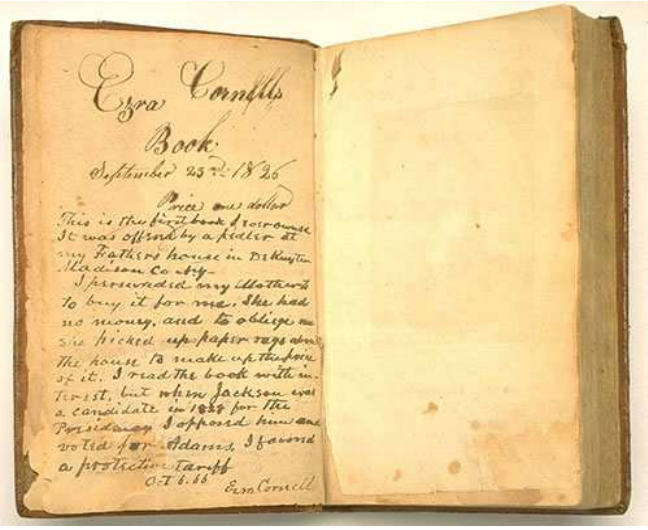
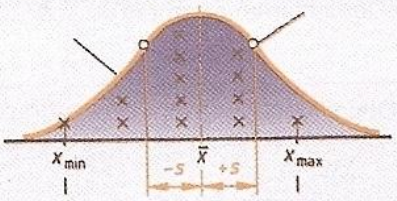
بسم الله الرحمن الرحیم

بزرگترین کتابخانه الکترونیکی در ایران


Ezra Cornell's Book.
September 23d 1826
Price one dollar
This is the first book I ever owned.
It was offered by a peddler at
my Father's house in Dryden
Madison County.
I persuaded my Mother to
to buy it for me. She had
no money, and to oblige me
she picked up paper rags about
the house to make up the four
of it. I read the book with in-
terest, but when Jackson was
a candidate in 1824 for the
Presidency I opposed him and
voted for Adams. I favored
a protective Tariff
Oct 6. 88
Ezra Cornell

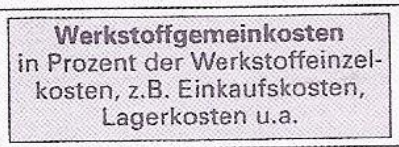
HTTP://WWW.PDF-BOOK.NET

۶ مهندسی تولید



۶-۱ مدیریت کیفیت

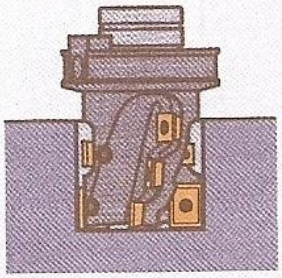
استانداردهای ISO 9000...9004 ..... ۲۷۸
طرح‌ریزی کیفیت، هدایت کیفیت، کنترل کیفیت ۲۸۰
ارزیابی آماری، توزیع نرمال ۲۸۱
هدایت فرآیند آماری ۲۸۳
توانایی کیفیت، کارت کنترل کیفیت ۲۸۵



۶-۲ طراحی تولید

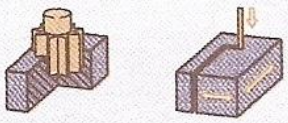
تعیین مدت زمان ۲۸۶
محاسبات هزینه، محاسبه هزینه (تعرفه) ساعتی ماشینها ۲۸۸

۶-۳ تولید با براده‌برداری



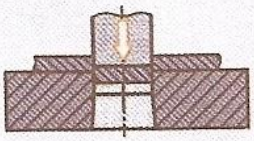
مدت زمان اصلی (ماشینکاری، عملیات) ۲۹۱
روغنکاری- خنک‌کاری ۲۹۶
تکه‌های ویدیا، تنه رنده‌های تکه ویدیا ۲۹۸
نیروها و توانها ۳۰۲
داده‌های براده‌برداری : سوراخکاری، برقوکاری، تراشکاری ۳۰۵
مخروط‌تراشی ۳۰۸
داده‌های براده‌برداری : فرزکاری ۳۰۹
تقسیم با دستگاه تقسیم ۳۱۱
داده‌های براده‌برداری : سنگ‌زنی و هونینگ ۳۱۲

۶-۴ اسپارک



مقادیر مرجع در اسپارک ۳۱۷
فرآیند ۳۱۸

۶-۵ جداکردن با برش

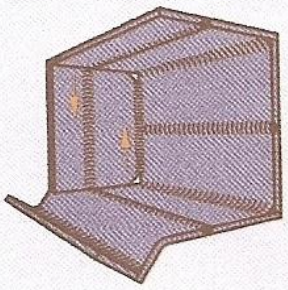


نیروی برش ۳۱۹
ابعاد سنبه و ماتریس برش ۳۲۰
محل دنباله قالب، بازدهی نوار ۳۲۱

۶-۶ شکل دادن

خمکاری ۳۲۲
کشش عمیق ۳۲۴

۶-۷ اتصالات جدانشدنی



جوشکاری، فرآیندها ۳۲۶
آماده‌سازی درزها ۳۲۷
جوشکاری با گاز، کپسولها ۳۲۸
جوشکاری با گاز محافظ، الکترودها ۳۲۹
جوشکاری برقی ۳۳۱
مصرف گاز و الکترود ۳۳۳
مقادیر و تلرانس برش لیزر ۳۳۴
لحیمکاری ۳۳۵
چسبکاری ۳۳۸

۶-۸ ایمنی کار و حفاظت محیط زیست

مطالب این فصل در قسمت صفحات رنگی از صفحه ۳۹۳ تا ۴۰۸ آمده است.

استانداردهای ISO 9000 ... 9004

استانداردهای خانواده ISO 9000 باید سازمانهای با هرنوع و اندازه را در عملی‌کردن سیستم مدیریت کیفیت (Qualitatsmanagement) و در کار با سیستمهای مدیریت کیفیت موجود قبلی کمک کرده و نیز درک متقابل در تجارت ملی و بین‌المللی را آسان کند.

استانداردهای مدیریت کیفیت

طبق DIN EN ISO 9000, 9001, 9004 (2000-12)

استاندارد	توضیح، محتوا
DIN EN ISO 9000	**اصول سیستم مدیریت کیفیت**
	اصول مدیریت کیفیت • تمرکز بر مشتری (Customer focus) • رهبری (Leadership) • مشارکت کارکنان و افراد • رویکرد فرآیندگرا (Process approach) • رویکرد سیستمی (System approach management) • بهبود مستمر (Continual Improvement) • رویکرد واقع‌گرایانه به تصمیم‌گیری (Factual approach to decision making) • ارتباط با تامین‌کننده براساس منافع متقابل (Mutually beneficial supplier)
	اصول سیستم مدیریت کیفیت (سیستم QM) • پایه‌گذاری سیستم QM • الزامات سیستم QM و محصولات • رویکرد نوشتاری برای سیستم QM • ملاحظات فرآیندگرا • خط مشی کیفیت و اهداف کیفیت • نقش بالاترین هدایت در سیستم QM • مستندسازی، استفاده و انواع • بررسی سیستم QM • بهبود مستمر • نقش روشهای آماری • سیستم QM به عنوان قسمتی از سیستم مدیریت کل • الزامات سیستم QM و بررسی مقایسه‌ای سازمانها به کمک معیارهای مدلهای عالی
	اصطلاح‌شناسی سیستم مدیریت کیفیت تعدادی از تعاریف و توضیحات : صفحه ۲۷۹
DIN EN ISO (1)9001	**الزامات سیستم مدیریت کیفیت** این استاندارد بین‌المللی برای سازمانهای با هر نوع شاخه دلخواه صنعتی یا اقتصادی و مستقل از طبقه محصول عرضه شده معتبر است. این استاندارد براساس اصول مذکور در ISO 9000 الزاماتی را برای سیستم QM تعیین می‌کند به‌طوری که سازمان • باید توانایی خویش را آنچنان فراهم کند و محصولاتی را تولید کند که خواسته‌های مشتری و مقامات دولتی و اداری را برآورده سازد. • سعی نماید رضایت مشتری بیشتر شده و فرآیند کار موجب بهبود مستمر سیستم گردد. الزامات تعیین شده ممکن است برای : • کاربرد داخلی توسط سازمان • اهداف گواهینامه • اهداف قرارداد به‌کار رود. این استاندارد براساس ملاحظات فرآیندگرا می‌باشد، یعنی هر فعالیت یا هر ترتیبی از فعالیتها و منابع را به‌کار می‌برد تا داده‌ها را به نتایجی تبدیل کند که به آن به عنوان فرآیند نگریسته می‌شود. **الزامات** سازمان باید • همه فرآیندهای لازم برای سیستم QM و کاربرد آن در سازمان را شناسایی کند، • ترتیب و اثر تغییر این فرآیندها را تعیین کند، • معیارها و متدهایی را تعیین کند تا اجرا و هدایت این فرآیندها را مطمئن سازد، • قابلیت دسترسی منابع و اطلاعات برای این فرآیندها را مطمئن سازد، • فرآیندها را پایش، اندازه‌گیری و تجزیه و تحلیل کند، • اقدامات لازم جهت بهبود دائم این فرآیندها را ببیند، • الزامات مستند سیستم QM را تأمین نماید و • متضمن هدایت اسناد و مدارک باشد. ۱) این استاندارد جایگزین استانداردهای سابق 9002 و 9003 گردید.
DIN EN ISO 9004	**راهنمای ملاحظات توان کلی، کارآیی سیستم مدیریت کیفیت** هدف این استاندارد بهبود سازمان و بهبود رضایتمندی مشتریان و سایر افراد و طرف قرارداد می‌باشد. این استاندارد برای اهداف گواهینامه و قراردادی پیش‌بینی نشده است.

تعاریف

تعاریف/ توضیحات — طبق DIN EN ISO 9000 (2000-12)	تعاریف (انتخاب)
اصطلاحات مربوط به کیفیت	
ملاحظات و مشخصات یک محصول که ملزومات و خواسته‌های موردنظر از آن محصول را برآورده می‌کند.	کیفیت
نیازهای پیش شرط و موظف از مشخصات یک واحد مثلا مقدار نامی، تلرانسها، ایمنی یا توانایی انجام کار	الزامات
رعایت و ملاحظه مشتری تا خواسته‌های او برآورده گردد.	رضایت مشتری
استقرار و آمادگی یک سازمان، یک سیستم یا یک فرآیند برای تحقق بخشیدن یک محصول تا خواسته‌های کیفی از آن محصول برآورده گردد.	توانایی
مشخصات و اصطلاحات انطباقی	
خواص مشخصه یک محصول یا یک فرآیند که در نتیجه الزامات بررسی کیفیت مطرح می‌شود. • مشخصات کمی (متغیر) مشخصات گسسته (مقادیر عدد) مثلا تعداد سوراخ، تعداد قطعه‌کار مشخصات پیوسته (مقادیر اندازه‌گیری) مثلا طولها، موقعیت، جرمها • مشخصات کیفی مشخصات ترتیبی (با ارتباط ترتیبی) مثلا آبی روشن- آبی- آبی تیره مشخصات ظاهری (بدون ارتباط ترتیبی) مثلا خوب- بد، آبی- زرد خواص مشخصه یک محصول، یک فرآیند یا یک سیستم که ارتباط به یکی از الزامات پیدا می‌کند.	مشخصات کیفیت
برآورده کردن الزامات تعیین شده مثلا تلرانس اندازه	انطباق
برآورده نشدن یک خواسته تعیین شده مثلا عدم رعایت تلرانس اندازه یا کیفیت سطحی خواسته شده	خطا
اقدامات روی یک محصول معیوب تا خواسته‌ها و الزامات را برآورده کند.	کارنهایی
اصطلاحات فرآیندی و تولیدی	
وسایل و فعالیتهای در ارتباط با هم که داده‌ها را به نتایجی تبدیل می‌کند. افراد، تأسیسات، منابع و روشهای تولید مثالهایی به عنوان وسیله می‌باشند.	فرآیند
نوع و روشی که یک فعالیت یا فرآیند اجرا می‌شود. به شکل نوشتاری با عنوان "دستور فرآیند" مشخص می‌شود.	روش
نتیجه یک فرآیند مثلا جزء سازه، نتیجه مونتاژ، انجام خدمات، دانسته‌ها، سند، طرح، قرارداد، مواد مضر	محصول
تعاریف سازمانی	
گروهی از افراد و بنیادهای با یک نوع ساختار از مسئولیتها، اختیارات و ارتباطات.	سازمان
سازمان یا شخصی که یک محصول از تحویل دهنده دریافت می‌کند.	مشتری
سازمان یا شخصی که محصول را در اختیار مشتری قرار می‌دهد.	تامین‌کننده
اصطلاحات مربوط به مدیریت	
سازمان، ساختار سازمان، فرآیند و روش موردنیاز یک کارخانه که مدیریت کیفیت را قابل اجرا می‌کند.	سیستم مدیریت کیفیت
همه فعالیتهای معین و مرتب جهت هدایت و رهبری سازمان در ارتباط با کیفیت توسط • تعیین خط مشی کیفیت • هدایت کیفیت • تعیین اهداف کیفیت • ایمنی کیفیت • طرح کیفیت • بهبود کیفیت	مدیریت کیفیت
فعالیتهایی که با تعیین اهداف کیفیت و فرآیند اجرایی لازم و مربوطه در راستای برآورده کردن اهداف کیفیت می‌باشد.	طرح کیفیت
فعالیتها و تکنیکهای کاری علیرغم نوسانات کیفی غیرقابل اجتناب تا الزامات را به طور دائم برآورده کند. این کار اصولا متضمن پایش فرآیند و رفع نقاط ضعف می‌باشد.	هدایت کیفیت
اجرا و مستندسازی (گردآوری و مرتب کردن) لازم همه فعالیتها در محدوده سیستم QM با این هدف که ایمان و اعتماد درون سازمانی در مقابل مشتریان بوجود آورد تا الزامات کیفی برآورده گردد.	ایمنی کیفیت
اقدامات اتخاذ شده در کل سازمان جهت افزایش توانایی برای برآورده کردن الزامات کیفیت	بهبود کیفیت
اسنادی که در سیاست کیفیت و اهداف کیفیت و نیز در سیستم مدیریت کیفیت یک سازمان نوشته می‌شود	نظامنامه QM

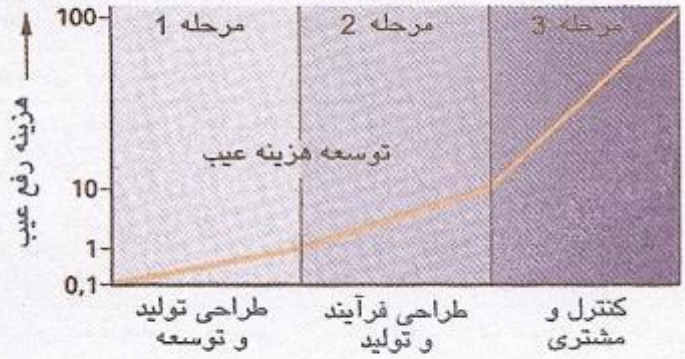
طرح‌ریزی کیفیت، هدایت کیفیت، کنترل کیفیت

طراحی کیفیت

قاعده ده برابر شدن

هزینه‌های لازم برای رفع عیوب یا هزینه‌های ترتیبی یک عیب از یک مرحله به مرحله بعدی به نسبت ضریب 10 افزایش پیدا می‌کند.

مثال : یک عیب تلرانس در یک قطعه را می‌توان در طراحی آن بدون یک هزینه اضافی قابل توجهی تصحیح کرد. اگر این عیب در تولید آن مشخص‌شود هزینه خیلی زیادی متوجه سیستم می‌شود. اگر این مشکل در مونتاژ، هنگام عملکرد قطعه در دستگاه و یا قطعه برگشت بخورد هزینه هنگفتی باید بابت این عیب پرداخت کرد.

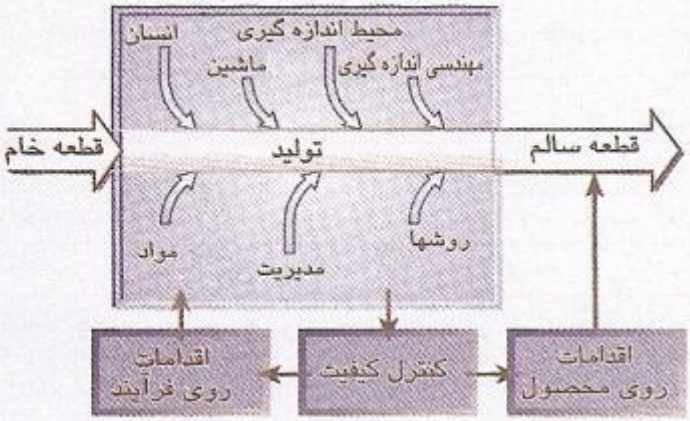


هدایت کیفیت

تأثیر روی پراکندگی کیفیت

مثال	تأثیر
صلاحیت، انگیزه، میزان تحت فشار بودن	انسان
صلبیت ماشین،دقت وضعی، وضعیت سایش	ماشین
تلرانس، خواص مواد، اختلاف جنس	مواد
ترتیب کاری، فرآیند تولید، شرایط آزمایش و کنترل	روشها
دما، لرزش، نور، صدا، غبار	محیط
اهداف یا سیاستهای کیفیتی نادرست	مدیریت
ایمنی اندازه‌گیری	قابلیت اندازه‌گیری

مدار کیفیت



کنترل کیفیت

طبق DIN 55350-17 (1988-08)

توضیح	اصطلاحات
تعیین اینکه یک واحد چقدر خواسته کیفی مطرح شده را برآورده می‌سازد	کنترل کیفیت
تعیین و تعریف نوع و محیط کنترل، مثلا وسیله کنترل، کثرت کنترل، شخص کنترل کننده، محل کنترل	طرح کنترل، دستور کنترل
کنترل یک واحد از تمام جهات تعیین شده، مثلا کنترل کامل یک قطعه‌کار با توجه به تمام خواسته‌ها	کنترل کامل
کنترل همه قطعات یک محموله، مثلا کنترل چشمی همه قطعات تحویلی	کنترل 100%
کنترل کیفی به کمک روشهای آماری، مثلا بررسی تعداد زیاد قطعه‌کار با ارزیابی قطعات برداشته شده تصادفی از آن	کنترل آماری
کل واحدهای برداشته شده، مثلا تولید 5000 قطعه‌کار یکسان	محموله کنترل
یک یا چند واحد که از کل یا از قسمتی از کل برداشته می‌شود، مثلا 50 قطعه از تولید روزانه به تعداد 400 قطعه	کنترل تصادفی

احتمال (احتمال خطا)

احتمال قطعه معیوب در داخل تعداد کل معینی از قطعات.

P احتمال به % m تعداد کل قطعات

احتمال g تعداد قطعات معیوب

$$P = \frac{g}{m} \cdot 100\%$$

مثال :

در یک جعبه تعداد m = 400 قطعه‌کار وجود دارد، اگر تعداد g = 10 قطعه‌کار از آن معیوب باشد. احتمال P معیوب بودن قطعه‌کار برداشته شده از صندوق چقدر است؟

احتمال $P = \frac{g}{m} \cdot 100\% = \frac{10}{400} \cdot 100\% = 2{,}5\%$

ارزیابی آماری

طبق DIN 53804-1 (2002-04)

برگه ثبت داده‌ها	مثال

لیست اولیه

لیست اولیه مستندات همه مقادیر مورد توجه محموله کنترل یا کنترل تصادفی نمونه از یک سری.

محدوده کنترل تصادفی : 40 قطعه

مشخصه کنترل : قطر قطعه $d = 8 \pm 0{,}05$ mm

قطر اندازه‌گیری شده d به mm

قطعات 1...10	7,98	7,96	7,99	8,01	8,02	7,96	8,03	7,99	7,99	8,01
قطعات 11...20	7,96	7,99	8,00	8,02	8,02	7,99	8,02	8,00	8,01	8,01
قطعات 21...30	7,99	8,05	8,03	8,00	8,03	7,99	7,98	7,99	8,01	8,02
قطعات 31...40	8,02	8,01	8,05	7,94	7,98	8,00	8,01	8,01	8,02	8,00

لیست تصادفی

لیست تصادفی نمایش واضحی از مقادیر مورد توجه و تقسیم‌بندی کلاس با محدوده معین از کلاس را ممکن می‌سازد.

تعداد مقادیر تکی	n
تعداد کلاس	k
محدوده کلاس	w
محدوده دامنه (صفحه ۲۸۲)	R
فراوانی مطلق	n_j
فراوانی نسبی	h_j

شماره کلاس	مقدار اندازه‌گیری ≥	مقدار اندازه‌گیری <	لیست تصادفی	n_j	h_j به %
1	7,94	7,96	I	1	2,5
2	7,96	7,98	III	3	7,5
3	7,98	8,00	𝍸 I	11	27,5
4	8,00	8,02	𝍸 III	13	32,5
5	8,02	8,04	𝍸	10	25
5	8,04	8,06	II	2	5
			$\Sigma =$	40	100

$k = \sqrt{n} = \sqrt{40} = 6{,}3 \approx 6$

$w = \frac{R}{k} = \frac{0{,}11\ \text{mm}}{6} = 0{,}018\ \text{mm} \approx 0{,}02\ \text{mm}$

تعداد کلاس

$k \approx \sqrt{n}$

محدوده کلاس

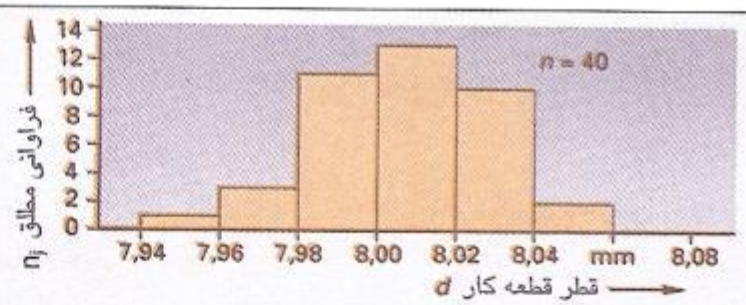
$w \approx \frac{R}{k}$

فراوانی نسبی

$h_j = \frac{n_j}{n} \cdot 100\%$

هیستوگرام

هیستوگرام یک دیاگرام میله‌ای برای شناسایی و نمایش توزیع مقادیر تکی به‌دست آمده است.



خط توزیع پراکندگی در شبکه احتمال

خط توزیع پراکندگی در شبکه احتمال یک روش گرافیکی نمایشی و ساده است که با آن می‌توان توزیع نرمال (صفحه ۲۸۲) موجود را کنترل کرد.

اگر مجموع فراوانی نسبی در شبکه احتمال یک خط راست را تقریب کند می‌توان یک توزیع نرمال از مقادیر تکی را نتیجه‌گیری کرد

یعنی می‌توان به ارزیابیهای دیگر طبق DIN 53 804-1 (صفحه ۲۸۲) پی برد.

ضمنا مقدار مشخصه آزمایش تصادفی نیز در آن قرار دارد.

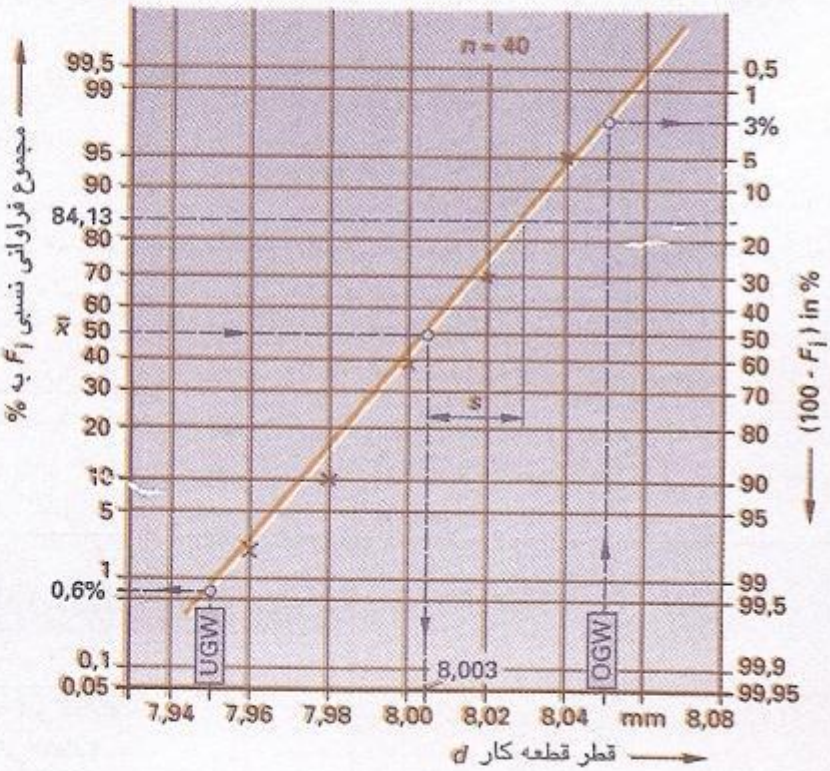
مثال خواندن : مقدار میانگین حسابی $\bar{x}$ (در F_j = 50%) و انحراف استاندارد s (به عنوان اختلاف 68,26% : 2 بین F_j = 50% و 84,13%) :

$\bar{x} \approx 8{,}003$ mm; $s \approx 0{,}02$ mm

در لوح کلی مقدار افزونی قابل انتظار :

0,6% به قطعات باریک

3% به قطعات چاق



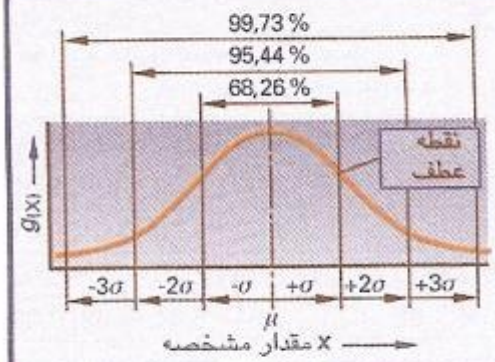
توزیع نرمال

توزیع نرمال گوس

مقادیر مشخصه پیوسته در توزیع خود غالبا ویژگی دارند که با مدل توزیع نرمال گوسی به روش تقریب ریاضی قابل توصیف می‌باشند. برای مقادیر تکی زیاد بی‌نهایت، چگالی احتمال توزیع نرمال منحنی ناقوسی مانندی را نتیجه می‌دهد. این منحنی توزیع متقارن و منظم با پارامتر زیر به طور واضح توصیف می‌شود :

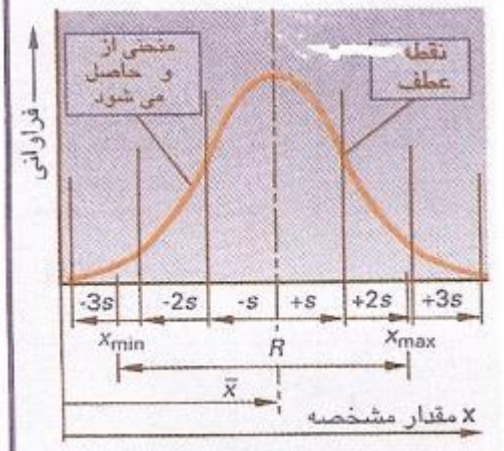
مقدار میانگین μ در ماکزیمم مقدار منحنی قرار گرفته و موقعیت توزیع را مشخص می‌کند.

انحراف معیار σ پراکندگی را مشخص می‌کند، یعنی رفتار انحراف از مقدار میانگین.



توزیع نرمال در کنترل تصادفی

طبق DIN 53804-1 (2002-04) یا DGQ 16-31 (1990)



مقدار میانگین حسابی[۲]

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \ldots + x_n}{n}$$

انحراف معیار[۲]

$$s = \sqrt{\frac{\Sigma(x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

دامنه

$$R = x_{max} - x_{min}$$

مقدار میانگین دامنه

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + \ldots + R_m}{m}$$

مقدار میانگین کل

$$\bar{\bar{x}} = \frac{\bar{x}_1 + \bar{x}_2 + \ldots \bar{x}_m}{m}$$

مقدار میانگین
انحرافهای معیار

$$\bar{s} = \frac{s_1 + s_2 + \ldots + s_m}{m}$$

تعداد مقادیر تکی (محدوده کنترل تصادفی)	n		
مقدار مشخصه اندازه‌گیری مثلا مقدار تکی	x_i		
بزرگترین مقدار اندازه‌گیری	x_{max}		
کوچکترین مقدار اندازه‌گیری	x_{min}		
مقدار میانگین حسابی	$\bar{x}$		
مقدار مرکزی[۱]، مقدار متوسط طبق مقادیر اندازه‌گیری مرتب شده براساس اندازه	$\tilde{x}$		
انحراف معیار	s		
دامنه	R		
مقدار مودال (مقدار اندازه‌گیری غالب در سری اندازه‌گیری	D		
چگالی احتمال	$g_{(x)}$		

در ارزیابی کنترل تصادفی زیاد :

مقدار میانگین دامنه	$\bar{R}$	تعداد کنترل تصادفی	m
مقدار میانگین انحراف معیار	$\bar{s}$	مقدار میانگین کل	$\bar{\bar{x}}$

مثال : ارزیابی مقدار کنترل تصادفی از صفحه ۲۸۱ :

$\bar{x}$ = 8,00275 mm R = 0,11 mm $\tilde{x}$ = 8,005 mm s = 0,02396 mm D = 7,99 mm

۱) مقدار مرکزی

در تعداد فرد مقادیر تکی :	در تعداد زوج مقادیر تکی :
مثلا x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 :	مثلا $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6$:
$\tilde{x} = x_3$	$\tilde{x} = (x_3 + x_4)/2$

۲) اکثر مدل ماشین حسابهای جیبی با توابع ویژه برای محاسبه مقدار میانگین و انحراف استاندارد مجهز می‌باشند. مقدار اندازه‌گیری یکسان را می‌توان با یک فاکتور در محاسبات منظور کرد.

توزیع نرمال در محموله کنترل

پارامتر تجمع در روش کنترل تصادفی به کمک مقادیر مشخصه از کنترل تصادفی تخمین زده می‌شود (آمار ارزیابی). برای اینکه مقادیر مشخصه کنترل تصادفی را به طور واضح از پارامتر تجمع بتوان تمایز داد از سایر علایم کوتاه استفاده می‌شود. با علامت مشخصه با ^ محدودیت مقادیر تخمینی در مقابل مقادیر فرآیند محاسباتی به‌دست آمده در کنترل 100% صورت می‌گیرد (آمار توصیفی).

تجمع در کنترل 100%	تجمع از کنترل تصادفی به‌دست آمده	کنترل تصادفی
تعداد مقادیر N	تعداد مقادیر N	تعداد مقادیر n
مقدار میانگین فرآیند μ	مقدار میانگین فرآیند تخمینی $\hat{\mu}$ (مقدار قابل انتظار)	مقدار میانگین حسابی $\bar{x}$
انحراف معیار فرآیند σ (همچنین σ^n)	انحراف معیار فرآیندی تخمینی $\hat{\sigma}$ (همچنین σ^{n-1})	انحراف معیار s

کارت کنترل کیفیت

کارت تایید کنترل کیفیت

کـارت تایـید کنـترل کیفیت برای کنترل یک فرآیند با توجه به مقادیر حدی داده شده به‌کار می‌رود. حدود عملکرد توسط مقادیر حدی تلرانس محاسبه می‌شود.

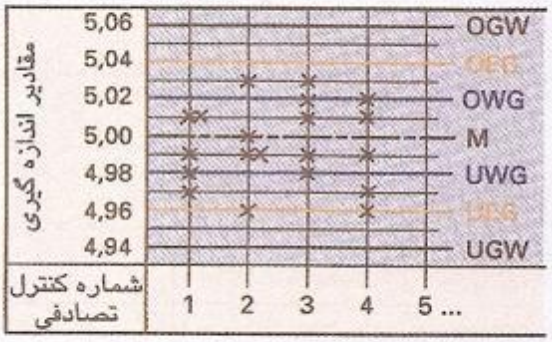
ضمنا فقط موقعیت مقادیر اندازه‌گیری و نه پراکندگی بررسی می‌شود.

کارت کنترل فرآیند

کارت کنترل فرآیند برای کنترل فرآیند در ارتباط با تغییرات در مقابل مقـدار بـاید یـا یک مقدار فرآیند فعلی به‌کار می‌رود. حدود عملکرد و حـدود اخطـار توسـط مقادیر تخمینی فرآیند تجمع یا منحنی تعیین می‌شود.

کارت کنترل فرآیند برای مشخصه کمیتی (کارت کنترل- شی‌وارت (Shewhart))[1]

مثال : 5 مقدار تکی در کنترل تصادفی



حدود کنترل

M	مقدار میانگین مشخصه
OWG	حد بالایی اخطار
UWG	حد پایین اخطار
OEG	حد پایینی
UEG	حد بالایی
OGW	مقدار حد بالایی
UGW	مقدار حد پایینی

کارت مقدار اول

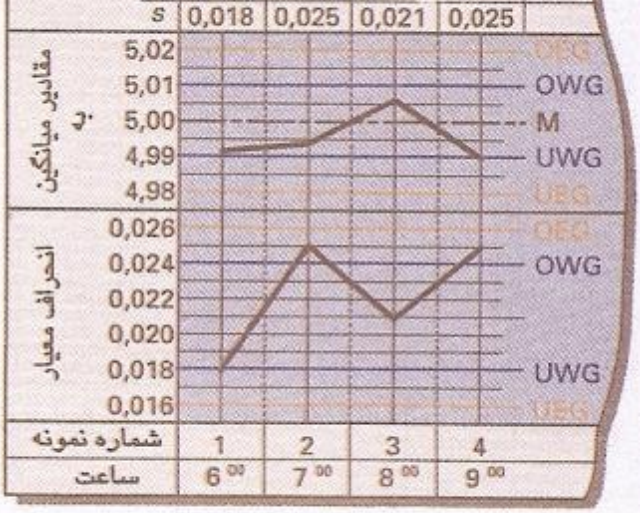
کـارت مقـدار اولـیه مستندسـازی همـه مقادیـر انـدازه‌گیری با درج مقادیر بدون محاسـبات دیگـر اسـت. ایـن کارت یک فرآیـند توزیـع نـرمال تقریبـی را فـرض مـی‌کـند و براسـاس آن خیلی از مقادیر درج شده نسبتا مبهم است.

کارت انحراف معیار- مقدار میانگین (کارت $\bar{x}-R$)

ایـن کارتهـا تمـایل توسـعه مقـدار میانگین را نشان می‌دهند و نسـبت بـه کارتهـای $\tilde{x}-R$ حساسیت بیشتری دارد. این روش به هدایت کامپیوتری کارت کنترل نیاز دارد.

مثال :

اندازه کنترل :				مشخصه کنترل : قطر	
فاصله زمانی کنترل :				تعداد کنترل تصادفی :	
مقادیر اندازه گیری	x_1	4,98	4,96	5,03	4,97
	x_2	4,97	4,99	5,01	4,96
	x_3	4,99	5,03	5,02	5,01
	x_4	5,01	4,99	4,99	4,99
	x_5	5,01	5,00	4,98	5,02
	$\bar{x}$	4,992	4,994	5,006	4,990
	s	0,018	0,025	0,021	0,025

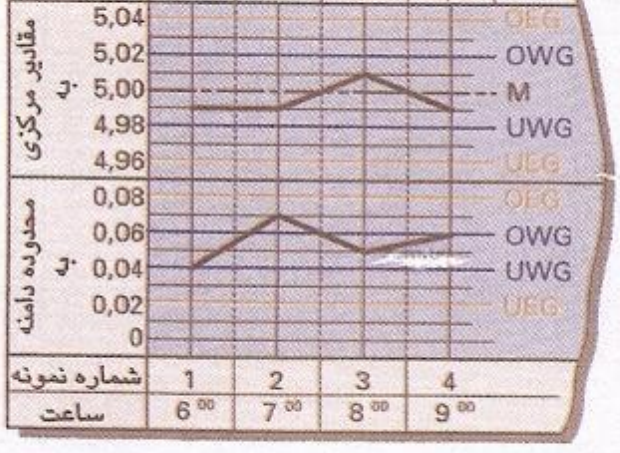


کارت محدوده دامنه- مقدار مرکزی (کارت $\tilde{x}-R$)

در ایـن کارتهـا بدون هزینه محاسباتی بالا پراکندگی تولید واضح است. این روش برای هدایت دستی کارت کنترل مناسب است.

مثال :

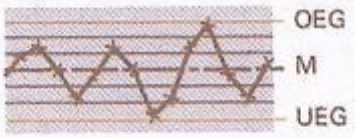
اندازه کنترل :				مشخصه کنترل : قطر	
فاصله زمانی کنترل :				تعداد کنترل تصادفی :	
مقادیر اندازه گیری	x_1	4,98	4,96	5,03	4,97
	x_2	4,97	4,99	5,01	4,96
	x_3	4,99	5,03	5,02	5,01
	x_4	5,01	4,99	4,99	4,99
	x_5	5,01	5,00	4,98	5,02
	Σx	24,96	24,97	25,03	24,95
	$\tilde{x}$	4,99	4,99	5,01	4,99
	R	0,04	0,07	0,05	0,06



۱) Water Andrew Shewart (1891-1967)، دانشمند آمریکایی

نمودار فرآیند، کنترل ذاتی و طرح نمونه تصادفی

نمودار فرآیند

علت احتمالی ← اقدامات	نام/ توضیح	نمودار فرآیند
فرآیند تحت کنترل بوده و بدون دخالت می‌تواند ادامه یابد.	**نمودار طبیعی** 2/3 همه مقادیر در محدوده انحراف معیار ±S و همه مقادیر در داخل محدوده عملکرد قرار دارند.	
ماشین خارج از تنظیم،تغذیه متفاوت مواد، ماشینهای آسیب‌دیده ← دخالت در فرآیند و قطعات از آخرین نمونه تصادفی 100% کنترل شود	**تجاوز مقادیر حدود عملکرد** مقادیری بالا یا پایین مقادیر عملکرد حدی قرار دارند.	
سایش ابزار، تغذیه متفاوت مواد، ابزار جدید، پرسنل جدید ← مراقبت شدید فرآیند	**RUN (در سری)** 7 مقدار یا بیشتر و به طور پشت سرهم در یک طرف خط مرکزی قرار دارد.	
سایش ابزار، قید یا وسیله اندازه‌گیری، خستگی پرسنل ← فرآیند را قطع و دلایل این تغییرات را پیدا کنید	**تمایل** 7 مقدار یا بیشتر یک تمایل فزاینده یا کاهنده را نشان می‌دهد.	
تولید بهبود یافته، کنترل و مراقبت بهتر ← تعیین کنید فرآیند توسط چه عاملی بهبود یافته است یا نتایج کنترل را دوباره آزمایش کنید	**یک سوم متوسط** حداقل تعداد 15 مقدار پشت سر هم در داخل انحراف معیار ±S قرار دارند.	
وسایل اندازه‌گیری متفاوت، توزیع متقارن داده‌ها ← فرآیند تولید را از نظر تاثیر عوامل بررسی کنید	**پریودها** مقادیر به صورت پریودی حول خط مرکز تغییر می‌کنند.	

کنترل ذاتی

طبق DIN ISO 2859-1 (2004-01)

در کنترل ذاتی به کمک قطعات معیوب یا عیب در قطعات تکی تصادفی قابلیت پذیرش محموله کنترل تعیین می‌شود.

مقدار سهم تعداد قطعات معیوب یا تعداد عیب در تعداد صد قطعه در محموله به کمک **موقعیت کیفیت** بیان می‌شود.

موقعیت حدی قابل پذیرش کیفیت، موقعیت تعیین شده کیفیت در محموله می‌باشد که در خیلی از موارد توسط مشتری پذیرفته می‌شود.

دستورات مربوط به کنترل تصادفی در جدول راهنما خلاصه می‌شود.

پلان کنترل ذاتی به عنوان کنترل نرمال

(استخراج از جدول نردبانی)

اندازه محموله	موقعیت حدی قابل پذیرش کیفیت									
	0,04	0,065	0,10	0,15	0,25	0,40	0,65	1,0	1,5	2,5
2... 8	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
9... 15	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	8 0	5 0
16... 25	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	13 0	8 0	5 0
26... 50	↓	↓	↓	↓	↓	↓	20 0	13 0	8 0	5 0
51... 90	↓	↓	↓	↓	50 0	32 0	20 0	13 0	8 0	20 1
91... 150	↓	↓	↓	80 0	50 0	32 0	20 0	13 0	32 1	20 1
150... 280	↓	↓	125 0	80 0	50 0	32 0	20 0	50 1	32 1	32 2
280... 500	↓	200 0	125 0	80 0	50 0	32 0	80 1	50 1	50 2	50 3
501 1200	315 0	200 0	125 0	80 0	50 0	125 1	80 1	80 2	80 3	80 5

توضیح : ↓ — استفاده اولین دستور کنترل تصادفی این ستون. تاحدی که تعداد کنترل تصادفی بزرگتر یا مساوی تعداد محموله‌ها شد : کنترل 100% اجرا شود.

50 2

عدد دوم : تعداد پذیرش = تعداد واحدهای تحویلی معیوب

عدد اول : تعداد کنترل تصادفی = تعداد واحدهای کنترل شده

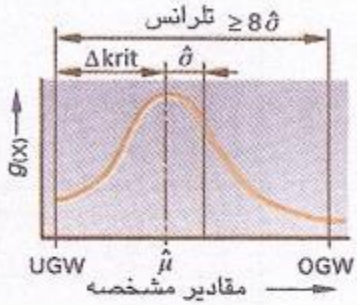
توانایی کیفیت، کارت کنترل کیفیت

طبق DGQ 16-33 (1990)

در بررسی توانایی کیفیت یک فرآیند توسط عدد مشخصه توانایی (شاخص توانایی) باید بین توانایی کوتاه‌مدت (توانایی ماشین) و توانایی درازمدت (توانایی فرآیند) تمایزی قائل شد.

توانایی ماشین ارزیابی آن است که آیا می‌تواند در چهارچوب نوسانات نرمال با احتمال موجود در داخل مقادیر حدی داده شده محصولی تولید کند یا نه.

وقتی $C_m \geq 1{,}33$ و $C_{mk} \geq 1{,}0$ باشد، بدین معنی است که 99,99% (میدان $\hat{\mu} \pm 4\hat{\sigma}$) مقادیر مشخصه در داخل مقادیر حدی قرار دارد و مقدار میانگین $\hat{\mu}$ حداقل به اندازه $3\hat{\sigma}$ از حد تلرانس دور است.



توانایی فرآیند ارزیابی فرآیند تولید است که آیا در چهارچوب نوسانات نرمال آن با احتمال موجود خواسته‌های تعیین شده را برآورده می‌کند یا نه.

Δkirt	کوچکترین فاصله میان مقدار میانگین و حد تلرانس	UGW	مقدار پایین حد
C_m, C_{mk}	شاخص توانایی ماشین	DGW	مقدار بالای حد
C_p, C_{pk}	شاخص توانایی فرآیند	$\hat{\sigma}$	انحراف معیار تخمینی
		$\hat{\mu}$	مقدار میانگین تخمینی

مثال :

بررسی توانایی ماشین برای اندازه تولیدی $80 \pm 0{,}05$؛

مقادیر از : $\hat{\sigma} = 0{,}012$ mm ، $\hat{\mu} = 79{,}99$ mm

$$C_m = \frac{T}{6\cdot\hat{\sigma}} = \frac{0{,}1\text{mm}}{0{,}012\text{mm}} = 1{,}388 \; ; \quad C_{mk} = \frac{\Delta krit}{3\cdot\hat{\sigma}} = \frac{0{,}04\text{mm}}{3\cdot 0{,}012\text{mm}} = 1{,}11$$

توانایی ماشین برای این تولید ثابت گردید.

شاخص توانایی ماشین

$$C_m = \frac{T}{6\cdot\hat{\sigma}}$$

$$C_{mk} = \frac{\Delta krit}{3\cdot\hat{\sigma}}$$

توانایی ماشین معمولا
- $C_m \geq 1{,}33$
- $C_{mk} \geq 1{,}0$

است، مگر اینکه ثابت شود

شاخص توانایی فرآیند

$$C_p = \frac{T}{6\cdot\hat{\sigma}}$$

$$C_{pk} = \frac{\Delta krit}{3\cdot\hat{\sigma}}$$

توانایی فرآیند معمولا
- $C_p \geq 1{,}33$
- $C_{pk} \geq 1{,}0$

است، مگر اینکه ثابت شود

کارت کنترل کیفیت برای مشخصات کیفی

طبق DGQ 16-33 (1990); DGQ 11-19 (1994)

مثال :

فاصله زمانی کنترل : 60 min | تعداد کنترل تصادفی : n = 50 | قطعه : درپوش

نوع عیب		پراکندگی عیوب									$\sum i_j$	%	سهم عیوب
آسیب رنگ	F1		1				1				2	0,44	
نقاط تو رفته	F2	1	2		2	1	2	2	2	2	14	3,11	
خوردگی	F3		1			1			1		3	0,66	
پلیسه	F4	1									1	0,22	
تشکیل ترک	F5		1								1	0,22	
عیب گوشه	F6	2		3	1		3	1		2	12	2,66	
تاب‌دار	F7					1					1	0,22	
عیب رزوه	F8		1								1	0,22	
عیوب در هر نمونه		4	6	3	3	3	5	4	3	4	35		
شماره کنترل تصادفی		1	2	3	4	5	6	7	8	9			

کارت جمع عیوب

کارت جمع عیوب شامل قطعات معیوب، انواع عیوب و فراوانی آن در کنترل تصادفی می‌باشد.

مثال خواندن برای F3 :

$$n = 9 \cdot 50 = 450$$

$$\% \text{ عیوب به} = \frac{\sum i_j}{n}\cdot 100\%$$

$$= \frac{3}{450}\cdot 100\% = 0{,}66\%$$

نمودار پارتو[1]

نمودار پارتو عیوب را براساس نوع و فراوانی کلاسه‌بندی کرده و بدین ترتیب وسیله کمکی مهمی است تا بتوان معیارها را آنالیز و اولویتها را به‌دست آورد.

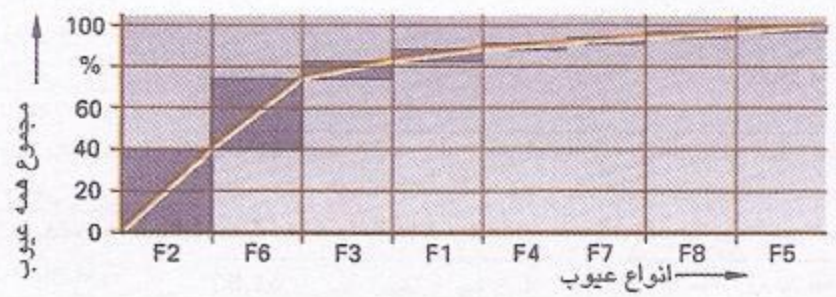
مثال برای F2 :

سهم همه عیوب

$$= \frac{14}{35}\cdot 100\% = 40\%$$

۱) Pareto- جامعه‌شناس ایتالیایی

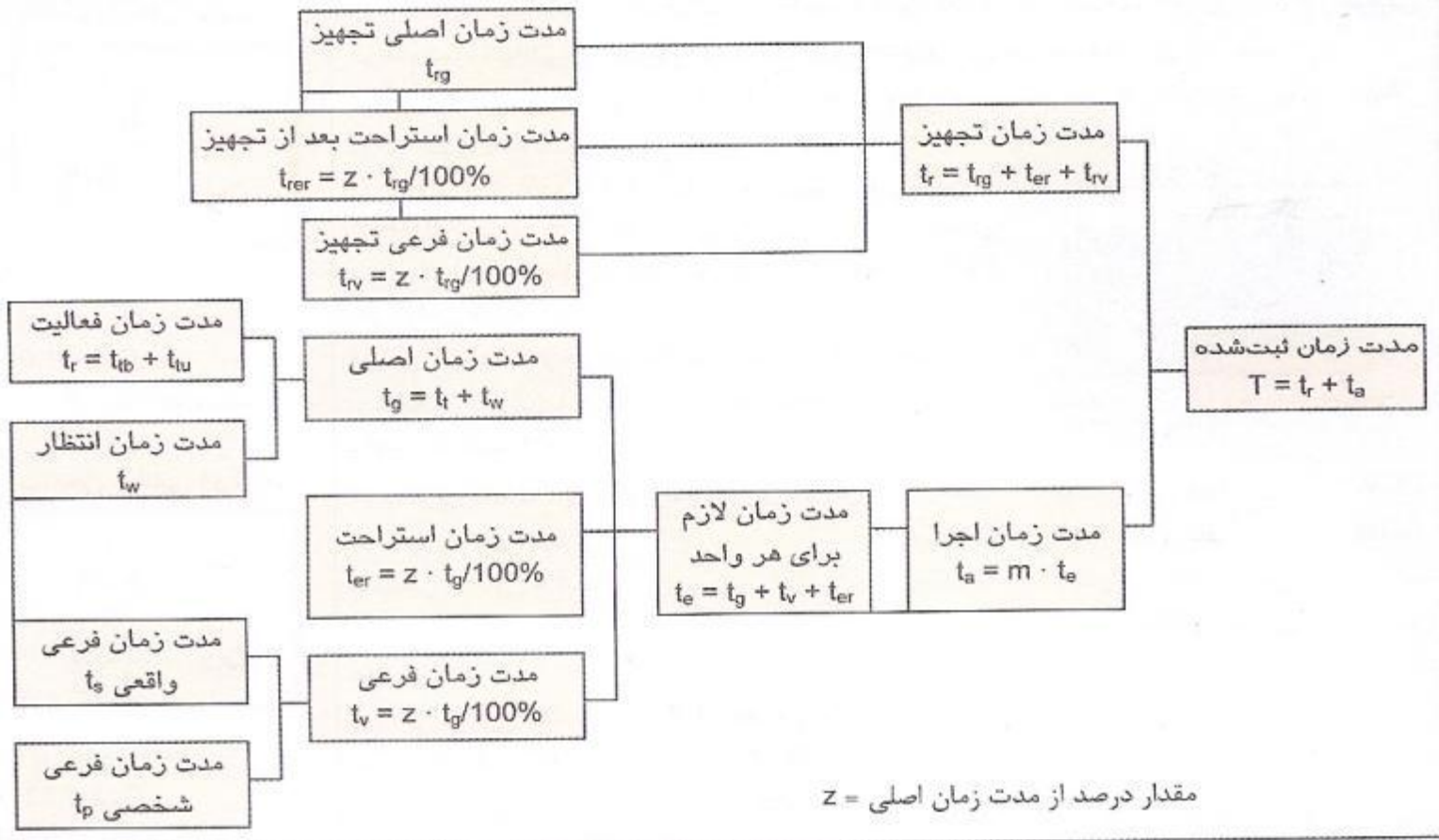
مثال :



مثال خواندن : نقاط تورفته (F2) و عیوب گوشه (F6) حدود 74% کل عیوب را تشکیل می‌دهد.

مـدت زمان ثبت‌شده[1]

تقسیم‌بندی انواع مدت زمانهای مربوط به انسان



علایم	عنوان	توضیح با مثال
T	مدت زمان ثبت شده	مدت زمان صرف شده برای تولید یک لوح (batch، یک دسته و گروه) را مدت زمان ثبت‌شده گویند
t_r	مدت زمان تجهیز	آماده‌سازی برای برآورده کردن و تکمیل کل قرارداد • مدت زمان اصلی تجهیز t_{rg} ← تنظیم ماشین • مدت زمان استراحت بعد از تجهیز t_{rer} ← مدت زمان استراحت بعد از تجهیز طاقت‌فرسا • مدت زمان فرعی تجهیز t_{rv} ← رفع عیوب جزئی ماشین
t_a	مدت زمان اجرا	مدت زمان لازم جهت انجام یک لوح (بدون تجهیز)
t_{er}	مدت زمان استراحت	استراحت انسان جهت رفع خستگی ناشی از کار
t_v	مدت زمان فرعی اجرا	• مدت زمان فرعی واقعی t_s ← سنگ‌زنی غیرقابل پیش‌بینی نشده • مدت زمان فرعی شخصی t_p ← کنترل مدت زمانهای کاری، رفع نیازها
t_t	مدت زمان فعالیت	مدت زمانی که در آن، مراحل کار اصلی در حال انجام است مدت زمان فعالیت می‌نامند • مدت زمان قابل تأثیر t_{tb} ← کارهای مونتاژ و پلیسه‌گیری • مدت زمان غیرقابل تأثیر t_{tu} ← اجرای برنامه CNC
t_w	مدت زمان انتظار	مدت زمان انتظار تا رسیدن قطعات از مراحل قبلی به محل کار
m	تعداد واحد قرارداد	تعداد واحدهای تولیدی یک قرارداد (اندازه محموله)

مثال : تراشکاری سه محور روی ماشین تراش

مدت زمان تجهیز :		min
تجهیز قرارداد، مطالعه قرارداد		= 4,50
تجهیز ماشین		= 10,00
تجهیز ابزار		= 12,50
مدت زمان اصلی تجهیز	t_{rg}	= 27,00
مدت‌زمان استراحت بعداز تجهیز	$t_{rer} = t_{rg}$ از 4%	= 1,08
مدت زمان فرعی تجهیز	$t_{rv} = t_{rg}$ از 14%	= 3,78
مدت زمان تجهیز	$t_r = t_{rg} + t_{rer} + t_{rv}$	**= 31,86**

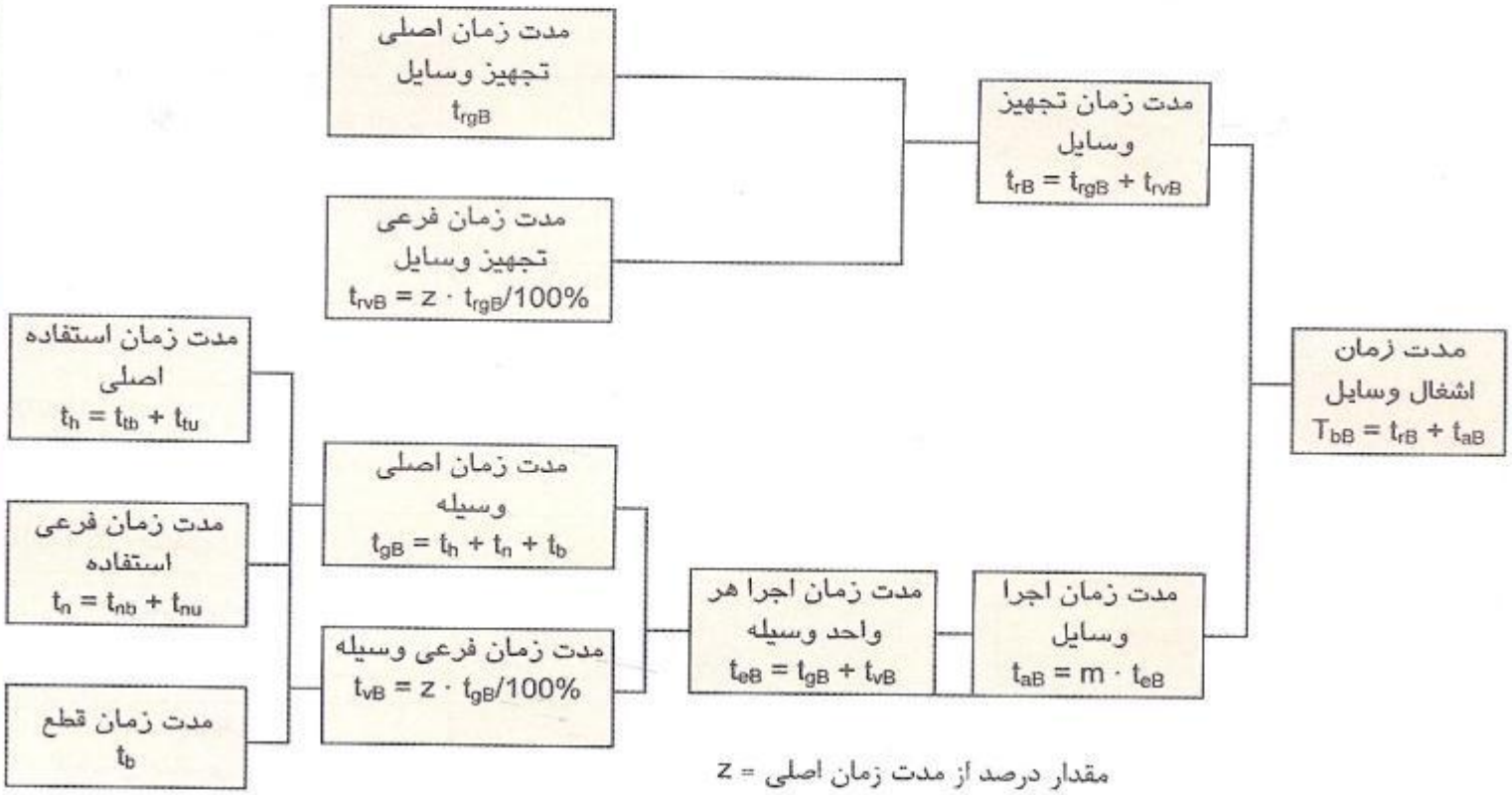
مدت زمان اجرا :		min
مدت زمان فعالیت	t_t	= 14,70
مدت زمان انتظار	t_w	= 3,75
مدت زمان اصلی	$t_g = t_t + t_w$	= 18,45
مدت زمان استراحت	t_{er} در t_w آورده شده	–
مدت زمان فرعی	$t_v = t_g$ از 8%	= 1,48
مدت زمان موردنیاز یک واحد	$t_e = t_g + t_{er} + t_v$	= 19,93
مدت زمان اجرا	$t_a = m \cdot t_e$	**= 59,79**

T = مدت زمان ثبت‌شده = $t_r + t_a \approx 32$ min + 60 min = 92 min (= 1,53 h)

1) طبق REFA، اتحادیه ثبت شده تنظیم کار، سازمان کار و توسعه کارخانجات

مـدت زمان اشغال شده[۱]

تقسیم‌بندی انواع مدت زمانهای مربوط به وسایل کار



مقدار درصد از مدت زمان اصلی = z

علایم	عنوان	توضیح با مثال
T_{bB}	مدت زمان اشغال وسایل	مدت زمان اشغال وسایل انجام کار تولید یک محموله (lot size, batch size)
t_{rB}	مدت زمان تجهیز وسایل	مدت زمان لازم برای آماده‌سازی وسایل کار جهت انجام کل یک قرارداد می‌باشد • مدت زمان اصلی تجهیز وسایل t_{rgB} ← بستن قیود روی ماشین • مدت زمان فرعی تجهیز وسایل t_{rvB} ← بهینه‌سازی برنامه CNC
t_{aB}	مدت زمان اجرا وسایل	مدت زمان لازم جهت اجرای یک لوح (بدون تجهیز)
t_{vB}	مدت زمان فرعی وسایل	مدت زمانهایی که وسیله کار استفاده نمی‌شود، قطع برق، کارهای تعمیراتی پیش‌بینی نشده
t_h	مدت زمان اصلی وسایل	مدت زمانهایی که قطعه کار طبق برنامه ماشینکاری می‌شود • مدت زمان قابل تأثیر t_{tb} ← سوراخکاری دستی • مدت زمان غیرقابل تأثیر t_{tu} ← اجرای برنامه CNC
t_n	مدت زمان فرعی وسایل	طی مدت زمان فرعی استفاده، وسیله طبق برنامه برای استفاده اصلی آماده، تجهیز یا تخلیه می‌گردد • مدت زمان قابل تأثیر t_{nb} ← بستن دستی • مدت زمان غیرقابل تأثیر t_{nu} ← تعویض خودکار قطعه‌کار
t_b	مدت زمان قطع	قطع ناشی از استراحت و مراحل اجرای کار؛ پرکردن خشاب (Magazins)
m	تعداد واحد قرارداد	تعداد واحدهای تولیدی یک قرارداد (اندازه محموله، تعداد لوح)

مثال : فرزکاری سطوح نشیمن 20 صفحه پایه روی ماشین فرز عمودی

: مدت زمان اجرا		min
مدت زمان اصلی استفاده t_h ≙ فرزکاری	=	3,52
مدت زمان فرعی استفاده t_n ≙ بستن قطعه‌کار	=	4,00
مدت زمان قطع t_b ≙ حمل قطعه‌کار	=	1,20
مدت زمان اصلی وسیله $t_{gB} = t_h + t_n + t_b$	=	8,72
مدت زمان فرعی وسیله t_{vB} = 10% از t_{gB}	=	0,87
مدت زمان لازم اجرا برای هر واحد $t_{eB} = t_{gB} + t_{vB}$	=	9,59
مدت زمان اجرا $t_{aB} = m \cdot t_{eB}$	=	**191,80**

: مدت زمان تجهیز	min
مطالعه اجرای کار و نقشه‌ها	= 4,54
آماده کردن و کنارگذاشتن تیغه‌فرزهای پیشانی	= 3,65
بستن و بازکردن تیغه فرز	= 3,10
تنظیم ماشین	= 2,84
مدت زمان اصلی تجهیز وسایل t_{rgB}	= 14,13
مدت زمان فرعی تجهیز وسایل t_{rvB} = 10% از t_{rgB}	= 1,41
مدت زمان تجهیز وسیله $t_{rB} = t_{rgB} + t_{rvB}$	**= 15,54**

مدت زمان اشغال شده T_{bB} - $t_{rB} + t_{aB}$ ≈ 16 min + 192 min = 208 min (= 3,47 h)

۱) طبق REFA.

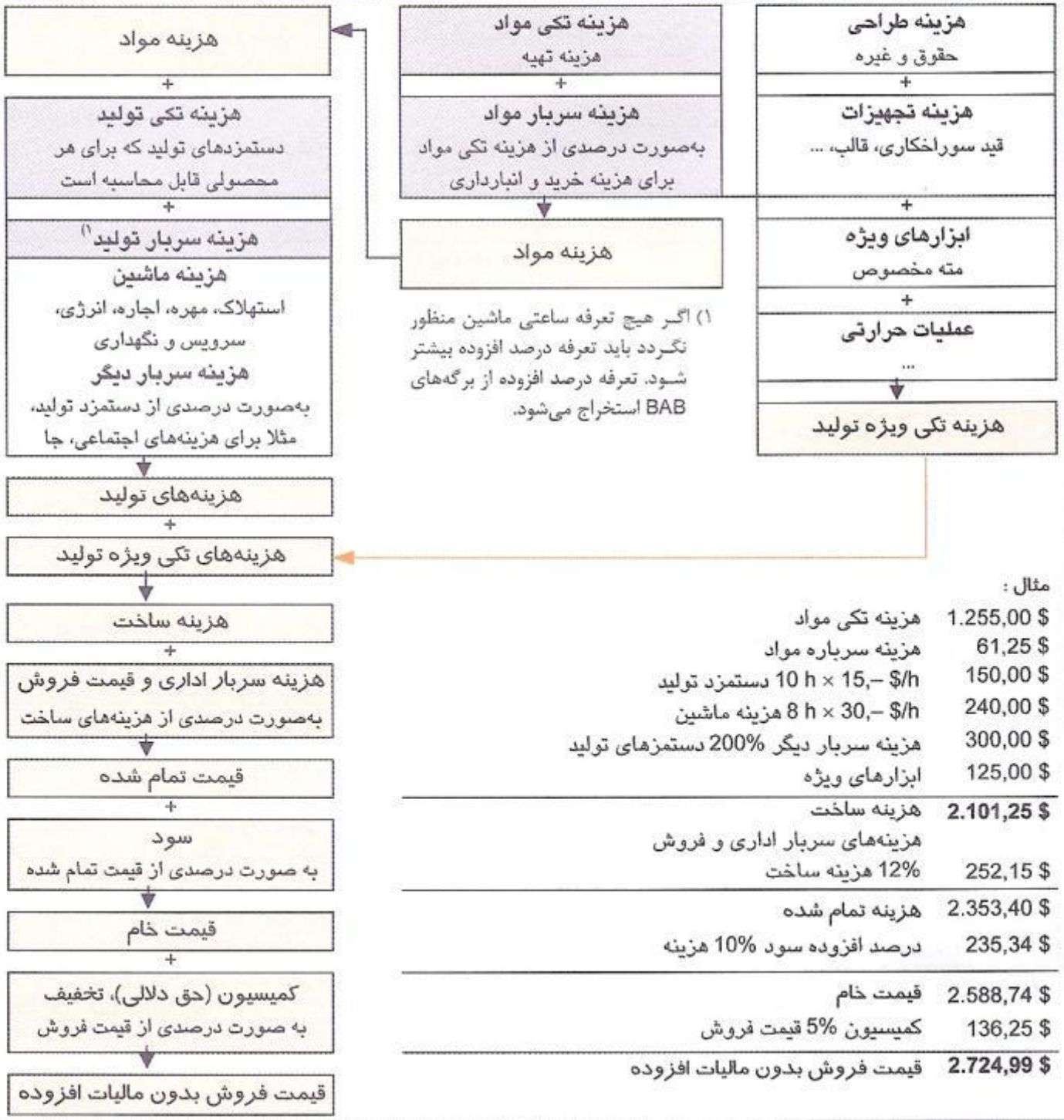
محاسبات هزینه

محاسبات ساده (مثالهای عددی)

هزینه سربار[1]				هزینه تکی[1]		
به صورت تعرفه درصد افزوده از هزینه دستمزد قابل محاسبه است		مربوط به قطعه‌کار، به طور غیرمستقیم قابل محاسبه است		برای هر قطعه‌کار به طور مستقیم قابل محاسبه است		
183,33% = 220.000,00 $ · 100% / 120.000,00 $		50.000,00 $	هزینه استهلاک	80.000,00 $	هزینه مواد	انواع هزینه‌ها[1]
هر ساعت هزینه به صورت افزوده 185% هزینه‌های سربار را پوشش می‌دهد.		80.000,00 $	حقوق	120.000,00 $	هزینه دستمزد	
		40.000,00 $	بهره			
		50.000,00 $	سایر هزینه‌ها			
		220.000,00 $	هزینه سربار Σ			

124,75 $	هزینه مواد	ساعت هزینه 10000 h	12,00 $/h هزینه دستمزد/h
171,00 $	مدت زمان کار 5 h × 34,20 $/h	34,20 $/h = (سربار) 185% + 12,00 $/h = هزینه ساعتی (کاربرد در محاسبات کارهای دستی)	محاسبه هزینه
295,75 $	قیمت بدون مالیات	۱) این هزینه‌ها باید به طور پریودی برای هر کارگاهی حساب شود.	

محاسبات مفصل



مثال :

1.255,00 $	هزینه تکی مواد
61,25 $	هزینه سرباره مواد
150,00 $	10 h × 15,– $/h دستمزد تولید
240,00 $	8 h × 30,– $/h هزینه ماشین
300,00 $	هزینه سربار دیگر 200% دستمزهای تولید
125,00 $	ابزارهای ویژه
2.101,25 $	هزینه ساخت
	هزینه‌های سربار اداری و فروش
252,15 $	12% هزینه ساخت
2.353,40 $	هزینه تمام شده
235,34 $	درصد افزوده سود 10% هزینه
2.588,74 $	قیمت خام
136,25 $	کمیسیون 5% قیمت فروش
2.724,99 $	قیمت فروش بدون مالیات افزوده

محاسبه هزینه (تعرفه) ساعتی ماشینها

محاسبه هزینه ساعتی ماشینها

هزینه سربار متوسط تولید، هزینه‌های بالای مختلف ماشینها را در تولید قطعات درنظر نمی‌گیرد. از هزینه سربار تولید، هزینه ماشین استخراج و مقدار ساعت اشغال شده آن به‌دست آمده و سپس هزینه ساعتی ماشین محاسبه می‌شود.

ترکیب هزینه ماشین

هزینه‌های ماشین عبارتند از :

- **استهلاک محاسباتی**
  استهلاک خطی عمر ماشین نسبت به تهیه مجدد آن
- **بهره محاسباتی**
  بهره متوسط سرمایه خوابیده برای ماشین
- **هزینه مکان (جا)**
  هزینه اشغال شده توسط ماشین و محل رفت و آمد
- **هزینه انرژی**
  هزینه‌هایی که به واسطه مصرف برق، گاز، بخار و بنزین پرداخت می‌شود
- **هزینه‌های نگهداری و تعمیرات**
  هزینه‌های مربوط به تعمیرات و سرویس برنامه‌ریزی شده پرداخت‌می‌شود
- **سایر هزینه‌ها**
  هزینه مصرف ابزار، بیمه، تشویقی و تهیه مواد روغنکاری و خنک‌کاری

مدت زمان کار ماشین، هزینه ساعتی ماشین

طبق VDI-Richtlinie 3258

مدت زمان کار ماشین

$$T_L = T_G - T_{ST} - T_{IH}$$

هزینه ساعتی ماشین

$$K_{Mh} = \frac{K_f}{T_L} + K_V / h$$

T_L	مدت زمان کار ماشین به پریود/ ساعت (پریود غالبا همان یک سال)
T_G	مدت زمان کل تئوری به پریود/ ساعت
T_{ST}	مدت زمانهای بیکار، مثلا روزهای بدون کار، قطع کار وغیره، غالبا به درصدی از مقدار T_G
T_{IH}	مدت زمانهای تعمیر و سرویس، غالبا به درصدی از مقدار T_G
K_M	مجموع هزینه‌های ماشین در پریود (غالبا در سال)
K_{Mh}	هزینه‌های ماشین در ساعت، هزینه یا تعرفه ساعتی ماشین
K_f	هزینه‌های ثابت یک ماشین در سال، مثلا استهلاک
K_v/h	هزینه‌های متغیر یک ماشین در ساعت، مثلا مصرف جریان برق

محاسبه هزینه ساعتی ماشین (مثال)

ماشین ابزار :

هزینه تهیه مجدد 160 000,– $ — عمر ماشین 10 سال — بهره محاسباتی 8%
توان ورودی 8 kW — هزینه هر kW 0,15 $ — نرخ پایه 20,– $/ماه
هزینه مکان 10,– $/m² · ماه — جای لازم 15 m² — سرویس و نگهداری 8,000,– $/سال
سرویس نگهداری اضافی 5 $/h — استفاده نرمال از ماشین (100%) T_L = 1200 h/سال — استفاده واقعی 80%

هزینه ساعتی ماشین در استفاده نرمال (100%) و استفاده 80% چقدر است؟

نوع هزینه	محاسبه	هزینه‌های ثابت $/سال	هزینه‌های متغیر $/h
استهلاک محاسباتی	$\frac{160.000,– \$}{10 \text{ سال}} = \frac{\text{ارزش تهیه مجدد}}{\text{مدت زمان استفاده به سال}}$	16.000,00 $	
بهره محاسباتی	$\frac{80.000,– \ 8\%}{100\%} = \frac{\text{بهره} \times ½ \text{ قیمت تهیه مجدد به } \$}{100\%}$	6.400,00 $	
هزینه نگهداری	بهره × ضریب نگهداری (مثال : 16.0000,– $ × 0,5) نگهداری به استفاده از ماشین بستگی دارد	8.000,00 $	5,00 $
هزینه انرژی	نرخ پایه برای آماده‌سازی جریان برق 20,– $/ماه × 12 ماه هزینه انرژی × توان ورودی 8 kW × 0,15 $/kWh	240,00 $	1,20 $
هزینه جای مربوطه	مقدار سطح لازم × هزینه جا ماه 12 × 15 m² × (ماه · 10,– $/(m² =	1.800,00 $	
	مجموع هزینه‌های ماشین	**32.440,00 $**	**6,20 $**

هزینه ساعتی ماشین در استفاده 100% $= \frac{K_f}{T_L} + K_v / h = \frac{32\,440{,}00\,\$}{1200\,h} + 6{,}20\,\$/h = \mathbf{33{,}23\,\$/h}$

هزینه ساعتی ماشین در استفاده 80% $= \frac{K_f}{0{,}8 \cdot T_L} + K_v / h = \frac{32\,440{,}00\,\$}{0{,}8 \cdot 1200\,h} + 6{,}20\,\$/h = \mathbf{40{,}00\,\$/h}$

در هزینه (تعرفه) ساعتی ماشین هزینه پرسنل ماشینکار منظور نشده است.

محاسبه هزینه‌های تکی[1]

محاسبه مقدار پوشش (مثالهای عددی)

محاسبه مقدار پوشش با توجه به قیمت بازار یک محصول به‌دست می‌آید. قیمت بازار باید حداقل، هزینه‌های متغیر (حد پایین قیمت) را پوشش دهد. بقیه مانده فروش حاصل از یک محصول مقدار پوشش یک محصول است. مقدار پوشش یک محصول همه هزینه‌های کارخانه را به عهده دارد.

هزینه‌های ثابت	K_f	قیمت بازار، درآمد هر قطعه	E/قطعه
هزینه‌های متغیر	K_v	فروش حاصل از یک محصول	E
سود یا منفعت	G	مقدار پوشش یک محصول	DB
آستانه سود	Gs	مقدار پوشش یک قطعه	DB/قطعه

مقدار پوشش

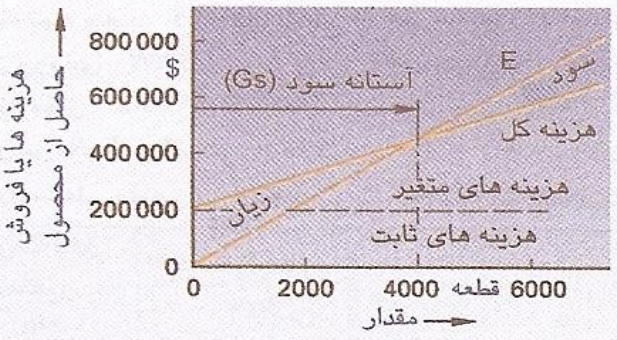
$$\frac{DB}{\text{قطعه}} = \frac{E}{\text{قطعه}} - \frac{K_v}{\text{قطعه}}$$

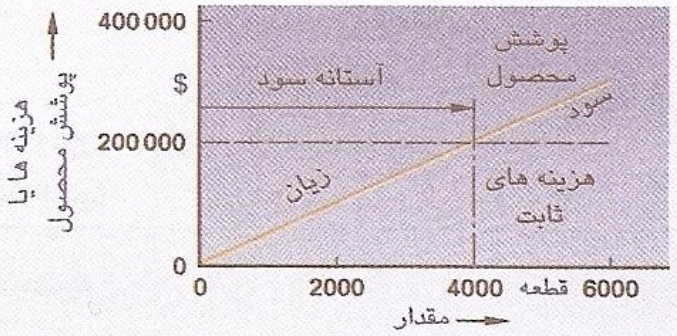
$$DB = \frac{DB}{\text{قطعه}} \cdot \text{تعداد}$$

سود

$$G = DB - K_f$$

مقدار پوشش (DB)	هزینه‌های ثابت (K_f)	هزینه‌های متغیر (K_v)[2]	
قطعه/K_v – قطعه/E = DB	بستگی به مقدار محصول ندارد	بستگی به مقدار محصول دارد	
درآمد حاصل از فروش (قطعه/$ –,110) باید ابتدا همه هزینه‌های متغیر را پوشش دهد. بقیه مانده از آن کل هزینه‌های ثابت را پوشش داده و سود به‌دست می‌آید.	50.000,00 $ استهلاک 80.000,00 $ حقوق 40.000,00 $ بهره 30.000,00 $ سایر K_f 200.000,00 $ هزینه‌های ثابت Σ	30,00 $/قطعه هزینه مواد 20,00 $/قطعه هزینه دستمزد 10,00 $/قطعه هزینه انرژی 60,00 $/قطعه هزینه‌های ثابت Σ	انواع هزینه‌ها
آستانه سود $Gs = \frac{K_f}{DB/\text{قطعه}}$	مقدار پوشش 110,00 $ – 60,00 $ = 50,00 $/قطعه	تعداد قطعه 5000 قطعه تولیدی	محاسبه هزینه
	250.000,00 $ = 50,00 $/قطعه · مقدار پوشش کل 5000 قطعه 200.000,00 $ هزینه‌های ثابت Σ 50.000,00 $ سود $Gs = \frac{K_f}{DB/\text{قطعه}} = \frac{200.000,00\$}{50,00\$/\text{قطعه}} = 4000$ قطعه آستانه سود		





محاسبه مقایسه هزینه‌ها

در محاسبه مقایسه هزینه‌ها ماشین یا تاسیسات را طوری انتخاب کنید که برای یک مقدار معین محصول کمترین هزینه صرف شود.

مثال برای 5000 قطعه

ماشین 1 : K_{f1} = 100.000,– $/سال، K_{v1} = 75,– $/قطعه

100.000,– $/سال + 75,– $/قطعه · 5000 قطعه = 475.000,– $

ماشین 2 : K_{f2} = 200.000,– $/سال، K_{v2} = 50,– $/قطعه

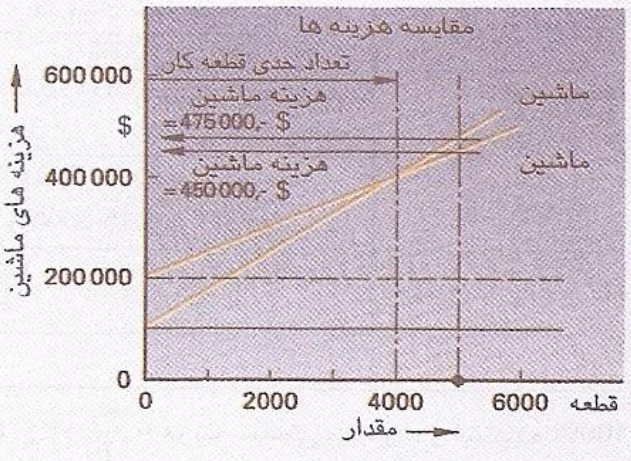
200.000,– $/سال + 50,– $/قطعه · 5000 قطعه = 450.000,– $

هزینه ماشین 1 > هزینه ماشین 2

$$M_{Gr} = \text{تعداد حدی قطعه} = \frac{K_{f2} - K_{f1}}{K_{v1}/\text{قطعه} - K_{v2}/\text{قطعه}}$$

$$M_{Gr} = \frac{200.000,00\$ - 100.000,00\$}{75,00\$/\text{قطعه} - 50,00/\text{قطعه}} = 4000 \text{ قطعه}$$

بالای 4000 قطعه، ماشین 2 مناسب است.



۱) محاسبه هزینه‌های تکی، هزینه‌ها را به هزینه‌های ثابت (هزینه‌های آماده‌سازی کارخانه) و هزینه‌های متغیر (هزینه‌های مستقیم) تقسیم‌بندی می‌کند.

۲) هزینه‌های متغیر برای هر قراردادی به‌دست آمده و با فروش مقایسه می‌شود.

مهندسی تولید

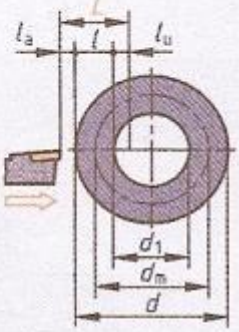
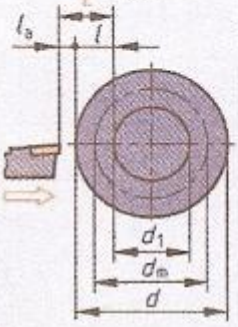
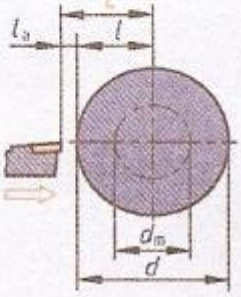
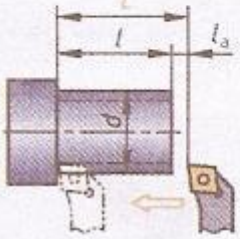
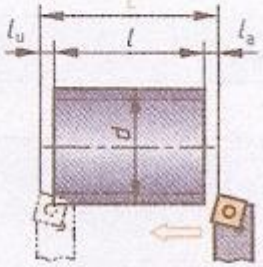
طول‌تراشی و کف‌تراشی با دور ثابت

مدت زمان اصلی (ماشینکاری، عملیات)

$$t_h = \frac{L \cdot i}{n \cdot f}$$

t_h	مدت زمان اصلی	l_u	طول خلاصی انتها
d	قطر خارجی	L	طول پیشروی
d_1	قطر داخلی	f	طول پیشروی در یک دور
d_m	قطر متوسط[1]	n	دور
l	طول قطعه‌کار	i	تعداد پاس تراشکاری
l_a	طول خلاصی ابتدا	v_c	سرعت براده‌برداری

محاسبه طول پیشروی L، قطر متوسط d_m و دور n

کف‌تراشی		طول‌تراشی	
استوانه توخالی	استوانه توپر: با پله	استوانه توپر: بدون پله	با پله	بدون پله
				
$L = \frac{d-d_1}{2} + l_a + l_u$	$L = \frac{d-d_1}{2} + l_a$	$L = \frac{d}{2} + l_a$	$L = l + l_a$	$L = l + l_a + l_u$
$d_m = \frac{d+d_1}{2}; n = \frac{v_c}{\pi \cdot d_m}$		$d_m = \frac{d}{2}; n = \frac{v_c}{\pi \cdot d_m}$		$n = \frac{v_c}{\pi \cdot d}$

۱) استفاده از قطر متوسط d_m منجر به سرعت براده‌برداری بالا می‌شود. بدین وسیله در قطرهای کوچک (محدوده داخلی) شرایط براده‌برداری قابل قبولی نیز حاکم می‌باشد.

مثال :

طول‌تراشی بدون پله، $l = 1240$ mm؛

$l_a = l_u = 2$ mm، $f = 0,6$ mm، $v_c = 120$ m/min؛

$i = 2$، $d = 160$ mm؛

$t_h = ?$، $L = ?$، $n = ?$ (برای تنظیم دور پیوسته)

$$L = l + l_a + l_u = 1240\text{ mm} + 2\text{ mm} + 2\text{ mm} = \mathbf{1244\text{ mm}}$$

$$n = \frac{v_c}{\pi \cdot d} = \frac{120\frac{m}{min}}{\pi \cdot 0,16\,m} \approx \mathbf{239\ \frac{1}{min}}$$

$$t_h = \frac{L \cdot i}{n \cdot f} = \frac{1244\text{ mm} \cdot 2}{239\frac{1}{min} \cdot 0,6\text{mm}} \approx \mathbf{17,4\,min}$$

پیچ‌تراشی

مدت زمان اصلی

$$t_h = \frac{L \cdot i \cdot g}{P \cdot n}$$

تعداد پاس پیچ‌تراشی

$$i = \frac{h}{a}$$

t_h	پیچ‌تراشی	P	گام پیچ
L	طول کل پیموده رنده پیچ‌بری	n	دور
l	طول پیچ‌تراشی	g	تعداد راه (نخ)
l_a	طول خلاصی ابتدا	h	عمق رزوه
l_u	طول خلاصی انتها	a	عمق براده‌برداری
i	تعداد پاس پیچ‌تراشی	v_c	سرعت براده‌برداری

مثال :

پیچ M 24، $l = 76$ mm، $l_a = l_u = 2$ mm؛

$f = 0,6$ mm، $v_c = 6$ m/min، $i = 2$، $a = 0,15$ mm؛

$h = 1,84$ mm، $P = 3$ mm، $g = 1$؛

$L = ?$، $n = ?$، $i = ?$، $t_h = ?$؛

$$L = l + l_a + l_u = 76\text{ mm} + 2 \cdot 2\text{ mm} = \mathbf{80\text{ mm}}$$

$$n = \frac{v_c}{\pi \cdot d} = \frac{6\frac{m}{min}}{\pi \cdot 0,024\,m} \approx \mathbf{80\ \frac{1}{min}}$$

$$t_h = \frac{L \cdot i \cdot g}{P \cdot n} = \frac{80\text{mm} \cdot 13 \cdot 1}{3\text{mm} \cdot 80\frac{1}{min}} \approx \mathbf{4,3\,min}$$

$$i = \frac{h}{a} = \frac{1,84\,mm}{0,15\,mm} = 12,2 \approx \mathbf{13}$$

طول‌تراشی و کف‌تراشی با سرعت براده‌برداری ثابت

اگر به دلایل ایمنی، دور باید در یک دور حدی داده شده n_g محدوده شود، برای قطر d کوچکتر از قطر گذر d_g عملیات تراشکاری در یک دور ثابت انجام می‌گیرد (صفحه ۲۹۱).

قطر گذر

$$d_g = \frac{v_c}{\pi \cdot n_g}$$

مدت زمان ماشینکاری

$$t_h = \frac{\pi \cdot d_e \cdot L \cdot i}{v_c \cdot f}$$

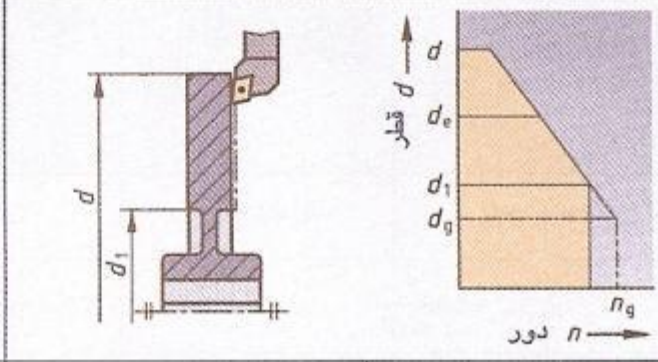
تعداد پاس طول‌تراشی

$$i = \frac{d - d_1}{2 \cdot a}$$

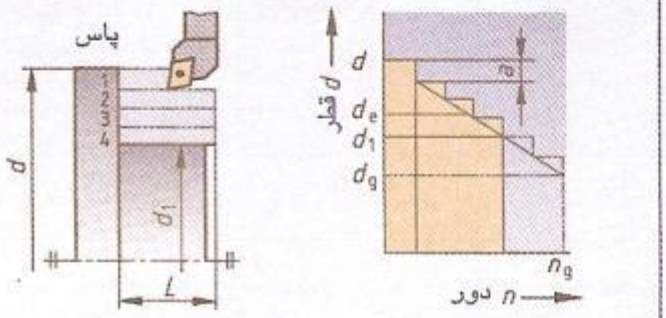
d_g	قطر گذر	i	تعداد پاس تراشکاری
v_c	سرعت براده‌برداری	d	قطر خارجی
n_g	دور حدی	d_1	قطر داخلی
t_h	مدت زمان ماشینکاری	a	عمق براده‌برداری
d_e	قطر معادل	l_a	طول خلاصی ابتدا
L	طول تراشکاری، طول پیشروی	l_u	طول خلاصی انتها
f	طول پیشروی در یک دور		

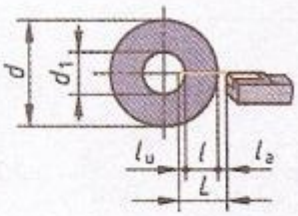
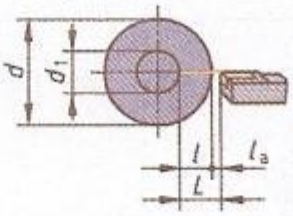
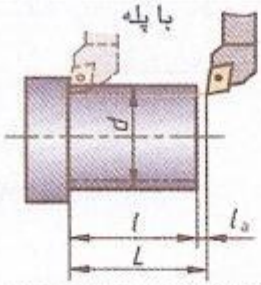
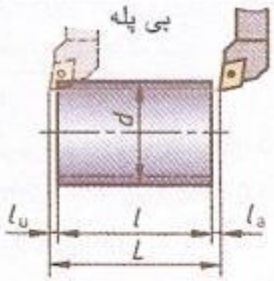
محاسبه طول تراشکاری L و قطر معادل d_e

کف‌تراشی



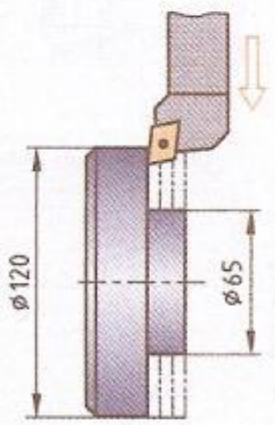
طول‌تراشی



استوانه توخالی	استوانه توپر با پله	با پله	بی پله
			
$L = \frac{d - d_1}{2} + l_a + l_u$	$L = \frac{d - d_1}{2} + l_a$	$L = l + l_a$	$L = l + l_a + l_u$
$d_e = \frac{d + d_1}{2} + l_a - l_u$	$d_e = \frac{d + d_1}{2} + l_a$	$d_e = d - a \cdot (i + 1)$	

مثال : کف‌تراشی، $l_a = 1,5$ mm ،$v_c = 220$ m/min ؛$f = 0,2$ mm ،$i = 2$ ؛

$t_h = ?$ ،$d_e = ?$ ،$L = ?$ ،$d_g = ?$ ،$n_g = 3000/min$



$$d_g = \frac{v_c}{\pi \cdot n_g} = \frac{220\,000 \frac{mm}{min}}{\pi \cdot 3000 \frac{1}{min}} = \mathbf{23,3\ mm}\ (d_1 > d_g)$$

$$L = \frac{d - d_1}{2} + l_a = \frac{120\ mm - 65\ mm}{2} + 1,5\ mm = \mathbf{29\ mm}$$

$$d_e = \frac{d + d_1}{2} + l_a = \frac{120\ mm + 65\ mm}{2} + 1,5\ mm = \mathbf{94\ mm}$$

$$t_h = \frac{\pi \cdot d_e \cdot L \cdot i}{v_c \cdot f} = \frac{\pi \cdot 94\ mm \cdot 29\ mm \cdot 2}{220\,000 \frac{mm}{min} \cdot 0,2\ mm} = \mathbf{0,39\ min}$$

سوراخکاری، برقوکاری، خزینه‌کاری، صفحه‌تراشی، کله‌زنی

سوراخکاری، برقوکاری، خزینه‌کاری

مدت زمان ماشینکاری

$$t_h = \frac{L \cdot i}{n \cdot f}$$

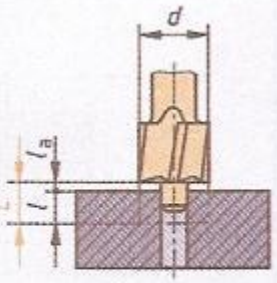
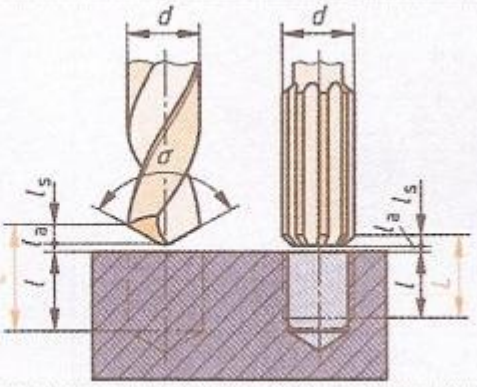
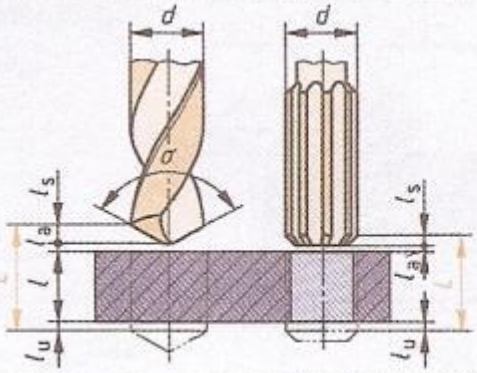
دور

$$n = \frac{v_c}{\pi \cdot d}$$

طول پیشروی	L	مدت زمان ماشینکاری	t_h
طول پیشروی در یک دور	f	قطر ابزار	d
دور	n	عمق سوراخکاری	l
سرعت براده‌برداری	v_c	طول خلاصی ابتدا	l_a
تعداد پاس ماشینکاری	i	طول خلاصی انتها	l_u
زاویه راس	σ	ارتفاع پخ ابزار	l_s

ارتفاع پخ ابزار l_s	
σ	l_s
80°	0,6 · d
118°	0,3 · d
130°	0,23 · d
140°	0,18 · d

محاسبه طول پیشروی L

در خزینه‌کاری	در سوراخکاری و برقوکاری	
	سوراخ کور (بسته)	سوراخ سراسری (راه به در)
		
$L = l + l_a$	$L = l + l_s + l_a$	$L = l + l_s + l_a + l_u$

مثال :

سوراخ کور با d = 30 mm ،l = 90 mm

f = 0,15 mm ،n = 450/min ،i = 15 ،l_a = 1 mm

σ = 130° ،L = ? ،t_h = ?

$$L = l + l_s + l_a = 90\,mm + 0{,}23 \cdot 30\,mm + 1\,mm = \mathbf{98\,mm}$$

$$t_h = \frac{L \cdot i}{n \cdot f} = \frac{98\,mm \cdot 15}{450\,\frac{1}{min} \cdot 0{,}15\,mm} = \mathbf{21{,}78\,min}$$

صفحه‌تراشی و کله‌زنی

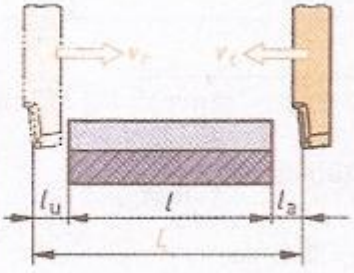
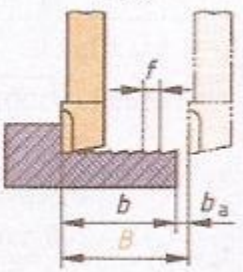
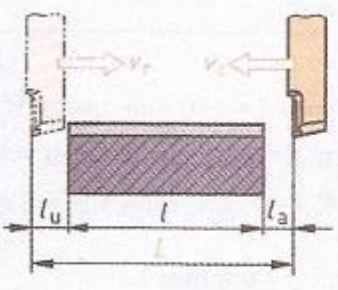
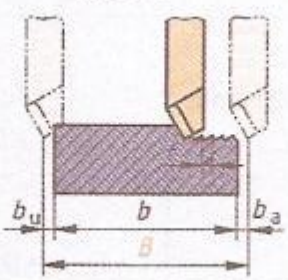
مدت زمان ماشینکاری

$$t_h = \frac{B \cdot i}{n \cdot f}$$

$$t_h = \left(\frac{L}{v_c} + \frac{L}{v_r}\right) \cdot \frac{B \cdot i}{f}$$

خلاصی عرضی انتها	b_u	مدت زمان ماشینکاری	t_h
تعداد کورس کامل در دقیقه	n	طول قطعه‌کار	l
سرعت براده‌برداری، سرعت رفت	v_c	طول خلاصی ابتدا	l_a
سرعت برگشت	v_r	طول خلاصی انتها	l_u
عرض صفحه‌تراشی یا کله‌زنی	B	طول کورس	L
پیشروی عرضی در یک کورس کامل	f	عرض قطعه‌کار	b
تعداد پاس ماشینکاری	i	خلاصی عرضی ابتدا	b_a

محاسبه طول کورس L و عرض صفحه‌تراشی B

قطعه کار با پله		قطعه کار بدون پله	
			
$L = l + l_a + l_u$	$B = b + b_a$	$L = l + l_a + l_u$	$B = b + b_a + b_u$

فرزکاری

مدت زمان اصلی

$$t_h = \frac{L \cdot i}{v_f}$$

$$t_h = \frac{L \cdot i}{n \cdot f}$$

سرعت پیشروی

$$v_f = n \cdot f$$

$$v_f = n \cdot f_z \cdot z$$

پیشروی در هر دور

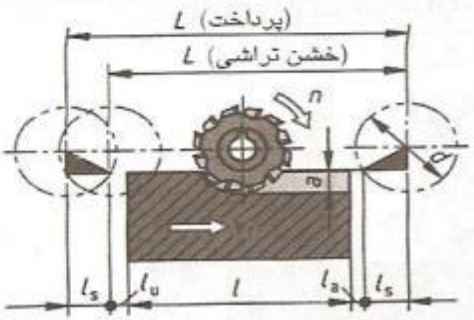
$$f = f_z \cdot z$$

قطر تیغه فرز	d	مدت زمان اصلی	
تعداد لبه تیغه فرز	z	طول قطعه‌کار	
سرعت پیشروی	v_f	طول خلاصی ابتدا	
تعداد پاس فرزکاری	i	طول خلاصی انتها	
عرض قطعه‌کار	b	فاصله از مرکز ابزار تا	
دور	n	طول خلاصی	
عمق براده‌برداری	a	طول پیشروی	
عمق جای خار	t	پیشروی هر لبه ابزار	
پیشروی در هر دور فرز	f	سرعت براده‌برداری	

محاسبه طول پیشروی

فرزکاری محیطی- پیشانی

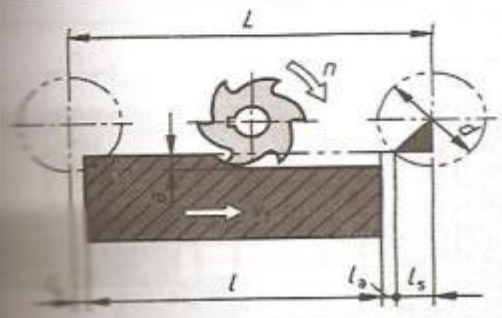
تیغه‌فرز پولکی، تیغه‌فرز غلتکی- پیشانی



پرداخت	خشن‌تراشی
$L = l + 2 \cdot l_s + l_a + l_u$	$L = l + l_s + l_a + l_u$
$l_s = \sqrt{d \cdot a - a^2}$; $l_a = l_u$	

فرزکاری محیطی

تیغه‌فرز غلتکی



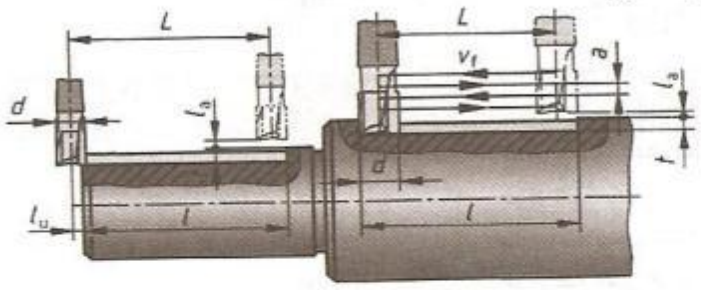
خشن‌تراشی یا پرداخت

$$L = l + l_s + l_a + l_u$$

$$l_s = \sqrt{d \cdot a - a^2};\ l_a = l_u$$

فرزکاری انگشتی (فرزکاری جای خار)

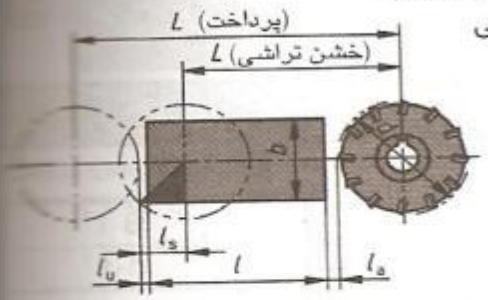
تیغه فرز انگشتی



شیار بسته	شیار یک طرف باز
$L = l - d$	$L = l - \frac{d}{2} + l_u$
$i = \frac{t + l_a}{a}$	
$l_u = l_a \approx 1{,}5$ mm	

فرزکاری پیشانی (فرزکاری کف)

تیغه‌فرز غلتکی- پیشانی



پرداخت	خشن‌تراشی
$L = l + d + l_a + l_u$	$L = l + \frac{d}{2} - l_s + l_a + l_u$
–	$l_s = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{d^2 - b^2}$
$l_a = l_u \approx 1{,}5$ mm	

مثال :

فرزکاری کف، $l = 176$ mm ؛ $l_a = l_u = 1{,}5$ mm ؛
$d = 100$ ؛ $z = 8$ ؛ $n = 640/\text{min}$ ؛ $f_z = 0{,}1$ mm ؛
$a = 8$ mm ؛ $i = 1$ ؛ $L = ?$ ؛ $f = ?$ ؛ $v_f = ?$ ؛ $t_h = ?$

$$f = f_z \cdot z = 0{,}1\text{ mm} \cdot 8 = \mathbf{0{,}8\text{ mm}}$$

$L = l + l_s + l_a + l_u$

$$= 176\text{mm} + \sqrt{100\text{mm} \cdot 8\text{mm} - (8\text{mm})^2} + 2 \cdot 1{,}5\text{mm} = \mathbf{206\text{mm}}$$

$$v_f = n \cdot f = 640\frac{1}{\text{min}} \cdot 0{,}8\text{mm} = \mathbf{512\frac{mm}{min}}$$

$$t_h = \frac{L \cdot i}{v_f} = \frac{206\text{ mm} \cdot 1}{512\frac{\text{mm}}{\text{min}}} = \mathbf{0{,}4\text{min}}$$

سنگ‌زنی

سنگ‌زنی محوری- طولی

دور قطعه‌کار

$$n = \frac{v_1}{\pi \cdot d_1}$$

مدت زمان اصلی

$$t_h = \frac{L \cdot i}{n \cdot f}$$

تعداد پاس

برای سنگ‌زنی داخلی

$$i = \frac{d - d_1}{2 \cdot a} + 2^{1)}$$

برای سنگ‌زنی خارجی

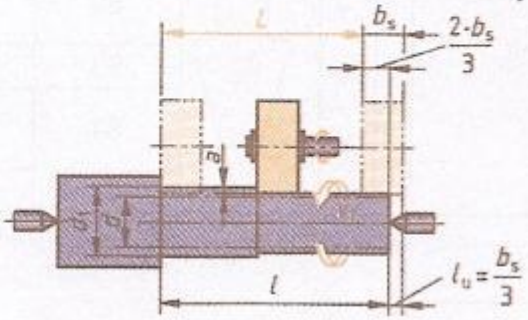
$$i = \frac{d_1 - d}{2 \cdot a} + 2^{1)}$$

۱) 2 پاس جهت پرداخت و تعداد پاسهای بیشتر برای درجه تلرانس تنگ لازم است.

t_h	مدت زمان اصلی	l	طول قطعه‌کار		
L	طول پیشروی	b_s	عرض سنگ		
i	تعداد پاس	l_u	طول خلاصی		
n	دور قطعه‌کار	t	اضافه‌تراش سنگ‌زنی		
f	پیشروی در هر دور قطعه‌کار				
v_f	سرعت پیشروی				
d_1	قطر اولیه قطعه‌کار				
d	قطر نهایی قطعه‌کار				
a	عمق براده‌برداری، عمق بار				

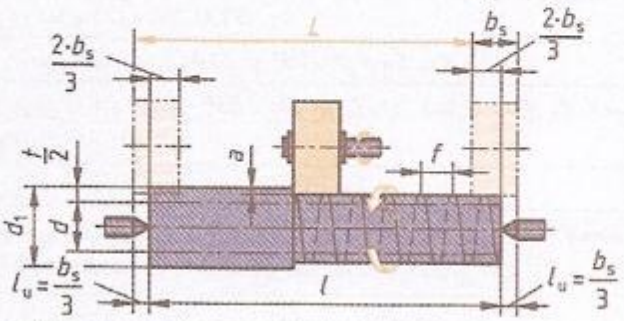
محاسبه طول پیشروی L

قطعات پله‌دار



$$L = l - \frac{2}{3} \cdot b_s$$

قطعات بدون پله



$$L = l - \frac{1}{3} \cdot b_s$$

پیشروی در خشن‌تراشی $f = \frac{2}{3} \cdot b_s \ldots \frac{3}{4} \cdot b_s$، پیشروی در پرداخت $f = \frac{1}{4} \cdot b_s \ldots \frac{1}{2} \cdot b_s$

سنگ‌زنی تخت

تعداد کورس

$$n = \frac{v_f}{L}$$

تعداد پاس

$$i = \frac{t}{a} + 2^{1)}$$

۱) 2 پاس جهت پرداخت

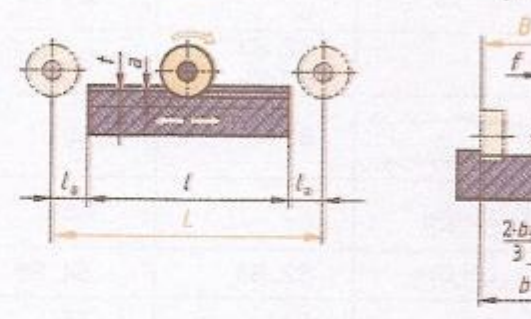
مدت زمان اصلی

$$t_h = \frac{i}{n} \cdot \left(\frac{B}{f} + 1 \right)$$

t_h	مدت زمان اصلی	B	عرض سنگ‌زنی		
l	طول قطعه‌کار	f	پیشروی عرضی در یک کورس		
l_a	طول خلاصی ابتدا و انتها	n	تعداد کورس در دقیقه		
L	طول پیشروی	v_f	سرعت پیشروی		
b	عرض قطعه‌کار	i	تعداد پاس سنگ‌زنی		
b_u	عرض خلاصی	t	اضافه تراش سنگ‌زنی		
a	عمق براده‌برداری، عمق بار	b_a	عرض دیسک سنگ		

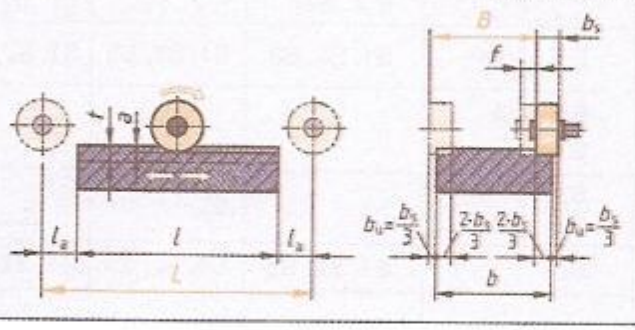
محاسبه طول پیشروی L و عرض سنگ‌زنی B

قطعات پله‌دار



$$B = b - \frac{2}{3} \cdot b_s \qquad L = l + 2 \cdot l_a$$

قطعات بدون پله



$$B = b - \frac{1}{3} \cdot b_s \qquad L = l + 2 \cdot l_a$$

پیشروی عرضی در سنگ‌زنی خشن $f = \frac{2}{3} \cdot b_s \ldots \frac{4}{5} \cdot b_s$، پیشروی در پرداخت $f = \frac{1}{2} \cdot b_s \ldots \frac{2}{3} \cdot b_s$

مواد روغنکاری- خنک‌کاری برای شکل‌دادن براده‌برداری فلزات

اصطلاحات و محدوده کاربرد مواد روغنکاری- خنک‌کاری[۱]

طبق DIN 51385 (1991-06)

نوع مواد روغنکاری خنک‌کاری	نحوه اثر	علایم کوتاه در جدول	توضیح، کاربرد
محلول روغنکاری خنک‌کاری	افزایش اثر خنک‌کاری / افزایش اثر روغنکاری	L1	محلول مواد غیرآلی، مانند سودا (کربنات سدیم) یا نیتریت سدیم در آب کاربرد غالبا برای سنگ‌زنی
		L2	محلول یا امولسیون غالب مواد آلی و اکثرا مواد مصنوعی در آب محدوده کاربرد مانند امولسیون روغنکاری خنک‌کاری، با شدت بوی کمتر
امولسیون مواد روغنکاری خنک‌کاری		E 2% E 20%	امولسیون با نسبت مخلوط 2% (E 2%) تا 20% (E 20%) مواد روغنکاری قابل امولسیون در آب، غالبا به عنوان مایع سوراخکاری به‌کار می‌رود. وقتی اثر خنک‌کاری بیش از اثر روغنکاری مطلوب باشد، مانند براده‌برداری با سرعت برش بالا، از این روغن استفاده می‌شود.
مواد روغنکاری خنک‌کاری غیرقابل مخلوط با آب		S1	روغن برش با افزوده‌های قطبی، مانند مواد روغنی گیاهی یا حیوانی یا استرهای مصنوعی، جهت بهبود چسبندگی روی سطح فلز. با وجود اینکه اثر روغنکاری و جلوگیری از خوردگی بالایی را دارد ولی برای دمای براده‌برداری بالا به‌کار می‌رود.
		S2	روغن برش با افزوده‌های- EP با اثر نرم‌کنندگی[۲] پایداری دما و فشار بالاتر از S1
		S3	روغن برش با افزوده‌های قطبی و EP با اثر نرم‌کنندگی[۲]
		S4	روغن برش با افزوده‌های- EP[۲]. علیرغم پایداری فشار و دمای بالا، معیوب شدن سطح فلز امکان دارد
		S5	روغن برش با افزوده‌های- قطبی و- EP فعال

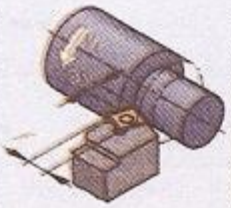
۱) مواد روغنکاری- خنک‌کاری ممکن است مضر سلامتی باشد (صفحه ۱۹۷)، بدین جهت در مقدار کم استفاده می‌شود.
۲) EP (= extreme pressure) فشار بالا، افزوده‌هایی جهت افزایش تحمل تنش سطحی بالا

اصول انتخاب مواد روغنکاری خنک‌کاری

فرآیند تولید	فولاد: قابلیت براده‌برداری سخت	فولاد: قابلیت براده‌برداری نرم	چدن خاکستری، چدن چکش‌خوار	مس، آلیاژهای مس	آلومینیم، آلیاژ آلومینیم	آلیاژهای منیزیم
تراشکاری — خشن‌تراشی	E 10% S4, S5	E 2...5% L2	خشک	خشک L2, S1	E 2...5% L2, S1, S3	خشک S1, S2
تراشکاری — ظریف‌تراشی	E 10% S4, S5	E 2...5% S3	خشک E 2...5%	خشک L2, S1, S2	خشک S1, S2, S3	خشک S1, S2, S3
فرزکاری	E 10% S4, S5	E 5...10% L2, S3	خشک E 2...5%	خشک E 2...5% S1, S2, S3	S1, S2, S3 E 2...5%	خشک S1, S2, S3
سوراخکاری	E 10% S4, S5	E 2...5%	خشک E 5...10%	خشک S1, S2, S3 E 5...10%	E 2...5% S1, S2, S3	خشک S1, S2, S3
سوراخکاری عمیق	S5	S3, E 20%	E 20%	S3	S3	S3
برقوزنی	S3 S4, S5	S2, S3 E 20%	خشک S1	خشک S1, S2, S3	S1, S2, S3	S1, S2, S3
اره‌کاری	E 20%	E 5...10% L2	خشک E 2...5%	S1 ,S2, S3 E 2...5%	S1, S2, S3 E 2...5%	خشک S1, S2, S3
خانکشی	S4, S5	S2, S3 E 10%	E 5...10%	S1, S2, S3	S1, S2, S3	S1, S2, S3
چرخدنده‌تراشی با فرزکاری چرخدنده‌تراشی با کله‌زنی	S5	S3	E 2...5% S3	–	–	–
پیچ‌بری (تراشکاری)	S5	S3	S3 E 5...10%	S3	S3	S3 خشک
پیچ‌تراشی (فرزکاری)	S4, S5	S2, S3	S2	S1, S2, S3	S1, S2, S3	S1, S2, S3
سنگ‌زنی پیچ	S5	S3	–	–	–	–
سنگ‌زنی تخت سنگ‌زنی گرد	S3 L2, L1	E 2...5% L2, L1	L2, L1 E 2...5%	E 2% L2, L1	–	–
هونینگ، لپینگ	S4, S5	S2, S3	S2	–	E 2...5%	–

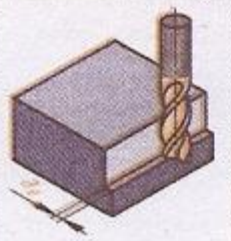
براده‌برداری سخت و خشک، فرزکاری سرعت بالا، MMKS

تراشکاری سخت با نیتریدبر مکعبی (CBN)



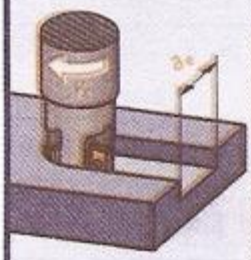
عمق براده‌برداری a_p mm	پیشروی f دور/mm	سرعت براده‌برداری v_c m/min	جنس، فولاد سختکاری شده HRC	فرآیند تراشکاری
0,05...0,5	0,05...0,3	60...220	45...58	خارج‌تراشی
0,05...0,2	0,05...0,2	60...180		داخل‌تراشی
0,05...0,4	0,05...0,25	50...190	> 58...65	خارج‌تراشی
0,05...0,2	0,05...0,2	50...150		داخل‌تراشی

فرزکاری سخت با ابزارهای الماسه یکپارچه پوشش‌دار (VHM)



پیشروی هر دندانه f_z به mm در قطر تیغه فرز d به mm			عرض نفوذ $a_{e\,max}$ mm	سرعت براده‌برداری v_c m/min	جنس فولاد سختکاری شده HRC
> 12...20	> 8...12	> 2...8			
0,06	0,05	0,04	0.05 · d	80...90	تا 35
			0,05 · d	60...70	36...45
0,05	0,04	0,03	0,05 · d	50...60	46...54

براده‌برداری سرعت بالا (HSC = High Speed Cutting) با PKD



قطر تیغه فرز d به mm				سرعت براده‌برداری v_c m/min	گروه جنس
20		10			
f_z mm	a_e mm	f_z mm	a_e mm		
0,13...0,18	0,40	0,09...0,13	0,25	280...360 210...270	فولاد R_m 850...1100 > 1100...1400
0,13...0,18	0,40 0,35	0,09...0,13	0,25 0,20	90...240 75...120	فولاد سختکاری شده 48...55 HRC > 55...67 HRC
0,13...0,18	0,40	0,09...0,13	0,25	300...360	EN-GJS > 180 HB
0,13...0,18	0,35...0,40	0,09...0,13	0,20...0,25	90...270	آلیاژهای تیتانیم
0,13...0,18	0,35	0,09...0,13	0,20	90...140	آلیاژهای Cu

براده‌برداری خشک

فرآیند	تکه ویدیا و مواد روغنکاری- خنک‌کننده				
	مواد آهنی			مواد Al	
	فولادهای بهسازی	فولادهای آلیاژ بالا	چدنها	آلیاژهای ریختگی	آلیاژهای خمیری
سوارخکاری	TiN, خشک	TiAlN, MMKS [1]	TiN, خشک	TiAlN, MMKS	TiAlN, MMKS
برقوکاری	PKD, MMKS	– [2]	PKD, MMKS	TiAlN, PKD, MMKS	TiAlN, MMKS
فرزکاری	TiN, خشک	TiAlN, MMKS	TiN, خشک	TiAlN, خشک	TiAlN, MMKS
اره‌کاری	MMKS	MMKS	– [2]	TiAlN, MMKS	TiAlN, MMKS

حداقل مقدار مواد روغنکاری- خنک‌کننده (MMKS یا MMS) [3]

مواد روغنکاری- خنک‌کاری مناسب برای جنس براده‌برداری

آلیاژهای فولاد فریتی پرلیتی
فولادهای زنگ‌نزن
آلیاژهای ریختگی Al
آلیاژهای خمیری Al
آلیاژهای Cu
آلیاژهای Mg
مواد ریختگی آهنی

خواص افزایشی جنس

وابستگی MMKS به فرآیند تولید براده‌برداری

لپینگ
سنگ‌زنی
هونینگ
سوراخکاری
برقوکاری
فرزکاری
تراشکاری

مقدار افزایشی مواد روغنکاری

۱) نیترید آلومینیم تیتان (پوشش خیلی سخت)
۲) کاربرد غیرمعمول
۳) معمولا 0,01 ... 3 l/h

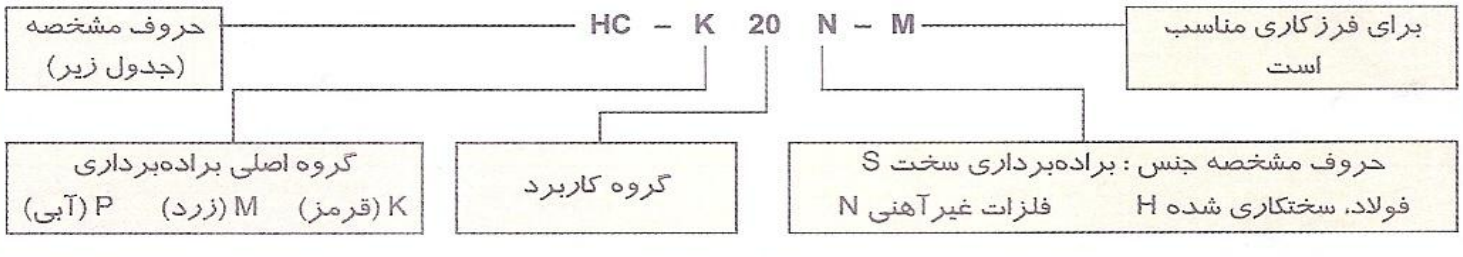
تکه‌های ویدیا (الماسه)

مشخصه تکه‌های ویدیا

طبق E-DIN ISO 513 (2004-07) و DIN 6599 (1998-06)

استاندارد DIN ISO 513 مشخصه مواد برشی سخت جهت براده‌برداری و کاربرد آن را تعریف می‌کند. این استاندارد مواد برشی را برحسب گروه اصلی- براده‌برداری کلاسه‌بندی می‌کند و به گروههای کاربردی تقسیم‌بندی می‌شود. DIN 6599 جهت تکمیل DIN ISO 513 دارای اطلاعاتی درباره جنس قطعات و نیز مشخصه‌های چقرمگی و مقادیر توان مواد برشی سخت است.

مثال :



محدوده کاربرد	خواص	اجزاء	K[1]	گروه مواد برشی
تکه‌های براده‌برداری ابزارهای سوراخکاری، تراشکاری و فرزکاری، همچنین به عنوان ابزارهای الماسه یکپارچه	سخت‌گرمایی بالا تا 1000° C، مقاومت سایش بالا، استحکام فشاری بالا، مستهلک ارتعاش	فلز سخت بدون پوشش از کاربید تنگستن (WC)، همچنین به عنوان فلز سخت دانه‌ریز (اندازه دندانه < 2,5 µm)	HW	فلزات سخت، الماسه (HM)
تکه‌های تعویضی الماسه برای ابزارهای فرزکاری جهت پرداخت در سرعت براده‌برداری بالا	مانند HW ولی با پایداری لبه‌های برشی و پایدار شیمیایی بالا	فلز سخت بدون پوشش از کاربید تیتانیم (TiC)، نیترید تیتانیم (TiN) یا از هردو، سرمت هم نامیده می‌شود.	HT	
جایگزینی فزاینده برای فلزات سخت بدون پوشش	افزایش استحکام سایش بدون کاهش چقرمگی	HW و HT با پوشش نیترید کربونیترید (TiCN)	HC	
براده‌برداری چدن، غالبا بدون روغنکاری- خنک‌کننده	سختی بالا و سختی گرمایی تا 1200 °C، حساس به تغییرات شدید دما	اکسید سرامیک، غالبا از اکسید آلومینیم (Al_2O_3)	CA	سرامیکهای برشی
تراشکاری ظریف فولاد سختکاری‌شده، براده‌برداری با سرعت براده‌برداری بالا	چقرمه‌تر از سرامیک خالص، پایداری بهتر به نوسانات دما	سرامیک مخلوط بر پایه اکسید آلومینیم (Al_2O_3) و نیز سایر اکسیدها	CM	
براده‌برداری چدنها با سرعت براده‌برداری بالا	چقرمگی بالا، پایداری بالای لبه براده‌برداری	سرامیک نیترید، غالبا از نیتریدهای سیلیسیم (Si_3N_4)	CN	
جایگزینی فزاینده برای سرامیکهای براده‌برداری بدون پوشش	افزایش مقاومت سایش بدون کاهش چقرمگی	سرامیک براده‌برداری مانند CA، CM و CN ولی با پوشش نیترید تیتانیم کربن	CC	
ماشینکاری پرداخت مواد سخت (HRC > 48) در کیفیت سطحی بالا	سختی خیلی بالا و سختی‌گرمایی تا 2000 °C، استحکام سایش و پایداری شیمیایی بالا	نیتریدبر (BN) مکعبی پلی کریستالی، CBN یا PKB یا مواد برشی خیلی سخت هم نامیده می‌شود	BN	نیترید بور
براده‌برداری فلزات غیرآهنی و آلیاژهای Al با مقدار سیلیسیم بالا	استحکام سایش بالا، خیلی ترد، پایداری حرارتی تا 600 °C، با عناصر آلیاژی واکنش نشان‌می‌دهد	الماس پلی کریستالی، نام دیگر آن PKD یا مواد برشی خیلی سخت، از کربن (C) ساخته می‌شود	DP	الماس
در نیروهای براده‌برداری با تغییرات شدید، ماشینکاری پلاستیکها، برای براده‌برداری آلیاژهای Al و Cu	چقرمگی و مقاومت خمشی بالا، سختی پایین، پایداری حرارتی تا 600 °C	فولاد تندبر توان بالا با عناصر آلیاژی تنگستن (W)، مولیبدن (Mo)، وانادیم (V) و کبالت (Co) غالبا با نیترید تیتانیم (TiN)	HSS	فولادهای ابزاری[2]

۱) حروف مشخصه طبق DIN ISO 513

۲) فولادهای ابزاری در DIN ISO 513 یا DIN 6599 نیامده است.

تکه‌های ویدیا (الماسه)

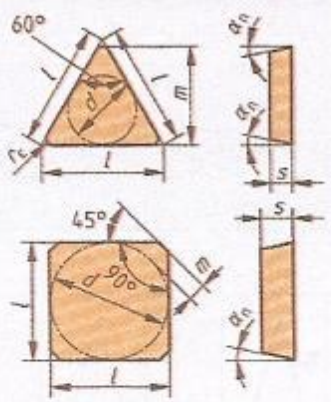
گروههای اصلی براده‌برداری و گروههای کاربردی تکه‌های ویدیا

طبق E-DIN ISO 513 (2004-07)

گروه اصلی، رنگ مشخصه	علامت کوتاه	جنس	فرآیندهای براده‌برداری و شرایط براده‌برداری	خواص مواد برشی	مقادیر براده
	گروه براده‌برداری و کاربردی				
P آبی	فولادهای براده بلند و مواد ریختگی آهنی				
	P01	فولاد، فولاد ریختگی	تراشکاری و سوراخکاری پرداخت با سرعت براده‌برداری بالا و مقاطع کوچک براده‌برداری	افزایش استحکام سایش / افزایش چقرمگی	افزایش بارگذاری لبه براده‌برداری / افزایش سرعت براده‌برداری
	P10	فولاد، فولاد ریختگی، چدن چکش‌خوار براده بلند	تراشکاری، فرزکاری، پیچبری، سرعت براده‌برداری بالا در مقاطع کوچک و متوسط براده‌برداری		
	P20	فولاد، فولاد ریختگی، چدن چکش‌خوار براده بلند	تراشکاری، کپی‌تراشی، فرزکاری با سرعت براده‌برداری متوسط و سطح مقطع متوسط		
	P30	فولاد، فولاد ریختگی با حفره (مک)	تراشکاری با سرعت براده‌برداری پایین و مقاطع بزرگ براده‌برداری		
	P40	فولاد، فولاد ریختگی با حفره	ماشینکاری تحت شرایط براده‌برداری نامناسب، زاویه بزرگ براده امکانپذیر است		
	P50	فولاد، فولاد ریختگی با استحکام متوسط و دارای حفره و ماسه نفوذی	ماشینکاری تحت شرایط براده‌برداری نامناسب که در این مورد نیاز به مواد برشی چقرمه است، زاویه براده و مقاطع براده بزرگ در سرعت براده‌برداری کوچک امکانپذیر است		
M زرد	فولادهای براده بلند و کوتاه، مواد ریختگی آهنی و فلزات غیرآهنی				
	M10	فولاد، فولاد ریختگی، چدنها، فولاد آستنیتی منگنزدار	تراشکاری با سرعت براده‌برداری متوسط و بالا و مقاطع براده‌برداری کوچک تا متوسط	افزایش استحکام سایش / افزایش چقرمگی	افزایش بارگذاری لبه براده‌برداری / افزایش سرعت براده‌برداری
	M20	فولاد، فولاد ریختگی، چدنها، فولادهای آستنیتی	تراشکاری و فرزکاری با سرعت براده‌برداری متوسط و مقاطع براده‌برداری متوسط		
	M30	فولاد، چدنها، آلیاژهای مقاوم به گرمای بالا	تراشکاری و فرزکاری با سرعت براده‌برداری متوسط و مقاطع براده‌برداری متوسط تا بزرگ		
	M40	فولادهای اتومات (خوش‌تراش)، فلزات سنگین، فلزات سبک	تراشکاری، گاه‌تراشی مخصوصا روی دستگاههای سری‌تراش		
K قرمز	فولادهای براده کوتاه، مواد ریختگی آهنی، فلزات غیرآهنی و مواد غیرفلزی				
	K01	چدنهای سخت، آلیاژهای Al-Si، دوروپلاستها	تراشکاری، تراشکاری اولیه، فرزکاری، شابرزنی	افزایش استحکام سایش / افزایش چقرمگی	افزایش بارگذاری لبه براده‌برداری / افزایش سرعت براده‌برداری
	K10	چدن با HB ≥ 220، فولاد سخت، سرامیک	تراشکاری، فرزکاری، سوراخکاری، داخل‌تراشی، خانکشی،		
	K20	چدن با HB ≥ 220، فلزات غیرآهنی	تراشکاری، فرزکاری، داخل‌تراشی، در صورتی که چقرمگی بالایی برای مواد براده‌برداری لازم است		
	K30	فولاد، چدن با سختی پایین	تراشکاری، فرزکاری، فرزکاری جای خار، زاویه براده بزرگ امکانپذیر است		
	K40	فلزات غیرآهنی، چوب	ماشینکاری با زاویه براده بزرگ		

مشخصه تکه‌های ویدیای تعویضی از فلزات سخت

طبق DIN 4987 (1987-03)



مثال مشخصه

تکه ویدیا از فلز سخت با گوشه‌های گرد (DIN 4968)، بدون سوراخ

DIN تکه ویدیا	4898	–	T	N	G	N	16	03	08	T	–	P20	
تکه ویدیا از فلز سخت با لبه‌های براده‌برداری تخت (DIN 6590)													
DIN تکه ویدیا	6590	–	S	P	E	N	15	04	ED	R	–	P10	
شماره استاندارد			①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	

① فرم اصلی

هم ضلع و هم زاویه: H، O، P، R، S، T

هم ضلع و مختلف الزاویه: C (80°)، D (55°)، E (75°)، M (86°)، V (35°)، W (80°)

L مختلف الاضلاع و هم‌زاویه

A, B, K مختلف الاضلاع و مختلف الزاویه: L، A (85°)، B (82°)، K (55°)

علاوه بر اشکال استاندارد اشکال متنوع ویژه شرکتهای سازنده هم به‌کار می‌رود.

② زاویه آزاد- استاندارد

روی تکه α_n

A	B	C	D	E	F	G	N	P	O
3°	5°	7°	15°	20°	25°	30°	0°	11°	با داده‌های ویژه

③ درجه تلرانس

انحرافات مجاز برای

ضخامت تکه s	اندازه کنترل m	اندازه کنترل d
±0,025 ... ±0,13	±0,005 ... ±0,025	±0,013 ... ±0,05

④ طرح سطوح براده‌برداری و ملاحظات بستن آن

B	K	N
H	W	R
C	T	F
J	Q	A
X (با داده‌های ویژه)	U	M

⑤ اندازه تکه

در تکه‌های مختلف الاضلاع اندازه بلندترین لبه به عنوان لبه براده‌برداری داده می‌شود، در تکه‌های گرد قطر آن داده می‌شود.

⑥ ضخامت تکه

ضخامت تکه بدون مکان اعشاری به mm بیان می‌شود.

⑦ طرح گوشه‌های لبه براده‌برداری

عدد مشخصه ضرب در فاکتور 0,1 = شعاع گوشه r_ε

1. حروف مشخصه زاویه تنظیم χ_r لبه براده‌برداری اصلی

A	D	E	F	P
45°	60°	75°	85°	90°

2. حروف مشخصه زاویه آزاد α'_n روی لبه براده‌برداری تخت

A	B	C	D	E	F	G	N	P
3°	5°	7°	15°	20°	25°	30°	0°	11°

⑧ لبه براده‌برداری

F	تیز	E	گرد شده	T	پخ خورده	S	گرد شده و پخ خورده	K	دو برابر پخ خورده	P	دو برابر پخ خورده و گرد شده

⑨ راستای لبه براده‌برداری

R	راست بر	L	چپ بر	N	راست بر و چپ بر

⑩ جنس

فلز سخت با گروه کاربردی- براده‌برداری یا سرامیک برشی

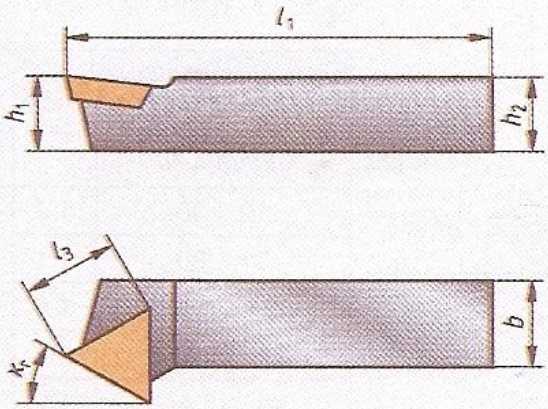
تنه رنده‌های تکه ویدیا

طبق DIN 4983 (2004-07)

مثال مشخصه :

تنه رنده DIN 4984 – C T W N R 32 25 M 16

- C: شماره- استاندارد
- T: نوع محکم کردن
- W: فرم اصلی تکه ویدیا[1]
- N: فرم تنه رنده تکه ویدیا
- R: زاویه آزاد تکه ویدیا[1] α_n
- 32: طرح تنه تکه ویدیا
- 25: ارتفاع نوک لبه براده‌برداری $h_1 = h_2$ به mm
- M: عرض تنه رنده تکه ویدیا b به mm
- 16: طول تنه رنده تکه ویدیا l_1 به mm
- اندازه تکه ویدیا[1]



۱) تکه ویدیا در صفحه ۳۰۰

مشخصه	طرح												
محکم کردن	حروف مشخصه	C			M			P			S		
	محکم‌کردن صفحه تکه ویدیا	گرفتن از بالا			گرفتن از بالا و از طریق سوراخ			از طریق سوراخ			از طریق خزینه سوراخ و با پیچ		
فرم تنه دنده راست	حروف مشخصه	A	B	D	E	M	N	V	G	H	J	R	T
	زاویه تنظیم جانبی κ_r	90°	75°	45°	60°	50°	63°	72,5°	90°	107,5°	93°	75°	60°
	طرح تنه رنده	راست						پله‌دار					
پله دار	حروف مشخصه	C	F	K	S	U	W	Y	رنده‌های فرم D و S با صفحه الماسه‌های گرد با فرم اصلی R				
	زاویه تنظیم جانبی κ_r	90°	90°	75°	45°	93°	60°	85°					
	طرح تنه رنده	راست	پله‌دار										
طرح تنه رنده	حروف مشخصه	R	تنه رنده راست			Ł	تنه رنده چپ			N	تنه رنده دوطرفه		
طول تنه رنده	حروف مشخصه l_1 به mm	A 32	B 40	C 50	D 60	E 70	F 80	G 90	H 100	J 110	K 125	L 140	M 150
	حروف مشخصه l_1 به mm	N 160	P 170	Q 180	R 200	S 250	T 300	U 350	V 400	W 450	X Y طول خاص		500

⇒

تنه رنده تکه ویدیا چهارگوش، با محکم کردن از بالا (C)، تکه ویدیا سه گوش (T)، $\kappa_r = 60°$ (W)، $\alpha_n = 0°$ (N)، طرح تنه راست (R)، $h_1 = h_2 = 32$ mm، $b = 25$ mm، $l_1 = 150$ mm (M)، $l_3 = 16,5$ mm (16). : DIN 4984 – CTWNR 3225 M 16 تنه رنده تکه ویدیا

نیروی براده‌برداری ویژه، مقادیر مرجع

نیروی براده‌برداری ویژه

$$k_c = k \cdot C_1 \cdot C_2$$

$$k_c = \frac{k_{c1.1}}{h^{m_c}} \cdot C_1 \cdot C_2$$

k_c	نیروی براده‌برداری ویژه
k	مقدار جدولی برای نیروی براده‌برداری ویژه
$k_{c1.1}$	مقدار اصلی نیروی براده‌برداری ویژه
m_c	ضریب ثابت مواد
h	ضخامت براده‌برداری
C_1	ضریب تصحیح سرعت براده‌برداری
C_2	ضریب تصحیح روش ساخت

ضرایب تصحیح	
C_1	سرعت براده‌برداری v_c به m/min
1,3	10... 30
1,1	31... 80
1,0	81... 400
0,9	> 400
C_2	روش ساخت
0,8	فرزکاری
1,0	تراشکاری
1,2	سوراخکاری

مثال :

محوری از جنس C45 با $v_c = 75$ m/min و $h = 0,31$ mm روتراشی می‌شود.

مطلوب است : تعیین ضریب تصحیح C_1، C_2 و نیروی براده‌برداری ویژه k_c

حل : C_1، C_2 و k طبق جدول : $C_1 = 1,1$، $C_2 = 1,0$ و $k = 1990\ N/mm^2$

$$k_c = k \cdot C_1 \cdot C_2 = 1990\ N/mm^2 \cdot 1,1 \cdot 1,0 = \mathbf{2189\ N/mm^2}$$

یا

$$k_c = \frac{k_{c1.1}}{h^{m_c}} \cdot C_1 \cdot C_2 = \frac{1450\ \frac{N}{mm^2}}{0,31^{0,27}} \cdot 1,1 \cdot 1,0 = \mathbf{2188,2\ N/mm^2}$$

مقادیر حدودی نیروی براده‌برداری ویژه[1]

مواد	$k_{c1.1}$ N/mm²	m_c	نیروی براده‌برداری ویژه k به N/mm² برای ضخامت براده h به mm								
			0,08	0,1	0,16	0,2	0,31	0,5	0,8	1,0	1,6
E295	1500	0,3	3200	2995	2600	2430	2130	1845	1605	1500	1305
C35, C45	1450	0,27	2870	2700	2380	2240	1990	1750	1540	1450	1275
C60	1690	0,22	2945	2805	2530	2410	2185	1970	1775	1690	1525
9S20	1390	0,18	2190	2105	1935	1855	1715	1575	1445	1390	1275
9SMn28	1310	0,18	2065	1985	1820	1750	1615	1485	1365	1310	1205
35S20	1420	0,17	2180	2100	1940	1865	1735	1600	1475	1420	1310
16MnCr5	1400	0,30	2985	2795	2425	2270	1990	1725	1495	1400	1215
18CrNi8	1450	0,27	2870	2700	2380	2240	1990	1750	1540	1450	1275
20MnCr5	1465	0,26	2825	2665	2360	2225	1985	1755	1555	1465	1295
34CrMo4	1550	0,28	3145	2955	2590	2430	2150	1880	1650	1550	1360
37MnSi5	1580	0,25	2970	2810	2500	2365	2115	1880	1670	1580	1405
40Mn4	1600	0,26	3085	2910	2575	2430	2170	1915	1695	1600	1415
42CrMo4	1565	0,26	3020	2850	2520	2380	2120	1875	1660	1565	1385
50CrV4	1585	0,27	3135	2950	2600	2450	2175	1910	1685	1585	1395
X210Cr12	1720	0,26	3315	3130	2770	2615	2330	2060	1825	1720	1520
EN-GJL-200	825	0,33	1900	1765	1510	1405	1215	1035	890	825	705
EN-GJL-300	900	0,42	2600	2365	1945	1740	1470	1205	990	900	740
CuZn37	1180	0,15	1725	1665	1555	1500	1405	1310	1220	1180	1100
CuZn36Pb1,5	835	0,15	1220	1180	1100	1065	995	925	865	835	780
CuZn40Pb2	500	0,32	1120	1045	900	835	725	625	535	500	430

۱) مقادیر مرجع برای ابزارهای فلز سخت (الماسه) با زاویه براده زیر صادق است :

برای فولادها $\gamma_o = +6°$

برای چدنها $\gamma_o = +2°$

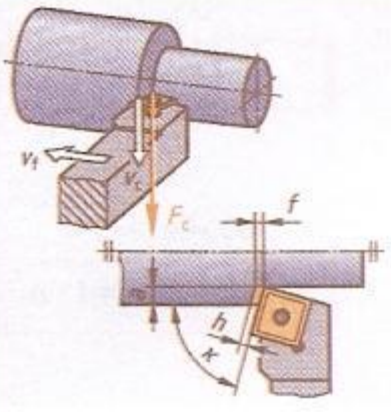
برای آلیاژهای مس $\gamma_o = +8°$

معنی مقادیر نیروی براده‌برداری $k_{c1.1}$، k و k_c

مقدار	
	نیروی براده‌برداری Fc مربوط به مقطع براده $A = 1\ mm^2$ تحت شرایط زیر :
$k_{c1.1}$	عرض براده‌برداری $b = 1$ mm، ضخامت براده‌برداری $h = 1$ mm
k	ضخامت براده‌برداری h بسته به طرح تولید
k_c	نیروی براده‌برداری ویژه k با مدنظر قرار دادن فرآیند تولید و سرعت براده‌برداری v_c

نیروها و توانها در تراشکاری و سوراخکاری

تراشکاری



F_c	نیروی براده‌برداری	
A	سطح مقطع براده برداری	
a	عمق براده‌برداری	
f	پیشروی	
χ	زاویه تنظیم	
h	ضخامت براده برداری	
v_c	سرعت براده‌برداری ویژه	
k_c	نیروی براده‌برداری ویژه (صفحه ۳۰۲)	
Q	حجم براده‌برداری زمانی	
P_c	توان براده‌برداری	

سطح مقطع براده‌برداری

$$A = a \cdot f$$

نیروی براده‌برداری

$$F_c = A \cdot k_c$$

ضخامت براده‌برداری

$$h = f \cdot \sin x$$

حجم براده‌برداری زمانی

$$Q = A \cdot v_c = a \cdot f \cdot v_c$$

توان براده‌برداری

$$P_c = F_c \cdot v_c = Q \cdot k_c$$

مثال : تراشکاری محوری از جنس 16MnCr5 با $a = 5\ mm$، $f = 0{,}32\ mm$، $\chi = 75°$ و $v_c = 160\ m/min$.

مطلوب است : h، k_c، A، F_c، P_c

حل :

$$h = f \cdot \sin\chi = 0{,}32\ mm \cdot \sin 75° = \mathbf{0{,}31\ mm}$$

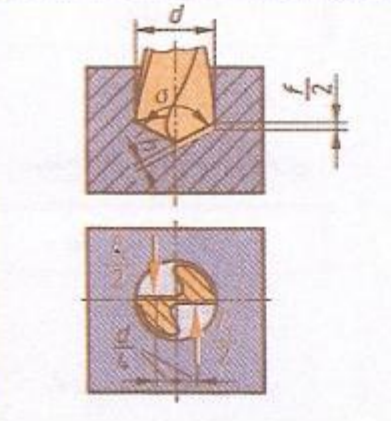
$$k_c = k \cdot C_1 \cdot C_2;\ k = 1990\ \frac{N}{mm^2} \quad \text{(صفحه ۳۰۲)}$$

$$= 1990\ \frac{N}{mm^2} \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}0 = \mathbf{1990\ \frac{N}{mm^2}}$$

$$F_c = a \cdot f \cdot k_c = 5\ mm \cdot 0{,}32\ mm \cdot 1990\ \frac{N}{mm^2} = \mathbf{3184\ N}$$

$$P_c = F_c \cdot v_c = \frac{3184\,N \cdot 160\,m}{60\,s} = 8491\ W = \mathbf{8{,}49\ kW}$$

سوراخکاری



F_c	نیروی براده‌برداری	
A	سطح مقطع براده‌برداری	
d	قطر مته	
σ	زاویه راس به درجه (°)	
f	پیشروی در یک دور به	mm
h	ضخامت براده‌برداری	
v_c	سرعت براده‌برداری ویژه	
k_c	نیروی براده‌برداری ویژه (صفحه ۳۰۲)	
M_c	گشتاور براده‌برداری	
Q	حجم براده‌برداری زمانی	
P_c	توان براده‌برداری	

ضخامت براده‌برداری

$$h = \frac{f}{2} \cdot \sin\frac{\sigma}{2}$$

سطح مقطع براده‌برداری

$$A = \frac{d \cdot f}{2}$$

نیروی براده‌برداری

$$F_c = A \cdot k_c$$

گشتاور براده‌برداری

$$M_c = \frac{F_c \cdot d}{4}$$

حجم براده‌برداری زمانی

$$Q = \frac{A \cdot v_c}{2}$$

توان براده‌برداری

$$P_c = \frac{F_c \cdot v_c}{2} = Q \cdot k_c$$

مثال : جنس قطعه‌کار 37MnSi5، قطر مته $d = 16\ mm$، $v_c = 12\ m/min$، $f = 0{,}18\ mm$، $\sigma = 118°$.

مطلوب است : h، k_c، F_c، M_c

حل :

$$h = \frac{f}{2} \cdot \sin\frac{\sigma}{2} = \frac{0{,}18\,mm}{2} \cdot \sin 59° = \mathbf{0{,}08\ mm}$$

$$k_c = k \cdot C_1 \cdot C_2 \quad \text{(صفحه ۳۰۲)}$$

$$= 2970\ \frac{N}{mm^2} \cdot 1{,}3 \cdot 1{,}2 = \mathbf{4633\ \frac{N}{mm^2}}$$

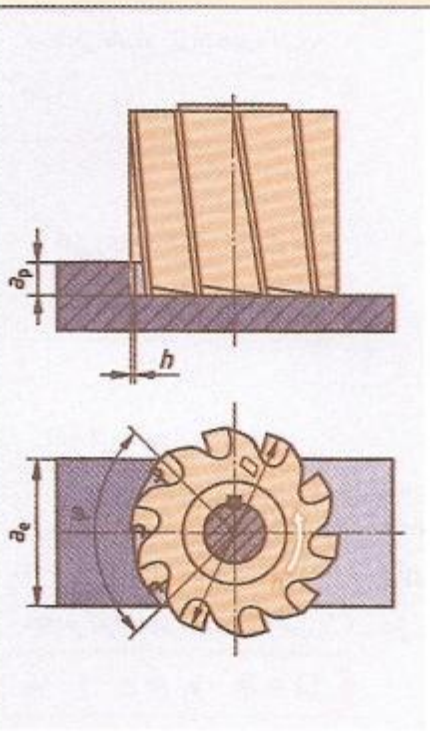
$$A = \frac{d \cdot f}{2} = \frac{16\,mm \cdot 0{,}18\,mm}{2} = \mathbf{1{,}44\ mm^2}$$

$$F_c = A \cdot k_c = 1{,}44\ mm^2 \cdot 4633\ \frac{N}{mm^2} = \mathbf{6672\ N}$$

$$M_c = \frac{F \cdot d}{4} = \frac{6672\,N \cdot 0{,}016\,m}{4} = \mathbf{26{,}7\ N \cdot m}$$

نیروها و توانها در فرزکاری پیشانی

فرزکاری پیشانی



F_c	نیروی براده‌برداری	
A	سطح مقطع براده‌برداری	
k_c	نیروی براده‌برداری ویژه (صفحه ۳۰۲)	
a_p	عمق براده‌برداری	
a_e	درگیری کاری (عرض فرزکاری)	
h	ضخامت براده‌برداری	
v_c	سرعت براده‌برداری	
v_f	سرعت پیشروی	
n	دور	
D	قطر تیغه فرز	
z	تعداد دندانه تیغه فرز	
f	پیشروی در یک دور	
f_z	پیشروی یک لبه	
z_e	تعداد لبه‌های درگیر	
φ_s	زاویه درگیری	
Q	حجم براده‌برداری زمانی	
P_c	توان براده‌برداری	

پیشروی

$$f = f_z \cdot z$$

سرعت پیشروی

$$v_f = f_z \cdot z \cdot n = f \cdot n$$

ضخامت براده‌برداری

$$h \approx 0{,}9 \cdot f_z$$

زاویه درگیری

$$\sin\frac{\varphi_s}{2} = \frac{a_e}{D}$$

مثال :

جنس قطعه‌کار 16MnCr5، $D = 160$ mm، $z = 12$، $a_e = 120$ mm، $a_p = 6$ mm، $f_z = 0{,}2$ mm، $v_c = 85$ m/min.

مطلوب است : n، v_f، φ_s، z_e، h، A، k_c، F_c، Q، P_c

تعداد لبه‌های درگیر

$$z_e = \frac{\varphi_s \cdot z}{360^\circ}$$

حل :

$$n = \frac{v}{\pi \cdot d} = \frac{85\,\frac{m}{min}}{\pi \cdot 0{,}16\ m} = \mathbf{169/min}$$

$$v_f = f_z \cdot z \cdot n = 0{,}2\ mm \cdot 12 \cdot 169/min = \mathbf{406\,\frac{mm}{min}}$$

سطح مقطع براده‌برداری

$$A = a_p \cdot h \cdot z_e$$

$$\sin\frac{\varphi_s}{2} = \frac{a_e}{D} = \frac{120\,mm}{160\,mm} = 0{,}75\ ;\ \varphi_s = \mathbf{97{,}2^\circ}$$

$$z_e = \frac{\varphi_s \cdot z}{360^\circ} = \frac{97{,}2^\circ \cdot 12}{360^\circ} = \mathbf{3{,}24}$$

$$h \approx 0{,}9 \cdot f_z = 0{,}9 \cdot 0{,}2\ mm = \mathbf{0{,}18\ mm}$$

$$A = a_p \cdot h \cdot z_e = 6\ mm \cdot 0{,}18\ mm \cdot 3{,}24 = \mathbf{3{,}5\ mm^2}$$

نیروی براده‌برداری

$$F_c = A \cdot k_c$$

$k_c = k \cdot C_1 \cdot C_2$;

$k = 2348\ N/mm^2$ (مقدار متوسط، صفحه ۳۰۲)

$$k_c \approx 2348\ N/mm^2 \cdot 0{,}8 \cdot 1 = \mathbf{1879\,\frac{N}{mm^2}}$$

حجم براده‌برداری زمانی

$$Q = a_p \cdot a_e \cdot v_f$$

$$F_c = A \cdot k_c = 3{,}5\ mm^2 \cdot 1879\,\frac{N}{mm^2} = \mathbf{6577\ N}$$

$$Q = a_p \cdot a_e \cdot v_f = 6\ mm \cdot 120\ mm \cdot 405{,}6\,\frac{mm}{min} = \mathbf{292\,\frac{cm^3}{min}}$$

توان براده‌برداری

$$P_c = F_c \cdot v_c = Q \cdot k_c$$

$$P_c = F_c \cdot v_c = \frac{6577\,N \cdot 85\,m}{60\,s} = 9317\ W = \mathbf{9{,}3\ kW}$$

یا

$$P_c = Q \cdot k_c = \frac{292\,cm^3 \cdot 187900\,\frac{N}{cm^2}}{60\,s} = 914447\,\frac{N \cdot cm}{s} = \mathbf{9{,}1\ kW}$$

مته‌های از جنس فولادهای تندبر (HSS)

طبق DIN 1414-1 (1998-06)

زاویه راس[۳]	زاویه مارپیچ[۲]	کاربرد	نوع[۱]
118°	30° ... 40°	کاربرد عمومی برای مواد تا $R_m \approx 1000\ N/mm^2$، مثلا فولادهای - سازه‌ای، - کربوره و - بهسازی	N
118°	13° ... 19°	سوراخکاری فلزات غیرآهنی ترد و براده کوتاه و مواد مصنوعی، مثلا آلیاژهای CuZn و PMMA (پلکسی گلاس)	H
130°	40° ... 47°	سوراخکاری فلزات غیرآهنی نرم و براده بلند و مواد مصنوعی، مثلا آلیاژهای Mg، Cu، PA (پلی‌آمید) و PVC	W

۱) گروه کاربردی ابزار برای ابزارهای HSS طبق DIN 1835
۲) وابسته به قطر مته و گام
۳) طرح معمولی

مقادیر مرجع برای سوراخکاری با مته‌های از جنس HSS[۱]

جنس قطعه‌کار		سرعت براده‌برداری[۲]	قطر مته d به mm				
گروه جنس	استحکام کششی N/mm^2 به R_m یا سختی HB	v_c m/min	2...3	>3...6	>6...12	>12...25	>25...50
			پیشروی f به دور/mm				
فولادها، استحکام پایین	$R_m \le 800$	40	0,05	0,10	0,15	0,25	0,35
فولادها، استحکام بالا	$R_m > 800$	20	0,04	0,08	0,10	0,15	0,20
فولادهای زنگ‌نزن	$R_m \ge 800$	12	0,03	0,06	0,08	0,12	0,18
چدن خاکستری، - چکش‌خوار	≤ 250 HB	20	0,10	0,20	0,30	0,40	0,60
آلیاژهای Al	$R_m \le 350$	45	0,10	0,20	0,30	0,40	0,60
آلیاژهای Cu	$R_m \le 500$	60	0,10	0,15	0,30	0,40	0,60
ترموپلاستها	–	50	0,10	0,15	0,30	0,40	0,60
دوروپلاستها	–	25	0,05	0,10	0,18	0,27	0,35

مقادیر مرجع برای سوراخکاری با مته‌های الماسه[۱]

جنس قطعه‌کار		سرعت براده‌برداری[۲]	قطر مته d به mm				
گروه جنس	استحکام کششی N/mm^2 به R_m یا سختی HB	v_c m/min	2...3	>3...6	>6...12	>12...25	>25...50
			پیشروی f به دور/mm				
فولادها، استحکام پایین	$R_m \le 800$	90	0,05	0,10	0,15	0,25	0,40
فولادها، استحکام بالا	$R_m > 800$	80	0,08	0,13	0,20	0,30	0,40
فولادهای زنگ‌نزن	$R_m \ge 800$	40	0,08	0,13	0,20	0,30	0,40
چدن خاکستری، - چکش‌خوار	≤ 250 HB	100	0,10	0,15	0,30	0,45	0,70
آلیاژهای Al	$R_m \le 350$	180	0,15	0,25	0,40	0,60	0,80
آلیاژهای Cu	$R_m \le 500$	200	0,12	0,16	0,30	0,45	0,60
ترموپلاستها	–	80	0,05	0,10	0,20	0,30	0,40
دوروپلاستها	–	80	0,05	0,10	0,20	0,30	0,40

مقادیر مرجع در شرایط متغیر

مقادیر مرجع برای سرعت براده‌برداری و پیشروی برای **شرایط میانگین** صادق است :

مقادیر مرجع در
- عمر حدود 30 min
- استحکام متوسط قطعه‌کار
- عمق سوراخکاری < 5 · d
- مته کوتاه
- شرایط مناسب **افزایش** می‌یابد،
- شرایط نامناسب **کاهش** می‌یابد.

۱) مواد روغنکاری- خنک‌کننده صفحات ۲۹۶ و ۲۹۷
۲) مقادیر برای مته‌های پوشش داده شده

مقادیر مرجع برای برقوکاری با برقوهای از جنس HSS[1]

جنس قطعه‌کار: گروه جنس	جنس قطعه‌کار: استحکام کششی R_m به N/mm^2 یا سختی HB	سرعت براده‌برداری v_c m/min	قطر ابزار d به mm: 2...3	>3...6	>6...12	>12...25	>25...50	اضافه ماشینکاری d به mm: ...20	>20...50
			پیشروی f به دور/mm						
فولادها، استحکام پایین	$R_m \le 800$	15	0,06	0,12	0,18	0,32	0,50	0,20	0,30
فولادها، استحکام بالا	$R_m > 800$	10	0,05	0,10	0,15	0,25	0,40		
فولادهای زنگ‌نزن	$R_m \ge 800$	8	0,05	0,10	0,15	0,25	0,40		
چدن- خاکستری، - چکش‌خوار	≤ 250 HB	15	0,06	0,12	0,18	0,32	0,50		
آلیاژهای Al	$R_m \le 350$	26	0,10	0,18	0,30	0,50	0,80		
آلیاژهای Cu	$R_m \le 500$	26	0,10	0,18	0,30	0,50	0,80	0,30	0,60
ترموپلاستها	–	14	0,12	0,20	0,35	0,60	1,00		
دوروپلاستها	–	14	0,12	0,20	0,35	0,60	1,00		

مقادیر مرجع برای برقوکاری با برقوهای از جنس الماسه[1]

جنس قطعه‌کار: گروه جنس	جنس قطعه‌کار: استحکام کششی R_m به N/mm^2 یا سختی HB	سرعت براده‌برداری v_c m/min	قطر ابزار d به mm: 2...3	>3...6	>6...12	>12...25	>25...50	اضافه ماشینکاری d به mm: ...20	>20...50
			پیشروی f به دور/mm						
فولادها، استحکام پایین	$R_m \le 800$	15	0,06	0,12	0,18	0,32	0,50	0,20	0,30
فولادها، استحکام بالا	$R_m > 800$	10	0,05	0,10	0,15	0,25	0,40		
فولادهای زنگ‌نزن	$R_m \ge 800$	10	0,05	0,10	0,15	0,25	0,40		
چدن- خاکستری، - چکش‌خوار	≤ 250 HB	25	0,10	0,18	0,28	0,50	0,80		
آلیاژهای Al	$R_m \le 350$	30	0,12	0,20	0,35	0,50	1,00		
آلیاژهای Cu	$R_m \le 500$	30	0,12	0,20	0,35	0,50	1,00	0,30	0,60
ترموپلاستها	–	20	0,12	0,20	0,35	0,50	1,00		
دوروپلاستها	–	30	0,12	0,20	0,35	0,50	1,00		

مقادیر مرجع برای قلاویزکاری و فرم دادن رزوه[1]

جنس قطعه کار: گروه جنس	جنس قطعه کار: استحکام کششی R_m به N/mm^2 یا سختی HB	ابزار از جنس HSS: قلاویزکاری[2]	ابزار از جنس HSS: فرم دادن رزوه[2]	ابزار از جنس الماسه: قلاویزکاری[2]	ابزار از جنس الماسه: فرم دادن رزوه[2]
		سرعت براده‌برداری v_c به m/min			
فولادها، استحکام پایین	$R_m \le 800$	40 ... 50	40 ... 50	–	40 ... 60
فولادها، استحکام بالا	$R_m > 800$	20 ... 30	15 ... 20	–	20 ... 30
فولادهای زنگ‌نزن	$R_m \ge 800$	8 ... 12	10 ... 20	–	20 ... 30
چدن- خاکستری، - چکش‌خوار	≤ 250 HB	15 ... 20	–	25 ... 35	–
آلیاژهای Al	$R_m \le 350$	20 ... 40	30 ... 50	60 ... 80	60 ... 80
آلیاژهای Cu	$R_m \le 500$	30 ... 40	25 ... 35	30 ... 40	50 ... 70
ترموپلاستها	–	20 ... 30	–	50 ... 70	–
دوروپلاستها	–	10 ... 15	–	25 ... 35	–

۱) مواد روغنکاری- خنک‌کننده صفحات ۲۹۶ و ۲۹۷

۲) مقادیر حد بالایی : جنس گروه با استحکام پایین، رزوه کوتاه

مقادیر حد بالایی : جنس گروه با استحکام بالا، رزوه بلند

وابستگی عمق زبری به شعاع نوک رنده و پیشروی

عمق زبری تئوری	R_{th}	شعاع نوک رنده	r
عمق براده‌برداری	a_p	پیشروی	f

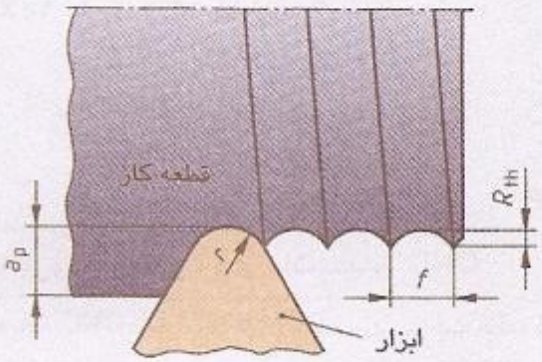
$$R_{th} \approx \frac{f^2}{8 \cdot r}$$

$R_{th} \approx R_z$

مثال : $R_{th} = 25\ \mu m$ ؛ $r = 1,2\ mm$ ؛ $f = ?$

$$f \approx \sqrt{8 \cdot r \cdot R_{th}}$$

$$= \sqrt{8 \cdot 1,2mm \cdot 0,025mm} \approx \mathbf{0,5\ mm}$$



عمق زبری R_{th} به µm	شعاع نوک رنده r به mm			
	0,4	0,8	1,2	1,6
	پیشروی f به mm			
1,6	0,07	0,10	0,12	0,14
4	0,11	0,15	0,19	0,22
10	0,17	0,24	0,29	0,34
16	0,22	0,30	0,37	0,43
25	0,27	0,38	0,47	0,54

مقادیر مرجع برای تراشکاری با ابزارهای HSS[۱] [۲]

عمق براده‌برداری a_p به mm	پیشروی f به mm	سرعت براده‌برداری v_c به m/min	جنس قطعه‌کار: استحکام کششی R_m به N/mm^2 یا سختی HB	جنس قطعه‌کار: گروه جنس
0,5 ... 4,0	0,1 ... 0,5	40 ... 80	$R_m \le 800$	فولادها، استحکام پایین
		30 ... 60	$R_m > 800$	فولادها، استحکام بالا
		30 ... 60	$R_m \ge 800$	فولادهای زنگ‌نزن
		20 ... 35	≤ 250 HB	چدن- خاکستری، - چکش‌خوار
		120 ... 180	$R_m \le 350$	آلیاژهای Al
		100 ... 125	$R_m \le 500$	آلیاژهای Cu
		100 ... 500	–	ترموپلاستها
		80 ... 400	–	دوروپلاستها

مقادیر مرجع برای تراشکاری با ابزارهای الماسه پوشش داده شده[۲]

عمق براده‌برداری a_p به mm	پیشروی f به mm	سرعت براده‌برداری v_c به m/min	جنس قطعه‌کار: استحکام کششی R_m به N/mm^2 یا سختی HB	جنس قطعه‌کار: گروه جنس
0,3 ... 5,0	0,1 ... 0,5	200 ... 350	$R_m \le 800$	فولادها، استحکام پایین
		100 ... 200	$R_m > 800$	فولادها، استحکام بالا
		80 ... 200	$R_m \ge 800$	فولادهای زنگ‌نزن
		100 ... 300	≤ 250 HB	چدن- خاکستری، - چکش‌خوار
		400 ... 800	$R_m \le 350$	آلیاژهای Al
		150 ... 300	$R_m \le 500$	آلیاژهای Cu
		500 ... 2000	–	ترموپلاستها
		400 ... 1000	–	دوروپلاستها

کاربرد محدوده داده‌های براده‌برداری

مثال : مقادیر مرجع برای تراشکاری فولادهای با استحکام پایین با ابزارهای الماسه

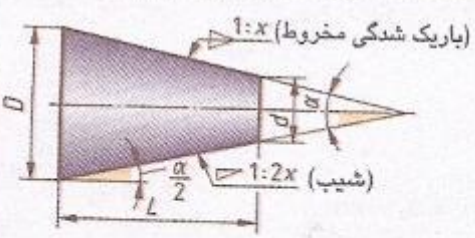
کاربرد	مقادیر پایینی	کاربرد	مقادیر بالایی
• ماشینکاری اولیه (خشن‌تراشی) • ابزار و قطعه‌کار ناپایدار	$v_c = 200$ m/min	• ماشنکاری نهایی (پرداخت) • ابزار و قطعه‌کار پایدار	$v_c = 350$ m/min
• ماشینکاری نهایی (پرداخت) • ابزار و قطعه‌کار ناپایدار	$f = 0,1$ mm $a_p = 0,3$ mm	• ماشینکاری اولیه (خشن‌تراشی) • ابزار و قطعه‌کار پایدار	$f = 0,5$ mm $a_p = 5,0$ mm

۱) ابزارهای تراشکاری تندبر (HSS) به طور فزاینده‌ای با ابزارهای تله ویدیا (الماسه)- تعویضی جایگزین می‌شوند.
۲) مواد روغنکاری- خنک‌کننده در صفحات ۲۹۶ و ۲۹۷

مخروط‌تراشی

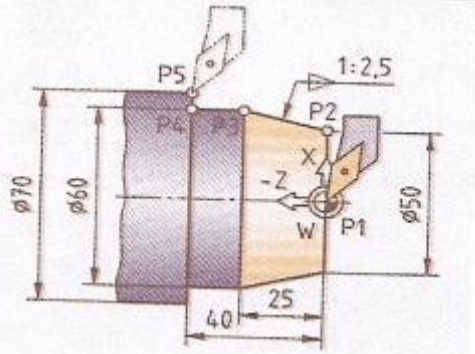
مشخصات مخروط

طبق DIN ISO 3040 (1991-09)



D	قطر بزرگ مخروط	
d	قطر کوچک مخروط	
L	طول مخروط	
α	زاویه مخروط	
α/2	زاویه تراشکاری مخروط	
C	باریک‌شدگی، مخروط‌شدگی	1 : X باریک‌شدگی مخروط : در طول مخروط به اندازه x mm، قطر مخروط به اندازه 1 mm تغییر می‌کند.
C/2	شیب مخروط	

مخروط‌تراشی روی ماشینهای CNC



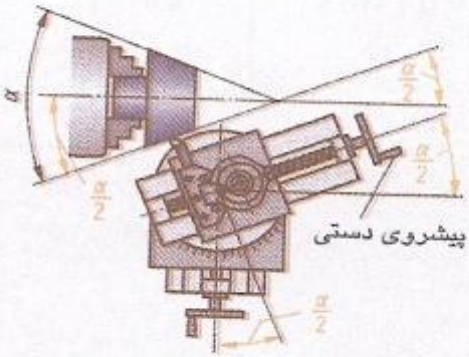
برنامه CNC طبق DIN 66025[1] برای ساخت قطعه‌کار مخروطی شکل :

N10	G00	X0	Z2	
N20	G01	X0	Z0	F0.15
N30	G01	X50		
N40	G01	X60	Z-25	
N50	G01			
N60	G01	X72		
N70	G00	X100	Z150	

حرکت سریع
حرکت به نقطه P1
حرکت به نقطه P2
حرکت به نقطه P3
حرکت به نقطه P4
حرکت به نقطه P5
حرکت به نقطه تعویض ابزار

۱) مقایسه با صفحه ۳۸۱

مخروط‌تراشی با تنظیم سپورت بالایی



زاویه تنظیم

$$\tan\frac{\alpha}{2}=\frac{C}{2}$$

$$\tan\frac{\alpha}{2}=\frac{D-d}{2\cdot L}$$

باریک‌شدگی

$$C=\frac{D-d}{L}$$

$$C=1:x$$

مثال :

$D = 225\ mm$ ؛ $d = 150\ mm$ ؛ $L = 100\ mm$ ؛ $C = ?$ ؛ $\frac{\alpha}{2} = ?$

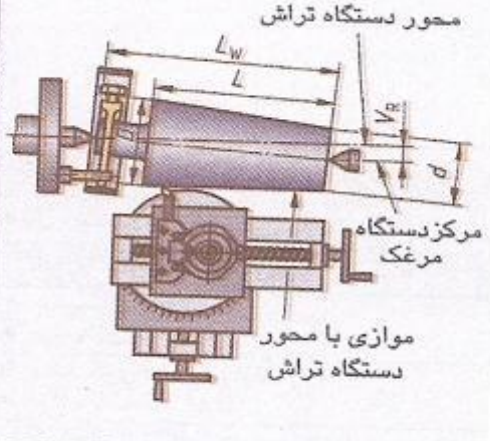
$$\tan\frac{\alpha}{2}=\frac{D-d}{2\cdot L}$$

$$=\frac{(225-150)\ mm}{2\cdot 100\ mm}=0{,}375$$

$$\frac{\alpha}{2}=20{,}556^\circ=20^\circ\ 33'\ 22''$$

$$C=\frac{D-d}{L}=\frac{(225-150)mm}{100mm}=0{,}75=1:1{,}33$$

مخروط‌تراشی با جابه‌جایی دستگاه مرغک



V_R	جابه‌جایی دستگاه مرغک
$V_{R\,max}$	حداکثر جابه‌جایی مجاز دستگاه مرغک
L_w	طول قطعه‌کار

جابه‌جایی دستگاه مرغک

$$V_R=\frac{C}{2}\cdot L_w$$

$$V_R=\frac{D-d}{2}\cdot\frac{L_w}{L}$$

حداکثر جابه‌جایی مجاز دستگاه مرغک

$$V_{R\,max}\le\frac{L_w}{50}$$

مثال :

$D = 20\ mm$ ؛ $d = 18\ mm$ ؛ $L = 80\ mm$ ؛ $L_w = 100\ mm$ ؛ $V_R = ?$ ؛ $V_{R\,max} = ?$

$$V_R=\frac{D-d}{2}\cdot\frac{L_w}{L}$$

$$=\frac{(20-18)mm}{2}\cdot\frac{100mm}{80mm}=1{,}25\ mm$$

$$V_{R\,max}\le\frac{L_w}{50}=\frac{100mm}{50}=2\ mm$$

۱) در جابه‌جایی خیلی بزرگ دستگاه مرغک نمی‌توان قطعه‌کار را به طور مطمئن بین دو مرغک محکم نگه داشت.

موفق در تولید
۶-۳-۵، روشهای تولید با براده‌برداری

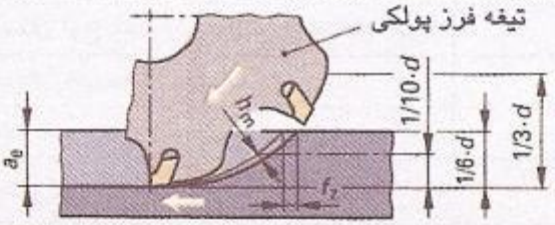
مقادیر مرجع برای فرزکاری با تیغه فرزهای HSS

جنس قطعه‌کار: گروه جنس	جنس قطعه‌کار: استحکام کششی N/mm^2 به R_m یا سختی HB	سرعت براده‌برداری v_c به m/min	پیشروی f_z به mm: تیغه فرز (به جز تیغه فرزهای انگشتی)	تیغه فرز انگشتی، d به mm: 6	12	20
فولادها، استحکام پایین	$R_m \le 800$	50 ... 100	0,05 ... 0,15	0,06	0,08	0,10
فولادها، استحکام بالا	$R_m > 800$	30 ... 60				
فولادهای زنگ‌نزن	$R_m \ge 800$	15 ... 30				
چدن- خاکستری، - چکش‌خوار	≤ 250 HB	25 ... 40				
آلیاژهای Al	$R_m \le 350$	50 ... 150				
آلیاژهای Cu	$R_m \le 500$	50 ... 100				
ترموپلاستها	–	100 ... 400	0,10 ... 0,20	0,10	0,15	0,20
دوروپلاستها	–	100 ... 400				

مقادیر مرجع برای فرزکاری با تیغه‌فرزهای الماسه با پوشش

جنس قطعه‌کار: گروه جنس	جنس قطعه‌کار: استحکام کششی N/mm^2 به R_m یا سختی HB	سرعت براده‌برداری v_c به m/min	پیشروی f_z به mm: تیغه فرز (به جز تیغه فرزهای انگشتی)	تیغه فرز انگشتی، d به mm: 16	12	20
فولادها، استحکام پایین	$R_m \le 800$	200 ... 400	0,05 ... 0,15	0,06	0,08	0,10
فولادها، استحکام بالا	$R_m > 800$	150 ... 300				
فولادهای زنگ‌نزن	$R_m \ge 800$	150 ... 300				
چدن- خاکستری، - چکش‌خوار	≤ 250 HB	150 ... 300				
آلیاژهای Al	$R_m \le 350$	400 ... 800				
آلیاژهای Cu	$R_m \le 500$	200 ... 400				
ترموپلاستها	–	500 ... 1500	0,10 ... 0,20	0,10	0,15	0,20
دوروپلاستها	–	400 ... 1000				

افزایش پیشروی توصیه شده هر دندانه f_z در فرزکاری شیار با تیغه فرز پولکی



پیشروی هر دندانه	عمق براده‌برداری a_e، مربوط به قطر فرز: 1/3 · d	1/6 · d	1/10 · d	1/20 · d
افزایش	$1 \cdot f_z$	$1,15 \cdot f_z$	$1,45 \cdot f_z$	$2 \cdot f_z$
تنظیم	0,25 mm	0,29 mm	0,36 mm	0,50 mm

معنی محدوده داده‌های براده‌برداری

مثال : مقادیر مرجع برای فرزکاری فولادهای با استحکام پایین با تیغه‌فرزهای HSS

کاربرد	مقادیر پایینی	کاربرد	مقادیر بالایی
• ماشینکاری اولیه (خشن‌تراشی) • ابزار و قطعه‌کار ناپایدار	v_c = 50 m/min	• ماشینکاری نهایی (پرداخت) • ابزار و قطعه‌کار پایدار	v_c = 100 m/min
• ماشینکاری نهایی (پرداخت) • ابزار و قطعه‌کار ناپایدار	f_z = 0,05 mm	• ماشینکاری اولیه (خشن‌تراشی) • ابزار و قطعه‌کار پایدار	f_z = 0,15 mm

محاسبه سرعت پیشروی تنظیمی

سرعت پیشروی v_f mm/min — دور تیغه فرز به 1/min : n

پیشروی هر دندانه به mm : f_z — تعداد دندانه تیغه‌فرز : z

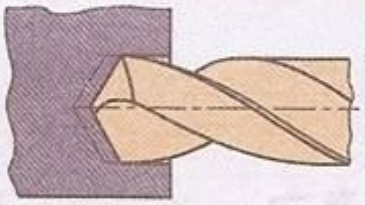
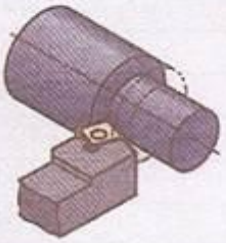
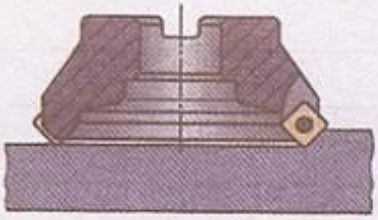
$$v_f = n \cdot f_z \cdot z$$

مثال :

v_c = 100 m/min ؛ d = 40 mm ؛ f_z = 0,12 mm ؛ z = 10

$$n = \frac{v_c}{\pi \cdot d} = \frac{100\ m/min}{\pi \cdot 0{,}04\ m} = 796\ 1/min;\ v_f = n \cdot f_z \cdot z = 796/min \cdot 0{,}12\ mm \cdot 10 = \mathbf{955\ mm/min}$$

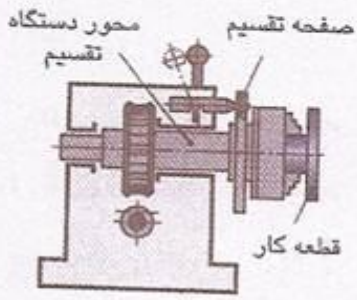
مشکلات و روشهای رفع آنها در سوراخکاری، تراشکاری و فرزکاری

اقدامات و روشهای ممکن	فرآیندها و مشکلات[۱]							
سوراخکاری								
	لرزش	عمر کوتاه	سوراخ گرد نیست	خردشدن و پریدن لبه‌های برش	تجمع براده در شیار براده	گشادشدن سوراخ	سایش روی قطر خارجی	نوک مته خراب شده است
کنترل هندسه لبه‌های برش				•		•	•	•
افزایش هدایت مواد روغنکاری و خنک‌کاری		•			•			
پیشروی را کاهش دهید	⇐		⇐		⇐	⇐		
سرعت پیشروی را بیشتر کنید				⇒	⇒			
طول آزاد (بیرون مته‌گیر) را کاهش دهید	•	•			•		•	•
مقادیر براده‌برداری را کنترل کنید	•	•			•	•	•	•
نوع ویدیا را کنترل کنید		•		•			•	•
تراشکاری								
	لرزش	براده‌های بلند مارپیچ	شکست تکه‌های ویدیای تعویضی	خردشدن و پریدن لبه‌های برش	ترکهای عمود بر لبه‌های برش	تشکیل	تغییر شکل لبه‌های برش	سایش بالا (سطوح آزاد و براده)
سرعت براده‌برداری V_c را تغییر دهید	⇓			⇑		⇑	⇐	⇐
پیشروی f را تغییر دهید	⇑	⇑	⇐					
عمق براده‌برداری را کاهش دهید	⇓		⇐					
هاردمتال نوع مقاوم‌به سایش را انتخاب کنید							•	•
هاردمتال چقرمه را انتخاب کنید			•	•	•			
هندسه مثبت لبه براده‌برداری را انتخاب کنید	•			•		•		•
فرزکاری								
	لرزش	کیفیت سطحی پایین	شکست تکه‌های ویدیای تعویضی	خردشدن و پریدن لبه‌های برش	ترکهای عمود بر لبه‌های برش	تشکیل	تغییر شکل لبه‌های برش	سایش بالا (سطوح آزاد و براده)
سرعت براده‌برداری V_c را تغییر دهید				⇑	⇐	⇑	⇐	⇐
پیشروی f_z را تغییر دهید	⇑	⇓	⇓	⇑		⇑		⇒
هاردمتال نوع مقاوم‌به سایش را انتخاب کنید		•					•	
هاردمتال چقرمه را انتخاب کنید			•	•	•			
تیغه‌فرز با گام بازتری را انتخاب کنید	•							
موقعیت تیغه‌فرز را تغییر دهید	•	•						
خشک فرزکاری کنید				•	•	•		

۱) • جهت حل مشکل ⇑ مقدار براده‌برداری را افزایش دهید ⇓ مقدار براده‌برداری را کاهش دهید

تقسیم با دستگاه تقسیم[۱]

تقسیم مستقیم



حلزون آزاد

در تقسیم مستقیم، محور دستگاه به همراه صفحه تقسیم و قطعه‌کار به اندازه لازم چرخانده می‌شود. در این تقسیم حلزون و چرخ حلزون درگیر نیستند.

گام تقسیم

$$n_l = \frac{n_L}{T}$$

$$n_l = \frac{\alpha \cdot n_L}{360^\circ}$$

عدد تقسیم (تعداد تقسیم) T — تقسیم (گام) زاویه‌ای α

تعداد سوراخهای صفحه تقسیم n_L

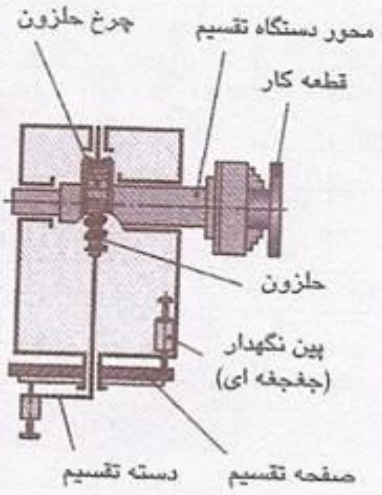
تعداد فاصله سوراخ، گام تقسیم n_l

مثال : $n_l = ? ; T = 8 ; n_L = 24$

$$n_l = \frac{n_L}{T} = \frac{24}{8} = 3$$

۱) تایلکوپف Teilkopf، اصطلاح رایج تایکف

تقسیم غیرمستقیم



در تقسیم غیرمستقیم محور دستگاه تقسیم توسط حلزون و از طریق چرخ حلزون حرکت می‌کند.

گام تقسیم

$$n_k = \frac{i}{T}$$

$$n_k = \frac{i \cdot \alpha}{360^\circ}$$

عدد تقسیم T — تقسیم زاویه‌ای α

نسبت انتقال دستگاه تقسیم i

تعداد گردش دسته تقسیم برای یک تقسیم، گام تقسیم n_k

مثال 1 : $n_k = ? ; i = 40 ; T = 68$

$$n_k = \frac{i}{T} = \frac{40}{68} = \frac{10}{17}$$

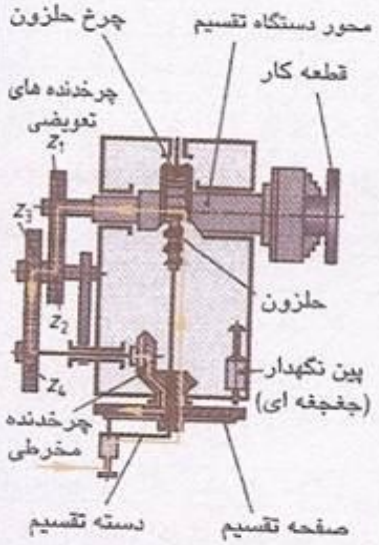
مثال 2 :

$n_k = ? ; i = 40 ; \alpha = 37{,}2^\circ$

$$n_k = \frac{i \cdot \alpha}{360^\circ} = \frac{40 \cdot 37{,}2^\circ}{360^\circ} = \frac{37{,}2}{9} = \frac{186}{9 \cdot 5} = 4\frac{2}{15}$$

دایره سوراخ صفحه تقسیم					
15	16	17	18	19	20
21	23	27	29	31	33
37	39	41	43	47	49
یا					
17	19	23	24	26	27
28	29	30	31	33	37
39	41	42	43	47	49
51	53	57	59	61	63

تقسیم اختلافی



در تقسیم اختلافی محور دستگاه تقسیم مانند تقسیم غیرمستقیم توسط حلزون و چرخ حلزون حرکت می‌کند. همزمان با آن محور دستگاه تقسیم از طریق چرخدنده تعویضی، صفحه تقسیم را با خود می‌چرخاند.

گام تقسیم

$$n_k = \frac{i}{T'}$$

عدد تقسیم T — تقسیم زاویه‌ای α

عدد تقسیم کمکی T' — نسبت انتقال دستگاه تقسیم i

تعداد گردش دسته تقسیم برای یک تقسیم، گام تقسیم n_k

تعداد دندانه چرخدنده محرک (z_1, z_3) z_t

تعداد دندانه چرخدنده متحرک (z_2, z_4) z_g

تعداد دندانه‌های چرخدنده تعویضی

$$\frac{z_t}{z_g} = \frac{i}{T'} \cdot (T' - T)$$

وقتی عدد تقسیم کمکی T' بزرگتر از عدد تقسیم T باشد، باید دسته تقسیم و صفحه تقسیم جهت یکسان داشته باشند. در غیر اینصورت باید جهات فوق عکس هم باشند. تعیین جهت چرخش لازم با یک چرخدنده میانی دیگر عملی است.

مثال :

$i = 40; T = 97; n_k = ?; \frac{z_t}{z_g} = ?; T'$ (انتخاب می‌شود) $= 100$

(دسته تقسیم و صفحه تقسیم باید جهات یکسانی داشته باشند)

$$n_k = \frac{i}{T'} = \frac{40}{100} = \frac{8}{20}$$

$$\frac{z_t}{z_g} = \frac{i}{T'} \cdot (T' - T) = \frac{40}{100} \cdot (100 - 97) = \frac{2}{5} \cdot 3 = \frac{6}{5} = \frac{48}{40}$$

تعداد دندانه چرخدنده‌های تعویضی			
24	24	28	32
36	40	44	48
56	64	72	80
84	86	96	100

سنگ‌زنی

سنگ‌زنی تخت

سنگ‌زنی محوری

v_c	سرعت براده‌برداری
d_s	قطر دیسک سنگ‌زنی
n_s	دور دیسک سنگ‌زنی
v_f	سرعت پیشروی
L	طول پیشروی
n_H	تعداد کورس
d_1	قطر قطعه‌کار
n	دور قطعه‌کار
q	نسبت سرعت

سرعت براده‌برداری

$$v_c = \pi \cdot d_s \cdot n_s$$

سرعت پیشروی

سنگ‌زنی تخت $v_f = L \cdot n_H$

سنگ‌زنی محوری $v_f = \pi \cdot d_1 \cdot n$

نسبت سرعت

$$q = \frac{v_c}{v_f}$$

مثال :

$q = ?\ ;v_f = 20\ m/min\ ;v_c = 30\ m/s$

$$q = \frac{v_c}{v_f} = \frac{30m/s \cdot 60s/min}{20m/min} = \frac{1800m/min}{20m/min} = 90$$

مقادیر مرجع برای سرعت براده‌برداری v_c، سرعت پیشروی v_f، نسبت سرعت q

جنس قطعه‌کار	سنگ‌زنی تخت						سنگ‌زنی محوری					
	سنگ‌زنی رو			سنگ‌زنی جانبی			سنگ‌زنی خارج			سنگ‌زنی داخل		
	v_c m/s	v_f m/min	q	v_c m/s	v_f m/min	q	v_c m/s	v_f m/min	q	v_c m/s	v_f m/min	q
فولاد	30	10...35	80	25	6...25	50	35	10	125	25	19...23	80
چدن	30	10...35	65	25	6...30	40	25	11	100	25	23	65
فلز سخت (الماسه)	10	4	115	8	4	115	8	4	100	8	8	60
آلیاژهای Al	18	15...40	30	18	24...45	20	18	24...30	50	16	30...40	30
آلیاژهای Cu	25	15...40	50	18	20...45	30	30	16	80	25	25	50

داده‌های سنگ‌زنی فولاد و چدن با دیسکهای سنگ‌زنی از جنس کروند و کاربید سیلیسیم

فرآیند	دانه‌بندی	انحراف به mm	باردهی به mm	Rz به µm
سنگ‌زنی اولیه	30...46	0,5...0,2	0,02...0,1	3...10
سنگ‌زنی نهایی	46...80	0,02...0,1	0,005...0,05	1...5
سنگ‌زنی پرداخت	80...120	0,005...0,02	0,002...0,008	1,6...3

سرعت حداکثر کاری برای دیسک سنگ‌زنی

طبق DIN EN 12413 (1999-06)

شکل دیسک سنگ‌زنی	نوع ماشین سنگ‌زنی	هدایت[1]	حداکثر سرعت v_c به m/s با چسب[2]							
			B	BF	E	M	R	RF	PL	V
دیسک سنگ تخت	ثابت	hg یا zg	50	63	40	25	50	–	50	40
	سنگ دستی	zg	50	80	–	–	50	80	50	–
دیسک سنگ تخت برش	ثابت	zg یا hg	80	100	63	–	63	80	–	–
	سنگ دستی	آزاد دستی	–	80	–	–	–	–	–	–

۱) zg هدایت اجباری : پیشروی با وسایل کمکی مکانیکی
آزاد دستی : ماشین رنگ به طور کاملا دستی هدایت می‌شود
hg هدایت دستی : پیشروی توسط اپراتور
۲) انواع چسب : صفحه ۳۱۳

محدودیتهای کاربرد (VE) برای دیسکهای سنگ‌زنی[3]

طبق BGV D12[4] (2001-10)

معنی	VE	معنی	VE
برای سنگ‌زنی جانبی مجاز نیست	VE6	برای سنگ‌زنی آزاد دستی و هدایت دستی مجاز نیست	VE1
برای سنگ‌زنی آزاد دستی مجاز نیست	VE7		
با بشقاب محافظ مجاز نیست	VE8	برای سنگ‌زنی برش آزاد دستی مجاز نیست	VE2
برای سنگ‌زنی خشک مجاز نیست	VE10	برای سنگ‌زنی تر مجاز نیست	VE3
برای سنگ‌زنی برش آزاد دستی و هدایت دستی مجاز نیست	VE11	برای محدوده کاری بسته مجاز نیست	VE4
		بدون مکش مجاز نیست	VE5

۳) اگر محدودیت ذکر نشود ابزار سنگ‌زنی را می‌توان برای همه مواد به‌کار برد.

نوارهای رنگی برای حداکثر سرعت محیطی مجاز ≤ 50 m/s

طبق BGV D12[4] (2001-10)

نوارهای رنگ	آبی	زرد	قرمز	سبز	آبی + زرد	آبی + قرمز	آبی + سبز
$v_{c\,max}$ به m/s	50	63	80	100	125	140	160
نوارهای رنگ	قرمز + زرد	سبز + زرد	سبز + قرمز	آبی + آبی	زرد + زرد	قرمز + قرمز	سبز + سبز
$v_{c\,max}$ به m/s	180	200	225	250	280	320	360

۴) مقرارت اتحادیه کار (BGV : Berufsgenossenschaftliche Vorschrift)

مهندسی تولید
۶-۳-۵ روشهای تولید با براده‌برداری

سنگها، چسبها

سنگ

طبق DIN ISO 525 (2000-08)

محدوده کاربرد	سختی کنوپ	ترکیب شیمیایی	سنگ	علامت
غیرآلیاژی، فولاد سختکاری نشده، فولاد ریختگی، چدن چکش‌خوار	18 000	مواد افزودنی + Al_2O_3	کروند معمولی	A
فولادهای آلیاژ بالا و پایین، فولاد سختکاری نشده، فولاد کربوره، فولاد ابزاری، تیتانیم	21 000	Al_2O_3 به شکل کریستالی	کروند خالص	
فولادهای زنگ‌نزن	–	$Al_2O_3 + ZrO_2$	کروند زیرکون	Z
مواد سخت : فلز سخت، چدن، HSS، سرامیک، شیشه، مواد نرم : مس، آلومینیم، مواد مصنوعی	24 800	مواد افزودنی + SiC	کاربید سیلیسیم	C
لپینگ، پولیش الماسه و فولادهای سختکاری شده	47 000	B_4C به شکل کریستالی	کاربید بر	BK
فولادهای تندبر، فولادهای گرم‌کار و سردکار	60 000	BN به شکل کریستالی	نیترید بر	CBN
الماسه، چدن، شیشه، سرامیک، سنگ، فلزات غیرآهنی، نه برای فولاد؛ تیزکردن دیسکهای سنگ‌زنی	70 000	C به شکل کریستالی	الماس	D

درجه سختی

طبق DIN ISO 525 (2000-08)

کاربرد	درجه سختی	مشخصه	کاربرد	درجه سختی	مشخصه
سنگ‌زنی محوری خارجی مواد نرم	P Q R S T U V W X Y Z	سخت خیلی سخت فوق‌العاده سخت	سنگ‌زنی عمیق و جانبی مواد سخت	A B C D E F G	فوق‌العاده نرم خیلی نرم
			سنگ‌زنی فلزات معمولی	H I J K L M N O	نرم متوسط

اندازه دانه‌ها

طبق DIN ISO 525 (2000-08)

مشخصه دانه‌بندی سنگها

خیلی ظریف	ظریف	متوسط	درشت	محدوده دانه‌بندی
F230, ..., F1200	F70, F80, F90, ..., F220	F30, F36, F46, ..., F60	F4, F5, F6, ..., F24	مشخصه دانه‌بندی
≈ 1,0...0,4	≈ 2,5...1,0	≈ 5...2,5	≈ 10...5	قابل حصول : R_z به µm

ساختار

طبق DIN ISO 525 (2000-08)

رقم مشخصه: 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 ... 30

ساختار: بسته (متراکم) ← | → باز (منفذدار)

چسب

طبق DIN ISO 525 (2000-08) و VDI 3411 (2000-08)

محدوده کاربرد	خواص	نوع چسب	علامت
سنگهای زبر و ظریف با کروند و کاربید سیلیسیم	منفذدار، ترد، غیرحساس به آب، روغن و گرما	چسب سرامیکی	V
سنگهای زبر یا برشی، سنگهای پروفیلی با الماس نیتریدبر، سنگهای فشار بالا	متراکم یا منفذدار، الاستیک، پایدار به روغن، سنگ‌زنی با خنک‌کننده	چسب با رزین مصنوعی، تقویت با الیاف	B BF
سنگهای پروفیل و ابزار با الماس یا نیترید بر، سنگهای تر	متراکم یا منفذدار، چقرمه، غیرحساس به فشار و حرارت	چسب فلزی	M
سنگ‌زنی داخل فلزات سخت، سنگهای دستی	درگیری بالا با دانه‌های برآمده	چسب گالوانیکی	G
سنگهای برشی	الاستیک، سنگ‌زنی با خنک‌کننده، حساس به روغن و گرما	چسب لاستیکی، تقویت‌شده با الیاف	R RF
سنگهای تیغه اره و فرم‌دار، دیسکهای سنگ‌زنی معمولی و بدون نیاز به تیزکردن	حساس به تغییرات دما، الاستیک چقرمه، غیرحساس به ضربه	چسب شلاکی	E
سنگهای خشک، سنگ‌زنی چاقو	نرم، الاستیک، حساس به آب	چسب کربنات منیزیم	MG

⇒ فرم 1(دیسک سنگ‌زنی تخت)، شکل : ISO 603-1 1 N-300 × 50 × 76,2 – A/F 36 L 5 V – 50 دیسک سنگ‌زنی حاشیه N، قطر خارجی 300 mm، عرض 50 mm، قطر سوراخ 76,2 mm، مواد سنگ A (الکترو کروند)، اندازه دانه F 36 (متوسط)، درجه سختی L (متوسط)، ساختار 5، چسب سرامیکی (V)، حداکثر سرعت محیطی 50 m/s

انتخاب دیسک سنگ‌زنی

مقادیر مرجع انتخاب دیسکهای سنگ‌زنی (بدون الماس و نیتریدبر)

سنگ‌زنی محوری خارجی

پرداخت		پرداخت با قطر دیسک				خشن		جنس سنگ	جنس قطعه‌کار
		بالای 500 mm		تا 500 mm					
سختی	دانه‌بندی	سختی	دانه‌بندی	سختی	دانه‌بندی	سختی	دانه‌بندی		
L...M	180	L...M	60	M...N	80	M...N	54	A	فولاد، سختکاری نشده
H...N	240...500	J...K	60	K...L	80	L...M	46	A	فولاد، سختکاری شده، آلیاژی و غیرآلیاژی
H...N	240...500	M...N	60	N...O	80	M...N	80	A, C	فولاد، سختکاری شده، آلیاژ بالا
H...N	240...500	K	60	K	80	K	60	C	فلز سخت، سرامیک
M	100	L	60	L	80	L	60	A, C	چدنها
–	–	K	60	K	60	K	46	C	فلزات غیرآهنی، مثلا Al، Cu، CuZn

سنگ‌زنی محوری داخلی

قطر دیسک‌زنی به mm								جنس سنگ	جنس قطعه‌کار
بالای 80		بالای 40 تا 80		از 20 تا 40		تا 20			
سختی	دانه‌بندی	سختی	دانه‌بندی	سختی	دانه‌بندی	سختی	دانه‌بندی		
K	46	L...M	54	L...M	60	M	80	A	فولاد، سختکاری نشده
L	80	M...N	80	M...N	120	K...L	80	A	فولاد، سختکاری شده، آلیاژی و غیرآلیاژی
J	60	K	80	K	100	J...K	80	A, C	فولاد، سختکاری شده، آلیاژ بالا
G	80	H	120	H	120	G	80	C	فلز سخت، سرامیک
M	46	M	60	K...L	80	L...M	80	A	چدنها
J	54	J...K	60	K	120	I...J	80	C	فلزات غیرآهنی، مثلا Al، Cu، CuZn

سنگ‌زنی تخت

قطاعی		دیسک سنگ‌زنی تخت				دیسک استکانی		جنس سنگ	جنس قطعه‌کار
		D > 300 mm		D ≤ 300 mm		D < 300 mm			
سختی	دانه‌بندی	سختی	دانه‌بندی	سختی	دانه‌بندی	سختی	دانه‌بندی		
J	24	J	36	J	46	J	46	A	فولاد، سختکاری نشده
J	36	J	46	J	60	J	46	A	فولاد، سختکاری شده، آلیاژی و غیرآلیاژی
I...J	36	I...J	46	I...J	60	H...J	46	A	فولاد، سختکاری شده، آلیاژ بالا
J	46	J	60	J	60	J	46	C	فلز سخت، سرامیک
J	24	J	46	J	46	J	46	A	چدنها
J	36	J	60	J	60	J	46	C	فلزات غیرآهنی، مثلا Al، Cu، CuZn

سنگ‌زنی ابزار

دیسک استکانی		دیسک بشقابی		دیسک سنگ‌زنی تخت			جنس سنگ	مواد ابزار برشی
		D > 100	D ≤ 100		D > 225	D ≤ 225		
سختی	دانه‌بندی	سختی	دانه‌بندی	سختی	دانه‌بندی	دانه‌بندی		
K	46	M	60	M	60	80	A	فولاد ابزاری
H	46	K	46	K	46	60	A	فولاد تندبر
H	46	K	54	K	54	80	C	فلز سخت (الماسه)

برش روی ماشینهای ثابت

دیسک برش تخت v_c تا 100 m/s				دیسکهای برش تخت v_c تا 80 m/s				جنس سنگ	جنس قطعه‌کار
D > 500 mm		D ≤ 500 mm		D > 200 mm		D ≤ 200 mm			
سختی	دانه‌بندی	سختی	دانه‌بندی	سختی	دانه‌بندی	سختی	دانه‌بندی		
Q...R	20	U	24	Q...R	46	Q...R	80	A	فولاد، سختکاری نشده
U...V	20	U...V	24	Q...R	46	Q...R	60	A	چدنها
S	24	S	30	Q...R	46	Q...R	60	A	فلزات غیرآهنی مثلا Al، Cu، CuZn

سنگ‌زنی و برش با ماشین دستی

سنگهای انگشتی		دیسکهای خشن‌کاری				دیسکهای برش		جنس سنگ	جنس قطعه‌کار
		80 m/s تا v_c		45 m/s تا v_c		80 m/s تا v_c			
سختی	دانه‌بندی	سختی	دانه‌بندی	سختی	دانه‌بندی	سختی	دانه‌بندی		
Q...R	36	R	24	M	24	T	30	A	فولاد، سختکاری نشده
S	36	R	24	M	16	R	30	A	فولاد، مقاوم به خوردگی
T	30	R	24	R	20	T	30	A, C	چدنها
–	–	–	–	R	20	R	30	A, C	فلزات غیرآهنی مثلا Al، Cu، AlCu

سنگ‌زنی با الماس و نیترید بر

مشخصه دانه‌بندی

طبق DIN ISO 848 (1998-03)

محدوده کاربرد	سنگ‌زنی اولیه (خشن)	سنگ‌زنی نهایی	سنگ‌زنی پرداخت	سنگ‌زنی لپینگ
الماس مشخصه-	D251...D151	D126...D76	D64, D54, D46	D20, D15, D7
نیترید بر دانه‌بندی[1]	B251...B151	B126...B76	B64, B54, B46	B30, B6
قابل حصول : R_a به µm	≈ 0,55...0,50	≈ 0,45...0,33	≈ 0,18...0,15	≈ 0,05...0,025

۱) اندازه دهانه توری آزمایش به µm

مقادیر سرعت براده‌برداری

فرآیند	جنس سنگ	سرعت براده‌برداری v_c به m/s در نوع چسب[1]							
		B		M		G		V	
		خشک	تر	خشک	تر	خشک	تر	خشک	تر
سنگ‌زنی تخت	CBN	–	30...50	–	30...60	–	30...60	–	30...60
	D	–	22...50	–	22...27	20...30	22...50	–	25...50
سنگ‌زنی محوری خارجی[2]	CBN	–	30...50	–	30...60	–	30...60	–	30...60
	D	–	22...40	–	20...30	20...30	22...40	–	25...50
سنگ‌زنی محوری داخلی	CBN	27...35	30...60	–	30...60	24...40	30...50	–	30...50
	D	12...18	15...30	8...15	18...27	12...20	18...40	–	25...50
سنگ‌زنی ابزار	CBN	27...35	30...50	22...30	30...40	27...35	30...50	–	30...50
	D	15...22	22...50	15...22	15...27	15...30	22...35	–	–
سنگ‌زنی برش	CBN	27...35	30...50	–	30...60	27...40	30...60	–	–
	D	12...18	22...35	–	22...27	18...30	22...40	–	–

۱) نوع چسب در صفحه ۳۱۳ ۲) در سنگ‌زنی سرعت بالا حدود چهاربرابر این مقادیر

مقادیر مرجع برای باردهی و پیشروی در دیسکهای سنگ‌زنی الماس

فرآیند	باردهی در هر کورس به mm در اندازه دانه			پیشروی m/min	پیشروی عرضی در ارتباط با عرض سنگ b
	D181	D126	D64		
سنگ‌زنی تخت[1]	0,02...0,04	0,01...0,02	0,005...0,01	10...15	¼ ... ½ · b
سنگ‌زنی محوری خارجی[1]	0,01...0,03	0,0...0,02	0,005...0,01	0,3...2,0	–
سنگ‌زنی محوری داخلی	0,002...0,007	0,002...0,005	0,001...0,003	0,5...2,0	–
سنگ‌زنی ابزار	0,01...0,03	0,005...0,015	0,002...0,005	0,3...4,0	–
سنگ‌زنی شیار	–	1,0...5,0	0,5...3,0	0,01...2,0	–

۱) در سنگ‌زنی سرعت بالا حدود سه‌برابر این مقادیر

مقادیر مرجع برای باردهی و پیشروی در دیسکهای سنگ‌زنی CBN

فرآیند	باردهی در هر کورس به mm در اندازه دانه			پیشروی m/min	پیشروی عرضی در ارتباط با عرض سنگ b
	B252/B181	B151/B126	B91/B76		
سنگ‌زنی تخت	0,03...0,05	0,02...0,04	0,01...0,015	20...30	¼ ... ⅓ · b
سنگ‌زنی محوری خارجی	0,02...0,04	0,02...0,03	0,015...0,02	0,5...2,0	–
سنگ‌زنی محوری داخلی	0,005...0,015	0,005...0,01	0,002...0,005	0,5...2,0	–
سنگ‌زنی ابزار	0,002...0,1	0,01...0,005	0,005...0,015	0,5...4,0	–
سنگ‌زنی شیار	1,0...10	1,0...5,0	0,5...3,0	0,01...2,0	–

سنگ‌زنی سرعت بالا با دیسکهای سنگ‌زنی CBN

طبق VDI 3411 (2000-08)

فرآیند سنگ‌زنی با مقدار مواد براده‌برداری شده زیاد در مدت زمان کم با استفاده از ماشینها و ابزارهای ویژه به‌همراه سرعت براده‌برداری بالا (> 80 m/s) و مواد روغنکاری- خنک‌کننده امکانپذیراست. این تجهیزات غالبا در سنگ‌زنی تخت و محوری خارجی مواد آهنی به‌کارمی‌رود.

آماده‌سازی کاربرد دیسکهای سنگ‌زنی

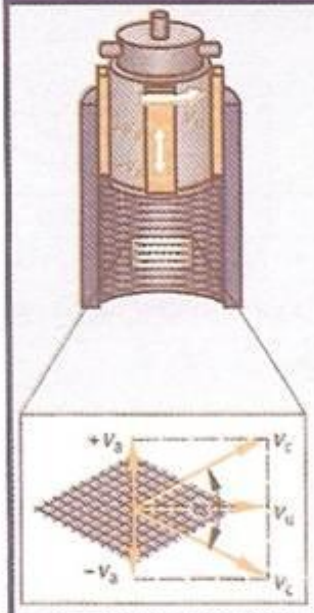
مراحل کاری	الماس زدن دیسک سنگ‌زنی		
	ایجاد پروفیل	تیز کردن	تمیزکردن
فرآیند	برش دانه‌ها و چسب	عقب‌زدن و از بین بردن چسب	عدم تغییر در پوشش سنگ
هدف	ایجاد پروفیل و دوران دقیق سنگ	ایجاد ساختار سطح سنگ	رفع براده‌ها از منافذ

حداکثر سرعت محیطی مجاز در سنگ‌زنی توان بالا

نوع چسب[1]	B	V	M	G
حداکثر سرعت محیطی مجاز به m/s	140	200	180	280

۱) انواع چسبها در صفحه ۳۱۳

هونینگ



سطح نشیمن سنگ هونینگ	A	سرعت براده‌برداری	v_c
نیروی باردهی شعاعی	F_r	سرعت محوری	v_a
تعداد سنگ هونینگ	n	سرعت محیطی	v_u
عرض سنگ هونینگ	b	زاویه خطوط اثر براده‌برداری	α
طول سنگ هونینگ	l	فشار	p

سرعت براده‌برداری

$$v_c = \sqrt{v_a^2 + v_u^2}$$

زاویه خطوط اثر

$$\tan\frac{\alpha}{2} = \frac{v_a}{v_u}$$

فشار

$$p = \frac{F_r}{A}$$

$$p = \frac{F_r}{n \cdot b \cdot l}$$

مثال :

فولاد سختکاری شده، هونینگ نهایی، v_u = ? ، v_a = ? ، v_c = ? ، α = ?

از جدول : v_u = 25 m/min ، v_a = 12 m/min

$$v_c = \sqrt{v_a^2+v_u^2} = \sqrt{\left(12\frac{m}{min}\right)^2+\left(25\frac{m}{min}\right)^2} \approx 28\frac{m}{min}$$

$$\tan\frac{\alpha}{2} = \frac{v_a}{v_u} = \frac{12\ m/min}{25\ m/min} = 0{,}48\ ; \quad \alpha = 51{,}3°$$

سرعت براده‌برداری و اضافه ماشینکاری

جنس قطعه‌کار	سرعت محیطی v_u به m/min		سرعت محوری v_a به m/min		اضافات ماشینکاری به mm برای قطر سوراخ به mm		
	هونینگ اولیه	هونینگ نهایی	هونینگ اولیه	هونینگ نهایی	2...15	15...100	100...500
فولاد، سختکاری نشده	18...40	20...40	9...20	10...20	0,02...0,05	0,03...0,15	0,06...0,3
فولاد، سختکاری شده	14...40	15...40	5...20	6...20	0,01...0,03	0,02...0,05	0,03...0,1
فولادهای آلیاژی	23...40	25...40	10...20	11...20	0,02...0,05	0,03...0,15	0,06...0,3
چدنها	23...40	25...40	10...20	11...20			
آلیاژهای آلومینیم	22...40	24...40	9...20	10...20			

در هونینگ با دانه‌های الماس v_u تا 40 m/min و v_a تا 60 m/min، α = 60° ... 90°

فشار ابزار هونینگ

فرآیندهای هونینگ	فشار p به N/cm^2			
	سنگ هونینگ سرامیکی	سنگ هونینگ با چسب مصنوعی	سنگ هونینگ الماس	سنگ هونینگ نیتریدبر
هونینگ اولیه	50...250	200...400	300...700	200...400
هونینگ نهایی	20...100	40...250	100...300	100...200

انتخاب سنگ هونینگ از کروند، کاربید سیلیسیم، CBN و الماس

جنس قطعه‌کار	استحکام کششی N/mm^2	فرآیند	عمق زبری R_z µm	سنگ هونینگ				
				کروند و کاربید سیلیسیم[۲]				CBN یا الماس
				جنس	دانه‌بندی	سختی	چسب	ساختار	دانه‌بندی
فولاد	< 500 (سختکاری نشده)	هونینگ اولیه	8...12	A	700	R		1	D126
		هونینگ میانی	2...5		400	R	B	5	D54
		هونینگ نهایی	0,5...1,5		1200	M		2	D15
	500...700 (سختکاری شده)	هونینگ اولیه	5...10	A	80	R		3	B76
		هونینگ میانی	2...3		400	O	B	5	B54
		هونینگ نهایی	0,5...2		700	N		3	B30
چدن	–	هونینگ اولیه	5...8	C	80	M		3	D91
		هونینگ نهایی	2...3		120	K	V	7	D46
		هونینگ هموارسازی	3...6		900	H		8	D25
فلزات غیرآهنی	–	هونینگ اولیه	6...10	A	80	O		3	D64
		هونینگ نهایی	2...3	A	400	O	V	1	D35
		هونینگ هموارسازی	0,5...1	C	1000	N		5	D15

۱) در هونینگ هموارسازی بلندترین نقاط سطوح قطعه‌کار براده‌برداری می‌شود.

۲) مقایسه با صفحه ۳۱۳

انتخاب سنگ هونینگ از جنس الماس و نیتریدبر مکعبی (CBN)

CBN	الماس مصنوعی	الماس طبیعی	جنس سنگ
فولاد سختکاری شده	چدن، فولاد نیتروره، فلزات غیرآهنی، شیشه، سرامیک	فولاد، فلز سخت (الماسه)	جنس قطعه‌کار

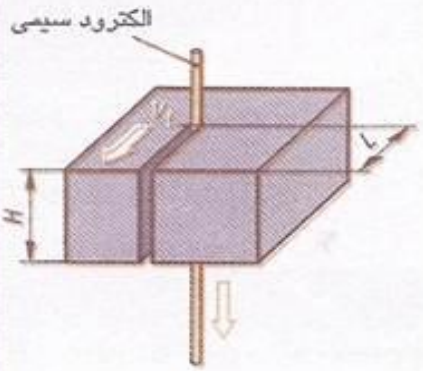
مدت زمان ماشینکاری و مقادیر مرجع در اسپارک

اسپارک برشی (وایرکات)

مدت زمان ماشینکاری

$$t_h = \frac{L}{v_f}$$

t_h مدت زمان ماشینکاری به mim
v_f سرعت پیشروی به mm/min
L طول پیشروی، طول برش به mm
H عمق برش به mm
T تلرانس شکلی به µm



مثال :

جنس : فولاد، H = 30 mm ،L = 320 mm ،T = 30 µm،
t_h = ? ،v_f = ?

v_f = 1,8 mm/min (طبق جدول)

$$t_h = \frac{L}{v_f} = \frac{320\ mm}{1{,}8\ mm/min} = 178\ min$$

سرعت پیشروی v_f (مقادیر مرجع)[1]

عمق برش H به mm	سرعت پیشروی v_f به mm/min										
	ماشینکاری فولاد					ماشینکاری مس			ماشینکاری فلز سخت		
	تلرانس شکلی به‌دست آمده T به µm										
	60	40	30	20	10	40	20	10	80	20	10
10	9,0	8,5	4,0	3,9	2,1	7,5	3,5	2,0	4,5	0,7	0,6
20	5,1	5,5	2,5	2,5	1,5	4,7	2,4	1,5	3,1	0,3	0,3
30	3,7	4,0	1,8	1,8	1,1	4,0	1,9	1,1	2,3	0,2	0,2
50	2,5	2,5	1,2	1,2	0,8	2,6	1,4	0,7	1,4	0,2	0,2

۱) مقادیر مرجع داده شده مقادیر متوسط از براده‌برداری اصلی جهت دستیابی به تلرانس شکلی به‌دست آمده‌اند. در شرایط نامناسب شستشو، سرعت پیشروی به طور چشمگیری کاهش می‌یابد.

خواص و کاربرد وایرکات رایج

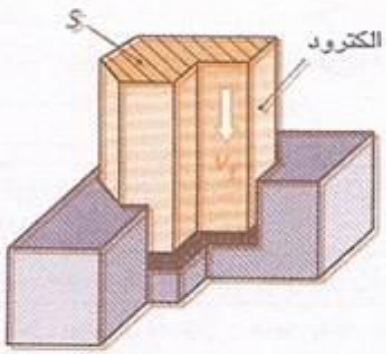
کاربرد	قطر سیم رایج به mm	استحکام کششی به N/mm^2	رسانایی الکتریکی به $m/(\Omega \cdot mm^2)$	جنس وایرکات
عمومی	0,2 ... 0,33	400...900	13,5	آلیاژ CuZn
برش با تلرانس شکلی خیلی کوچک	0,025...0,125	1900	18,5	مولیبدن
شکاف برش تنگ، شعاع کوچک گوشه‌ها	0,025...0,125	2500	18,2	تنگستن

اسپارک غوطه‌وری (اصطلاحا اسپارک)

مدت زمان ماشینکاری

$$t_h = \frac{V}{V_W}$$

t_h مدت زمان ماشینکاری به min
S سطح مقطع براده‌برداری کننده الکترود به mm^2
V حجم براده‌برداری شونده به mm^3
V_W سرعت براده‌برداری به mm^3/min



مثال :

خشن‌کاری فولاد، الکترود گرافیتی

$S = 150\ mm^2$; $V = 3060\ mm^3$; V_W = ?, t_h = ?

$V_W = 31\ mm^3/min$ (طبق جدول)

$$t_h = \frac{V}{V_W} = \frac{3060\ mm^3}{31\ mm^3/min} = 99\ min$$

مقادیر مرجع V_W[1]

جنس قطعه‌کار	الکترود (ابزار)	سرعت براده‌برداری V_W به mm^3/min										
		خشن‌کاری، سطح مقطع براده‌برداری کننده S به mm^2						پرداخت، عمق زبری Rz به µm				
		10 تا 50	50 تا 100	100 تا 200	200 تا 300	300 تا 400	400 تا 600	2 تا 3	3 تا 4	4 تا 6	6 تا 8	8 تا 10
فولاد	گرافیت	7,0	18	31	62	81	105	–	–	–	2	5
	مس	13,3	22	28	51	85	105	0,1	0,5	1,9	3,8	5
فلز سخت	مس	6,0	15	18	28	30	33	–	0,1	0,5	2,2	5,2

۱) این مقادیر در نتیجه عوامل مؤثر فرآیندی شدیدا نوسان می‌کند. برای این منظور به صفحه ۳۱۸ ر.ک.

عوامل مؤثر فرآیندی در اسپارک

سرعت براده‌برداری

$$V_W = \frac{V}{t}$$

سایش نسبی براده‌برداری

$$V_{rel} = \frac{V_E}{V} \cdot 100\%$$

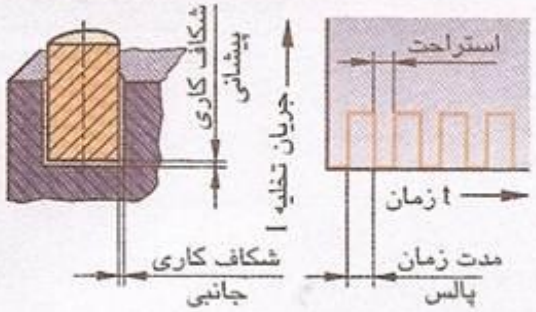
V_W سرعت براده‌برداری به mm^3/min

V حجم براده‌برداری شونده به mm^3

t مدت زمان براده‌برداری به min

V_E سایش مطلق ابزار به mm^3

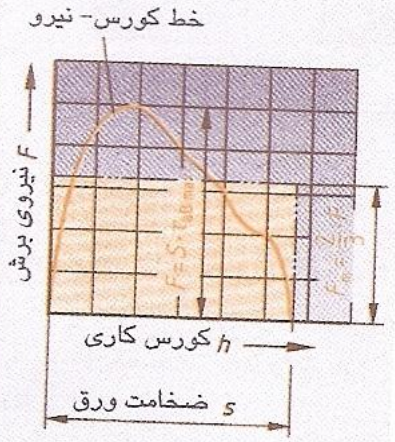
V_{rel} سایش نسبی ابزار به %



عوامل		توضیح، خواص و کاربرد
جنس الکترود	مس الکترولیت	کاربرد عمومی؛ رفتار سایش کم؛ سرعت براده‌برداری بالا؛ برای ماشینکاری پرداخت و خشن؛ ساخت الکترود با ماشینکاری سخت؛ انبساط حرارتی شدید؛ بدون لبه‌های شکننده؛ مستعد برای اعوجاج
	گرافیت در دانه‌بندیهای مختلف	کاربرد عمومی؛ سایش خیلی کم؛ چگالی جریان بزرگتر از Cu؛ وزن کمتر الکترود؛ ساخت الکترود با ماشینکاری آسان؛ بدون اعوجاج؛ انبساط حرارتی کم؛ هر قدر دانه‌بندی گرافیت ظریفتر باشد به همان میزان الکترود نیز دقیق و حساس می‌باشد؛ برای ماشینکاری فلز سخت (الماسه) مناسب نیست
	تنگستن- مس	الکترودهای دقیق و کوچک؛ سایش خیلی کم؛ براده‌برداری خیلی بالا در جریان تخلیه نسبی کوچک علیرغم چگالی جریان بزرگ؛ قابل ساخت فقط در ابعاد محدود؛ وزن بالای الکترود
	مس- گرافیت	کاربرد ویژه برای ابعاد کوچک الکترود و نیز استحکام بالا؛ سایش و سرعت براده‌برداری آن در کاربرد ویژه اهمیت کمتری دارد
الکترولیت	روغنهای سنتتیکی، که فیلتر و خنک می‌شود؛ توسط سازنده ماشین تعیین می‌شود	خواسته‌ها از مایع دی الکتریک : • ضریب هدایت پایین و ثابت برای تشکیل پایدار جرقه • ویسکوزیته کم برای قابلیت تصفیه و قابلیت نفوذ در شکافهای تنگ • تبخیر کم به جهت بخارهای مضر • نقطه اشتعال بالا به خاطر خطر آتش‌سوزی • ضریب هدایت حرارتی بالا به منظور خنک شدن خوب • خطر سلامتی خیلی پایین به خاطر پرسنل اپراتور
شستشو	تجدید مایع دی‌الکتریک در نقطه اثر محصولات تجزیه شده از محل شکاف دور می‌شود	بسته به شرایط و امکانات روشهای شستشوی متنوعی در اختیار می‌باشد تا توان پایدار عمل اسپارک را به‌دست آورد : • غوطه‌وری کامل (رایجترین متد و در عین حال دفع گرما) • شستشوی فشاری با الکترود توخالی یا در کنار الکترود • شستشوی مکشی با الکترود توخالی یا در کنار الکترود • شستشو با عقب کشیدن الکترود • شستشوی حرکتی با حرکت نسبی بین قطعه‌کار و الکترود، بدون اینکه فرآیند عمل اسپارک قطع شود
قطبیت	مثبت	الکترود قطب مثبت انتخاب می‌شود؛ برای سوختن کمتر الکترود در خشن‌کاری مدت زمان پالس بزرگتر و فرکانس پایین انتخاب می‌شود
	منفی	الکترود قطب منفی انتخاب می‌شود؛ برای اسپارک با مدت زمان پالس کوچک و فرکانس بالا
شکاف کاری	پیشانی	با کنترل پیشروی (کنترل از طریق ولتاژ تخلیه)،ثابت نگه داشته می‌شود. اگر حساسیت کنترل خیلی بالا تنظیم شود : الکترودها به طور مرتب بالا و پایین می‌روند، تخلیه کنترل شده روی نمی‌دهد. اگر حساسیت کنترل خیلی پایین تنظیم شود : تخلیه غیرعادی بیشتر می‌شود یا شکاف جهت تخلیه، خیلی بزرگ می‌شود.
	جانبی	اساسا توسط مدت زمان و اندازه پالس تخلیه، جنس و ولتاژ حرکت خلاصی تعیین می‌شود
جریان تخلیه	کوچک	توان براده‌برداری پایین، سایش کم ابزار در الکترودهای مسی، سایش زیاد در الکترودهای گرافیتی
	بزرگ	توان براده‌برداری بالا، سایش بالای ابزار در الکترودهای مسی، سایش کم در الکترودهای گرافیتی
مدت زمان پالس	کوچک	در قطبیت مثبت سایش الکترود بزرگتر و سرعت براده‌برداری کمتر می‌شود
	بزرگ	در قطبیت مثبت سایش الکترود کمتر و سرعت براده‌برداری بزرگتر می‌شود

نیروی برش، شرایط کاربرد پرسها

نیروی برش، کار برش



F	نیروی برش
F_m	نیروی برش متوسط
S	سطح برش
$R_{m\,max}$	حداکثر استحکام کششی
$\tau_{aB\,max}$	حداکثر استحکام برشی.
W	مقدار کار برش
s	ضخامت ورق

نیروی برش

$$F = S \cdot \tau_{aB\,max}$$

حداکثر استحکام برش

$$\tau_{aB\,max} \approx 0{,}8 \cdot R_{m\,max}$$

مقدار کار برش

$$W = \frac{2}{3} \cdot F \cdot s$$

مثال :

$R_{m\,max} = 510\ N/mm^2$ ؛ $s = 2{,}5\ mm$ ؛ $S = 236\ mm^2$

مطلوب است : W ، F ، $\tau_{aB\,max}$

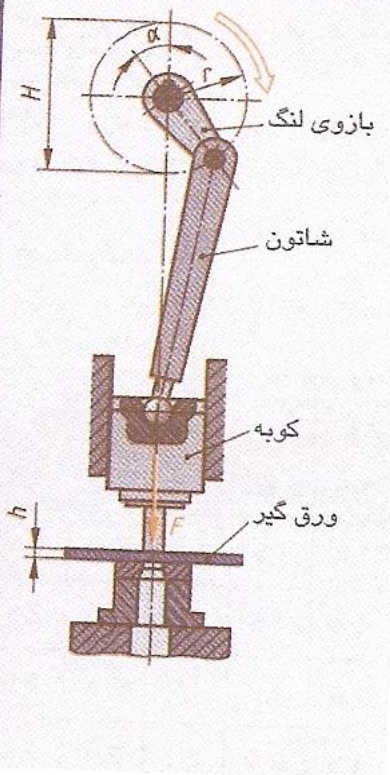
حل :

$$\tau_{aB\,max} = 0{,}8 \cdot R_{m\,max} = 0{,}8 \cdot 510\ N/mm^2 = \mathbf{408\ N/mm^2}$$

$$F = S \cdot \tau_{aB\,max} = 236\ mm^2 \cdot 408\ N/mm^2 = 96\,288\ N = \mathbf{96{,}288\ kN}$$

$$W = \frac{2}{3} \cdot F \cdot s = \frac{2}{3} \cdot 96{,}288\ kN \cdot 2{,}5\ mm \approx 160\ kN \cdot mm = \mathbf{160\ N \cdot m}$$

شرایط کاربرد پرسهای مکانیکی لنگ



سیستم محرکه پرسها معمولا طوری طراحی می‌شود که نیروی نامی پرس در محدوده زاویه میل‌لنگ برابر $\alpha = 30°$ به‌دست آید.

در کار دائم، پرس بدون ایست کار می‌کند. در کار تک کورسی پرس بعد از هر کورس می‌ایستد. در پرسهای با کورس قابل تنظیم نیروی مجاز کمتر از نیروی نامی پرس است.

F	نیروی برش، نیروی تغییر شکل
F_n	نیروی نامی پرس
F_{zul}	نیروی مجاز پرس با کورس قابل تنظیم
H	کورس، حداکثر کورس در کورس قابل تنظیم
H_e	کورس تنظیم شده
h	فاصله کار (ضخامت ورق $s \cong$)
α	زاویه میل لنگ
W	مقدار کار برش یا تغییر شکل
W_D	توان کاری در کار دائم
W_E	توان کاری در کار تک کورسی

مقدار کار در کار دائم

$$W_D = \frac{F_n \cdot H}{15}$$

مقدار کار در کار تک‌کورسی

$$W_E = 2 \cdot W_D$$

شرایط کاربرد	
کورس ثابت	
$F \le F_n$	
$W \le W_D$	یا
$W \le W_E$	
کورس قابل تنظیم	
$F' \le F_{zul}$	
$F_{zul} = \frac{F_n \cdot H}{4 \cdot \sqrt{H_e \cdot h - h^2}}$	
$W \le W_D$	یا
$W \le W_E$	

مثال :

پرس مکانیکی لنگ با کورس ثابت، $F_n = 250\ kN$ ، $H = 30\ mm$ ، $F = 207\ kN$ ، $s = 4\ mm$

مطلوب است : W ، W_D (هرگاه پرس با کار دائم کار کند)

حل :

$$W = \frac{2}{3} \cdot F \cdot s = \frac{2}{3} \cdot 207\ kN \cdot 4\ mm = 552\ kN \cdot mm = \mathbf{552\ N \cdot m}$$

$$W_D = \frac{F_n \cdot H}{15} = \frac{250\ kN \cdot 30\ mm}{15} = 500\ kN \cdot mm = \mathbf{500\ N \cdot m}$$

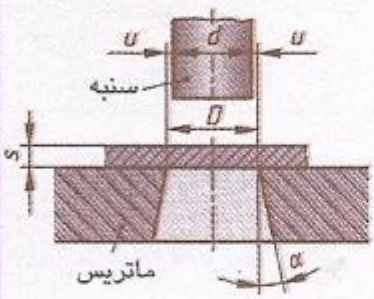
اگر $F < F_n$ ولی $W > W_D$ باشد پرس را نمی‌توان برای این قطعه‌کار با کار دائم به‌کار برد.

اندازه ابزار و قطعه‌کار

ابعاد سنبه و ماتریس برش

طبق VDI 3368 (1982-05)

پولک‌بری	سوراخکاری	فرآیند
		شکل قطعه‌کار
اندازه ماتریس D	اندازه سنبه d	برای اندازه باید، این اندازه تعیین کننده‌است
سنبه $d = D - 2 \cdot u$	ماتریس $D = d + 2 \cdot u$	اندازه ابزار مقابل



سنبه برش	d
ماتریس برش	D
لقی برش	u
ضخامت ورق	s
زاویه آزاد	α

لقی برش (لقی قالب) u در ارتباط با جنس و ضخامت ورق

ضخامت ورق s mm	سوراخ ماتریس با زاویه آزاد α				سوراخ ماتریس بدون زاویه آزاد α			
	استحکام برشی τ_{aB} به N/mm^2				استحکام برشی τ_{aB} به N/mm^2			
	تا 250	251...400	401...600	بالای 600	تا 250	251...400	401...600	بالای 600
	لقی برش u به mm				لقی برش u به mm			
0,4...0,6	0,01	0,015	0,02	0,025	0,015	0,02	0,025	0,03
0,7...0,8	0,015	0,02	0,03	0,04	0,025	0,03	0,04	0,05
0,9...1	0,02	0,03	0,04	0,05	0,03	0,04	0,05	0,05
1,5...2	0,03	0,05	0,06	0,08	0,05	0,07	0,09	0,11
2,5...3	0,04	0,07	0,10	0,12	0,08	0,11	0,14	0,17
3,5...4	0,06	0,09	0,12	0,16	0,11	0,15	0,19	0,23

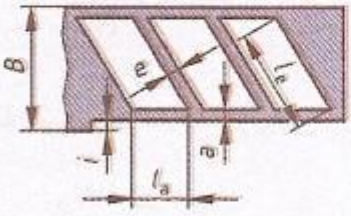
دورریز طولی، دورریز عرضی، دورریز راهنما

قطعات چهارگوش :

برای به‌دست آوردن دوریز طولی و عرضی اندازه‌های بزرگ مربوط به طول کوچک و بزرگ قطعه‌کار استفاده می‌شود.

قطعات گرد :

مقادیر مربوط به $l_e = l_a = 10$ mm برای دورریز طولی و عرضی صادق است.



قطعه چهارگوش

دورریز عرضی	a
دورریز طولی	e
اندازه طولی قطعه‌کار	l_a
اندازه عرضی قطعه‌کار	l_e
پهنای نوار	B
دورریز راهنما	i

پهنای نوار B	اندازه طولی l_e اندازه عرضی l_a mm	دورریز عرضی دورریز طولی a	ضخامت قطعه‌کار s به mm										
			0,1	0,3	0,5	0,75	1,0	1,25	1,5	1,75	2,0	2,5	3,0
تا 100 mm	تا 10	e	0,8	0,8	0,8	0,9	1,0	1,2	1,3	1,5	1,6	1,9	2,1
		a	1,0	0,9	0,9								
	11 ... 50	e	1,6	1,2	0,9	1,0	1,1	1,4	1,4	1,6	1,7	2,0	2,3
		a	1,9	1,5	1,0								
	51 ... 100	e	1,8	1,4	1,0	1,2	1,3	1,6	1,6	1,8	1,9	2,2	2,5
		a	2,2	1,7	1,2								
	بیش از 100	e	2,0	1,6	1,2	1,4	1,5	1,8	1,8	2,0	2,1	2,4	2,7
		a	2,4	1,9	1,5								
	دورریز راهنما i		1,5					1,8	2,2	2,5	3,0	3,5	4,5
بیش از 100 mm تا 200 mm	تا 10	e	0,9	1,0	1,0	1,0	1,1	1,3	1,4	1,6	1,7	2,0	2,3
		a	1,2	1,1	1,1								
	11 ... 50	e	1,8	1,4	1,0	1,2	1,3	1,6	1,6	1,8	1,9	2,2	2,5
		a	2,2	1,7	1,2								
	51 ... 100	e	2,0	1,6	1,2	1,4	1,5	1,8	1,8	2,0	2,1	2,4	2,7
		a	2,4	1,9	1,5								
	101 ... 200	e	2,2	1,8	1,4	1,6	1,7	2,0	2,0	2,2	2,3	2,6	2,9
		a	2,7	2,2	1,7								
	دورریز راهنما i		1,5				1,8	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	5,0

محل دنباله قالب، بازدهی نوار

محل دنباله قالب در قالبهای با نقطه مرکز ثقل معلوم

فاصله نقطه مرکز ثقل نیروها از لبه مرجع

$$x = \frac{U_1 \cdot a_1 + U_2 \cdot a_2 + U_3 \cdot a_3 + \dots}{U_1 + U_2 + U_3 + \dots}$$

مثال :

مطلوب است فاصله x نقطه مرکز ثقل S نیروها در شکل مقابل

حل :

سطح خارجی سنبه پولک‌بری به عنوان لبه مرجع انتخاب می‌شود.

محیط سنبه پولک‌بری : $U_1 = 4 \cdot 20\ mm = 80\ mm$ ؛ $a_1 = 10\ mm$

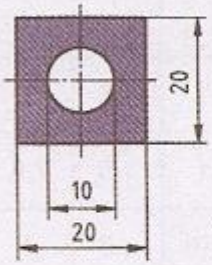
محیط سنبه سوراخکاری اولیه : $U_2 = \pi \cdot 10\ mm = 31{,}4\ mm$ ؛

$a_2 = 31\ mm$

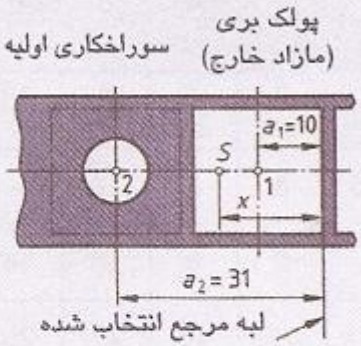
$$x = \frac{U_1 \cdot a_1 + U_2 \cdot a_2}{U_1 + U_2}$$

$$x = \frac{80\ mm \cdot 10\ mm + 31{,}4\ mm \cdot 31\ mm}{80\ mm + 31{,}4\ mm} \approx \mathbf{16\ mm}$$

قطعه‌کار



ترتیب سنبه



محیط هرکدام از سنبه‌ها	$U_1, U_2, U_3 \dots$
فاصله نقطه مرکز ثقل هرکدام از سنبه‌ها از لبه مرجع انتخابی	$a_1, a_2, a_3 \dots$
فاصله نقطه مرکز ثقل کل نیروها S از لبه مرجع انتخاب‌شده	x

محل دنباله قالب در قالبهای با نقطه مرکز ثقل نامعلوم

فاصله نقطه مرکز ثقل نیروها از لبه مرجع

$$x = \frac{l_1 \cdot a_1 + l_2 \cdot a_2 + l_3 \cdot a_3 + \dots}{l_1 + l_2 + l_3 + \dots}$$

$$x = \frac{\Sigma l_n \cdot a_n}{\Sigma l_n}$$

مثال :

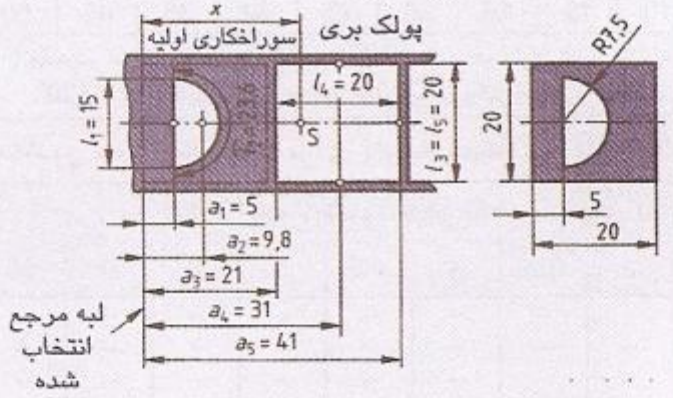
برای قطعه‌کار (شکل روبه‌رو) موقعیت دنباله قالب برش مربوط را محاسبه کنید.

حل :

n	mm به l_n	mm به a_n	mm^2 به $l_n \cdot a_n$
1	15	5	75
2	23,6	9,8	231,28
3	20	21	420
4	2 · 20	31	1240
5	20	41	820
Σ	118,6	–	2786,28

$$x = \frac{\Sigma l_n \cdot a_n}{\Sigma l_n} = \frac{2786{,}28\ mm^2}{118{,}6\ mm} = \mathbf{23{,}5\ mm}$$

نقطه مرکز ثقل کل نیروها با نقطه مرکز ثقل کل خطوط برش[1] مطابقت دارد.



طولهای لبه برش	$l_1, l_2, l_3 \dots l_n$
فواصل نقاط مرکز ثقل خطوط از لبه مرجع انتخاب شده	$a_1, a_2, a_3 \dots a_n$
فاصله نقطه مرکز ثقل نیروها از لبه مرجع	x
شماره لبه برش	n

۱) نقطه مرکز ثقل خطوط : صفحه ۳۲

بازدهی نوار در برش یک‌ردیفه

پهنای نوار

$$B = b + 2 \cdot a$$

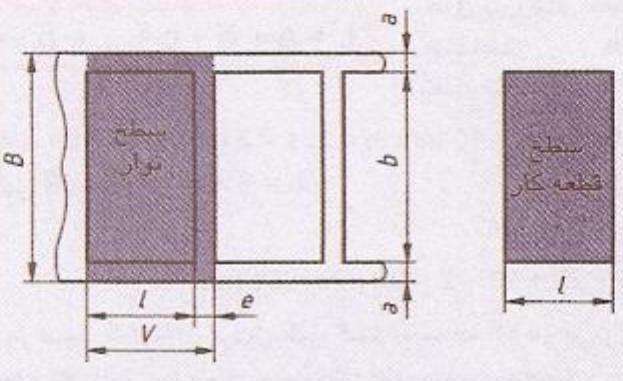
پیشروی نوار

$$V = l + e$$

بازدهی

$$\eta = \frac{R \cdot A}{V \cdot B}$$

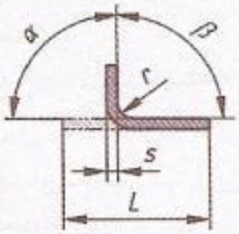
طول قطعه‌کار	l
پهنای قطعه‌کار	b
پهنای نوار	B
دورریز عرضی	a
دورریز طولی	e
پیشروی نوار	V
سطح یک قطعه‌کار (با منظورکردن سوراخها)	A
تعداد ردیف تغذیه	R
بازدهی	η



شعاع خمکاری، مقادیر جبران‌کننده، تعیین گرده (قطعه خام)

کوچکترین شعاع خمکاری مجاز برای قطعات سختکاری از فلزات غیرآهنی

طبق DIN 5520 (2002-07)



جنس	وضعیت جنس	ضخامت s به mm							
		0,8	1	1,5	2	3	4	5	6
		حداقل شعاع خمکاری r[1] به mm							
AlMg3-01	آنیل نرم شده	0,6	1	2	3	4	6	8	10
AlMg3-H14	کارسختی سرد شده	1,6	2,5	4	6	10	14	18	–
AlMg3-H111	کارسختی سرد شده و آنیل شده	1	1,5	3	4,5	6	8	10	–
AlMg4,5Mn-H112	آنیل نرم شده تابگیری شده	1	1,5	2,5	4	6	8	10	14
AlMg4,5Mn-H111	کارسختی سرد شده و آنیل شده	1,6	2,5	4	6	10	16	20	25
AlMgSi1-T6	آنیل انحلال شده و پیرسختی گرم شده	4	5	8	12	16	23	28	36
CuZn37-R600	سخت	2,5	4	5	8	10	12	18	24

۱) برای زاویه خمکاری $\alpha = 90°$، مستقل از راستای نورد

حداقل شعاع خمکاری مجاز برای خمکاری سرد فولاد

طبق DIN 6935 (1975-10)

حداقل استحکام کششی R_m به N/mm^2 تا ... بیشتر از	حداقل شعاع خمکاری[1] r برای ضخامت ورق s به mm														
	1	1,5	2,5	3	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20
تا 390	1	1,6	2,5	3	5	6	8	10	12	16	20	25	28	36	40
390...490	1,2	2	3	4	5	8	10	12	16	20	25	28	32	40	45
490...640	1,6	2,5	4	5	6	8	10	12	16	20	25	32	36	45	50

۱) مقادیر برای زاویه خمکاری $\alpha \leq 120°$ و خمکاری عمود بر راستای نورد صادق است. در خمکاری به موازات راستای نورد و زاویای خمکاری $\alpha > 120°$ مقادیر مربوط به ضخامت ورق بزرگتر بعدی را انتخاب کنید.

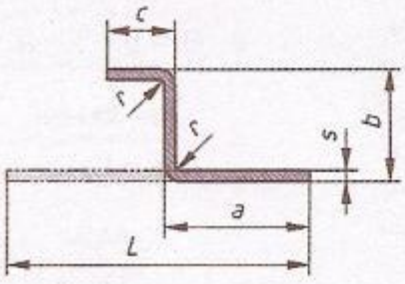
مقادیر جبران‌کننده v برای زاویه خمکاری $\alpha = 90°$

طبق برگه پیوست 2، DIN 6935 (1983-02)

شعاع خمکاری r به mm	مقدار جبران‌کننده v هر نقطه خمکاری به mm برای ضخامت ورق s به mm														
	0,4	0,6	0,8	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	6	8	10
1	1,0	1,3	1,7	1,9	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1,6	1,3	1,6	1,8	2,1	2,9	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
2,5	1,6	2,0	2,2	2,4	3,2	4,0	4,8	–	–	–	–	–	–	–	–
4	–	2,5	2,8	3,0	3,7	4,5	5,2	6,0	6,9	–	–	–	–	–	–
6	–	–	3,4	3,8	4,5	5,2	5,9	6,7	7,5	8,3	9,0	9,9	–	–	
10	–	–	–	5,5	6,1	6,7	7,4	8,1	8,9	9,6	10,4	11,2	12,7	–	–
16	–	–	–	8,1	8,7	9,3	9,9	10,5	11,2	11,9	12,6	13,3	14,8	17,8	21,0
20	–	–	–	9,8	10,4	11,0	11,6	12,2	12,8	13,4	14,1	14,9	16,3	19,3	22,3
25	–	–	–	11,9	12,6	13,2	13,8	14,4	15,0	15,6	16,2	16,8	18,2	21,1	24,1
32	–	–	–	15,0	15,6	16,2	16,8	17,4	18,0	18,6	19,2	19,8	21,0	23,8	26,7
40	–	–	–	18,4	19,0	19,6	20,2	20,8	21,4	22,0	22,6	23,2	24,5	26,9	29,7
50	–	–	–	22,7	23,3	23,9	24,5	25,1	25,7	26,3	26,9	27,5	28,8	31,2	33,6

تعیین گرده برای قطعات خمکاری 90°

طبق DIN 6935 (1975-10)



طول گسترده[2] $L = a + b + c + \ldots - n \cdot v$

L طول گسترده[1]
a, b, c طول بازوهای خمکاری شده
s ضخامت
r شعاع خمکاری
n تعداد نقاط خم
v مقدار جبران کننده

مثال: $a = 25\ mm;\ b = 20\ mm;\ c = 15\ mm;\ n = 2;\ s = 2\ mm;\ r = 4\ mm$

جنس S235JR، $v = ?$، $L = ?$

(از جدول بالا) $v = 4{,}5\ mm$

$L = a + b + c - n \cdot v = (25 + 20 + 15 - 2 \cdot 4{,}5)\ mm = 51\ mm$

۱) در نسبت $r/s > 5$ از فرمول طول گسترده صفحه ۲۴ هم می‌توان استفاده کرد.

۲) طول گسترده محاسبه شده به مقدار کامل برحسب mm گرد می‌شود.

تعیین گرده (قطعه‌کار قبل از شکل دادن)، برگشت فنری در خمکاری

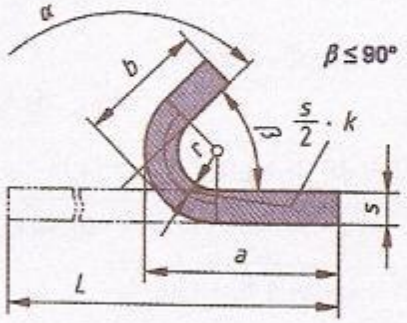
تعیین گرده برای قطعات با زاویه خمکاری دلخواه

طبق DIN 6935 (1975-10)

طول گسترده[1) ضخامت ورق s — شعاع خمکاری r — زاویه دهانه β

$$L = a + b - v$$

L طول گسترده
a, b طول بازوهای خمکاری
v مقدار جبران‌کننده
k ضریب تصحیح

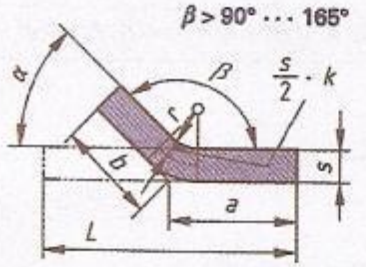


مقدار جبران‌کننده برای $\beta = 0° \dots 90°$

$$v = 2 \cdot (r + s) - \pi \cdot \left(\frac{180° - \beta}{180°}\right) \cdot \left(r + \frac{s}{2} \cdot k\right)$$

مقدار جبران‌کننده برای $\beta > 90° \dots 165°$

$$v = 2 \cdot (r + s) \tan\frac{180° - \beta}{2} - \pi \cdot \left(\frac{180° - \beta}{180°}\right) \cdot \left(r + \frac{s}{2} \cdot k\right)$$

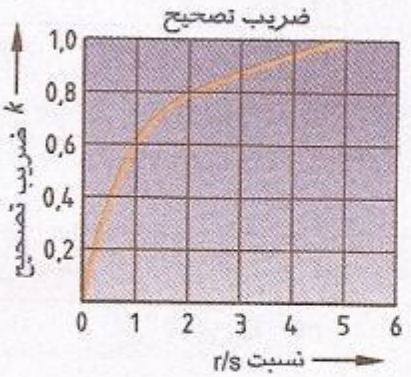


ضریب تصحیح

$$k = 0{,}65 + 0{,}5 \cdot \log\frac{r}{s}$$

مقدار جبران‌کننده برای $\beta > 165° \dots 180°$

(قابل صرف‌نظر) $v \approx 0$



مثال:

قطعه خمکاری با $\beta = 60°$، $a = 16$ mm، $b = 21$ mm، $r = 6$ mm، $s = 5$ mm

$k = ?;\ v = ?;\ L = ?$

$\frac{r}{s} = \frac{6\,mm}{5\,mm} = 1{,}2$; $k = 0{,}7$ (از نمودار)

$k = 0{,}689$ (محاسبه با فرمول)

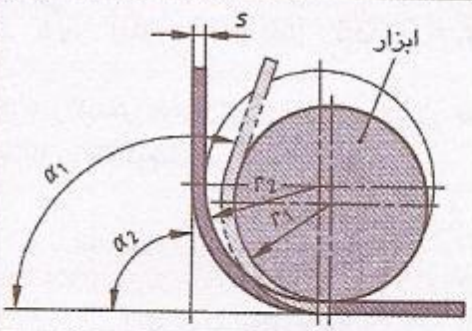
$$v = 2 \cdot (r + s) - \pi \cdot \left(\frac{180° - \beta}{180°}\right) \cdot \left(r + \frac{s}{2} \cdot k\right)$$

$$= 2 \cdot (6 + 5)\,mm - \pi \cdot \left(\frac{180° - 60°}{180°}\right) \cdot \left(6 + \frac{5}{2} \cdot 0{,}7\right)\,mm = 5{,}77\,mm$$

$L = a + b - v = 16\,mm + 21\,mm - 5{,}77\,mm \approx 32\,mm$

۱) در $r/s > 5$ با دقت کافی از طولهای گسترده (صفحه ۲۴) هم می‌توان محاسبه کرد.

برگشت فنری در خمکاری



α_1 زاویه خمکاری قبل از برگشت فنری (روی ابزار)
α_2 زاویه خمکاری بعد از برگشت فنری (روی قطعه‌کار)
r_1 شعاع روی ابزار
r_2 شعاع خمکاری روی قطعه‌کار
k_R ضریب برگشت فنری
s ضخامت ورق

شعاع روی ابزار

$$r_1 = k_R \cdot (r_2 + 0{,}5 \cdot s) - 0{,}5 \cdot s$$

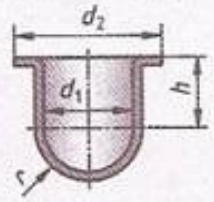
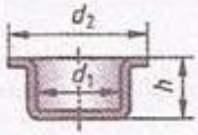
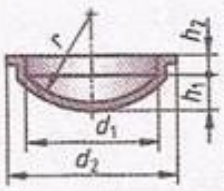
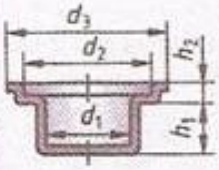
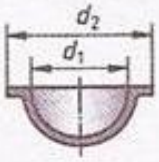
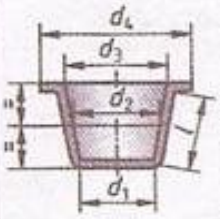
زاویه خمکاری قبل از برگشت فنری

$$\alpha_1 = \frac{\alpha_2}{k_R}$$

جنس قطعه خمکاری	ضریب برگشت فنری k_R برای نسبت r_2/s										
	1	1,6	2,5	4	6,3	10	16	25	40	63	100
DC04	0,99	0,99	0,99	0,98	0,97	0,97	0,96	0,94	0,91	0,87	0,83
DC01	0,99	0,99	0,99	0,97	0,96	0,96	0,93	0,90	0,85	0,77	0,66
X12CrNi18-8	0,99	0,98	0,97	0,95	0,93	0,89	0,84	0,76	0,63	–	–
E-Cu-R20	0,98	0,97	0,97	0,96	0,95	0,93	0,90	0,85	0,79	0,72	0,6
CuZn33-R29	0,97	0,97	0,96	0,95	0,94	0,93	0,89	0,86	0,83	0,77	0,73
CuNi18Zn20	–	–	–	0,97	0,96	0,95	0,92	0,87	0,82	0,72	–
EN AW-Al99,0	0,99	0,99	0,99	0,99	0,98	0,98	0,97	0,97	0,96	0,95	0,93
EN AW-AlCuMg1	0,98	0,98	0,98	0,98	0,97	0,97	0,96	0,95	0,93	0,91	0,87
EN AW-AlSiMgMn	0,98	0,98	0,97	0,96	0,95	0,93	0,90	0,86	0,82	0,76	0,72

کشش عمیق

محاسبه قطر گرده

قطر گرده D	قطعه کششی [1]	قطر گرده D	قطعه کششی [1]
بدون لبه d_2		بدون لبه d_2	
$D = \sqrt{2 \cdot d_1^2 + 4 \cdot d_1 \cdot h}$		$D = \sqrt{d_1^2 + 4 \cdot d_1 \cdot h}$	
با لبه d_2		با لبه d_2	
$D = \sqrt{2 \cdot d_1^2 + 4 \cdot d_1 \cdot h + (d_2^2 - d_1^2)}$		$D = \sqrt{d_2^2 + 4 \cdot d_1 \cdot h}$	
بدون لبه d_2		بدون لبه d_3	
$D = \sqrt{d_1^2 + 4 \cdot h_1^2 + 4 \cdot d_1 \cdot h_2}$		$D = \sqrt{d_2^2 + 4 \cdot (d_1 \cdot h_1 + d_2 \cdot h_2)}$	
با لبه d_2		با لبه d_3	
$D = \sqrt{d_1^2 + 4 \cdot h_1^2 + 4 \cdot d_1 \cdot h_2 + (d_2^2 - d_1^2)}$		$D = \sqrt{d_3^2 + 4 \cdot (d_1 \cdot h_1 + d_2 \cdot h_2)}$	
بدون لبه d_2		بدون لبه d_4	
$D = \sqrt{2 \cdot d_1^2} = 1{,}414 \cdot d$		$D = \sqrt{d_1^2 + 4 \cdot d_2 \cdot l}$	
با لبه d_2		با لبه d_4	
$D = \sqrt{d_1^2 + d_2^2}$		$D = \sqrt{d_1^2 + 4 \cdot d_2 \cdot l + (d_4^2 - d_3^2)}$	

مثال :

قطعه کششی استوانه‌ای بدون لبه d_2 (شکل بالا، چپ) با $d_1 = 50\ mm$، $h = 30\ mm$، $D = ?$

$$D = \sqrt{d_1^2 + 4 \cdot d_1 \cdot h} = \sqrt{50^2\ mm^2 + 4 \cdot 50\ mm \cdot 30\ mm} = 92{,}2\ mm$$

لقی کشش (اختلاف اندازه سنبه و ماتریس) و شعاع روی حلقه کشش و سنبه کشش

لقی کشش به mm

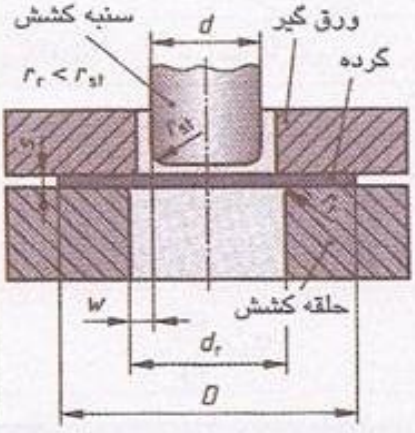
$$w = s + k \cdot \sqrt{10 \cdot s}$$

لقی کشش	w
ضخامت ورق	s
ضریب جنس	k
شعاع روی حلقه کشش	r_r
شعاع روی سنبه کشش	r_{st}
قطر گرده	D
قطر سنبه	d
قطر حلقه کشش	d_r

شعاع روی حلقه کشش به mm

$$r_r = 0{,}035 \cdot [50 + (D - d)] \cdot \sqrt{s}$$

در هر کشش بعدی شعاع روی حلقه کشش حدود 40% ... 20 کوچکتر می‌شود.



شعاع روی سنبه کشش به mm

$$r_{st} = (4 \ldots 5) \cdot s$$

لقی کشش

$$w = \frac{d_r - d}{2}$$

مثال :

ورق فولادی، $D = 51\ mm$، $d = 25\ mm$، $s = 2\ mm$، $w = ?$، $r_r = ?$، $r_{st} = ?$

ضریب جنس k	
فولاد	0,07
آلومینیم	0,02
دیگر فلزات غیرآهنی	0,04

(از جدول) $k = 0{,}07$

$$w = s + k \cdot \sqrt{10 \cdot s} = 2 + 0{,}07 \cdot \sqrt{10 \cdot 2} = 2{,}3\ mm$$

$$r_r = 0{,}035 \cdot [50 + (D - d)] \cdot \sqrt{s} = 0{,}035 \cdot [50 + (51 - 25)] \cdot \sqrt{2} = 3{,}8\ mm$$

$$r_{st} = 4{,}5 \cdot s = 4{,}5 \cdot 2\ mm = 9\ mm$$

کشش عمیق

مراحل کشش و نسبت کشش

نسبت کشش

کشش مرحله 1

$$\beta_1 = \frac{D}{d_1}$$

کشش مرحله 2

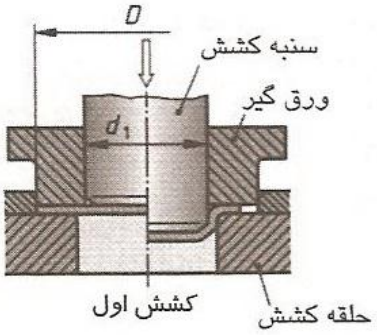
$$\beta_2 = \frac{d_1}{d_2}$$

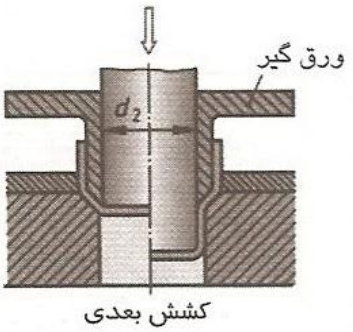
نسبت کشش کل

$$\beta_{ges} = \beta_1 \cdot \beta_2 \ldots$$

$$\beta_{ges} = \frac{D}{d_1}$$

D	قطر گرده
d	قطر داخلی قطعه کشش نهایی
d_1	قطر سنبه کشش مرحله 1
d_2	قطر سنبه کشش مرحله 2
d_n	قطر سبنه کشش مرحله n
β_1	نسبت کشش برای کشش مرحله 1
β_2	نسبت کشش برای کشش مرحله 2
β_{ges}	نسبت کشش کل
s	ضخامت ورق





مثال :

نافی بدون لبه از جنس DC04 (St 14) با d = 50 mm؛ h = 60 mm؛ D = ? ؛ β_1 = ? ؛ β_2 = ? ؛ d_1 = ? ؛ d_2 = ?

$$D = \sqrt{d^2 + 4 \cdot d \cdot h}$$

$$= \sqrt{(50\,mm)^2 + 4 \cdot 50\,mm \cdot 60\,mm} \approx \mathbf{120\ mm}$$

β_1 = **2,0**; β_2 = **1,3** (از جدول زیر)

$$d_1 = \frac{D}{\beta_1} = \frac{120\,mm}{2,0} = \mathbf{60\ mm}$$

$$d_2 = \frac{d_1}{\beta_2} = \frac{60\,mm}{1,3} = \mathbf{46\ mm}$$

2 مرحله کشش کافی است زیرا $d_2 < d$

جنس	حداکثر نسبت کشش[1]		R_m[2]	جنس	حداکثر نسبت کشش[1]		R_m[2]	جنس	حداکثر نسبت کشش[1]		R_m[2]
	β_1	β_2	N/mm²		β_1	β_2	N/mm²		β_1	β_2	N/mm²
DC01 (St12)	1,8	1,2	410	CuZn30-R270	2,1	1,3	270	Al99,5 H111	2,1	1,6	95
DC03 (St13)	1,9	1,3	370	CuZn37-R300	2,1	1,4	300	AlMg1 H111	1,9	1,3	145
DC04 (St14)	2,0	1,3	350	CuZn37-R410	1,9	1,2	410	AlCu4Mg1 T4	2,0	1,5	425
X10CrNi18-8	1,8	1,2	750	CuSn6-R350	1,5	1,2	350	AlSi1MgMn T6	2,1	1,4	310

۱) این مقادیر برای تا s = 300 : d_1 صادق است، این مقادیر برای d_1 = 100 mm و s = 1 mm به‌دست آمده‌اند. برای سایر ضخامتها و قطرها این مقادیر جزئی تغییر می‌کنند.

۲) حداکثر استحکام کششی

نیروی پاره کردن کف قطعه‌کار، نیروی کشش عمیق، نیروی ورق‌گیر

نیروی پاره کردن کف قطعه‌کار

$$F_B = \pi\,(d_1 + s) \cdot s \cdot R_m$$

نیروی کشش عمیق

$$F_Z = \pi \cdot (d_1 + s) \cdot s \cdot R_m \cdot 1,2 \cdot \frac{\beta - 1}{\beta_{max} - 1}$$

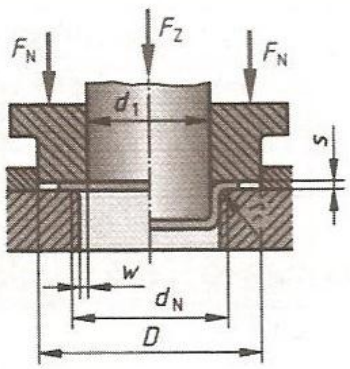
نیروی ورق‌گیر

$$F_N = \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d_N^2) \cdot p$$

قطر نشیمن مؤثر ورق‌گیر

$$d_N = d_1 + 2 \cdot (r_r + w)$$

F_B	نیروی پاره‌کردن کف قطعه‌کار
F_Z	نیروی کشش سنبه
d_1	قطر سنبه
s	ضخامت ورق
R_m	استحکام کششی
β	نسبت کشش
β_{max}	نسبت کشش حداکثر
F_N	نیروی ورق‌گیر
D	قطر گرده
d_N	قطر نشیمن مؤثر ورق‌گیر
p	فشار ورق‌گیر
r_r	شعاع روی حلقه کشش
w	لقی کشش



۶-۶ شکل دادن

فشار ورق‌گیر p به N/mm²	
فولاد	2,5
آلیاژهای Cu	2,0...2,4
آلیاژهای Al	1,2...1,5

مثال :

D = 210 mm؛ d_1 = 140 mm؛ s = 1 mm؛ R_m = 380 N/mm²؛ β = 1,5؛ β_{max} = 1,9؛ F_Z = ?

$$F_Z = \pi \cdot (d_1 + s) \cdot s \cdot R_m \cdot 1,2 \cdot \frac{\beta - 1}{\beta_{max} - 1} = \pi \cdot (140\,mm + 1\,mm) \cdot 1\,mm \cdot 380\,\frac{N}{mm^2} \cdot 1,2 \cdot \frac{1,5 - 1}{1,9 - 1} = \mathbf{112\,218\ N}$$

فرآیندها و وضعیتهای جوشکاری، تلرانسهای عمومی

جوشکاری، برش، لحیم‌کاری و فرآیندهای دیگر

طبق DIN EN ISO 4063 (2000-04)

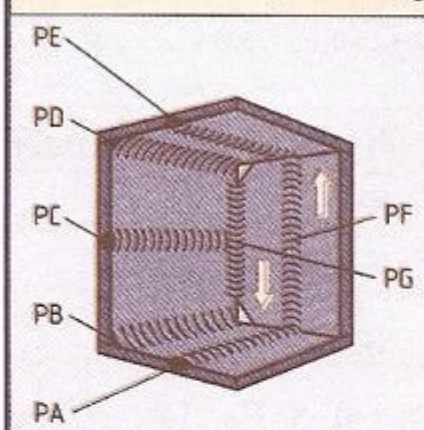
فرآیندها	N[1]	فرآیندها	N[1]	فرآیندها	N[1]
سایر فرآیندهای جوشکاری	**7**	جوشکاری جرقه‌ای سربه‌سر جوشکاری مقاومتی سربه‌سر (لب به لب)	24 25	**جوشکاری برق (قوسی)**	**1**
جوشکاری گازی برقی (با مولد برق) جوشکاری القایی	73 74	**جوشکاری ذوبی گازی**	**3**	جوشکاری برقی جوشکاری برقی دستی	101 111
جوشکاری پرتو نوری جوشکاری مادون قرمز	75 753	جوشکاری گازی با شعله استیلن-اکسیژن	311	جوشکاری برقی بدون گاز محافظ	11
جوشکاری زائده‌ای جوشکاری زائده‌ای اصطکاکی	78 788	جوشکاری گازی با شعله پروپان-اکسیژن	312	جوشکاری زیرپودری جوشکای برقی با گاز محافظ	12 13
برش	**8**	**جوشکاری پرسی**	**4**	جوشکاری برقی با گازمحافظ خنثی (MIG) جوشکاری برقی با گازمحافظ فعال (MAG)	131 135
برش گازی، برش استیلینی، برش کاربیدی برش برقی	81 82	جوشکاری مافوق صوت جوشکاری اصطکاکی	41 42	جوشکاری با گاز محافظ فعال با الکترود سیمی	136
برش پلاسمایی برش لیزری	83 84	جوشکاری نفوذی جوشکاری پرسی گازی	45 47	جوشکاری با گاز خنثی با الکترود سیمی	137
لحیم‌کاری سخت، لحیم‌کاری نرم	**9**	**جوشکاری لیزری**	**5**	جوشکاری MAG و الکترود تنگستنی جوشکاری MIG و الکترود تنگستنی	14 141
لحیم‌کاری سخت لحیم‌کاری سخت شعله‌ای	91 912	جوشکاری پرتو الکترونی جوشکاری لیزری	51 52	جوشکاری پلاسمایی جوشکاری WIG- پلاسما	15 151
لحیم‌کاری سخت در حمام لحیم لحیم‌کاری سخت خلائی	914 924	جوشکاری پرتو الکترونی تحت خلا	511	**جوشکاری مقاومتی**	**2**
لحیم‌کاری نرم لحیم‌کاری نرم در حمام لحیم	94 944	جوشکاری با لیزر جامد	521	نقطه جوش مقاومتی جوشکاری درز غلتکی	21 22
لحیم‌کاری نرم القایی لحیم‌کاری نرم پیستوله‌ای	946 952	جوشکاری با لیزر گازی	522	جوشکاری لب‌به‌لب نقطه جوش برجسته (فلش)	225 23

⇒ فرآیند ISO 4063-111 : جوشکاری برقی دستی (111)

۱) N شماره مرجع جهت مشخصه فرآیند در نقشه‌ها، دستورالعمل کاری و در پردازش داده‌ها

وضعیت جوشکاری

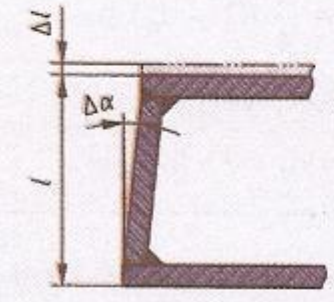
طبق DIN EN ISO 6947 (1997-05)



وضعیت اصلی، توضیح	نام	علامت کوتاه
خط مرکزی عمودی درز، کار افقی، سطح گرده به بالا	وضعیت وانی رو (افقی)	PA
کار افقی، سطح گرده به بالا	وضعیت گوشه رو	PB
خط مرکزی افقی درز، کار افقی	وضعیت وانی عرضی	PC
کار افقی، سطح گرده گوشه پایین	وضعیت گوشه ریز	PD
کار افقی، خط مرکزی عمودی درز، سطح گرده به پایین	وضعیت وانی زیر	PE
کار عمودی	وضعیت وانی عمودی سربالا	PF
کار عمودی گوشه	وضعیت گوشه عمودی سرپایین	PG

تلرانسهای عمومی برای سازه‌های جوشکاری

طبق DIN EN ISO 13920 (1996-11)

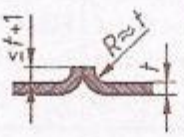
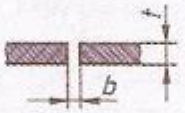
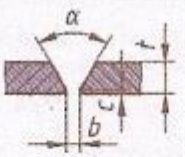
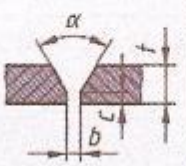
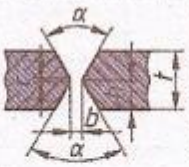
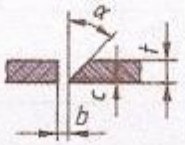
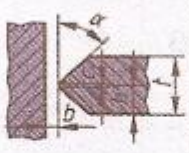
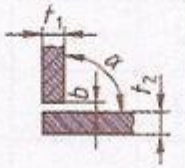
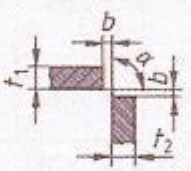


درجه دقت (کلاس تلرانس)	انحرافهای مجاز: برای اندازه طولی Δl به mm، محدوده اندازه نامی l[1]: تا 30	بیش از 30 تا 120	بیش از 120 تا 400	بیش از 400 تا 1000	بیش از 1000 تا 2000	بیش از 2000 تا 4000	برای اندازه زاویه Δα به ° و ′، محدوده اندازه نامی l[1]: تا 400	بیش از 400 تا 1000	بیش از 1000
A	±1	±1	±1	±2	±3	± 4	±20′	±15′	±10′
B	±1	±2	±2	±3	±4	± 6	±45′	±30′	±20′
C	±1	±3	±4	±6	±8	±11	±1°	±45′	±30′

۱) بازوی کوتاه‌تر

آماده‌سازی درز

طبق DIN EN 29692 (1994-04)

ملاحظات	فرآیند جوشکاری توصیه‌شده[۲]	آماده‌سازی درز: ابعاد: زاویه α به °	آماده‌سازی درز: ابعاد: طول ریشه c mm	آماده‌سازی درز: ابعاد: شکاف b mm	آماده‌سازی درز: شکل درز	A[۱] اجرا	ضخامت قطعه‌کار t mm	نام، علایم درز جوشکاری صفحه ۹۵ ... ۹۷
جوشکاری ورقهای نازک، غالبا بدون افزوده (پرکننده)	3, 111, 141, 131, 135	–	–	–		e	0 ... 2	درز گرده ماهی
ماده افزوده کم، بدون هیچ آماده‌سازی درز	3, 111, 141	–	–	≈ t		e	0 ... 4	درز I، درز لب‌به‌لب
	111, 141	–	–	≈ t/2		b	0 ... 8	
	131, 135	–	–	≤ t/2				
–	3	40° ... 60°	c ≤ 2	≤ 4		e	3 ... 10	درز V، درز جناغی تیز
با پشتی (زیر سری)	111, 141	≈ 60°	c ≤ 2	≤ 3		b	3 ... 40	
	131, 135	40° ... 60°						
–	111, 131, 135, 141	≈ 60°	2 ... 4	1 ... 4		e	5 ... 40	درز Y، درز جناغی کند
با ریشه و پشتی (زیر سری)	111, 141	≈ 60°	2 ... 4	1 ... 3		b	> 10	
	131, 135	40° ... 60°						
شکل درز متقارن، h = t/2	111, 141	≈ 60°	c ≤ 2	1 ... 3		b	> 10	درز- V دوبل، درز ایکس (X)
	131, 135	40° ... 60°						
–	111, 131, 135, 141	35° ... 60°	1 ... 2	2 ... 4		e	3 ... 10	درز نیم V، درز نیم‌جناغی- تیز
با پشتی (زیر سری)	111, 131, 135, 141	35° ... 60°	c ≤ 2	1 ... 4		b	3 ... 30	
شکل درز متقارن، h = t/2	111, 131, 135, 141	35° ... 60°	c ≤ 2	1 ... 4		b	> 10	درز نیم V دوبل، درز K
درز T	3, 111, 131, 135, 141	70°...100°	–	≤ 2		e	> 2	درز گوشه
درز گوشه به گوشه	3, 111, 131, 135, 141	70°...110°	–	≤ 2		b	> 3	

۱) اجرا e : جوشکاری یک‌طرفه؛ b : جوشکاری دوطرفه

۲) فرآیند جوشکاری : صفحه ۳۲۶

کپسولهای گاز تحت فشار

طبق DIN EN 1089 (2004-06)

مقدار پر	فشار پر p_F bar	حجم V l	رزوه بست	قبلا	مشخصه رنگ[1] طبق DIN EN 1089-3 کلگی	مشخصه رنگ[1] طبق DIN EN 1089-3 بدنه	نوع گاز
6 m^3 10 m^3	150 200	40 50	R3/4	آبی	سفید	آبی	اکسیژن
8 kg 10 kg	19 19	40 50	گیره سریع	زرد	قهوه‌ای بلوطی	قهوه‌ای بلوطی	استیلن
2 m^3 10 m^3	200 200	10 50	W21,80×1/14	قرمز	قرمز	قرمز	هیدروژن
2 m^3 10 m^3	200 200	10 50	W21,80×1/14	خاکستری	سبز تیره	خاکستری	آرگون
2 m^3 10 m^3	200 200	10 50	W21,80×1/14	خاکستری	قهوه‌ای	خاکستری	هلیم
4 m^3 10 m^3	200 200	20 50	W21,80×1/14	خاکستری	سبز روشن	خاکستری	مخلوط آرگون-دی‌اکسید کربن
7,5 m^3 20 m^3	58 58	10 50	W21,80×1/14	خاکستری	خاکستری	خاکستری	دی‌اکسید کربن
6 m^3 10 m^3	150 200	40 50	W24,32×1/14	سبز تیره	سیاه	خاکستری	نیتروژن

۱) تغییر رنگ به رنگهای جدید باید تا مورخه 01.07.2006 انجام گیرد. در مدت زمان گذر مشخصه لازم با برچسب روی کپسول درج شود.

مفتولهای جوشکاری با گاز برای جوشکاری فولاد

طبق DIN EN 12536 (2000-08)، جایگزین برای DIN 8554-1

تقسیم‌بندی رفتار جوش بر اساس ترکیب (آلیاژ) قطعه‌کار

رفتار جوشکاری: تمایل به حفره	رفتار جوشکاری: پراکنش (قطره‌پرانی)	رفتار جوشکاری: رفتار جریان مذاب	آنالیز قطعه‌کار جوشکاری به % (مقادیر مرجع): Cr	Ni	Mo	Mn	Si	C	نام کوتاه: قدیم	نام کوتاه: جدید
بلی	خیلی	رقیق	–	–	–	< 0,65	< 0,20	< 0,1	G I	O I
بلی	کم	کمی رقیق	–	–	–	< 1,20	< 0,25	< 0,2	G II	O II
خیر	ندارد	غلیظ	–	< 0,80	–	< 1,25	< 0,25	< 0,15	G III	O III
خیر	ندارد	غلیظ	< 1,20	–	< 0,65	< 1,20	< 0,25	< 0,15	G IV	O IV
خیر	ندارد	غلیظ	< 1,20	–	< 0,65	< 1,20	< 0,25	< 0,10	G V	O V

محدوده کاربرد، خواص مکانیکی

محدوده کاربرد	نوع فولاد	مفتول جوشکاری، نام کوتاه	B[1]	تنش تسلیم R_e N/mm²	استحکام کششی R_m N/mm²	تغییر طول نسبی شکست A %	KA[2] K_V J
ورقها، لوله‌ها	S235, S275	O I	U	> 260	360 ... 410	> 20	> 30
مخازن، لوله‌ها	S235, S275, P235GH, P265GH	O II	U	> 300	390 ... 440	> 20	> 47
	S235, S275, P235GH, P265GH	O III	U	> 310	400 ... 460	> 22	> 47
دیگها و لوله‌های مقاوم به گرما تا 530 °C	S235, S355, S275, P235, P235GH, P265GH, P295GH, 16Mo3	O IV	U	> 260	440 ... 490	> 22	> 47
دیگها و لوله‌های مقاوم به گرما تا 570 °C	13CrMo4-5, 16CrMo3	O V	A	> 315	490 ... 590	> 18	> 47
⇒	مفتول جوشکاری با گاز، کلاس IV : EN 12536 – O IV مفتول						

۱) B وضعیت عملیات حرارتی درز جوشکاری : U بدون عملیات حرارتی (حفظ وضعیت جوشکاری)، A آنیل برگشت

۲) KA کار مکانیکی در آزمون شکاف- ضربه در 20 °C+، به‌دست آمده از نمونه آزمایش ISO-V

گازهای محافظ، الکترودهای سیمی (قرقره‌ای)

گازهای محافظ جهت جوشکاری برقی فولاد

طبق DIN EN 439 (1995-05)

مواد، کاربرد	فرآیند جوشکاری	نوع گاز، اثر	ترکیب[1]	نام کوتاه
فولادهای پرآلیاژ، Ni و آلیاژهای Ni	جوشکاری- WIG، - پلاسما	گازهای احیاکننده	بقیه Ar یا H_2 < 15%, He بقیه Ar یا (15...35)%H_2, He	R1 R2
Al، آلیاژهای Al Cu، آلیاژهای Cu	جوشکاری- MIG، - WIG، - پلاسما	گازهای خنثی (رفتار خنثی)	100% Ar 100% He بقیه Ar یا He < 95%	11 12 13
فولادهای آلیاژی Cr-Ni؛ عمدتا فولادهای زنگ‌نزن و مقاوم به اسید	جوشکاری MAG	گازهای مخلوط، اکسیدکننده ضعیف	بقیه Ar یا CO_2 ≤ 5%, H_2 ≤ 5%, He بقیه Ar یا (3...10)% CO_2, He بقیه Ar یا O_2 < 3%	M11 M12 M13
فولادهای کم‌آلیاژی و آلیاژ متوسط	جوشکاری MAG	گازهای مخلوط، اکسیدکننده قوی	بقیه Ar یا (5...25)% CO_2, He بقیه Ar یا (3...10)% CO_2, He بقیه Ar یا CO_2 ≤ 5%, (3...10)% O, He	M21 M22 M23
فولادهای غیرآلیاژی و کم‌آلیاژ ؛ ورقهای ضخیم و سنگین	جوشکاری MAG	گازهای مخلوط، اکسیدکننده متوسط	بقیه Ar یا (25...50)% CO_2, He بقیه Ar یا (10...15)% O_2, He بقیه Ar یا (5...50)% CO_2, (8...15)% O_2, He	M31 M32 M33
فولادهای غیرآلیاژی	جوشکاری MAG	گازهای اکسیدکننده قوی	100% CO_2 بقیه CO_2 یا O_2 ≤ 30%	C1 C2
⇒	گاز خنثی با 95% هلیم، بقیه آرگون : **گاز محافظ EN 439-13**			

۱) Ar آرگون He هلیم O_2 اکسیژن CO_2 دی اکسید کربن H_2 هیدروژن

الکترودهای سیمی و قطعات جوشکاری از جنس فولادهای غیرآلیاژی و فولادهای ساختمانی دانه‌ریز برای جوشکاری با گاز محافظ

طبق DIN EN 440 (1994-11)

مثال مشخصه :

EN 440 – G 46 3 M G3Si

- EN 440 – G: شماره استاندارد
- 46: علامت کوتاه جوشکاری گاز محافظ- فلز
- 3: رقم مشخصه مکانیکی مواد (صفحه ۳۳۱)
- M: رقم مشخصه استحکام ضربه‌ای مواد جوشکاری (صفحه ۳۳۱)
- G3Si: علامت کوتاه گاز محافظ

علامت کوتاه گاز محافظ	
گاز محافظ DIN 439	علامت مشخصه
M21, M22, M23, M24	M
C1	C

ترکیب شیمیایی الکترودهای سیمی

عناصر اصلی آلیاژی	علامت کوتاه	عناصر اصلی آلیاژی	علامت کوتاه
0,5...0,8% Si, 0,9...1,4% Mn, 0,05...0,25% Ti	G2Ti	ترکیب موافقت شده	G0
0,4...0,8% Si, 0,8...1,4% Mn, 2,1...2,7% Ni	G2Ni2	0,7...1,0% Si, 1,3...1,6% Mn	G3Si1
⇒	**EN 440-G 46 4 M G3Si1** : تنش تسلیم حداقل R_e = 460 N/mm²، کار ضربه شکاف برابر J 47 در دمای °C 40 –، گاز مخلوط M21 ... M24، الکترودهای با 1,0% Si ... 0,7، 1,6% Mn ... 1,3		

الکترودهای سیمی (انتخاب)

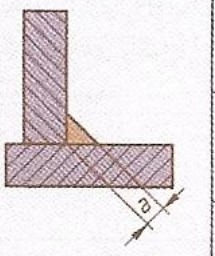
کاربرد، خواص	قابل کاربرد برای فولادها	گاز محافظ	فرآیند جوشکاری	مشخصه طبق DIN EN 440
جوشکاری جهت اتصال و تعمیر مانند G3Si1، ولی با استحکام بالاتر	S185...S355, E295, E335, P235...P355, GP240R, L210...L360	M21...M24, C1	MAG	G 46 4 M G3Si1
		M21...M24, C1	MAG	G 50 4 M G4Si1
فولادهای ساختمانی دانه‌ریز و فولادهای چقرمه سرد (کار سرشده)	12Ni14, 13MnNi6-3, S(P)275...S(P)420	M21	MAG	G 46 M G2Ni2

مقادیر مبنا جوشکاری گاز محافظ، افزوده‌های جوشکاری برای آلومینیم

مقادیر توان		مقادیر تنظیم					طراحی درز			
مدت زمان اصلی	افزوده جوشکاری	گاز محافظ	سرعت پیشروی مستقیم[1]	جریان	ولتاژ	تعداد وضعیت	قطر سیم	ضخامت درز a	شکل درز
min/m	g/m	l/min	m/min	A	V		mm	mm	

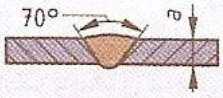
جوشکاری MAG، مقادیر مبنا برای فولادهای ساختمانی غیرآلیاژی

DIN EN 439 – M21 گاز محافظ — DIN EN 440 – G 46 4 M G3Si1 الکترود سیمی — PB : وضعیت جوشکاری

1,5	45	10	7	105	20	1	0,8	2	
1,4	90		11	215	22		1,0	3	
2,1	140		11	220	23		1,0	4	
2,6	215	15	10	300	30	1	1,0	5	
3,5	300					1	1,0	6	
4,6	390					3	1,2	7	
6,4	545	15	10	300	30	3	1,2	8	
9,5	805					4		10	

جوشکاری MIG، مقادیر مبنا آلیاژهای آلومینیم

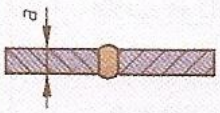
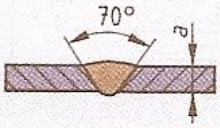
DIN EN 439 – I1 گاز محافظ — DIN 1732 – SG – AlMg5 افزوده جوشکاری — PA : وضعیت جوشکاری

2,9	30	12	3	180	23	1	1,2	4	
3,3	77	18	4	200	25		1,6	5	
3,9	147	18	7	230	26		1,6	6	
4,2	126	18	6	160	22	1	1,6	5	
4,6	147		6	170	22	2		6	
5,0	183		7	220	26	2		8	

۱) در جوشکاری MIG : سرعت جوشکاری

جوشکاری WIG، مقادیر مبنا برای آلیاژهای آلومینیم

DIN EN 439 – I1 گاز محافظ — DIN 1732 – SG – AlMg5 افزوده جوشکاری — PA : وضعیت جوشکاری

3,8	19	5	0,3	75	–	1	3,0	1	
4,3	22		0,2	90				1,5	
1,8	28	6	0,2	110	–	1	3,0	2	
5,9				125				3	
6,7	38	8	0,2	160	–	1	3,0	4	
7,1	47	10	0,1	185				5	
12	47	10	0,1	210				6	
13	105	12	0,1 0,2	165	–	وضعیت 1 وضعیت 2	4,0	5	
16	190	12	0,1 0,2	165	–	وضعیت 1 وضعیت 2	4,0	6	

جنس افزوده جوشکاری برای آلومینیم

طبق DIN 1732 (1988-06)

کاربرد برای مواد پایه (مشخصه کوتاه بدون افزوده EN AW)	شماره مواد	علایم کوتاه[1]
Al99,7, Al99,5	3.0286	SG-Al99,8 (EL-Al99,8)
Al99,0, Al99,5	3.0805	SG-Al99,5Ti (EL-Al99,5Ti)
AlMn1, AlMn1Cu	3.0516	SG-AlMn1 (EL-AlMn1)
AlMg1(C), AlMg3	3.3536	SG-AlMg3
AlMg3, AlMg4, AlMg5, AlSi1MgMn, AlMg1SiCu, AlZn4,5Mg1, G-AlMg5, G-AlMgSi, G-AlMg3, G-AlMg3Si	3.3556	SG-AlMg5
AlMg4, AlMg5, AlSi1MgMn, AlMg1SiCu, AlZn4,5Mg1, G-AlMg5, G-AlMgSi	3.3548	SG-AlMg4,5Mn
AlMgSi1Cu, AlZn4,5Mg1	3.2245	SG-AlSi5 (EL-AlSi5)
G-AlSi1, G-AlSi9Mg, G-AlSi7Mg, G-AlSi5Mg	3.2585	SG-AlSi12 (EL-AlSi12)

۱) SG افزوده جوشکاری با سطح لخت و براق؛ EL مفتول روکش‌دار

الکترودهای جوشکاری برقی

الکترودهای پوشش‌دار برای فولادهای غیرآلیاژی و فولادهای دانه‌ریز

طبق DIN EN 499 (1995-01)

مثال :

EN 499 – E 46 3 B 5 4 H5

- EN 499 – E : شماره استاندارد
- E : علامت کوتاه الکترود روکش‌دار
- H5 : مقدار هیدروژن H 5 → 5 ml/100 g جنس مواد در درزجوش

عدد مشخصه خواص مکانیکی مواد جوشکاری

عدد مشخصه	حداقل تنش تسلیم N/mm²	استحکام کششی N/mm²	حداقل تغییر طول نسبی شکست % به A_5
35	355	440...570	22
38	380	470...600	20
42	420	500...640	20
46	460	530...680	20
50	500	560...720	18

عدد مشخصه وضعیت جوشکاری

عدد مشخصه	وضعیت جوشکاری
1	همه وضعیتها
2	همه وضعیتها، به جز درز عمودی
3	درز لب‌به‌لب در وضعیت وانی، درز گوشه در وضعیت وانی و افقی
4	درز لب‌به‌لب و گوشه در وضعیت وانی
5	برای درز عمودی و مانند 3

رقم مشخصه برای Ausbringung و نوع جریان

عدد مشخصه	خروجی %	نوع جریان
1	> 105	جریان متناوب و مستقیم
2	> 105	جریان مستقیم
3	> 105 ≤ 125	جریان متناوب و مستقیم
4	> 105 ≤ 125	جریان مستقیم
5	> 125 ≤ 160	جریان متناوب و مستقیم
6	> 125 ≤ 160	جریان مستقیم
7	> 160	جریان متناوب و مستقیم
8	> 160	جریان مستقیم

علایم مشخصه برای استحکام ضربه‌ای جنس جوشکاری

حروف مشخصه/ رقم مشخصه	حداقل کار ضربه شکاف J 47 در °C
Z	بدون مشخصه
A	+ 20
0	0
2	– 20
3	– 30
4	– 40

علایم کوتاه و نوع پوشش

علایم کوتاه	نوع پوشش	خواص فنی جوشکاری، محدوده کاربرد
A	پوشش اکسیدی	قطره‌ای ظریف، درز جوش براق، کاربرد محدود در شرایط اجباری
B	پوشش بازی	حداکثر کار ضربه شکاف جنس جوشکاری، حساسیت کمتر به ترک سرد
C	پوشش سلولزی	عالی برای درز جوش عمودی
R	پوشش دی‌اکسید تیتانیم	جوشکاری ورقهای نازک، همه وضعیتهای جوشکاری به جز درز جوش عمودی
RA	پوشش اکسیدی، دی‌اکسید تیتانیم	توان ریزش بالا، درزهای براق، همه وضعیتهای جوشکاری به جز درز جوش عمودی
RB	پوشش بازی، دی‌اکسید تیتانیم	مقاومت به ضربه بالای جنس جوشکاری، جوشکاری مطمئن از نظر عدم ترک، همه وضعیتهای جوشکاری به جز درز جوش عمودی
RC	پوشش سلولزی، دی‌اکسید تیتانیم	قطره‌ای متوسط، برای درز جوش عمودی هم مناسب است
RR	پوشش ضخیم دی‌اکسید تیتانیم	کاربرد همه جانبه، درزهای ظریف پولکی، مقاومت خوب به پوسته شدن، برای همه وضعیتهای جوشکاری به جز درز جوش عمودی

⇒ EN 499 – E 42 A RR 12 : خواص خوب جنس جوشکاری : حداقل تنش تسلیم = 420 N/mm² (42)، کار ضربه شکاف در 20 °C برابر 47 J (A)، نوع پوشش : دی‌اکسید تیتانیم ضخیم (RR)، توان خروجی > 105% (1)، همه وضعیتهای جوشکاری به جز درز جوشهای عمودی (2)

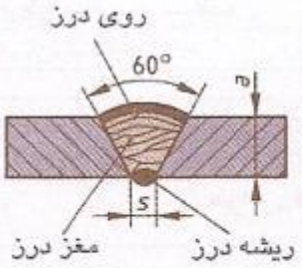
الکترودها و طراحی درز جوشهای جوشکاری برقی

الکترودهای جوشکاری فولادهای غیرآلیاژی

کاربرد، خواص	قابل استفاده برای فولادها	مشخصه طبق DIN EN 499 [1]
برای جوشکاری ورقهای نازک، مثلا بدنه خودرو، پرکردن خوب فاصله‌ها	S185...S275, DC01, DC03, DC04	E 35 Z A 13
درزهای محیطی لوله، مناسب برای ریشه درز، مغز درز و روی درز	S235, S275, P235, P355, L210...L360	E 35 2 C 25
برای جوشکاری ورقهای نازک، پوسته‌های سبک، شلاکه با قابلیت برطرف کردن آسان	S185...S235, P235, P235GH...P265GH	E 35 A R 12
کاربرد عمومی، درزجوشهای براق بدون ترک، شلاکه‌ها گاهی خودبه‌خود آزاد می‌شود	S185...S355, P235, P265, GP240R	E 38 0 RC 11
کاربرد عمومی، درزجوشهای براق بدون ترک، شلاکه‌ها گاهی خودبه‌خود آزاد می‌شوند	S185...S355, P235GH, P265GH, P235...P355	E 42 0 RC 11
برای ورقها و پروفیلها، پوسته‌های سبک، درز جوشهای براق بدون ترک	S185...S355, P235GH, P265GH, P235	E 42 A RR 12
لوله‌کشیها و مخازن، درز جوشهای تمیز و بدون ترک، شلاکه‌ها براحتی آزاد و جدا می‌شوند	S185...S355, P235, P265, P235GH...P295GH, GP240R	E 38 2 RB 12
الکترودهای توان بالا، درز جوشهای خیلی براق بدون ترک، شلاکه‌ها براحتی جدا می‌شوند	S185...S355, P235GH, P265GH, P295GH	E 38 2 RA 73
الکترودهای توان بالا برای درزهای لب‌به‌لب و گوشه، درزهای براق بدون ترک	S185...S355, P235GH, P265GH, P295GH, GP240R	E 42 0 RR 53
برای اتصالات بدون ترک و چقرمه، همچنین برای فولادهای با کربن تا 0.4%	S185...S355, E295, E355, P25...P295, L210...L360	E 42 5 B 42 H 10
برای اتصالات بدون ترک و چقرمه، همچنین برای فولادهای با کربن تا 0.4%، مقاوم به پیرسختی	S185...S355, P235GH, P265GH, P295GH, P235...P355	E 42 3 B 42 H 10

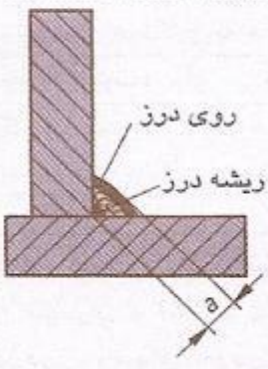
۱) سازندگان الکترود برای هر الکترودی طبق DIN EN 499 انواع مختلفی عرضه می‌کنند که ترکیب و محدوده کاربرد آنها با هم فرق می‌کند.

طراحی درز جوش V شکل در جوشکاری برقی



ضخامت درز a mm	شکاف s mm	تعداد و نوع وضعیت [1]	ابعاد الکترود d × l mm	مصرف ویژه الکترود z_s قطعه/m	وزن درز گرده جوش بسته به نوع وضعیت m_s g/m	وزن درز گرده جوش کل m g/m
4	1	1 W 1 D	3,2 × 450 4 × 450	3 2	75 80	155
5	1,5	1 W 1 D	3,2 × 450 4 × 450	4 2,9	100 110	210
6	2	1 W 2 D	3,2 × 450 4 × 450	4 4,7	100 185	285
8	2	1 W 1 F 1 D	3,2 × 450 4 × 450 5 × 450	4 3,7 3,5	100 145 215	460
10	2	1 W 1 F 1 D	3,2 × 450 4 × 450 5 × 450	4 4 6,2	100 195 380	675

طراحی درز جوش برای درزهای گوشه در جوشکاری برق



3 4	–	1 1	3,2 × 450 4 × 450	3,2 3,6	80 140	80 140
5 6	–	3 3	3,2 × 450 4 × 450	8,6 8	215 310	215 310
8	–	1 W 2 D	4 × 450 5 × 450	3 7	120 430	550
10	–	1 W 4 D	4 × 450 5 × 450	3 12,3	120 745	865
12	–	1 W 4 D	4 × 450 5 × 450	3 18,5	120 1125	1245

۱) W ریشه درز؛ F مغز درز؛ D روی درز

مصرف گاز و مصرف الکترود در جوشکاری

تعیین مصرف گاز کپسولهای گاز

روش محاسباتی

حجم کپسول گاز	V	
حجم پر کپسول استیلن	V_F	
مصرف گاز در دمای ثابت	ΔV	
فشار کپسول قبل از جوشکاری	p_1	
فشار کپسول بعد از جوشکاری	p_2	
فشار کپسول پر استیلن	p_F	
فشار هوا	p_{amb}	

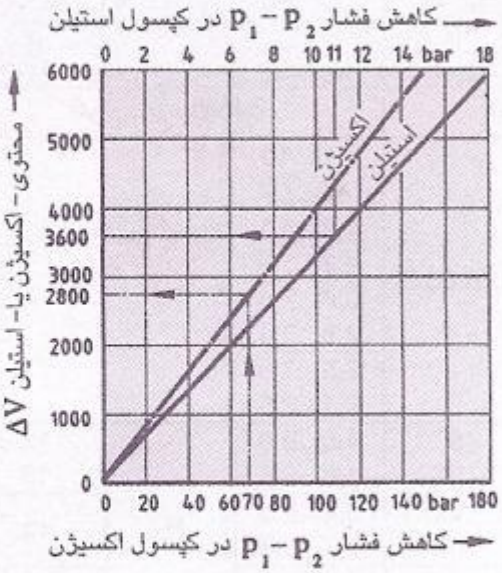
مصرف گاز (به جز استیلن)

$$\Delta V = \frac{V\,(p_1 - p_2)}{p_{amb}}$$

مصرف استیلن

$$\Delta V = \frac{V_F\,(p_1 - p_2)}{p_{amb}}$$

روش نموداری در کپسولهای ۴۰ l



مثال ۱ : کپسول اکسیژن ۴۰ l = V، 150 bar = p_1،
80 bar = p_2، 1 bar = p_{amb}، ? = ΔV

حل :

$$\Delta V = \frac{V\,(p_1 - p_2)}{p_{amb}} = \frac{40\text{ l}\,(150 - 80)\text{ bar}}{1\text{ bar}}$$

$$= 2800\text{ l}$$

مثال ۲ : کپسول استیلن ۵۸۵۰ l = V_F، 14 bar = p_1،
3 bar = p_2، 18 bar = p_F، ? = ΔV

حل :

$$\Delta V = \frac{V_F\,(p_1 - p_2)}{p_F} = \frac{5850\text{ l}\,(14 - 3)\text{ bar}}{18\text{ bar}}$$

$$= 3575\text{ l}$$

مصرف الکترود

قطر الکترود	d	سطح مقطع گرده	A
طول الکترود	l	ضریب ثابت شکل	C
طول درز	L	ضخامت درز	a
حجم گرده جوشکاری	V_s	ضخامت ورق	s
حجم مفید الکترود	V_E	پهنای ریشه درز	b
تعداد الکترود	i	زاویه دهانه	α

تعداد الکترود

$$i = \frac{V_s}{V_E}$$

حجم گرده جوشکاری

$$V_s = A \cdot L$$

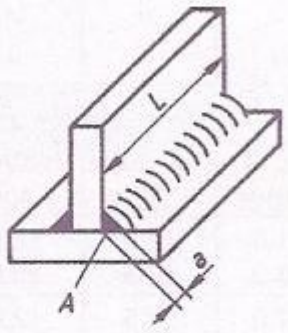
سطح مقطع گرده درز گوشه

$$A = a^2$$

سطح مقطع گرده درز V

$$A = s \cdot (C \cdot s + b)$$

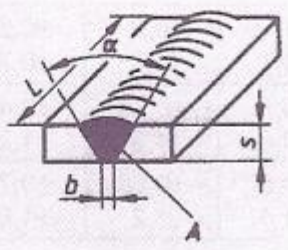
درز گوشه



مثال : درز V، الکترود 350 × 2,5، s = 6 mm، α = 60°،
b = 1 mm، L = 1300 mm
مطلوب است : A، V_s، i

$$A = s \cdot (C \cdot s + b) = s \cdot (0{,}58 \cdot s + b)$$
$$= 6\text{ mm} \cdot (0{,}58 \cdot 6\text{ mm} + 1\text{ mm}) = \mathbf{26{,}88\text{ mm}^2}$$
$$V_s = A \cdot L = 26{,}88\text{ mm}^2 \cdot 1300\text{ mm} = \mathbf{3494\text{ mm}^3}$$
$$i = \frac{V_s}{V_E} = \frac{3494\text{ mm}^3}{1570\text{ mm}^3} = \mathbf{2{,}2}$$

درز V



ضریب ثابت شکل C		حجم الکترود V_E						
C	زاویه دهانه α	ابعاد الکترود طبق DIN 1913 T1 به mm d × l						
		1,5 × 200	2,0 × 250	2,5 × 350	3,2 × 350	4,0 × 350	5,0 × 450	6,0 × 450
0,58	60°							
1	90°	300	690	1570	2575	4220	8245	11875

V_E به mm^3

مقادیر مرجع، کیفیت و تلرانس اندازه برش با لیزر

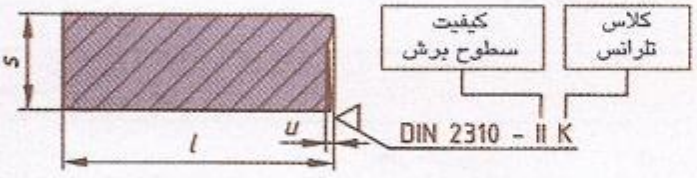
مقادیر مرجع برش با پرتو لیزر[۱]

فشار گاز برش p bar	گاز برش	سرعت برش v m/min	فشار گاز برش p bar	گاز برش	سرعت برش v m/min	فشار گاز برش p bar	گاز برش	سرعت برش v m/min	ضخامت ورق s mm	W[۲]
توان لیزر 2 kW			توان لیزر 1,5 kW			توان لیزر 1 kW				
1,5...3,5	O_2	7,0...10 5,5...7,4	1,5...3,5	O_2	7,0...10 5,5...7,5	1,5...3,5	O_2	5,0...8,0 4,0...7,0	1 1,5	فولاد غیرآلیاژی
		4,8...6,1 4,2...5,0			4,8...6,2 4,2...5,0			4,0...6,0 3,5...5,0	2 2,5	
		3,6...2,8 2,8...3,4			3,5...4,2 2,8...3,3			3,5...4,0 2,5...3,0	3 4	
		2,5...3,0 2,1...2,5			2,3...2,7 1,9...2,2			1,8...2,3 1,3...1,6	5 6	
12 13	N_2	4,5...9,0 3,8...6,6	6 10	N_2	5,0...7,0 3,5...5,2	8 10	N_2	4,0...5,5 2,8...3,6	1 1,5	فولاد زنگ‌نزن
14		3,4...5,3 2,7...3,8	10 14		2,0...4,0 1,9...3,2	14		2,2...2,8 1,6...2,0	2 2,5	
14 16		2,2...2,7 1,4...1,8	14 15		1,8...2,4 1,0...1,1	15 –		1,3...1,4 –	3 4	

۱) مقادیر جدول برای فاصله کانونی (5″) f = 127 mm و پهنای شکاف برش b = 0,15 mm صادق است.

۲) W گروه جنس

کیفیت و تلرانس اندازه قطعات برش با لیزر



ضخامت قطعه‌کار	s	طول نامی	l
تلرانس عمودبودن	u	محدوده انحراف	Δl
کیفیت سطوح برش	I, II	کلاس تلرانس	A, B
کلاس کیفیت سطوح	Rz		

کیفیت سطوح برش	تلرانس عمود بودن u به mm	زبری سطوح Rz به µm	کلاس تلرانس	ضخامت قطعه‌کار s به mm	محدوده انحراف Δl برای طول نامی l به mm از تا	از تا	از تا	از تا
طبق DIN 2310-1 (1987-11)								
					35 تا < 315	315 تا < 1000	1000 تا < 2000	2000 تا < 4000
I	u < (0,4 + 0,01 · s)	Rz < (70 + 1,2 · s)	A	3 ... 12	±1,0	±1,5	±2,0	±3,0
			B		±2,0	±3,5	±4,5	±5,0
II	u < (1 + 0,015 · s)	Rz < (110 + 1,8 · s)	A	> 12 ... 50	±0,5	±1,0	±1,5	±2,0
			B		±1,5	±2,5	±3,0	±3,5
			A	> 50 ... 100	±1,0	±2,0	±2,5	±3,0
			B		±2,5	±3,5	±4,0	±4,5
طبق DIN 2310-5 (1990-12)								
					> 10 تا 30	> 30 تا 120	> 120 تا 315	> 315 تا 1000
I	u < (0,1 + 0,015 · s)	Rz < (10 + 2 · s)	K	> 1 ... 3	±0,12	±0,15	±0,2	±0,25
			L		±0,4	±0,5	±0,6	±0,7
II	u < (0,25 + 0,025 · s)	Rz < (60 + 4 · s)	K	> 3 ... 6	±0,25	±0,3	±0,35	±0,45
			L		±0,6	±0,8	±1,0	±1,2
			K	> 6 ... 10	±0,4	±0,5	±0,6	±0,7
			L		±0,8	±1,0	±1,2	±1,6

مثال: برش با لیزر، کیفیت I، کلاس تلرانس K، s = 6 mm، l = 250 mm؛ مطلوب است: u، Rz، Δl

$u < (0{,}1 + 0{,}015 \cdot s) < (0{,}1 + 0{,}015 \cdot 6) < \mathbf{0{,}19\ mm}$, $Rz < (10 + 2 \cdot s) < (10 + 2 \cdot 6) < \mathbf{22\ \mu m}$, $\Delta l = \pm \mathbf{0{,}2\ mm}$

لحیمکاری سخت (بریزینگ)

آلیاژهای لحیمکاری سخت فلزات سنگین

طبق DIN EN 1044 (1999-07)

لحیمهای دارای نقره

راهنمای کاربرد: فلز اصلی (قطعه‌کار)	هدایت لحیم[3]	فرم اتصال[2]	دمای کاری °C	علایم کوتاه قدیمی DIN 8513	آلیاژهای لحیمکاری: شماره مواد	آلیاژهای لحیمکاری: علایم کوتاه[1]	آلیاژهای لحیمکاری: گروه
فلزات نجیب، فولادها، آلیاژهای مس	a, e	S	640	L-Ag50Cd	2.5143	AG 301	AgCuCdZn
	a, e	S	620	L-Ag45Cd	2.5146	AG 302	
فولادها، چدن چکش‌خوار، مس، آلیاژهای مس، نیکل، آلیاژهای نیکل	a, e	S	610	L-Ag40Cd	2.5141	AG 304	
	a, e	S, F	750	L-Ag20Cd	2.1215	AG 309	
فولادها، چدن چکش‌خوار، مس، آلیاژهای مس، نیکل، آلیاژهای نیکل	a, e	S	670	L-Ag45Sn	2.5158	AG 104	AgCuZn(Sn)
	a, e	S	710	L-Ag34Sn	2.5157	AG 106	
	a, e	S	730	L-Ag44	2.5147	AG 203	
	a, e	S	780	L-Ag25	2.1216	AG 205	
فولادها، چدن چکش‌خوار، مس، آلیاژهای مس، نیکل، آلیاژهای نیکل	a, e	S	830	L-Ag12	2.1207	AG 207	مقدار نقره زیر 20%
	a, e	S, F	860	L-Ag5	2.1205	AG 208	
مس و آلیاژهای مس بدون نیکل، برای مواد دارای Ni یا آهن مناسب نیست	a, e	S, F	710	L-Ag15P	2.1210	CP 102	
	a, e	S, F	710	L-Ag5P	2.1466	CP 104	
	a, e	S, F	710	L-Ag2P	2.1467	CP 105	
آلیاژهای مس	a, e	S	660	L-Ag50CdNi	2.5160	AG 351	لحیم سخت ویژه
کرم، فولادهای- کرم- نیکل	a, e	S	730	L-Ag56InNi	2.5162	AG 403	
فلزات سخت روی فولاد، تنگستن و مولیبدن	a, e	S	690	L-Ag49	2.5156	AG 502	

آلیاژهای لحیم برپایه مس

فولادها	e	S	1100	L-SFCu	2.0091	CU 104
مواد آهنی و نیکلی	e	S	1040	L-CuSn6	2.1021	CU 201
	e	S	990	L-CuSn12	2.1055	CU 202
فولاد، چدن چکش‌خوار، Ni، Cu، آلیاژهای Ni و Cu	a, e	S, F	900	L-CuZn40	2.0367	CU 301
فولادها، چدن چکش‌خوار، Ni و آلیاژهای Ni	a, e	S, F	910	L-CuNi10Zn42	2.0711	CU 305
چدن	a	F				
Cu، آلیاژهای Cu بدون Fe و Ni	a, e	S	720	L-CuP7	2.1463	CP 202

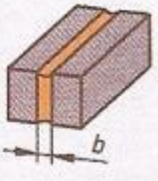
آلیاژهای لحیم با پایه نیکل جهت لحیمکاری دما بالا

نیکل، کبالت، آلیاژهای نیکل و کبالت، فولادهای غیرآلیاژی و آلیاژی	[4]	[4]	[4]	L-Ni1	2.4140	NI 101
				L-Ni3	2.4143	NI 103
				L-Ni5	2.4148	NI 105
				L-Ni7	2.4150	NI 107

آلیاژهای لحیم با پایه آلومینیم

آلومینیم و آلیاژهای Al نوع AlMn، AlMgMn، G-AlSi، به طور مشروط برای آلیاژهای Al نوع AlMg، AlMgSi تا دارای 2% Mg	a, e	S	610	L-AlSi7,5	3.2280	AL 102
	a, e	S	600	L-AlSi10	3.2282	AL 103
	a, e	S	595	L-AlSi12	3.2285	AL 104

درز لحیم



لحیمکاری شکاف :
$b < 0.25$ mm

لحیمکاری اتصال :
$b < 0,3$ mm

۱) هر دو حروف گروه آلیاژ را بیان می‌کند، درحالی که عدد سه رقمی شماره را به طور افزایشی نمایش می‌دهد.

۲) S مربوط به لحیمکاری شکاف؛ F مربوط به لحیمکاری اتصال

۳) در a لحیم رو کار و در e لحیم داخل کار قرار می‌گیرد

۴) در اینجا داده‌ها به عهده سازنده است

لحیمکاری نرم و فلاکسها (روانسازها)

آلیاژهای لحیمکاری نرم

طبق DIN EN 29453 (1994-02)

مثالهای کاربردی	دمای کاری °C	علایم کوتاه قدیمی DIN 1707	علایم کوتاه آلیاژ	شماره آلیاژ[۲]	گروه آلیاژها[۱]
صنایع ظریف	183	L-Sn63Pb	S-Sn63Pb37	1	سرب- قلع
الکترونیک، مدارهای چاپی	183	L-Sn63Pb	S-Sn63Pb37E	1a	
مدارهای چاپی، فولاد نجیب	183...190	L-Sn60Pb	S-Sn60Pb40	2	
صنایع الکترونیک، پوشش قلع	183...215	L-Sn50Pb	S-Pb50Sn50	3	
بسته‌بندی ورق ظریف، سخت‌افزار،	183...235	L-PbSn40	S-Pb60Sn40	5	
حلبی‌سازی، روی، آلیاژهای روی، ساختمان	183...255	–	S-Pb70Sn30	7	
خنک‌کننده‌ها	320...325	L-PbSn2	S-Pb98Sn2	10	
صنایع ظریف	183	–	S-Sn63Pb37Sb	11	سرب- قلع با آنتیموان
صنایع ظریف، صنایع الکترونیک	183...190	L-Sn60Pb(Sb)	S-Sn60Pb40Sb	12	
ساختمان خنک‌کننده‌ها،	185...231	L-PbSn40Sb	S-Pb58Sn40Sb2	14	
لحیمکاری سرب	185...263	L-PbSn25Sb	S-Pb74Sn25Sb1	16	
لحیمکاری ظریف	180...185	–	S-Sn69Pb38Bi2	19	بیسموت- سرب- قلع
لحیمکاری دما پایین، فیوزهای ذوبی	138	–	S-Bi57Sn43	21	
فیوزهای حرارتی، لحیکاری کابل	145	L-SnPbCd18	S-Sn50Pb32Cd18	22	کادمیم- سرب- قلع
ساختمان دستگاههای الکتریکی، صنایع	230...250	L-SnPbCu3	S-Sn97Cu3	24	مس- سرب- قلع
ظریف	183...190	L-Sn60Cu	S-Sn60Pb38Cu2	25	
	183...215	L-Sn50PbCu	S-Sn50Pb49Cu1	26	
تاسیسات لوله مسی، فولاد نجیب	221	–	S-Sn96Ag4	28	نقره- سرب- قلع
دستگاههای الکتریکی، مدارهای چاپی	178...180	L-Sn60PbAg	S-Sn60Pb36Ag4	31	
برای دماهای کاری بالا	304...365	L-PbAg5	S-Pb95Ag5	33	
الکتروموتورها، صنایع الکترونیک	296...301	–	S-Pb93Sn5Ag2	34	

۱) لحیمهای نرم حاوی روی و کادمیم و نیز لحیمهای نرم آلومینیم در استاندارد DIN EN 29453 نیامده است.
۲) طبق DIN 1707 شماره آلیاژها جایگزین شماره مواد شده‌اند.

فلاکسهای لحیمهای نرم (روانسازها)

طبق DIN EN 29454-1 (1994-02)

تقسیم‌بندی طبق اثر		علایم کوتاه طبق اجزاء اصلی			
اثر بقایا	علایم کوتاه DIN 8511	علایم کوتاه DIN EN	نوع فلاکس	فعال‌کننده فلاکس	پایه فلاکس	مواد نوع فلاکس
خورنده شدید	F-SW11	3.2.2...	A سیال	1 بدون فعال‌کننده 2 فعال با هالوژنها 3 فعال بدون هالوژنها	1 کولوفونیم 2 بدون کولوفونیم	1 رزین
	F-SW12	3.1.1...				
تحت شرایطی خورنده است	F-SW13	3.2.1...			1 قابل حل در آب 2 غیرقابل حل در آب	2 آلی
	F-SW21	3.1.1...				
	F-SW23	2.1.3...	B جامد	1 با کلرید آمونیم 2 بدون کلرید آمونیم	1 نمک	3 معدنی
	F-SW25	2.1.2...				
	F-SW28	1.2.2...		1 اسید فسفریک 2 سایر اسیدها	2 اسیدها	
خورنده نیست	F-SW31	1.1.1...	C خمیر	1 آمینها و یا آمونیاک	3 قلیایی	
	F-SW33	1.2.3...				

فلاکس از نوع رزین (1)، پایه بدون کولوفونیم (2)، فعال‌شده با هالوژنها (2)، تحویل به صورت خمیری (C) : فلاکس ISO 9454 – 1.2.2.C ⇒

فلاکسهای لحیمکاری سخت

طبق DIN EN 1045 (1997-08)

راهنمای کاربرد	دمای اثر	فلاکس
فلاکس چندمنظوره، بقایا باید شکسته شده یا اسیدشویی شود	550...800 °C	FH10
آلیاژهای Cu -Al، بقایا باید شسکته شده یا اسیدشویی شود	550...800 °C	FH11
فولادهای زنگ‌نزن و پرآلیاژ، فلزات سخت، بقایا را اسیدشویی کنید	550...850 °C	FH12
فلاکس چندمنظوره، بقایا باید شسته شده یا اسیدشویی شود	700...1000 °C	FH20
فلاکس چندمنظوره، بقایا را به طور مکانیکی دفع کنید یا اسیدشویی کنید	750...1100 °C	FH21
برای لحمیهای مس و نیکل، بقایا را به طور مکانیکی دفع کنید	بیش از 1000 °C	FH30
فلاکسهای بدون بر، بقایا باید شسته شده یا اسیدشویی شود	650...1000 °C	FH40
فلزات سبک، بقایا باید شسته شده یا اسیدشویی شود	400...700 °C	FL10
فلزات سبک، بقایا خورنده نیست، با این همه از رطوبت محافظت کنید	400...700 °C	FL20

تقسیم‌بندی فرآیندهای لحیمکاری

مشخصه‌های تمایز	فرآیندهای لحیمکاری		
	لحیمکاری نرم	لحیمکاری سخت	لحیمکاری دما بالا
دمای کاری	< 450 °C	> 450 °C	> 900 °C
منبع انرژی	هویه لحیمکاری، حمام لحیمکاری، مقاومت الکتریکی	شعله، کوره	شعله، پرتوی لیزری، القای الکتریکی
جنس مواد پایه (قطعات)	آلیاژهای- Al ،Ag ،Cu - فولادهای زنگ‌نزن، فولاد، آلیاژهای- Cu ،Ni -	فولاد، تکه‌های برادەبرداری فلز سخت (الماسه)	فولاد، فلز سخت
جنس سیم لحیم	آلیاژهای- Pb ،Sn -	آلیاژهای- Ag ،Cu -	آلیاژهای- Ni ،Cr - آلیاژهای- Ag -Au -Pd
مواد کمکی	فلاکس (روانساز)	فلاکس، خلاء	خلاء، گاز محافظ

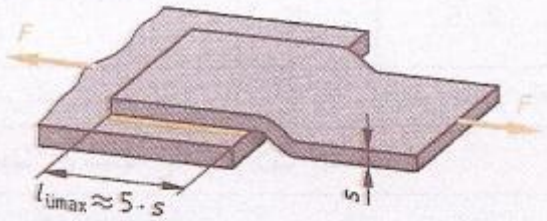
مقادیر مرجع برای پهنای شکاف لحیمکاری

جنس پایه	پهنای شکاف و لحیمکاری به mm			
	برای لحیمکاری نرم	برای لحیمکاری سخت		
		پایه مس	پایه برنج	پایه نقره
فولاد، غیرآلیاژی	0,05...0,2	0,05...0,15	0,1...0,3	0,05...0,2
فولاد، آلیاژی	0,1...0,25	0,1...0,2	0,1...0,35	0,1...0,25
Cu، آلیاژهای- Cu	0,05...0,2	–	–	0,05...0,25
فلز سخت	–	0,3...0,5	–	0,3...0,5

اصول طراحی اتصالات لحیمکاری

شرایط اولیه

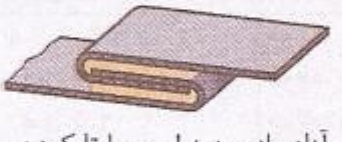
- پهنای شکاف لحیمکاری به اندازه‌ای باشد که فلاکس و لحیم در نتیجه اثر موبینگی به طور کامل و مطمئن درز لحیم را پر کند
- توازی هر دو سطح
- زبری سطح بعد از ماشینکاری در لحیمکاری Cu می‌تواند، Rz = 10...16 µm و در لحیمکاری- Ag، Rz = 25 µm باشد.



اتصالات لحیمکاری تحت بار برشی (قیچی)

انتقال نیرو

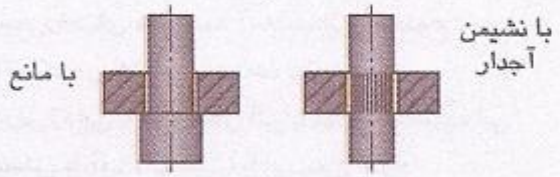
- درز لحیم را طوری قرار دهید که تا حد امکان تحت بار برشی (قیچی) قرار گیرد. درزهای خاص لحیم نرم نباید تحت بار کششی یا پوسته شدن قرار گیرد.
- عمق شکاف لحیمکاری $l_0 > 5 \cdot s$، به طور مطمئن با لحیم پر نمی‌شود. بدین جهت قابلیت بارگذاری با افزایش عمق شکاف لحیمکاری افزایش نمی‌یابد.
- مقدار انتقال نیرو را می‌توان با تا کردن اتصالات افزایش داد.



آزادسازی درز لحیم با تا کردن

روشهای آسان کردن تولید

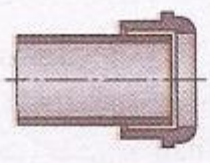
- در لحیمکاری باید موقعیت درست اجزاء اتصال با طراحی مناسب، مثلا با قید یا تکیه‌گاه آجدار مهیا شود.



روشهای آسان کردن تولید

مثالهای کاربرد

- لوله‌ها و فیتینگها
- قطعات ورق‌گون
- ابزارهای دوجزئی (با تیغه یا تکه برنده لحیم‌کاری شده)



بوش کروی لحیمکاری شده روی لوله

چسبها، آماده‌سازی سطوح چسبکاری

خواص و شرایط کاربرد چسبها[۱]

کاربرد، خواص ویژه	خاصیت ارتجاعی	استحکام برشی کششی τ_B N/mm²	حداکثر دمای کاری °C	شرایط سخت‌شدن مدت زمان	شرایط سخت‌شدن دما °C	نام تجاری	چسبها
فلزات، دورپلاست، سرامیک، شیشه	کم	6...30	120	24 h	20	Agomet M, Acromal, Stabilit-Express	رزین آکریل
فلزات، دورپلاست، شیشه، سرامیک، بتن، چوب، سرامیک : مدت زمان سخت شدن طولانی	کم	10...35	50...200	1 h... 12 h	20...200	Araldit, Metallon, Uhu-Plus	رزین اپوکسید (EP)
فلزات، دورپلاست، شیشه، الاستومر، چوب، سرامیک	کم	20	140	60 s	120...200	Porodur, Pertinax, Bakelite	رزین فنول (PF)
فلزات، دورپلاست، شیشه، الاستومر، چوب، سرامیک	کم	60	60	> 24 h	20	Hostalit, Isodur, Macroplast	پلی وینیل کلراید (PVC)
فلزات، الاستومر، شیشه، چوب، چند نوع ترموپلاست	کافی	50	40	24 h	50	Desmocoll, Delopur, Baydur	پلی اوره‌تان (PUR)
فلزات، دورپلاست، سرامیک، شیشه	کم	60	170	1 h	25	Fibron, Leguval, Verstopal	رزین پلی استر (UP)
چسبهای تماسی برای فلزات و پلاستیکها	کافی	5	110	1 h	50	Baypren, Contitec, Fastbond	پلی کلرو پرن (CR)
چسبهای فوری برای فلزات، پلاستیکها، الاستومرها	کم	20...25	85	40 s	20	Perma-bound, Sicoment 77	سیان اکریلات
هر نوع مواد، اثر چسباندن با سردشدن	کافی	2...5	50	> 30 s	20	Jet-Melt, Ecomelt, Vesta-Melt	چسبهای ذوبی

۱) مقادیر داده شده به علت ترکیب متفاوت شیمیایی چسبها، فقط مقادیر حدودی می‌باشند. داده‌های دقیق را از سازنده استعلام کنید.

آماده‌سازی سطوح اتصالات چسبی

طبق VDI 2229 (06-1979)

ترتیب عملیات[۱] برای نوع بارگذاری[۲] بالا	ترتیب عملیات[۱] برای نوع بارگذاری[۲] متوسط	ترتیب عملیات[۱] برای نوع بارگذاری[۲] پایین	جنس	ترتیب عملیات[۱] برای نوع بارگذاری[۲] بالا	ترتیب عملیات[۱] برای نوع بارگذاری[۲] متوسط	ترتیب عملیات[۱] برای نوع بارگذاری[۲] پایین	جنس
1-7-2-3-4	1-6-2-3-4		فولاد، براق	1-2-7-8-3-4	1-6-5-3-4		آلیاژهای Al
1-2-3-4	1-2-3-4	1-2-3-4	فولاد، با پوشش روی	1-7-2-9-3-4	1-6-2-3-4	1-2-3-4	آلیاژهای Mg
1-6-2-3-4	1-2-3-4		فولاد، با پوشش فسفاته	1-2-10-3-4	1-6-2-3-4		آلیاژهای Ti
1-7-2-3-4	1-6-2-3-4	1-2-3-4	سایر فلزات	1-7-2-3-4	1-6-2-3-4	1-2-3-4	آلیاژهای Cu

۱) توضیح رقمهای مشخصه آماده‌سازی سطوح

1 پاک کردن کثافات، پوسته‌ها، زنگها
2 چربی‌زدایی با مواد حلال آلی یا مواد پاک کننده آبی
3 شستن با آب (آب‌کشی) با آب بدون املاح
4 خشک کردن در هوای گرم تا 65 °C
5 چربی‌زدایی همزمان با شستشوی شیمیایی
6 زبرکردن مکانیکی با سنگ یا برس
7 زبرکردن مکانیکی با سندبلاست
8 شستشوی شیمیایی **30 min**، در 60 °C در اسیدسولفوریک 27,5%
9 شستشوی شیمیایی **1 min**، در 20 °C در اسیدنیتریک 20%
10 شستشوی شیمیایی **3 min**، در 20 °C در اسیدفلوئوریدریک 15%

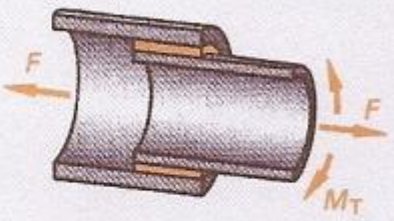
۲) نوع بارگذاری اتصالات چسبی

پایین : استحکام برشی کششی تا 5 N/mm²، محیط خشک، برای صنایع ظریف، الکتروتکنیک
متوسط : استحکام برشی کششی تا 10 N/mm²، هوای مرطوب، تماس با روغن، در ماشین‌سازی و خودروسازی
بالا : استحکام برشی کششی تا 10 N/mm²، تماس مستقیم با مایعات، صنایع هوایی، صنایع کشتی‌سازی و مخازن

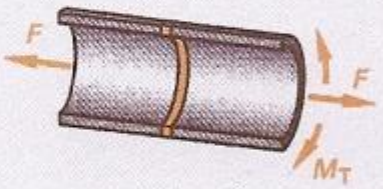
طراحی اتصالات چسبی، روشهای آزمایش

مثالهای طراحی

اتصال لوله‌ای

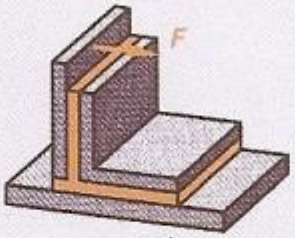


خوب

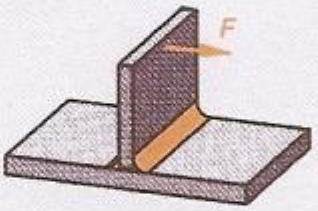


کمی خوب

اتصال- T

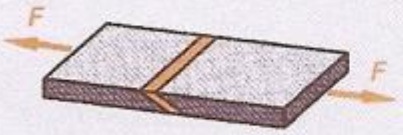


خوب

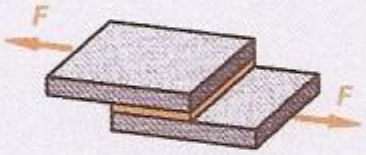


کمی خوب

اتصال لب به لب/ اتصال لب روی لب



خوب

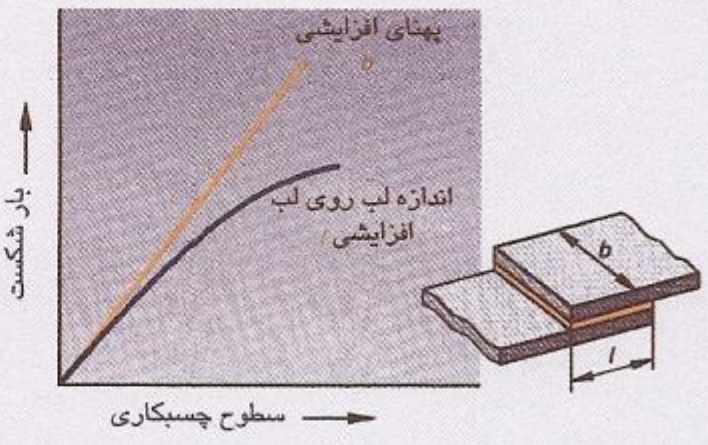


کمی خوب

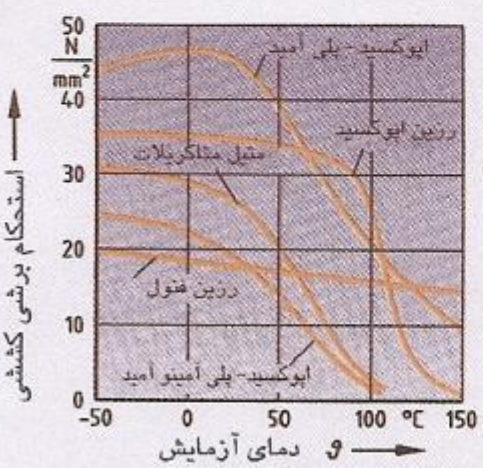
روشهای آزمایش

محتوی	استاندارد
تعیین مقاومت درزهای چسبی در مقابل نیروهای پوسته کردن	آزمایش پوسته‌شدن خمشی DIN 54461
تعیین مقاومت درزهای چسبی لب روی لب در مقابل نیروهای برشی کششی	آزمایش برشی کششی DIN EN 1465
تعیین مقاومت درزهای چسبی لب روی لب در مقابل نیروهای خزش و خستگی	آزمایش خزش DIN 53284
تعیین خواص خستگی اتصالات چسبی سازه‌ها	آزمایش خستگی DIN EN ISO 9664
تعیین مقاومت کششی سطوح چسبی درزهای لب به لب و عمود بر سطوح اتصال	آزمایش کشش DIN EN 26922
تعیین مقاومت درزهای اتصال در مقابل نیروهای پوسته کردن لوله‌ای	آزمایش پوسته‌شدن لوله‌ای DIN EN 1464
تعیین مقاومت درزهای اتصال با چسبهای سخت شده در عدم معرض هوا	آزمایش برش فشاری DIN 54452

رفتار چسبها در ارتباط با دما و اندازه سطوح چسبکاری



تاثیر سطوح چسبکاری
روی بار شکست



استحکام برشی- کششی
درزهای لب روی لب