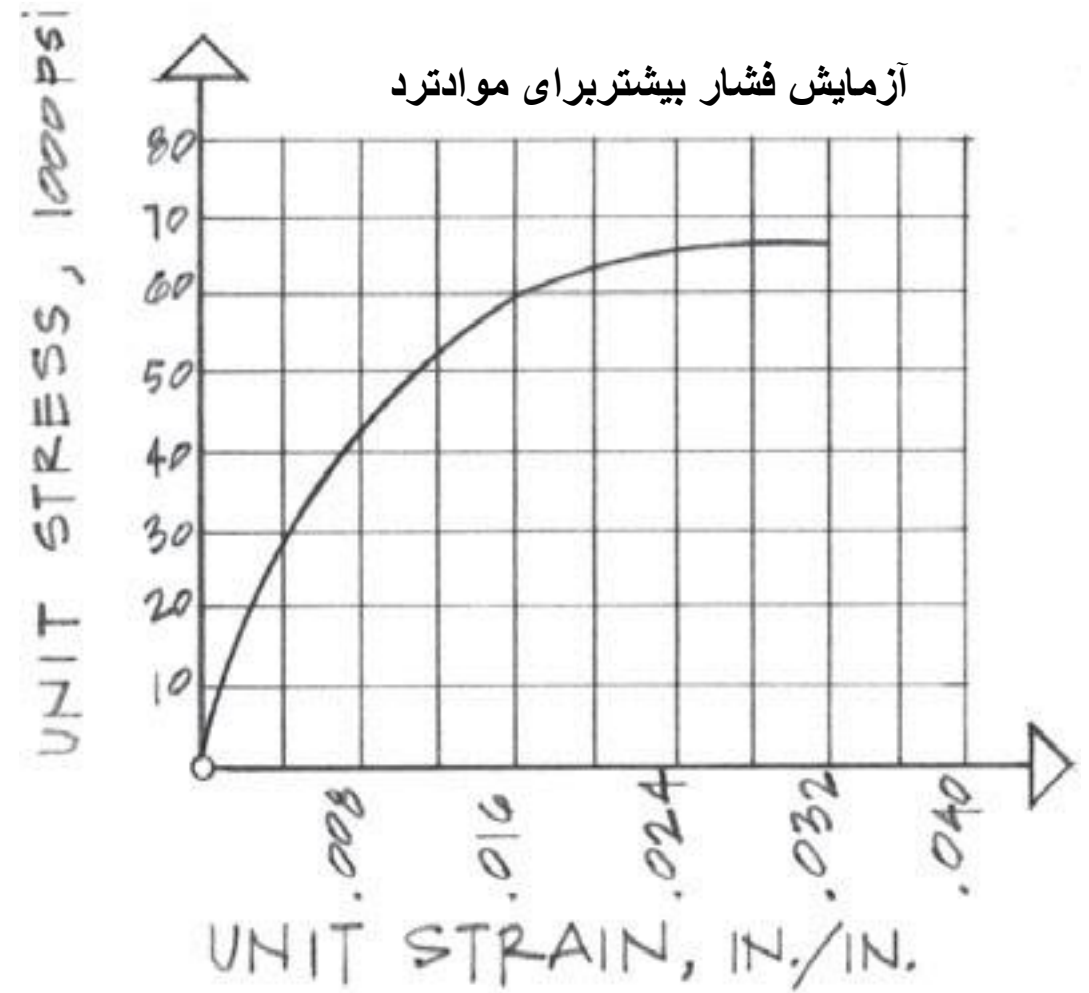
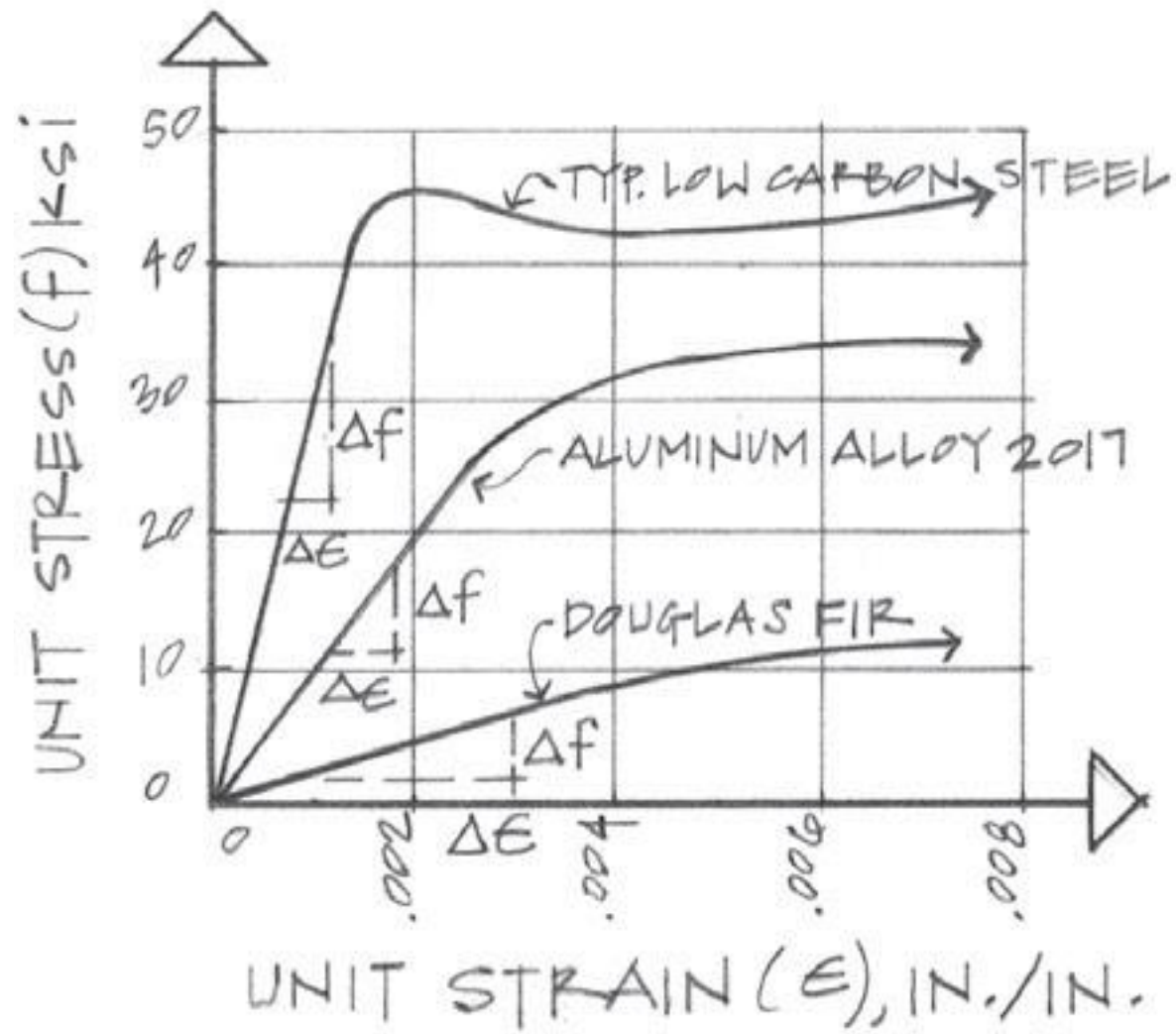


Typical stress-strain diagram for steel



Typical stress-strain diagram for aluminum and other metals having no yield point

$$T_m \approx \frac{s_y + s_u}{2} \epsilon_f$$



1- حد تناسب P: آن بیشترین حدتنشی است که نمودار به صورت خطی است و بعد از برداشتن بار به مقدار اولیه خود بازمیگردد.

2- حد الاستیک E: حداکثر مقدارتنشی است که در آن هیچ تغییر شکل دائمی در ماده بوجود نمی آید. در فاصله بین حد تناسب و الاستیک منحنی خطی نیست اما ماده هنوز در ناحیه الاستیک قرار دارد یعنی بعد از باربرداری به طول اولیه خود برمیگردد.

- 3- نقطه تسلیم σ_y :** مقدارتنشی که بعد از آن میزان تنش کرنش با سرعت بیشتری افزایش می یابد. به مقدارتنش در نقطه تسلیم مقاومت تسلیم و با S_y یا σ_y نشان میدهند. نقطه تسلیم برخی از مواد کاملاً مشخص نیست از این رو برای تعیین این نقطه معمولاً از تعریف 0.2 درصد کرنش باقیمانده استفاده میکنند یعنی نقطه ای که بعد از باربرداری تا 0.2 درصد روید کرنش باقیمانده دارد بنابراین به اندازه 0.2 درصد کرنش روی محور افقی یعنی کرنش ها نقطه ای مشخص و بموازات خط الاستیک یعنی شیب در نقطه صفر رسم کرده و نقطه تقاطع آنرا با منحنی نقطه تسلیم می نامند.
- 4- مقاومت نهایی U:** حداکثر تنش در نمودار تنش-کرنش مقاومت نهایی S_u ماده است و بعنوان مقاومت کششی نیز شناخته شده است. بعد از رسیدن نمونه به این نقطه، رفتار ماده به صورت گردنه (necking) یا باریک شدگی نمایان میشود.
- 5- نقطه شکست Rupture or Fracture:** نقطه ای که ماده بیش از حد تغییر شکل داده و می شکند.

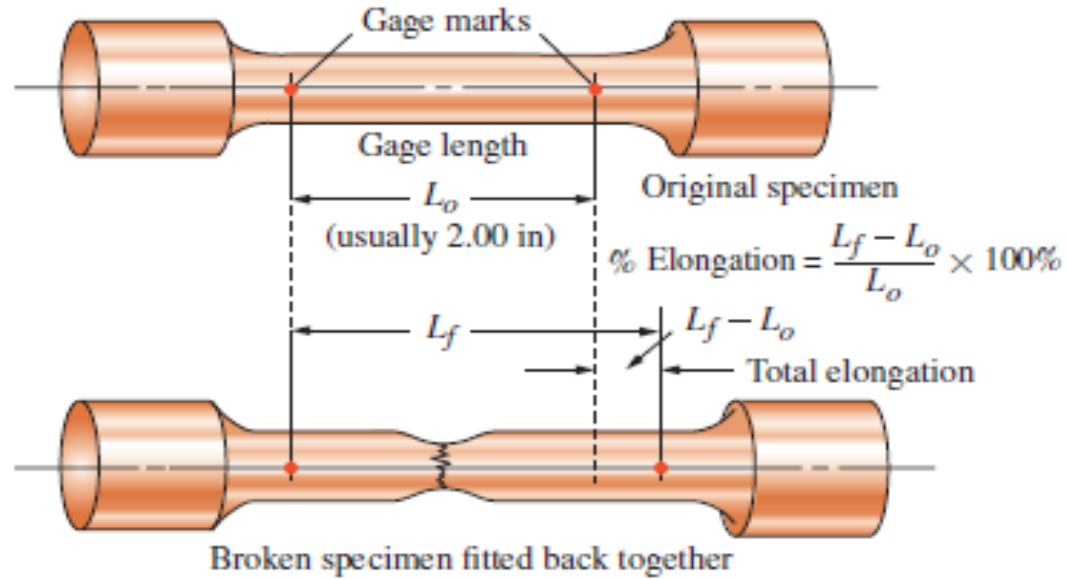
6-کشیدگی یا ازدیاد طول (نرمی Ductility): قابلیت یک ماده به افزایش طول بدون شکست را افزایش می نامند و ضریب در 100 درصد افزایش طول را نشان میدهد.

$$\left(\frac{L_f - L_o}{L_o} \right) \times 100\% = \% \text{ of elongation}$$

where

L_o = original specimen length

L_f = length of specimen at rupture (fracture)



Measurement of percent elongation

درصد تغییر سطح نسبت به سطح اولیه
نمونه را پس از شکست در صد کاهش
سطح می نامند.

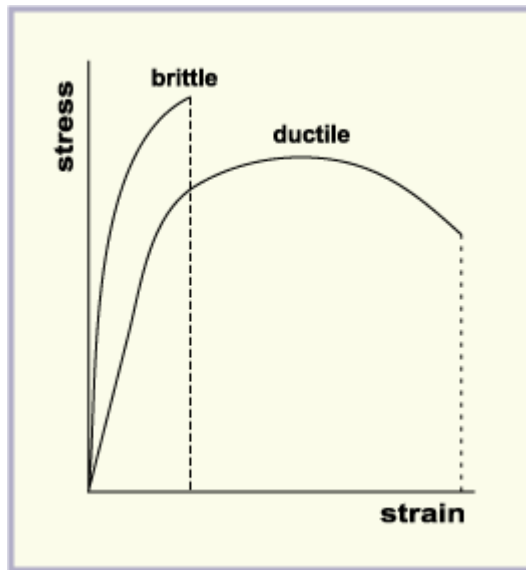
$$\% \text{ reduction in area} = \left(\frac{A_o - A_f}{A_o} \right) \times 100\%$$

where

A_f = reduced area at failure

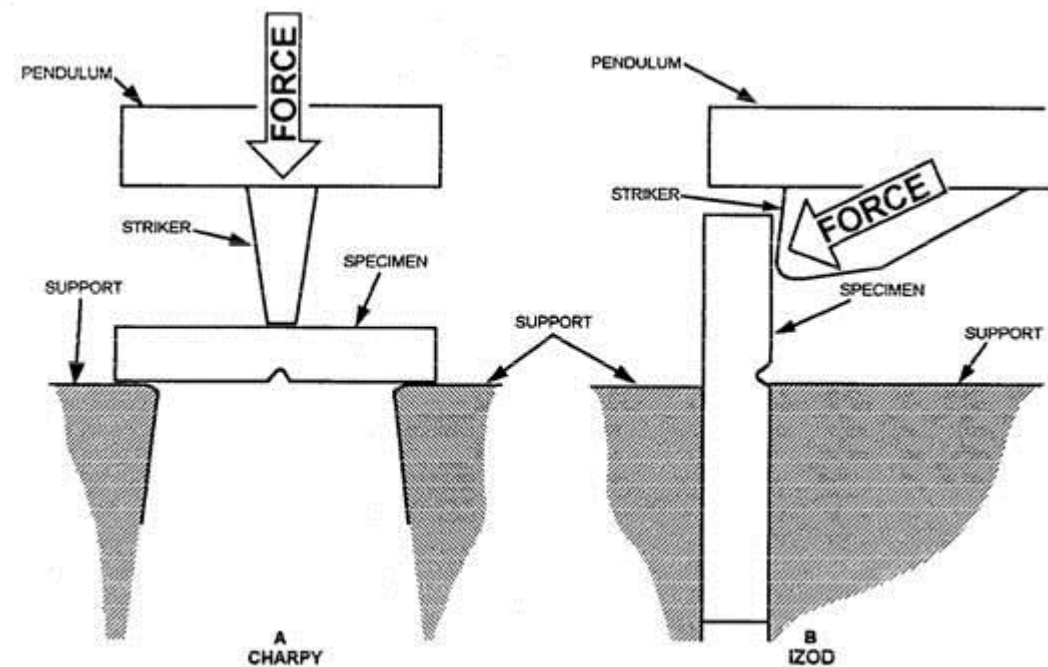
A_o = original cross-sectional area

سفتی معیاری از میزان انرژی جذب شده توسط ماده قبل از لحظه شکست است. این کمیت در مواردی که قابلیت تحمل ضربه بدون خطر شکست مطرح باشد اهمیت پیدا می کند. میزان انرژی ذخیره شده در ماده پیش از شکست از منحنی تنش - کرنش آن قابل محاسبه است.



معمولاً اجسام نرم بیش از اجسام ترد قابلیت جذب انرژی را دارند که این نکته با تجربه، موافقت دارد. معمولاً برای محاسبه سفتی یا چقرمگی ماده به جای استفاده از منحنی های تنش - کرنش از آزمایش ضربه استفاده می کنند. تست ضربه شاریپی شناخته شده است، یک آزمایش نرخ کرنش بالا است که مقدار V بعنوان تست شاریپی شیار (charpy impact test) انرژی ذخیره شده بوسیله ماده در ضمن شکست راتعیین می کند. این مقدار انرژی، اندازه گیری سفتی ماده داده شده را نشان می دهد، که بصورت گسترده در صنعت مورد استفاده قرار می گیرد و وسایل فراهم کردن آن نیز ارزان می باشد. این

تست در جنگ جهانی دوم بوسیله دانشمند فرانسوی (Georges charpy) توسعه پیدا کرد و امروزه در بیشتر صنایع بعنوان یک وسیله آزمایش در ساختمان ظروف فشار، پل ها و... مورد استفاده قرار می گیرد. شمای روش آزمایش ضربه در شکل (1-42,43) آمده است. نمونه آزمایش که در عرض آن شیار ایجاد شده است، روی سندان قرار می گیرد. سندان روی پایه دستگاه آزمایش نصب شده است. قسمت دیگر دستگاه آونگی است و در شکل مشاهده می شود (روش آزمایش شاریپی وایزود Izod). آزمایش با بالا بردن آونگ تا ارتفاع معین و رها کردن آن صورت می گیرد. آونگ به نمونه برخورد کرده، آنرا می شکند و به سمت بالا می رود. با اندازه گیری ارتفاع آونگ قبل و بعد از شکستن نمونه می توان مقدار انرژی جذب شده را محاسبه کرد. ارتفاع آونگ را می توان از روی عقربه و صفحه مدرج محاسبه نمود. ابعاد و شکل نمونه آزمایش ضربه و همچنین طول و جرم آونگ استاندارد شده اند. در نتیجه استاندارد کردن این متغیرها امکان مقایسه مستقیم نتایج آزمایش مواد مختلف با دستگاههای آزمایش متفاوت وجود دارد. مقادیر نتیجه گرفته شده از آزمایش ضربه، انرژی مورد نیاز به شکست نمونه است که می تواند برای اندازه گیری سفتی فلز و مقاومت تسلیم آن بکار رود. عوامل موثر در آزمایش ضربه شاریپی مقاومت تسلیم و نرمی، شیارها، نرخ کرنش و مکانیزم شکست آن دارد. برای اطلاع بیشتر به (charpy impact test factors on variables for testing, john Holt American Society and Materials) مراجعه گردد.



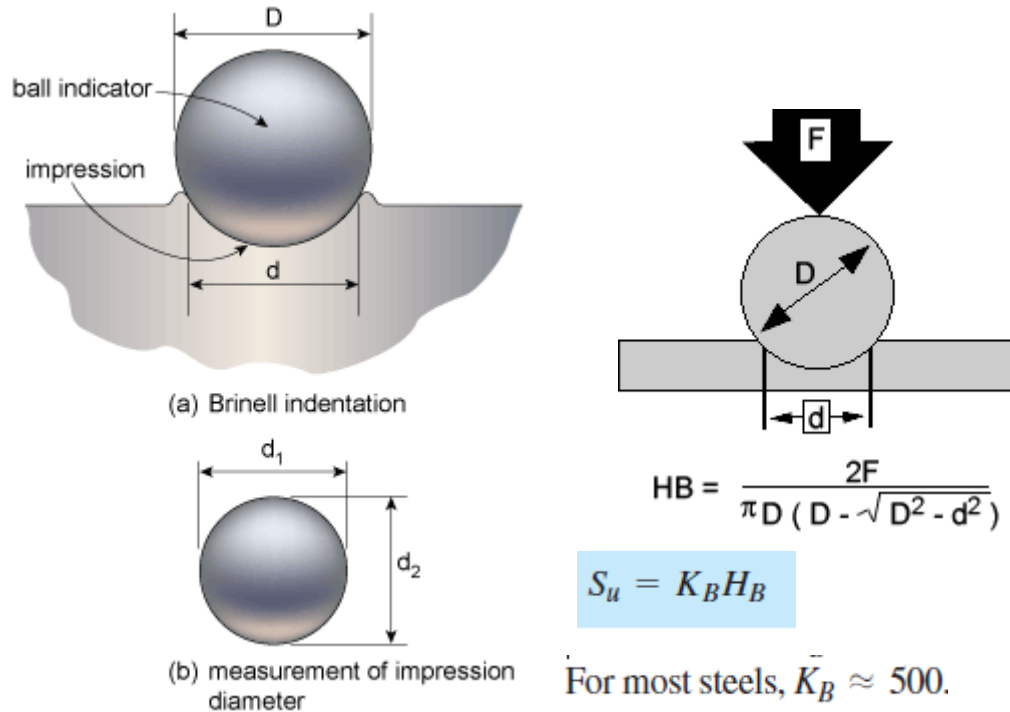
سختی خاصیت اصلی یک ماده نیست بلکه معیاری از مقاومت ماده در مقابل تغییر شکل دائمی است. بطور کلی سختی عبارتست از مقاومت به نفوذ آن، هرچه سختی بیشتر باشد مقاومت به نفوذ نیز بیشتر می شود. این آزمایش سختی به سبب سادگی آن و نیز باین علت که چون می توان آنرا به سهولت به مقاومت کششی و تسلیم فولاد ها ارتباط داد کاربرد وسیعی پیدا کرده است. در روش آزمایش نیروی مشخصی بر فرورونده وارد می آید. غالباً ماده فرو رونده سخت تر از ماده مورد آزمایش است برای این منظور از موادی مانند فولاد سخت شده، کربور تنگستن و الماس استفاده می کند. پس از ایجاد فرو رفتگی، فرو رنده را از روی نمونه بر میدارند. عدد سختی تابع شکل هندسی فرو رفتگی و نوع آزمایش است. اغلب نوع آزمایش باعث سردرگمی می شود.

چهار نوع آزمایش سختی در این کتاب ثبت شده است. بطوری که در این آزمایشات مشاهده می شود شکل فرو رنده ها متفاوت است. در سه آزمایش اول (برینل، ویکرز و نوپ) عدد سختی تابع نیروی وارده و شکل فرو رفتگی است. در آزمایش راکول شکل فرو رنده و مقدار نیرو مشخص هستند و عدد سختی فقط تابع عمق فرو رفتگی است. آزمایشهای سختی که ثبت شده اند، عملاً مناسب تشخیص داده شده و به صورت استاندارد در آمده اند. از روش آزمایش سختی معلوم می شود که سختی تابع قابلیت تغییر شکل پلاستیکی ماده است. قابلیت تغییر شکل خود به نوبت به تنش تسلیم و تنش نهائی بستگی دارد.

برای هر ماده خاص و آزمایش سختی مشخص، می توان رابطه تجربی بین دو عدد سختی و استحکام آن ماده را بدست آورد چندین رابطه ای که در کنترل کیفیت قطعات انبوه سازی شده بسیار مفید است. آزمایش سختی خیلی ساده تر از آزمایش لازم برای تهیه منحنی تنش – کرنش است و نمونه آزمایش هم از بین نمی رود.



در آزمایش سختی برینل، یک گلوله فولادی سخت، معمولاً به قطر 10mm راتحت نیروی معینی بداخل ماده آزمایش فشار میدهند. معمولاً این نیرو یا بار برای موادی نظیر آهن و فولاد 500kg است. قطر عرقچین (اثر گلوله) توسط یک میکروسکوپ کوچک اندازه گیری می شود و بوسیله رابطه (1-40) می توان عدد سختی برینل را بدست آورد. معمولاً جدول هائی همراه دستگاه است که مستقیماً پس از خواندن قطر عرقچین (Impression) سختی را برحسب برینل نشان میدهند. شکل (1-45) ماشین های سختی برینل را نشان میدهند. نمونه را روی سندان قرار داده و آنرا بوسیله پیچی بالامیبرند تا با گلوله فولادین تماس شود. بار را بوسیله یک سیلندر هوا به مدت 30 ثانیه وارد میکنند سپس آنرا آزاد کرده و قطر عرقچین را اندازه گیری می کند. سختی برینل مس نرم شده حدود 40، فولاد بازر نرم شده حدود 200 و فولاد سخت شده حدود 650 است. هنگامیکه سختی فلزات آزمایش بیش از 500 برینل باشد بمنظور اجتناب از تغییر شکل فرورونده از گلوله های کربورتنگستن استفاده می کنیم. شکل زیر روش آزمایش و محاسبه آنرا نشان میدهد.



$$S_y = 1.05 S_u - 30,000 \text{ psi}$$

$$S_y = 525 H_B - 30,000 \text{ psi}$$

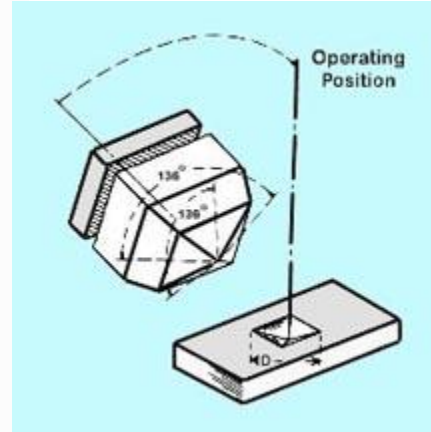
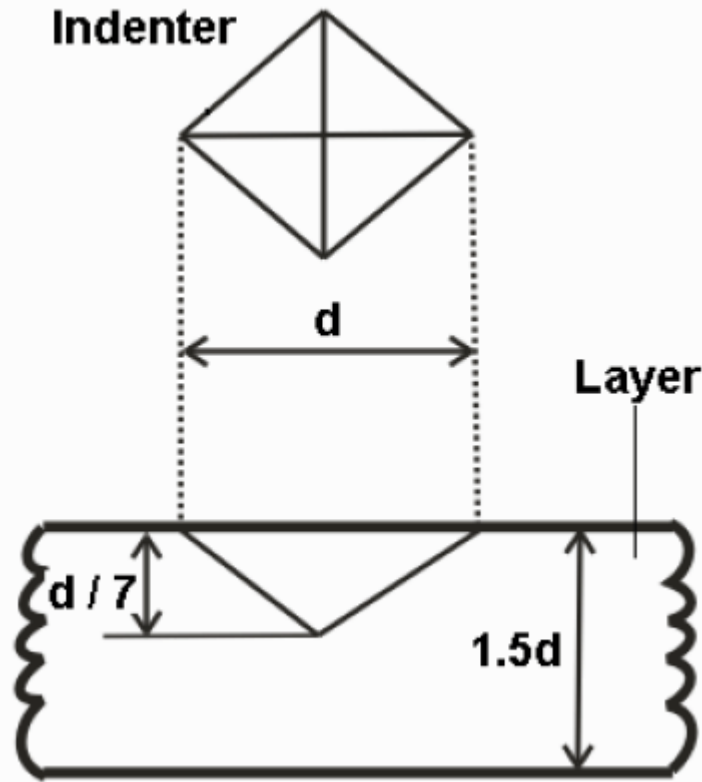
که در آن F نیروی وارده برحسب Kgf، D قطر گلوله فرو رونده فولاد یا کربورتنگستن 5 mm، 10mm، قطر محل فرورفته برحسب mm و HB نیز عدد سختی فلز می باشد.

رابطه مقاومت کششی با عدد سختی برینل بوسیله رابطه $\sigma_{ut} (\text{Psi}) = 500 \text{ HB}$ نوشته می شود.

جدول زیر اعداد سختی برینل بعضی از مواد را بدست می دهد.

Softwood (e.g., pine)	1.6 HBS 10/100
Hardwood	2.6–7.0 HBS 1.6 10/100
Aluminium	15 HB
Copper	35 HB
Mild steel	120 HB
18-8 (304) stainless steel annealed	200 HB ^[4]
Glass	1550 HB
Hardened tool steel	1500–1900 HB
Rhenium diboride	4600 HB
Note: Standard test conditions unless otherwise stated	

عملکرد اصلی آزمایش سختی ویکرز مشابه آزمایش سختی برینل می باشد با این تفاوت که بجای فرورونده گلوله ای از هرم الماسی مربعی شکل مانند شکل زیر استفاده می شود. چونکه اندازه گیری عمق نفوذی مربعی آسانتر است بنابراین این 136° با مشخصات نوک هرم فرورونده آزمایش دقیقتر از برینل می باشد. برای انجام آزمایش ویکرز بار معینی (از قبل تعیین شده) را بر نمونه وارد می کنند. بعد از برداشتن بار نسبت بار موثر به سطح اثر مقدار عدد سختی را میدهد. طول قطر اثر هرم بایک میکروسکوپ اندازه گیری می شود. عمل وارد کردن و برداشتن بار بطور اتوماتیک کنترل می شود. سختی سنج ویکرز برای آزمایش نرم ترین و سخت ترین مواد تحت بارهای متغیر بسیار دقیق مناسب است. این بدست می آید. (1-41) دستگاه برای آزمایش مواد بسیار سخت بینهایت مناسب می باشد. عدد سختی هرم الماسی ویکرز از معادله



$$HV = \frac{2F \sin \frac{136^\circ}{2}}{d^2} \quad HV = 1.854 \frac{F}{d^2} \text{ approximately}$$

To convert HV to MPa multiply by 9.807

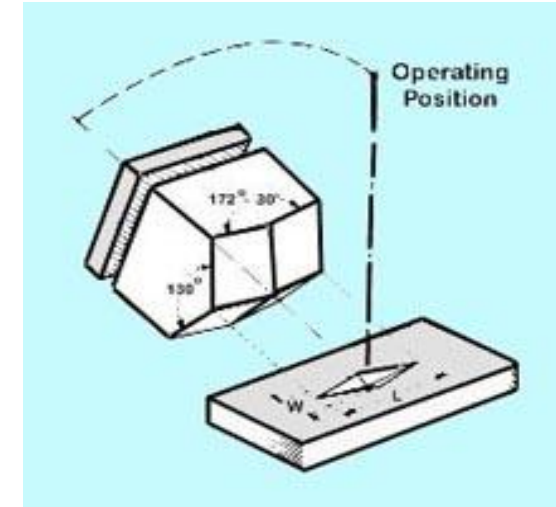
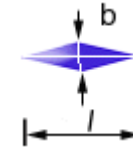
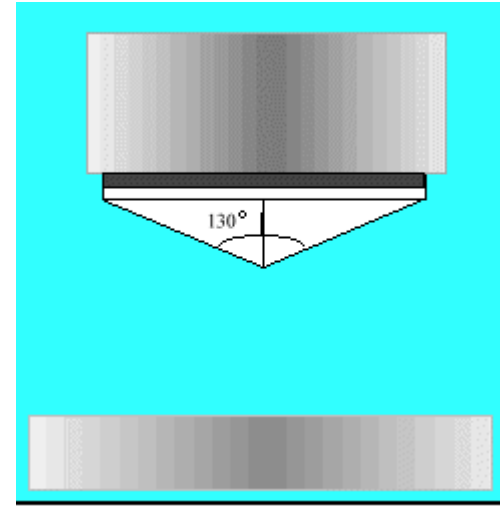
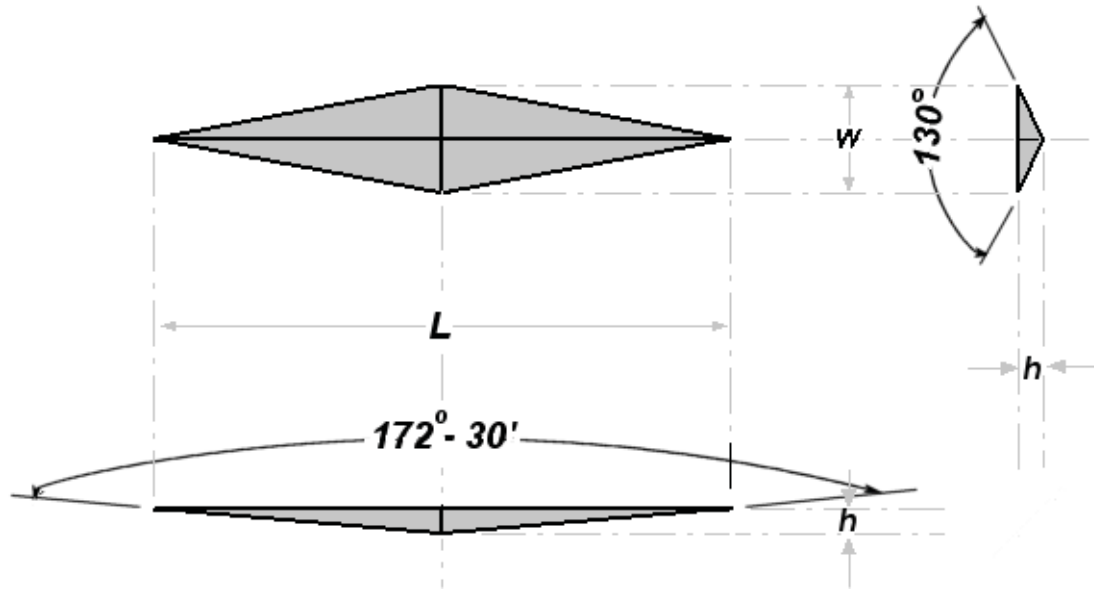
To convert HV to GPa multiply by 0.009807

mm بر حسب d و Kgf بر حسب F



آزمایش سختی نوپ :Knoop's Hardness test

این روش آزمایش ریز سختی مکان های مشخص روی سطوح غیرهمجنس یا نمونه های خیلی نازک بکار میرود. یک فرورونده هرم الماسی با در قسمت طولی می باشد. شکل های زیرنمای فرورونده و محل فرورفتگی را نشان می دهند⁰30'-172 در قسمت عرضی و زاویه ⁰130 زاویه



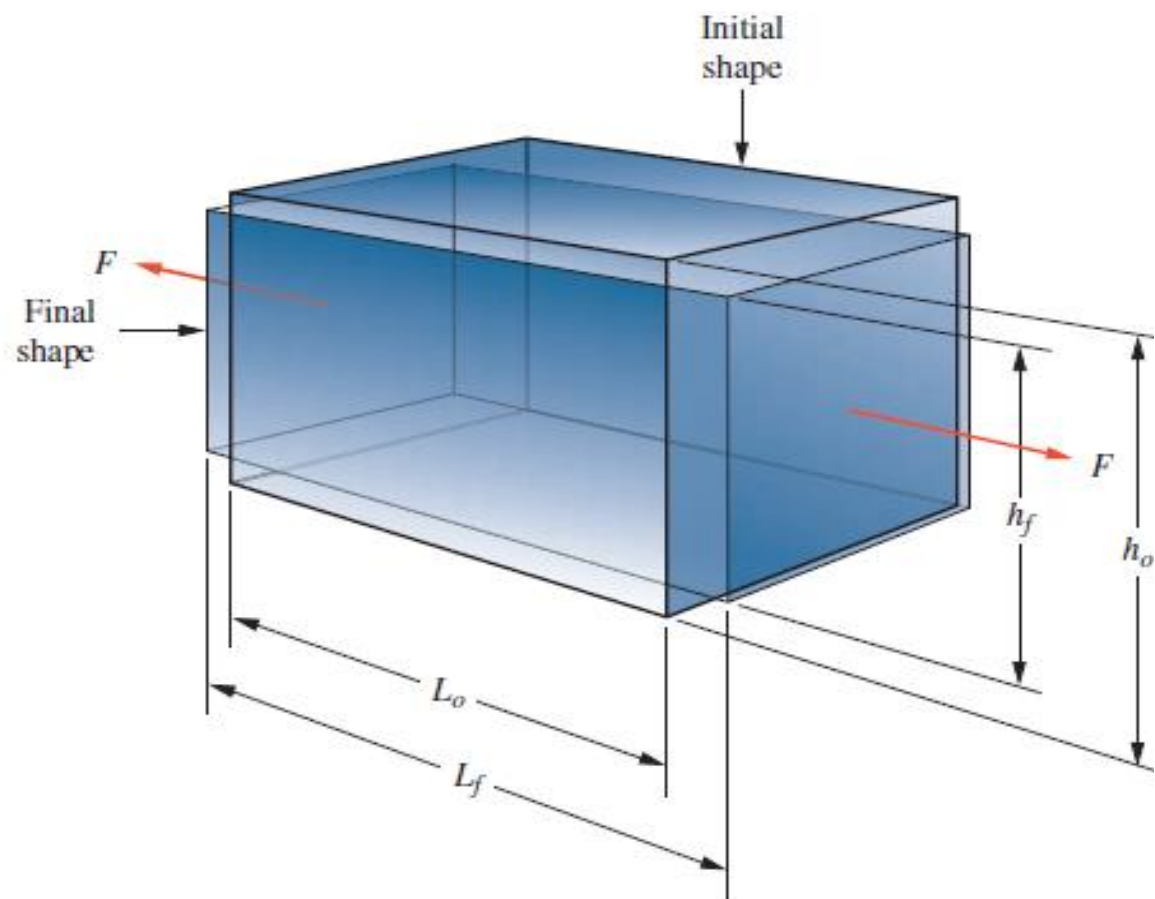
$$HK = \frac{\text{load(kgf)}}{\text{impression area(mm}^2\text{)}} = \frac{P}{C_p L^2}$$

L = length of indentation along its long axis

C_p = correction factor related to the shape of the indenter, ideally 0.070279

P = load

$$HK = 14.2 \frac{P}{L^2}$$



$$\text{Axial strain} = \frac{L_f - L_o}{L_o} = \epsilon_a$$

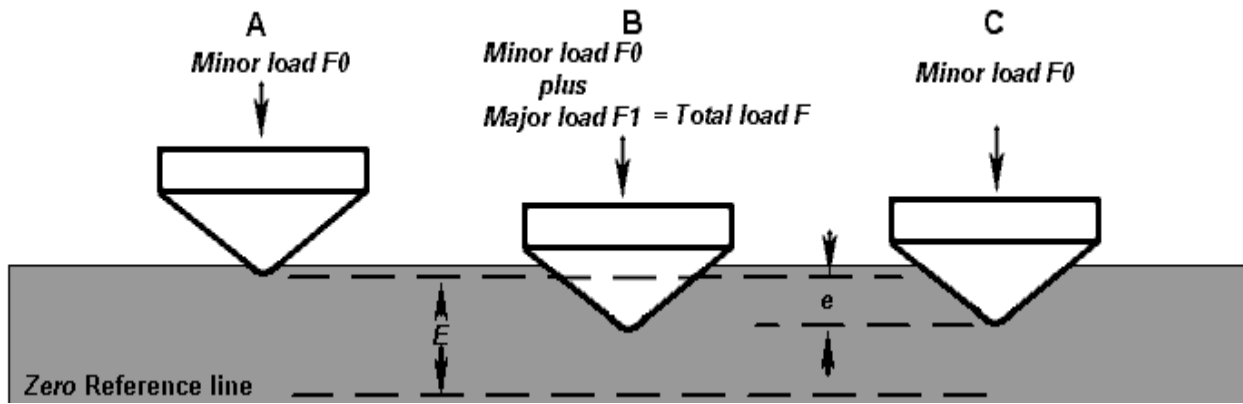
$$\text{Lateral strain} = \frac{h_f - h_o}{h_o} = \epsilon_L$$

$$\text{Poisson's ratio} = \frac{-\epsilon_L}{\epsilon_a} = \nu$$

TABLE 2-1 Approximate Values of Poisson's Ratio, ν

Concrete	0.10–0.25	Aluminum (most alloys)	0.33
Glass	0.24	Brass	0.33
Ductile iron	0.27	Copper	0.33
Gray cast iron	0.21	Zinc	0.33
Plastics	0.20–0.40	Phosphor bronze	0.35
Carbon and alloy steel	0.29	Magnesium	0.35
Stainless steel (18-8)	0.30	Lead	0.43
Titanium	0.30	Rubber, elastomers	~0.50

Notes: Values are approximate and vary somewhat with specific composition. Rubber and elastomers approach a limiting value of 0.50.



شکل (1-50) اساس آزمایش سختی راکول

$$HR = E - e \quad (1-43)$$

F_0 = preliminary minor load in kgf

F_1 = additional major load in kgf

F = total load in kgf

e = permanent increase in depth of penetration due to major load F_1 measured in units of 0.002 mm

E = a constant depending on form of indenter: 100 units for diamond indenter, 130 units for steel ball indenter

HR = Rockwell hardness number

D = diameter of steel ball

• سختی راکول *Rockwell hardness test*

- سختی سنج راکول که در شکل (1-51) نشان داده شده مانند آزمایش برینل مقاومت به نفوذ جسم را اندازه گیری میکند ولی بجای قطر اثر عمق آنرا اندازه میگیرد. سختی راکول مستقیماً روی صفحه ای که به ماشین بسته شده نشان داده می شود. به منظور کاهش مشکلات مربوط به غیر یکنواختی سطح نمونه ، یک بار فرعی (بار اولیه) 10kg وارد می کنند و سپس بار اصلی (بار ثانویه) وارد می شود، بار اصلی را برداشته ولی در این حالت هنوز بار فرعی نیرو اعمال می کند، عدد سختی را از روی صفحه مدرج می خوانند. هر قسمت روی صفحه مدرج فاصله 0.00008 اینچ نفوذ را نشان میدهد. به سبب برگشت تنظیم اعداد روی صفحه مدرج ، اعداد بالا بایک اثر سطحی و کم عمق در مواد سخت ، و اعداد پایین بایک اثر عمیق در مواد نرم مناسب هستند. وقتی مواد نرم آزمایش می شوند یک گلوله فولادی به قطر 1/16" ببار 100kg مورد استفاده قرار میگیرد و عدد سختی از روی مقیاس B خوانده می شود. هنگام آزمایش مواد سخت یک مخروط با گلوله الماسی ببار 100kg بکار میرود و سختی روی مقیاس C خوانده میشود. کربورتنگستن و مواد بسیار سخت مشابه با استفاده از یک بار کم 60kg آزمایش میشود تا از شکستگی الماس جلوگیری کنند. وقتی مواد بسیار سخت آزمایش می شوند، فشار روی نوک الماس ممکن است به 3 یا 4 میلیون پوند بر اینچ مربع برسد.
- سختی سنج راکول برای آزمایش مواد نازک ، سطوح سخت شده سطحی و نیترووره شده (آزت داده شده) بکار میرود. در این آزمایش برای بدست آوردن عدد سختی بایستی عمقی که بوسیله نوک فرو رونده تحت بار ثابتی به جسم فرو میرود و عمقی رانیز که از فرو رونده تحت بار فرعی ایجاد میکند تعیین کنیم و در این حالت عدد سختی عبارت از اختلاف این دو ارتفاع عمق خواهد بود، یعنی عمق اضافی که فرو رونده در حالت بار اصلی بیش از بار فرعی به ماده مورد آزمایش فرو میرود. سختی سنج های راکول به سبب سرعت عمل و سهولت کاربردشان برای آزمایش های تولید و کنترل روش مورد استعمال وسیعی پیدا کرده اند.
- دیاگرام شکل زیر اصول کار و روش آزمایش را نشان می دهد.

- $D = \text{diameter of steel ball}$

Scale	Indenter	Minor Load F0 kgf	Major Load F1 kgf	Total Load F kgf	Value of E
A	Diamond cone	10	50	60	100
B	1/16" steel ball	10	90	100	130
C	Diamond cone	10	140	150	100
D	Diamond cone	10	90	100	100
E	1/8" steel ball	10	90	100	130
F	1/16" steel ball	10	50	60	130
G	1/16" steel ball	10	140	150	130
H	1/8" steel ball	10	50	60	130
K	1/8" steel ball	10	140	150	130
L	1/4" steel ball	10	50	60	130

عملیات حرارتی:

هدف:

1- حذف تنشهای پسماند (تنش های مانده)

2- افزایش چکش خواری

3- افزایش سختی

آنیله کردن (Anealing) یا بازپخت:

عبارتست از گرم کردن فولاد تا 300-350 درجه سانتیگراد و سرد کردن تدریجی

در اثر این عمل دانه ها حرکت کرده و نابجائی های جدید بوجود می آید که امکان کار سرد مجدد فراهم میشوند. همچنین باعث حذف تنش های مانده در جسم می شود.

Tempering (آبگیری):

شبیه آنیله کردن است اما در دمای پایین تر تا حداکثر 200 درجه سلسیوس

پس از اینکه قطعه با آب دهی کامل تا دمایی بالاتر از دمای بحرانی کاملاً سخت شد، دوباره تادمای زیر دمای بحرانی حرارت داده میشود و پس از باقیماندن در این دما برای زمانی مشخص آن را در هوای ساکن خنک می کنند. این عملیات گرم کردن مجدد موجب آزاد شدن کربن محبوس در مارتنزیت و شکل گیری بلورهای کاربیدی میشود. تنش های پسماند تقریباً حذف میشوند اما کاهش سختی و بازگرداندن چکش خواری بسیار محدود می باشد

Quenching (آب دادن):

گرم کردن تا بالای دمای بحرانی و سرد کردن ناگهانی آن. بدین ترتیب سطح فولاد سخت شده و استحکام سایشی آن نیز افزایش می یابد.

باعث ایجاد تنش های پسماند بین لایه ها شده و ممکن است باعث پوسته پوسته شدن فولاد گردد. خنک کردن ناگهانی با دوش آب، فرو کردن در آب یا روغن و گاهی با سرد کردن در هوا حاصل میشود.

سخت کاری پوسته ای (Case Hardening) :

منظور از سخت کاری پوسته ای ،سخت کردن سطح خارجی قطعاتی از فولاد کم کربن است در عین اینکه هسته داخلی شکل پذیری و چقرمگی خود را حفظ کند. این کار با قراردادن فولاد در کوره به همراه پودر کربن که باعث دیفیوژ شدن کربن در سطح فولاد شده و سختی آن را افزایش میدهد.

مواد مهندسی در طراحی:

$$S_{yt} = \frac{1}{5} S_{yc} \quad \text{چدن (Cast Iron) :}$$

چدن سفید (white cast iron) ،چدن خاکستری (Gray Cast Iron) ،چدن چکش خوار Malleable ،چدن شکل پذیر (Maleable) یا چدن کروئ

بستگی به میزان کربن دانه ها اشباع از کربن و اضافه کربن در مرز دانه ها رسوب کرده که به صورت ترک عمل کرده و باعث افت استحکام کششی میشوند. اضافه کردن منیزیم باعث افزایش چکش خواری میشود.

فولاد (Steel) :

فولادهای ساختمانی: کرنش شکست بالا، چکش خوار، استحکام معمولاً در حدود 350-600Mpa

در استاندارد DIN با St و یک عدد دورقمی نشان داده میشود.

در ساخت پروفیل ها و تیرهای ساختمانی و ورق، همچنین در قطعات ماشینکاری کاربرد گسترده دارد چونکه ماشینکاری آن ساده است. در جوشکاری مناسب است چون براحتی کواپنج نمیشود.

$$St37 \rightarrow 0.37\% \text{ کربن} \rightarrow S_{ut} \approx 370 \text{ MPa} \rightarrow (S_y = 210 \text{ MPa})$$

فولادهای آلیاژی :

استحکامها 450 - 1000 Mpa

Ductility ↑

۱. گرم

Toughness ↑

critical temperature ↑

Wear resistance ↑

۲. سفت

Strength ↑ (S_y, S_u)

Ductility

۳. معمولاً همراه با گرم به کار می رود

۳. مغنر : براس خارج کردن کوکد از فولاد که باعث کاهش استیقاها گردد

باعث استایز برای عمیات حرارتی سخت کاری باشد

Hysteresis ↓

۴. سلیسم

Magnetic permeability ↑

Ductility ↓

در ماشینهای الکتریکی مانند هسته ترانسفورماتور و موتورهای
الکتریکی کاربرد دارد

۵. مدلیفین او انادیم و نئوسن

در دای بحرانی ↑ جهت کاربرد در ماشینها بالا (انرژی)
نئوسن باعث افزایش چقرمگی نیز می باشد

۴ در عدد 60٪ ، جرم حجمی تقریباً $\frac{1}{3}$ فولاد ، مدول یانگ نیز در حدود 70 GPa
($\frac{1}{3}$ فولاد)

در هفت سری تولید می شود که با اعداد چهار رقمی نشان داده می شوند

۱. سری ۱۵۵۰ : نرم ، قابلیت انتقال حرارت و جریان الکتریسیته - کاربرد در
کامپای آلودگی ، بدنه های هوا

۲. سری ۲۰۵۰ : آلیاژ باس ، با کارکرد استخوانی در عدد فولاد پیدا می کنند ،
قابلیت خوب برابر با سینی (بسیار کاربرد در مصارف ماشین سازی)

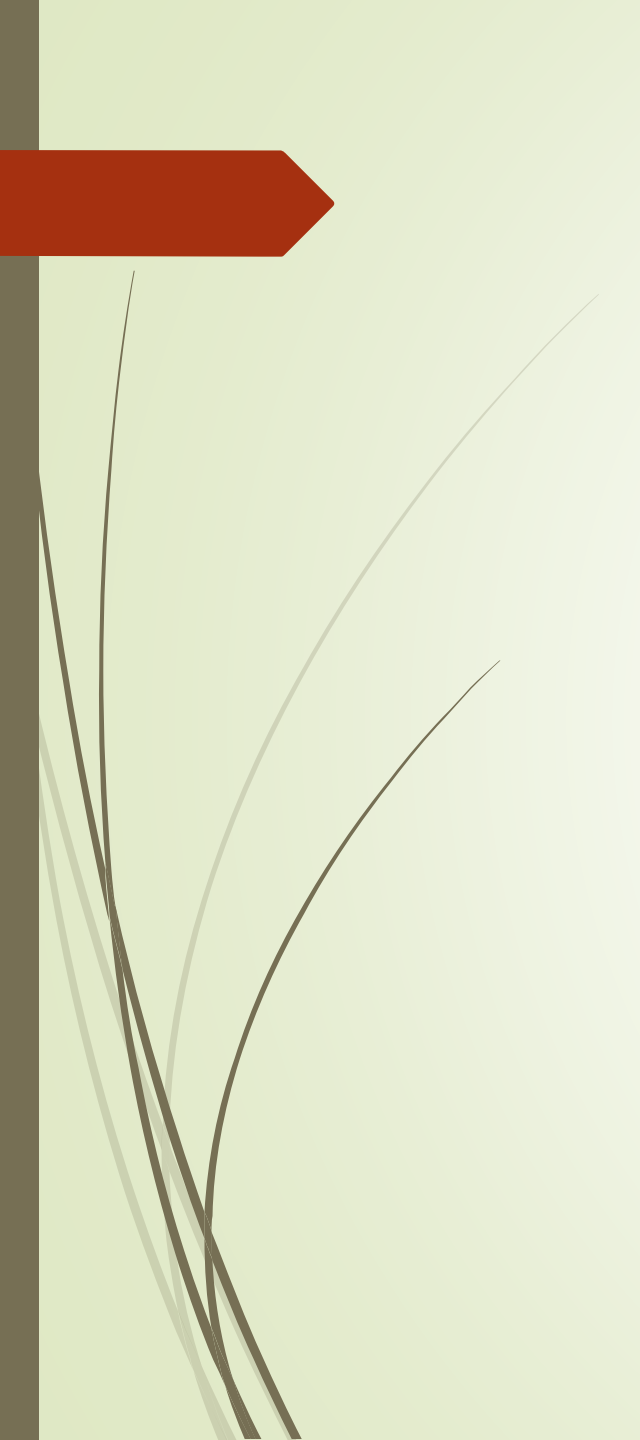
۳. سری ۳۰۵۰ : آلیاژ با فنتر ، کار سختی ، استحکام متوسط ، مقاوم در مقابل خوردگی
قابلیت جوشکاری - کاربرد در ورق سازی ، ظروف آب سردخانه

۴. سری 4000 : آبیاز، سیم، استکام متوسط، قابضت محکم، قابضت
انجام عملیات حرارتی، قابضت جریان یابی خوب در فرآیندهای تغییر شکل.
شکل پذیر در فرآیندهای

۵. سری 5000 : آبیاز، نیریم : مقام در حذر، مقام در دماهای بسیار پائین
جوش پذیر - کاربرد در صنعت بدنه کشتی، مخزنهای نفت و گاز

۶. سری 6000 : آبیاز، نیریم، سیم : استکام بالا، خفیه ضایع از کار سرد
قابضت تغییر نرم خوب در آستر شدن، مقام در حذر، کاربرد در صنعت
پر دینهای آلومینومی

۷. سری 7000 : آبیاز، قلع (شکلات خفیه سبک 2000)
کاربرد در صنعت هوافضا



پایان فصل دوم

Ramezankhah