# فصل ۱

# برش و خم میلگرد

واحد یادگیری ۱

# برش و خم میلگرد

## مقدمه

در این فصل ضمن معرفی سازه‌های بتن مسلح، با فلسفهٔ استفاده از میلگردهای فولادی در این نوع سازه‌ها آشنا شده و با ضوابط بریدن و خم‌کردن میلگردهای فولادی بر اساس مبحث نهم مقررات ملی ساختمان، اقدام به برش و خم‌کردن انواع فرم‌های رایج میلگردها مطابق نقشه خواهید نمود.

## استاندارد عملکرد

با استفاده از وسایل برش و خم‌کردن میلگرد، بتواند میلگرد مورد نیاز را از نقشه استخراج نموده و مطابق ضوابط مبحث نهم مقررات ملی، اقدام به بریدن و خم‌کردن میلگرد مورد نظر نماید.

## آشنایی با سازه بتنی

به شکل‌های زیر نگاه کنید.

شکل ۱ ▲

هر کدام از تصاویر، چه نوع سازه‌ای* را نشان می‌دهد؟

۱ـ .....

۲ـ .....

۳ـ .....

۴ـ .....

وجه مشترک آنها در چیست؟

۱ـ .....

۲ـ .....

۳ـ .....

۴ـ .....

شکل ۲ ▲

شکل ۳ ▲

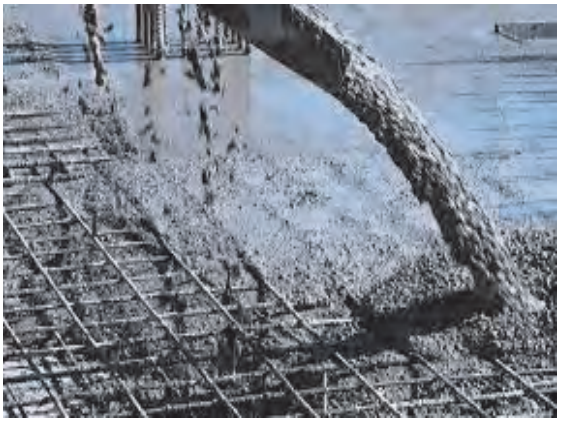
شکل ۴ ▲

* **سازه** : به مجموعه‌ای از اعضاء که برای تحمل و انتقال نیرو به‌کار می‌رود سازه می‌گویند.

حالا به تصاویر زیر با دقت نگاه کنید.

شکل ۵ ▲

شکل ۶ ▲



شکل ۷ ▲

شکل ۸ ▲

ـ آیا مصالح به کار رفته در تصاویر فوق را می‌شناسید؟

ـ آن مصالح را نام ببرید.

۱ـ .....

۲ـ .....

ـ نحوه ساخت و مشخصات هر کدام از این مصالح چگونه است؟

ـ علت در کنار هم قرار گرفتن و کاربرد همزمان مصالح مختلف در تصاویر فوق چیست؟

همان‌طور که در تصاویر صفحات قبل مشاهده کردید بتن و فولاد باهم به کار رفته است. حال می‌خواهیم این مصالح را بهتر بشناسیم.

**تعریف بتن**

بتن مخلوطی است که با نسبت‌های معینی از سیمان، شن، ماسه و آب ساخته می‌شود و در مواقعی برای تغییر برخی خواص بتن، حین اختلاط (ترکیب مواد ) کمی مواد افزودنی به آن اضافه می‌شود. بتن تازه حالت خمیری دارد و بعد از ریختن در قالب، شکل قالب را به خود می‌گیرد و پس از مدت زمان معینی سخت شده و مقاومت لازم را کسب می‌کند.

شکل ۹ ▲

شکل ۱۰ ▲

شکل ۱۱ ▲

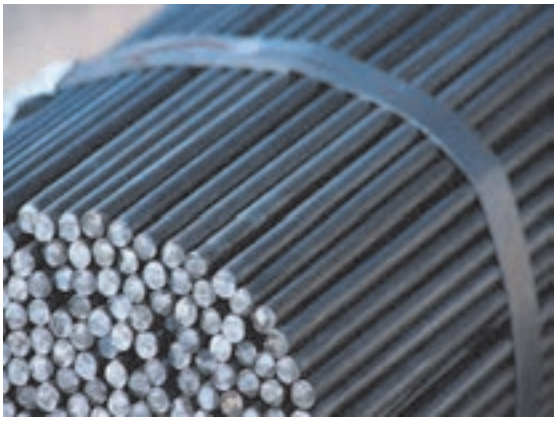
شکل ۱۲ ▲

**فولاد**

فولاد، آلیاژی از آهن و کربن و برخی عناصر دیگر است. مقدار کربن نقش تعیین کننده‌ای در خصوصیات فولاد از جمله مقاومت، جوش‌پذیری، شکل‌پذیری و ... دارد.

## میلگرد

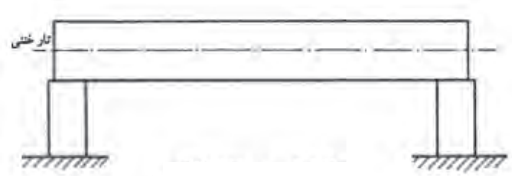
فولادهای با سطح مقطع دایره‌ای شکل و نسبت طول به قطر بالا را میلگرد گویند.



شکل ۱۳ ▲

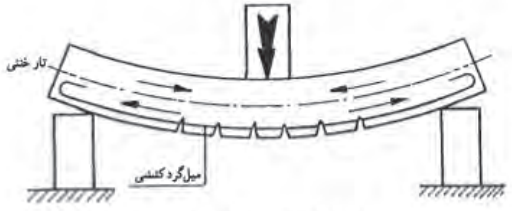
### هدف از بکارگیری میلگردهای فولادی در بتن

بتن مقاومت فشاری بالایی دارد ولی مقاومت کششی آن بسیار کم است. (مقاومت فشاری بتن در حدود ۱۰ برابر مقاومت کششی آن است) و استفاده از بتن در قطعات تحت فشار مانند ستون‌ها و پایه‌ها مناسب است ولی پایین‌بودن مقاومت کششی آن، موجب‌می‌شود که به تنهایی برای استفاده در قطعاتی که به طور همزمان تحت تأثیر کشش و فشار هستند با محدودیت همراه باشد، که با استفاده از میلگرد،این محدودیت برطرف می‌شود. به این ترتیب، جسم مرکبی که از ترکیب فولاد و بتن حاصل می‌شود را بتن مسلح یا بتن آرمه می‌نامند.




شکل ۱۴-۱ - تیر بتنی قبل از بارگذاری ▲

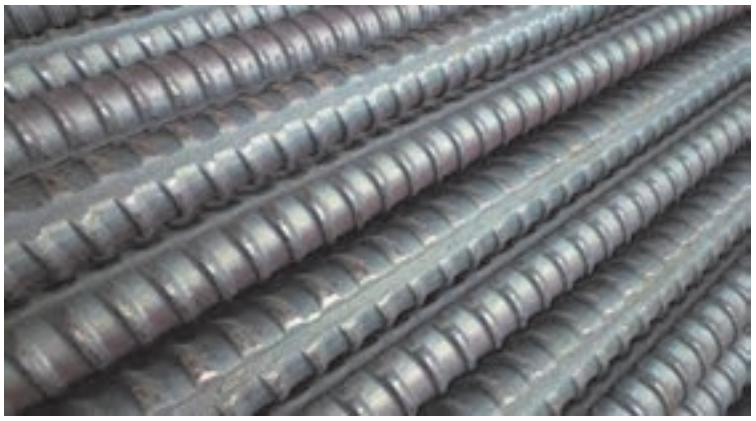
شکل ۱۴-۱ - تیر بتنی پس از بارگذاری ▲




شکل ۱۴-۱ - میلگرد فولادی در تیر بتنی ▲

### شکل ظاهری میلگردها

از نظر شکل ظاهری، میلگردها به دو صورت با سطح رویه ساده (صاف) و آج‌دار تولید می‌شود. میلگرد ساده را با Ø و آجدار را با ⌀ نمایش می‌دهند.



شکل ۱۵ ▲

### طبقه‌بندی میلگردها

میلگردها براساس مقدار معینی از مقاومتشان در برابر نیروی کششی طبقه‌بندی می‌شوند که در اصطلاح به آن «مقاومت مشخصه فولاد» می‌گویند. در استاندارد روسیه، میلگردها مطابق جدول ۱ به سه نوع AI، AII و AIII تقسیم می‌شوند.

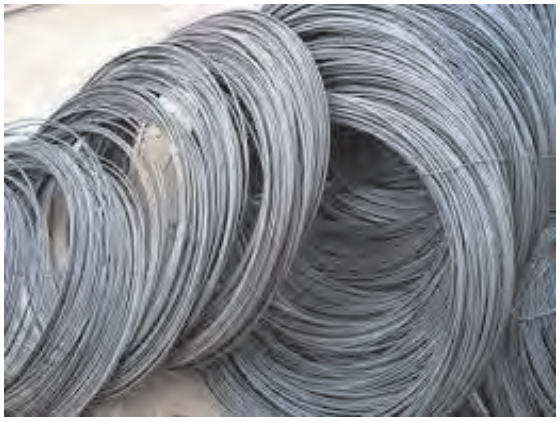
| نوع فولاد میلگرد | تنش جاری‌شدن ($N/mm^2$) | تنش گسیختگی ($N/mm^2$) | تغییر شکل نسبی در هنگام گسیختگی (درصد) |
|---|---|---|---|
| AI | ۲۲۰ | ۳۸۰ | ۲۵ |
| AII | ۳۰۰ | ۵۰۰ | ۱۹ |
| AIII | ۴۰۰ | ۶۰۰ | ۱۴ |

جدول ۱ ▲

### طول و قطر میلگردها

قطر میلگردها به استاندارد مورد استفاده درکشورهای مختلف بستگی دارد و معمولاً بین ۶ تا ۶۰ میلی‌متر است. میلگردها در قطرهای بین ۶ تا ۳۲ میلی‌متر به راحتی در بازار یافت می‌شود و برای قطرهای بزرگ‌تر باید سفارش داده شود. طول معمول میلگردهای تولیدی ۱۲ متر است ولی برای قطرهای کمتر از ۱۰ میلی‌متر به‌صورت کلاف نیز تولید می‌شود.

میلگرد شاخه ۱۲ متری



میلگرد کلاف

شکل ۱۶ ▲

مشخصات پروفیل‌ها و مقاطع فولادی از جمله میلگرد در کتابی با عنوان پروفیل‌های ساختمان فولادی(اشتال) آمده است. جدول زیر بخشی از این کتاب می‌باشد که مشخصات میلگردها با قطرهای مختلف را نشان می‌دهد.

| قطر میلگرد D (mm) | مساحت یا سطح مقطع میلگرد A(cm²) | جرم واحد طول میلگرد G (kg/m) | جرم شاخه ۱۲ متری میلگرد W(kg) |
|---|---|---|---|
| ۶ | ۰/۲۸۳ | ۰/۲۲۲ | ۲/۶۶* |
| ۸ | ۰/۵۰۳ | ۰/۳۹۵ | ۴/۷۴* |
| ۱۰ | ۰/۷۸۵ | ۰/۶۱۷ | ۷/۴۰ |
| ۱۲ | ۱/۱۳ | ۰/۸۸۸ | ۱۰/۶۶ |
| ۱۴ | ۱/۵۴ | ۱/۱۲ | ۱۴/۵۲ |
| ۱۶ | ۲/۰۱ | ۱/۵۸ | ۱۹ |
| ۱۸ | ۲/۵۵ | ۲ | ۲۴ |
| ۲۰ | ۳/۱۴ | ۲/۴۷ | ۲۹/۶۴ |
| ۲۲ | ۳/۸۰ | ۲/۹۸ | ۳۵/۷۶ |
| ۲۵ | ۴/۹۱ | ۳/۸۵ | ۴۲/۲۰ |
| ۲۸ | ۶/۱۶ | ۴/۸۳ | ۵۸ |
| ۳۰ | ۷/۰۷ | ۵/۵۵ | ۶۶/۶ |
| ۳۲ | ۸/۰۴ | ۶/۳۱ | ۷۵/۷۲ |

* این قطرها معمولاً به صورت کلاف تولید می‌شود.

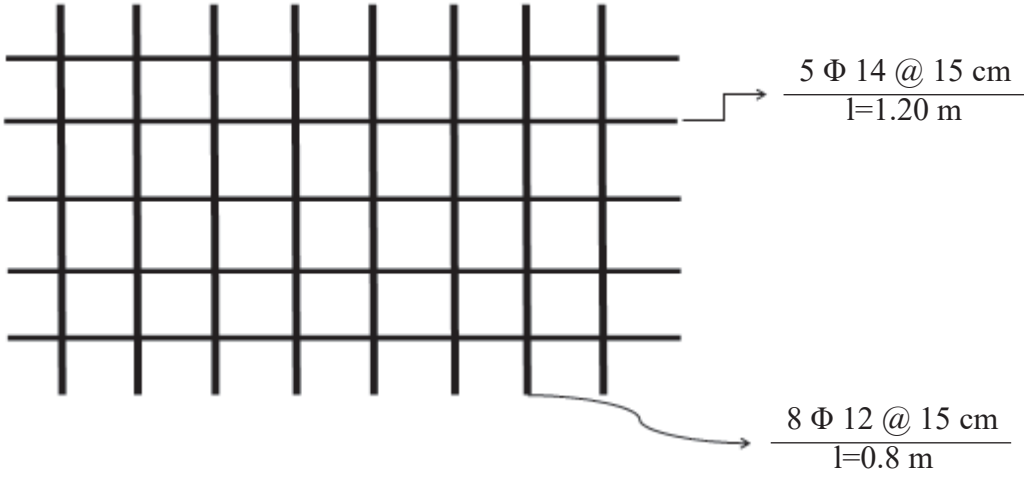
**جدول ۲ ▲**

**فعالیت کلاسی ۱**

جرم کل ۳ عدد میلگرد به قطر ۲۰ میلی‌متر را که طول هر کدام ۲/۴ متر است حساب کنید.

**فعالیت کلاسی ۲**

با استفاده از جدول شماره (۲) و راهنمایی هنرآموز، جرم کل میلگرد به کار رفته در شبکه زیر را محاسبه کنید.



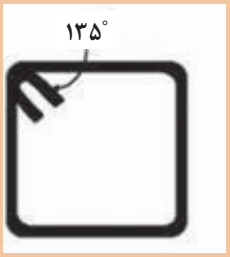
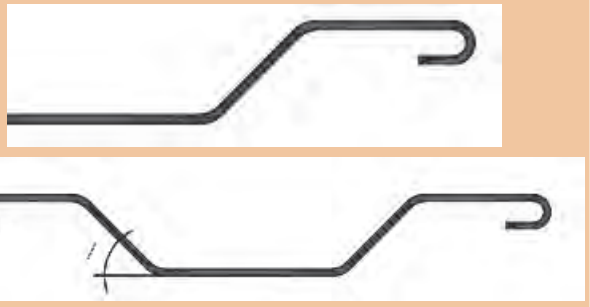
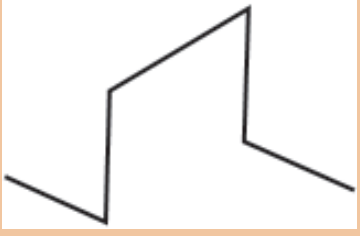

| شمارهٔ پوزیسیون* Pos | قطر Φ (mm) | تعداد N | طول واحد l (m) | طول کل L (m) | وزن واحد طول G (kg/m) | وزن کل W (kg) | شکل یا فرم |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | | | | | | | |
| ۲ | | | | | | | |

* پوزیسیون: به قطعات هم‌نوع، هم‌شکل و هم‌اندازه، یک پوزیسیون گفته می‌شود.

## شکل‌های رایج و کاربرد میلگردها در بتن

در جدول زیر شکل و عملکرد میلگردهای مصرفی در بتن آورده شده است.

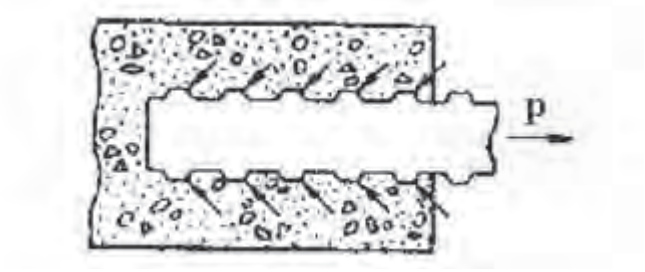
| نام رایج میلگرد | شکل کاربردی | عملکردها |
|---|---|---|
| راستا (سیتکا) | | ـ برای جبران ضعف کششی بتن |

| | | |
|---|---|---|
| خاموت |  | ۱ـ برای تحمل نیروی برشی و جلوگیری از گسترش ترک‌های برشی<br>۲ـ برای کاهش طول آزاد میلگردهای فشاری<br>۳ـ نگهداری میلگردهای راستا در موقعیت خود مطابق نقشه |
| ادکا |  | ۱ـ برای تحمل لنگرهای منفی درتکیه‌گاه‌های تیرهای سراسری<br>۲ـ برای تحمل نیروی برشی |
| سنجاقک | | ـ برای تقویت مقاومت برشی مقطع بتنی همانند خاموت عمل می‌کند (کمک به کاهش مصرف خاموت) |
| رکابی | | ـ برای تنظیم فاصله بین دو شبکه میلگرد در دیوارها |
| خرک |  | ـ برای نگهداری میلگردهای شبکه فوقانی با فاصله معین از شبکه تحتانی در فونداسیون، کف و سقف‌های بتنی مطابق نقشه |

ادامهٔ جدول ۳ ▲

## پیوستگی و مهار میلگرد در بتن

عامل اصلی در عملکرد یک قطعه بتن مسلح به عنوان یک جسم یک پارچه، پیوستگی و چسبندگی کامل بین میلگرد و بتن است، تا در صورت کشیده شدن میلگرد تا حد پاره شدن، پیوستگی بین بتن و میلگرد حفظ شود. طبیعت پیوستگی و چسبندگی بین میلگرد و بتن، اصطکاک موجود در سطح تماس آنها می‌باشد. در میلگردهای صاف،این اصطکاک کم است. برای بهبود اصطکاک بین میلگرد و بتن، از میلگرد آجدار استفاده می‌شود و به همین دلیل است که آیین‌نامه بتن‌ایران (آبا)، استفاده از میلگردهای صاف را در اعضای بتن مسلح مجاز نمی‌داند. در شکل زیر پیوستگی بین میلگردهای آج‌دار و بتن نشان داده شده است.

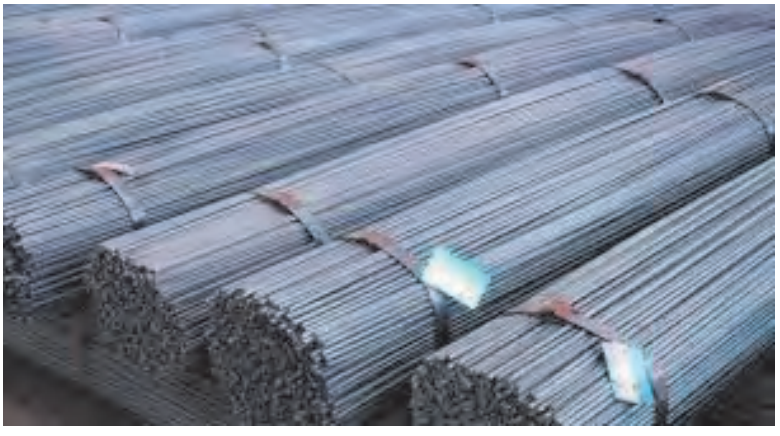



**شکل ۱۷ - پیوستگی بین میلگردهای آج‌دار و بتن ▲**

## حفاظت و انبار کردن میلگردها

به علت جذب رطوبت محیط به وسیله میلگردهای فلزی و اکسید شدن فلز آهن و نیز کمتر شدن قطر مؤثر میلگرد که باعث کاهش مقاومت سازهٔ بتنی می‌شود، لازم است میلگردها در محیطی خشک و سرپوشیده و عاری از رطوبت و گل و خاک نگهداری شود. انبار کردن میلگردها باید بر اساس نوع، قطر و اندازهٔ آنها و به صورت منظم و مجزا باشد. (شکل ۱۸)

این روش موجب تسریع در کار می‌شود، زیرا گروه آرماتور بند و برش‌کار به راحتی می‌تواند میلگردهای مورد نیاز را انتخاب کند. میلگردها باید به روشی حمل و انبار شوند که دچار خمیدگی بیش از حد نشوند. در صورت مشاهدهٔ هر نوع آلودگی در ظاهر میلگردها باید قبل از مصرف، آلودگی برطرف شود.



**شکل ۱۸ ▲**

## ایمنی اجرای برش و خم میلگرد

**موارد ایمنی که باید در اجرای برش و خم میلگرد رعایت نمود:**

۱ـ توجه ویژه به‌این موضوع که رعایت ایمنی مهم‌ترین عامل حفظ سلامت و بهداشت فرد و افرادی می‌باشد که در داخل کارگاه مشغول به‌کار می‌باشند.

۲ـ تمرکز کامل حواس هنگام کار با وسایل برش میلگرد

۳ـ توجه به اطراف هنگام حمل و کار با میلگرد

ـ موقع حمل میلگرد در داخل کارگاه‌های آموزشی جهت جلوگیری از آسیب زدن به سایر افراد توصیه می‌شود آن را به صورت عمودی حمل نمایند. (معمولاً طول میلگرد در داخل کارگاه آموزشی محدود است)

ـ به دلیل نزدیک بودن فاصله میزهای کارگاهی هنگام کار با میلگرد توجه به اطراف امری ضروری‌است

۴ـ استفاده از وسایل‌ایمنی فردی

**در زیر برخی از وسایل ایمنی فردی و ویژگی آنها آورده شده است:**

### لباس کار

- لباس‌کار باید با نوع کار تناسب داشته باشد و درصورتی‌که از روپوش استفاده شود نباید آن‌قدر بلند باشد که به جایی گیر کند.
- آستین‌های گشاد مانع انجام کار درست می‌باشند و اگر از مچ بسته شود بهتر است.
- جنس آنها نخی باشد که در تابستان خنک و در زمستان گرم باشد.
- رنگ‌های تیره مانند سرمه‌ای برای آرماتوربندی توصیه می‌شود.

شکل ۱۹ ▲

### کفش کار

با توجه به اینکه پاهای افرادی که در کارگاه‌های ساختمانی مشغول به‌کار هستند در معرض خطر اجسام بُرنده یا سقوط اجسام قرار دارند، لازم است که از کفش ایمنی استاندارد متناسب با کار استفاده شود. همچنین کف کفش‌های ایمنی باید آج‌دار باشد تا مانع سُر خوردن افراد گردد.

شکل ۲۰ ▲

**دستکش کار**

ـ برای کارکردن با مصالح تیز باید از دستکش کار استفاده شود.

ـ دستکش کار عموماً با پارچه‌هایی با الیاف طبیعی و یا پارچه و چرم دوخته می‌شود.

ـ استفاده از دستکش در هوای سرد بازدهی کار را بالا می‌برد.

**شکل ۲۱ ▲**

**کلاه ایمنی**

سقوط اجسام در کارگاه‌های ساختمانی به فراوانی اتفاق می‌افتد و با هرکس یا هرچیز که سر راهش باشد برخورد می‌کند. نتیجه برخورد بستگی به وزن و ارتفاع جسم دارد که وسعت آن از ضرب‌دیدگی سطحی تا مرگ است. برای محافظت از این خطرات از کلاه ایمنی استفاده می‌شود.

**شکل ۲۲ ▲**

ایمنی

استفاده از لباس کار مناسب، دستکش کار و کلاه‌ایمنی و کفش کار مناسب در محیط کارگاهی الزامی است.

## برش میلگرد

میلگردها را برای اعضای بتن مسلح معمولاً از شاخه‌های ۱۲متری یا کلاف میلگرد در طول‌های لازم برش می‌دهند. بریدن میلگرد به دو صورت سرد و گرم انجام می‌شود که برش سرد از مزایای بیشتری برخوردار است.

**وسایل برش میلگرد به روش سرد:**

**۱ـ قیچی دستی ساده**: برای برش میلگردهای با قطر کم استفاده می‌شود. بعضی از انواع آن می‌تواند میلگردهای تا شماره ۱۶ را برش دهد.

**۲ـ قیچی دستی نصب شده روی پایه**: بااین قیچی‌ها می‌توان میلگردهای با قطر بالا را برید.

**۳ـ ماشین‌های برقی برش میلگرد (گیوتین)**: برای برش هر نوع میلگردی به کار می‌رود.

ایمنی

هنگام کار با انواع قیچی باید در نظر داشت که موقع برش میلگرد، قطعات بریده شده کوچک در راستای میلگرد پرتاب می‌شود.

در شکل‌های ۲۳، ۲۴و ۲۵ انواع قیچی نشان داده شده است.

شکل ۲۳ ▲

شکل ۲۴ ▲

شکل ۲۵ ▲

استفاده از سنگ فرز نیز برای برش میلگرد رایج می‌باشد ولی آیین‌نامه این روش برش را توصیه نمی‌کند.

### برش میلگرد به روش گرم

برش میلگردهای قطور را می‌توان به وسیلهٔ دستگاه برش (برنول) با استفاده از گاز (بوتان) و اکسیژن در کارگاه‌های ساختمانی انجام داد. برش گرم موجب تغییر برخی مشخصات میلگرد از جمله کاهش مقاومت کششی در ناحیهٔ برش می‌شود؛ بنابراین بهتر است تا حد امکان از برش گرم خودداری کرد.

فعالیت عملی ۱

با توجه به میلگردهای موجود در کارگاه، با راهنمایی هنرآموز، تعداد شش عدد میلگرد در دو قطر و طول مختلف را برش زده و جدول زیر را مطابق میلگردهای برش خورده کامل کنید.

| شمارهٔ پوزیسیون Pos | قطر Φ (mm) | تعداد N | طول واحد l (m) | طول کل L (m) | وزن واحد طول G (kg/m) | وزن کل W (kg) | شکل یا فرم |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | | | | | | | |
| ۲ | | | | | | | |
| ۳ | | | | | | | |
| ۴ | | | | | | | |
| ۵ | | | | | | | |
| ۶ | | | | | | | |

### استانداردهای قطر خم قلاب انتهای میلگرد

در مواردی که بر اساس نقشه‌های سازه‌ای باید انتهای میلگردها دارای خم باشد، برای جلوگیری از ترک‌خوردگی فولاد در محل خم، حداقل قطر خم باید از ضوابط آیین‌نامه‌ای پیروی کند. براساس آیین‌نامه، ضوابط خم قلاب‌ها به شرح زیر است:

**الف) میلگرد اصلی**

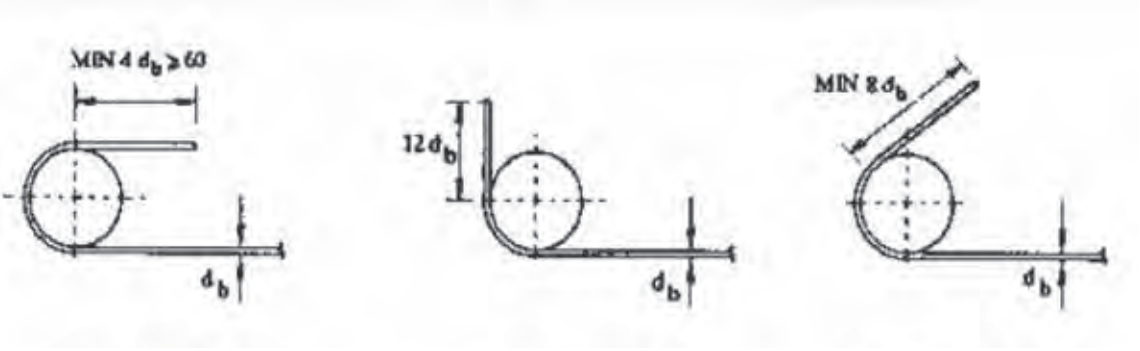
ـ خم نیم‌دایره با قلاب انتهایی ۱۸۰ درجه به اضافهٔ حداقل ۴ db طول مستقیم ولی نه کمتر از ۶۰ میلی‌متر.

ـ خم ۹۰ درجه (گونیا) به اضافهٔ حداقل طول مستقیم برابر ۱۲ db در انتهای آزاد میلگرد.

ـ خم ۱۳۵ درجه (چنگک) به اضافهٔ حداقل طول مستقیم برابر ۸ db در انتهای آزاد میلگرد.

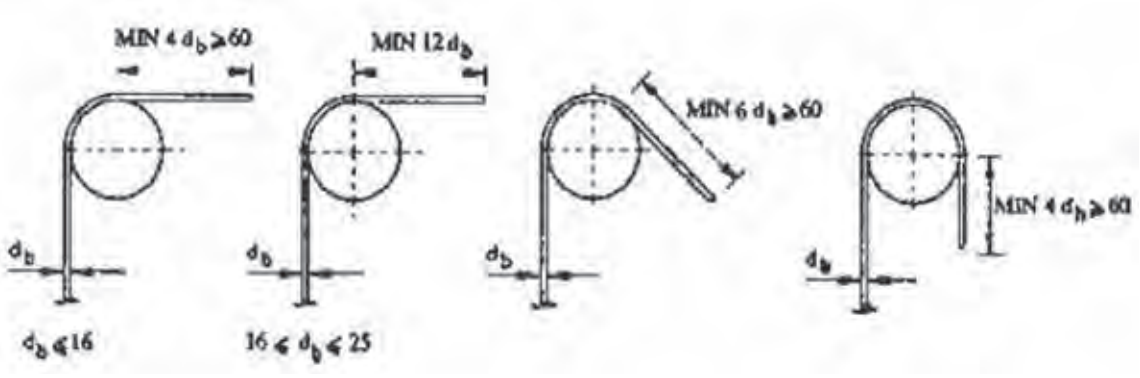
**ب) خاموت‌ها**

ـ خم ۱۳۵ درجه (چنگک) به اضافهٔ حداقل طول مستقیم برابر ۶ db ولی نه کمتر از ۶۰ میلی‌متر در انتهای آزاد میلگرد.




خم انتهایی ۱۳۵ درجه (چنگک) خم انتهایی ۹۰ درجه (گونیا) خم انتهایی ۱۸۰ درجه (قلاب انتهایی)

**قلاب‌های استاندارد برای میلگرد (به جز خاموت‌ها)**



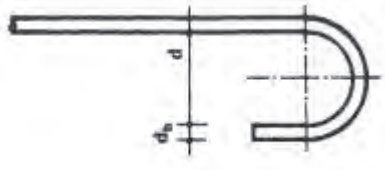

**شکل ۲۶ - قلاب‌های استاندارد برای خاموت‌ها ▲**

### اندازه قطر خم قلاب استاندارد انتهای میلگردها

به منظور جلوگیری از کشش‌های نامطلوب در میلگردها در هنگام خم‌کردن و همچنین پرهیز از ایجاد تنش‌های زیاد در بتن (محل درگیری قلاب با بتن) باید شعاع قوس از حد معینی کمتر نباشد. حداقل قوس میلگردها تابع نوع میلگرد و قطر آن است. در آیین‌نامه بتن ایران میزان قطر خم میلگرد (d) برای فولادهای مختلف و با قطرهای متغیر به صورت ضریبی از قطر اسمی آن (db) معین شده است که در جدول‌های صفحهٔ بعد این مقادیر ذکر شده است.

**جدول(۴)ـ اندازه قطر خم قلاب انتهای میلگردهای اصلی**

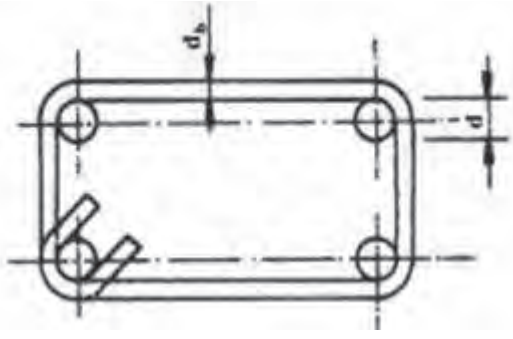
| نوع میلگرد / قطر میلگرد | حداقل قطر خم «d» | | |
|---|---|---|---|
| | فولاد نرمه S ۲۲۰ | فولاد نیم‌سخت S ۳۰۰ | فولاد سخت S ۴۰۰ - ۵۰۰ |
| کمتر از ۲۸ میلی‌متر | $۵d_b$ | $۵d_b$ | $۶d_b$ |
| ۲۸ تا ۳۴ میلی‌متر | $۵d_b$ | $۶d_b$ | $۸d_b$ |
| ۳۶ تا ۵۵ میلی‌متر | $۷d_b$ | $۱۰d_b$ | $۱۰d_b$ |



$d_b$ قطر اسمی میلگرد

**جدول (۵)ـ اندازه قطر خم قلاب انتهای خاموت‌ها**

| نوع میلگرد / قطر میلگرد | حداقل قطر خم «d» | | |
|---|---|---|---|
| | فولاد نرمه | فولاد نیم‌سخت | فولاد سخت |
| ۱۶ میلی‌متر و کمتر | $۲/۵d_b$ | $۴d_b$ | $۴d_b$ |



## خم زدن میلگردها

با توجه به شکل‌های رایج و کاربردی میلگردهای مصرفی در بتن، لازم است میلگرد را برابر اندازه مورد نیاز بریده و در آن خم‌های لازم را ایجاد نمود. وسایل مورد استفاده در بریدن و خم‌کردن میلگردها به شرح زیر است:

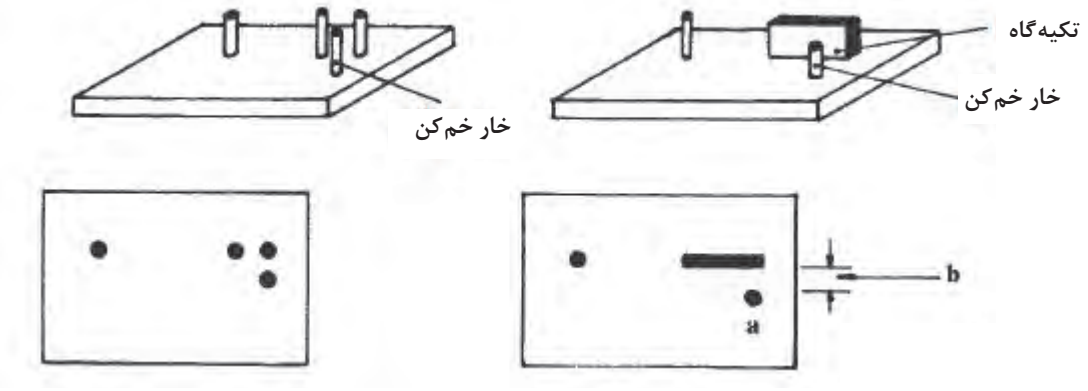
### میز کار (برای خم میلگرد)

خم‌کردن میلگرد فشار نسبتاً زیادی بر روی دست‌ها و کمر و در مواقعی بر روی کلیه اعضای بدن وارد می‌کند. برای کاهش‌این فشارها بهتر است از میز کار استفاده شود. ارتفاع‌این میز با توجه به قد افراد متفاوت است، اما به طور معمول ارتفاع میز ۸۰ سانتی‌متر انتخاب می‌شود. عرض‌این میز معمولاً یک متر است و طول آن با توجه به طول میلگردها و امکانات کارگاهی بین ۲ تا ۴ متر است. این میز باید استحکام کافی در برابر نیروی ناشی از خم کردن میلگرد را داشته باشد و از جای خود حرکت نکند. در صورت کم بودن وزن میز کار می‌توان پایه‌های آن را به زمین محکم و ثابت نمود. (شکل ۲۷)

شکل ۲۷ ▲

### صفحهٔ خم‌کن میلگرد

صفحه‌ای فولادی به شکل مربع یا مستطیل است که چند خار (زائده) فولادی روی آن تعبیه شده و این خارها از حرکت میلگرد در بعضی جهات هنگام خم زدن میلگرد جلوگیری می‌کند. این صفحه را می‌توان با پیچ و یا جوش به میز کار متصل کرده و ثابت نمود. برای‌ایجاد قلاب و خم استاندارد، باید فاصلهٔ بین خارها متناسب با قطر میلگرد باشد که با نصب بوشن (لوله نازک توخالی فولادی) بر روی خار یا خارها این نیاز برطرف می‌شود. (شکل ۲۸)




**۱ـ فاصلهٔ b باید متناسب با قطر میلگرد مورد خم باشد.**

**۲ـ قطر a باید متناسب با قطر میلگرد مورد خم باشد یا از غلتک استفاده شود.**

**شکل ۲۸ - دو نمونه صفحهٔ خم‌کن میلگرد ▲**

## دستگاه کشش و صاف کردن میلگرد

با توجه به این که وظیفهٔ اصلی میلگرد در بتن تحمل نیروهای کشش است، میلگرد مصرفی در بتن باید صاف و عاری از خمیدگی باشد. بعضی میلگردها هنگام حمل و نقل کج می‌شوند و بعضی کارخانه‌ها، برای سهولت در حمل و نقل، میلگردهای با قطر کم را به صورت کلاف دایره‌ای تولید می‌کنند. این میلگردها باید قبل از مصرف در بتن صاف شوند. این کار بهتر است با کمک دستگاه‌های کشش میلگرد انجام شود. شکل (۲۹) دستگاه کشش برقی برای صاف کردن میلگرد را نشان می‌دهد.

**شکل ۲۹ - دستگاه کشش برقی برای صاف کردن میلگرد ▲**

### پتک و سندان

درکارگاه‌هایی که فاقد دستگاه کشش میلگرد برای صاف کردن میلگرد می‌باشد، ممکن است برای صاف کردن میلگرد از پتک و سندان استفاده شود. دراین صورت باید وزن پتک انتخابی با قطر میلگرد متناسب باشد و ضربات وارده از پتک بر روی میلگرد به آرامی و به تدریج باشد تا مقطع میلگرد تغییر شکل ندهد. شکل (۳۰) انواع پتک و سندان را نشان می‌دهد.

شکل ۳۰ ▲

### آچار خم‌کن میلگرد (آچار F)

ساده‌ترین وسیلهٔ دستی برای خم‌کردن مناسب میلگردهای نازک (با قطرکم)، وسیله‌ای به شکل F است که اصطلاحاً به آن «آچار F» می‌گویند. قسمت سر آچارF را از فولاد سخت می‌سازند تا در اثر وارد شدن نیروهای ناشی از خم کردن میلگرد به آن، فشرده، له یا خراب نشود. فاصله دهانه و طول دستهٔ آچار خم‌کن باید متناسب با قطر میلگرد باشد تا امکان خم میلگرد به شکل و فرم دلخواه با کمترین نیرو فراهم شود (شکل ۳۱).

شکل ۳۱ ▲

### دستگاه میلگرد خم‌کن برقی

این دستگاه‌ها می‌توانند میلگردهای نازک و قطور را باسرعت بالا و دقت زیاد و به آسانی به شکل مورد نظر خم‌کنند. این ماشین‌ها به کمک موتور برقی خود، صفحهٔ گردان دستگاه را در جهات مختلف می‌چرخاند و حرکت و کنترل آن به وسیلهٔ پدال پایی انجام می‌شود. در روی صفحهٔ گردان و صفحهٔ اصلی آن تعدادی سوراخ ایجاد شده که با قراردادن غلتک‌های فلکه مناسب در سوراخ‌ها و عبور میلگرد از بین غلتک‌ها هر نوع خمی را که بخواهند در میلگرد ایجاد می‌کنند (شکل ۳۲).

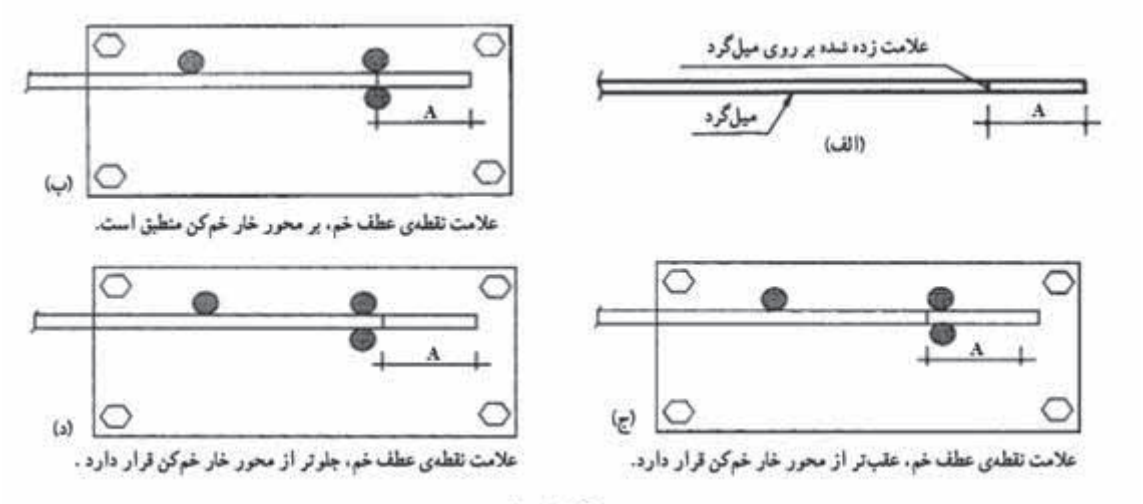
شکل ۳۱ ▲

## ضوابط کلی خم کردن میلگردها

ـ کلیهٔ میلگردها باید به صورت سرد خم شوند، مگر آن که دستگاه نظارت، روشی دیگر را مجاز بداند.
ـ خم کردن میلگردها باید تا آنجا که ممکن است به طور مکانیکی به وسیلهٔ ماشین مجهز فلکهٔ خم‌کن و با یک بار عبور در سرعت ثابت انجام پذیرد به طوری که قسمت خم شده دارای انحنای ثابتی باشد.
ـ برای خم کردن میلگردها باید از فلکه‌هایی استفاده شود که قطر آنها برای نوع فولاد مورد نظر مناسب باشد.
ـ میزان سرعت خم کردن میلگردها باید متناسب با نوع فولاد و دمای محیط اختیار شود. سرعت خم کردن میلگردهای سرد اصلاح شده باید به طور تجربی تعیین شود.
ـ در هوای سرد و در شرایطی که دمای میلگردها از ۵ درجه کمتر باشد، باید از خم‌کردن آنها خودداری کرد.
ـ به طور کلی باز و بسته کردن خم‌ها به منظور شکل دادن مجدد به میلگردها مجاز نیست، مگر در موارد استثنایی که دستگاه نظارت اجازه دهد. در این صورت نیز کلیهٔ میلگردها را باید از نظر ترک‌خوردگی بازرسی و کنترل کرد.
ـ خم‌کردن میلگردهایی که یک سر آنها در بتن قرار دارد مجاز نیست مگر آن که در طرح مشخص شده باشد یا دستگاه نظارت اجازه دهد.
ـ برای خم‌کردن میلگردهای به قطر ۳۶ میلی‌متر به بالا و با زاویهٔ بیش از ۹۰ درجه، به روش‌های خاصی نیاز است.

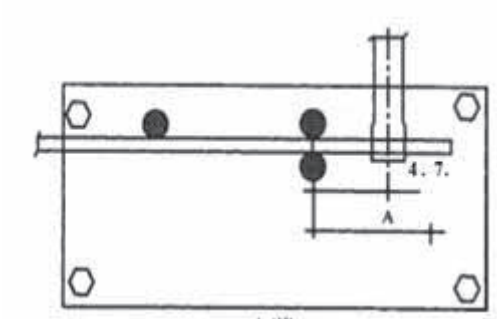
### ـ نکات لازم برای خم کردن میلگردها، با استفاده از آچار F و صفحهٔ خم‌کن

چون صفحات خم‌کن و آچارهای F در شکل‌ها و انواع مختلف وجود دارند و نیز وضعیت و شرایط جسمی و قدرت بدنی فرد یا افراد خم‌کنندهٔ میلگرد مختلف است، بنابراین چگونگی ساخت میلگرد (خم‌کردن میلگرد)، از محل قرارگیری آن بین خار خم‌کن و خار تکیه گاهی و فاصلهٔ محل قرارگیری آچار F از خار خم‌کن، همیشه به یک شیوه انجام نمی‌گیرد. معمولاً استادکاران با توجه به تجربیات خود، فواصل لازم را برای به وجود آوردن خم‌های موردنظر از طریق آزمون و خطا به‌دست می‌آورند. در اینجا، برای آشنایی هنرجویان با روش خم‌کردن میلگرد، به تشریح آن می‌پردازیم:
۱ـ با در نظر گرفتن قطر میلگرد و حداقل قطر قوس خم مورد نظر، صفحه و آچارF مناسب انتخاب می‌شود.
۲ـ محل نقطهٔ عطف خم، با توجه به طول لازم و نوع خم (۹۰° و ۱۳۵° و ۱۰۰° و ...) بر روی میلگرد علامت‌گذاری می‌شود (شکل ۳۳).
۳ـ چون میلگردها در هنگام خم شدن با صفحات مختلف حرکت و کشش یکسانی ندارد، بنابراین فاصلهٔ محل قرارگیری نقطهٔ عطف تا خار خم‌کن، در شرایط مختلف، ثابت نخواهد بود. هر چه کشش و مقدار حرکت میلگرد در هنگام خم شدن آزادتر باشد باید محل علامت به خار خم‌کن نزدیک‌تر باشد. در (شکل ۲۳- ب) علامت نقطهٔ عطف خم میلگرد را منطبق بر محور خارخم‌کن می‌بینید.
۴ـ در مواقعی که امکان حرکت و کشش میلگرد **زیاد** باشد لازم است که محل علامت زده شده مقداری عقب‌تر از خار خم‌کن قرار گیرد (شکل ۳۳- ج).
۵ـ در مواقعی که امکان حرکت و کشش میلگرد **کم** باشد لازم است که محل قرارگیری نقطه عطف با توجه به شعاع قوس خم مقداری جلوتر از خار خم‌کن صفحه قرار گیرد (شکل ۳۳- د).



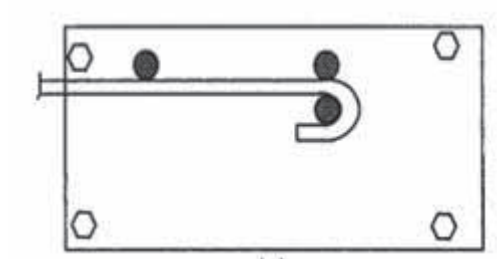

شکل ۳۳ ▲

۶ـ با در نظر گرفتن حداقل قطر خم موردنیاز (بر اساس استاندارد مربوط و نوع میلگرد) فاصلهٔ قرارگیری آچار نسبت به خار خم‌کن مشخص می‌شود. هر چه زاویهٔ خم کمتر باشد، مثلاً برای خم‌کردن گوشه‌های ۹۰ درجه (میلگردهای اصلی)، این فاصله حدود ۲ تا ۵ برابر قطر میلگرد در نظر گرفته می‌شود (شکل۳۴).




شکل ۳۴ ▲

۷ـ برای خم‌کردن قلاب انتهای میلگردهای اصلی کوچک‌تر از ۲۸φ این با حداقل قطر ۵φ این فاصله حدود ۷ـ۲ برابر قطر میلگرد انتخاب می‌شود (شکل۳۵) و در مورد حداقل قطر خم خاموت‌ها (۲/۵φ) این فاصله کمتر در نظر گرفته می‌شود.

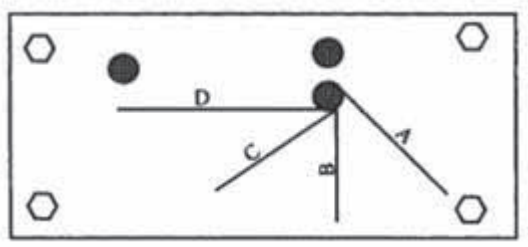


شکل ۳۵ ▲

نکته

ارقام داده‌شده، صرفاً به عنوان محدودهٔ اولیه مطرح شده‌اند. ممکن است با استفاده از صفحات و آچارهای F موجود درکارگاه و به کار بردن ارقام ذکرشده، خم‌های استاندارد موردنظر در میلگردها به وجود نیایند که در این صورت می‌توان با کم و زیادکردن فاصلهٔ محل قرارگیری آچار F تا خارخم‌کن (روش آزمون وخطا)، محل مناسب قرارگیری آچار F را دقیقاً تعیین کرد.

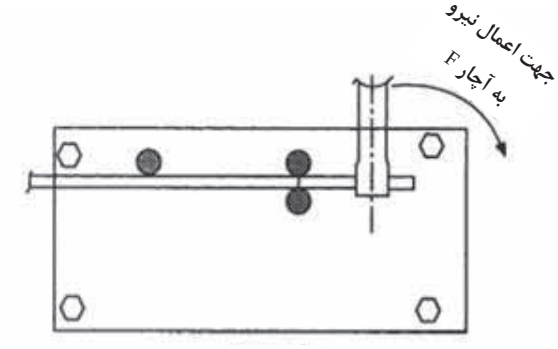
۸ـ بهتر است برای سرعت و سهولت در خم‌کردن میلگردها، مطابق شکل ۳۶، زاویه خم‌های موردنظر، در روی صفحه خم‌کن علامت زده و مشخص شوند.




خط A برای زاویهٔ ۴۵ درجه　　خط C برای زاویهٔ ۱۳۵ درجه
خط B برای زاویهٔ ۹۰ درجه　　خط D برای زاویهٔ ۱۸۰ درجه

شکل ۳۶ ▲

۹ـ پس از تعیین موارد یاد شده، میلگرد، بین خارهای تکیه‌گاهی و خار خم‌کن قرار می‌گیرد و مانند شکل (۳۷) به وسیله آچار F، با واردکردن نیرو در جهت لازم، میلگرد تا محل مشخص شده بر روی صفحه، خم می‌شود.




شکل ۳۷ ▲

در مورد قطعاتی که دارای چند خم هستند، باید توجه شود که کلیه خم‌ها در یک صفحه (معمولاً افقی) قرار گیرند تا در مونتاژ میلگردها اشکالی به وجود نیاید (شکل ۳۸).

شکل ۳۸ ◄

**مراحل خم‌کردن میلگردهای راستا (سیتکا)**

۱ـ پس از انتخاب میلگرد مورد نظر، درصورتی‌که میلگرد صاف نباشد، آن را با وسایل مناسب صاف کنید.
۲ـ میلگرد را در طول لازم (مطابق نقشه) به وسیله قیچی یا سایر وسایل برش میلگرد، قطع کنید.
۳ـ محل نقطه عطف خم را با گچ، مداد شمعی یا سنگ‌های چرب علامت گذاری کنید (شکل ۳۹).

**شکل ۳۹ ▲**

۴ـ پس از قرار دادن میلگرد در بین خارهای صفحهٔ خم‌کن، آچار F را، با توجه به قطر میلگرد، در فاصلهٔ مناسب از خار خم‌کن قرار دهید (شکل ۴۰).

**شکل ۴۰ ▲**

۵ـ با واردکردن نیرو در جهت لازم، قلاب انتهایی اول را به وجود آورید (شکل ۴۱).

**شکل ۴۱ ▲**

۶ـ از نقطه عطف قلاب اول، طول پوزیسیون را به وسیله متر جدا کرده و با علامت‌زدن، نقطه عطف قلاب دوم را روی میلگرد مشخص کنید.
۷ـ میلگرد را با توجه به محل قرارگیری محل نقطهٔ‌عطف، بین خارخم‌کن و خارنگهدارنده صفحهٔ خم‌کن قرارداده، پس از کنترل اینکه قلاب انتهایی اول، کاملاً در صفحهٔ افقی قرار گرفته باشد، قلاب انتهایی دوم را به جود آورید (شکل ۴۲).

**شکل ۴۲ ▲**

۸ـ اندازهٔ پشت تا پشت میلگرد خم شده را با متر کنترل کنید (شکل ۴۳).

**شکل ۴۳ ▲**

**مراحل ساخت خاموت**

۱ـ میلگرد لازم را انتخاب و در صورت نیاز آن را صاف کنید.

۲ـ طول لازم برای ساخت خاموت را روی آن علامت‌گذاری کرده و آن را با قیچی ببرید.

۳ـ قلاب یا خم اول را با در نظر گرفتن نکات لازم ایجاد کنید. خم مناسب معمولاً خم ۱۳۵درجه می‌باشد (شکل ۴۴).

**شکل ۴۴ ▲**

۴ـ بر روی میلگرد، ضلع اول خاموت را با متر نواری از نقطه عطف قلاب (خم) اول اندازه گیری و علامت‌گذاری نموده و آنرا با رعایت کلیه نکات فنی لازم خم کنید (شکل ۴۵).

**شکل ۴۵ ▲**

۵ـ طول ضلع خم‌شده را کنترل کنید. (در قلاب‌های باخم ۹۰ درجه طول ضلع از پشت تا پشت قطعه اندازه‌گیری می‌شود.)

۶ـ اضلاع بعدی خاموت را نیز با توجه به شکل یا نقشهٔ آن ایجاد کنید. (شکل‌های ۴۶ - ۴۷ - ۴۸)

**شکل ۴۶ ▲**

شکل ۴۷ ▲

شکل ۴۸ ▲

**روش ساخت اتکا (ادکا)**

روش خم‌کردن اتکا، چندان فرقی با سایر قطعات ندارد، بنابراین در اینجا فقط چند نکته در مورد آن یادآور می‌شویم.

معمولاً اتکاها در داخل خاموت‌ها قرار می‌گیرند. باید توجه شود که ارتفاع اتکا (بالا تا پایین) برابر اندازه داخلی ارتفاع خاموت باشد (شکل ۴۹).

شکل ۴۹ ▲

برای ساخت اتکا بهتر است الگوی آن‌را مطابق نقشه روی کف کارگاه پیاده کرده و پس از خم‌کردن روی میزکار، با الگوی ترسیم شده روی زمین مقایسه نمود.
طول مورب اتکاها با توجه به زاویه خم و ارتفاع اتکا محاسبه می‌شود. درصورتی‌که زاویه اتکا ۴۵ درجه باشد، طول مورب،۱/۴۱ برابر ارتفاع اتکا می‌باشد.
اگر زاویه اتکا ۶۰ درجه باشد، طول مورب، ۱/۱۵ برابر ارتفاع اتکا خواهد بود.
درحالتی‌که زاویه اتکا ۳۰ درجه باشد، طول مورب، ۲ برابر ارتفاع اتکا خواهد شد.
در مورد سایر زوایا می‌توان با تقسیم ارتفاع اتکا بر سینوس زاویه خم، طول خم را به دست آورد؛ یعنی:

$$l=\frac{h}{\sin \alpha}$$

در شکل‌های ۵۰ تا ۵۶ مراحل ساخت یک **اتکا** نشان داده شده است.

**شکل ۵۰ ▲**

**شکل ۵۱ ▲**

شکل ۵۲ ▲

شکل ۵۳ ▲

شکل ۵۴ ▲

شکل ۵۵ ▲

شکل ۵۶ ▲

شکل ۵۷ نمونه‌های ساخته شدهٔ میلگرد راستا، خاموت و اتکا (ادکا) را نشان می‌دهد.

شکل ۵۷ ▲

فعالیت عملی ۲

هر هنرجو با راهنمایی هنرآموز و با استفاده از میلگردهای بریده شدهٔ موجود در کارگاه و نیز توجه به موارد فنی آموزش داده شده، میلگردهای زیر را با دقت بسازد:

ـ (تعداد به انتخاب هنرآموز)

۱ـ میلگرد راستا با انتهای خم ۹۰ درجه و ۱۸۰ درجه

۲ـ میلگرد سنجاقک

۳ـ میلگرد رکابی

فعالیت عملی ۳

هر هنرجو با استفاده از میلگردهای بریده شدهٔ موجود در کارگاه، تعداد ۲ عدد خاموت با نسبت ضلع‌های زیر را بسازد:

ـ (تعداد به انتخاب هنرآموز)

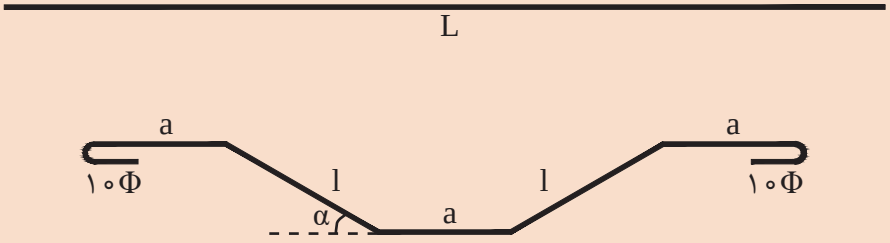
۱ـ نسبت اضلاع خاموت ۱ به ۱

۲ـ نسبت اضلاع خاموت ۳ به ۲

۳- نسبت اضلاع خاموت ۲ به ۱

فعالیت عملی ۴

هر هنرجو با استفاده از میلگردهای بریده شدهٔ موجود در کارگاه، تعداد ۳ عدد میلگرد اتکا با زاویه ۴۵ درجه را مطابق شکل زیر با راهنمایی هنرآموز خود بسازد.




راهنمایی:

$$a=\frac{L-20\varphi-2l}{3} \qquad l=\frac{h}{\sin\alpha} \qquad L=3a+20\varphi+2l$$

در روابط فوق داریم:

L : طول میلگرد موجود در کارگاه

l : طول مورب ادکا

h : ارتفاع ادکا

$\varphi$ : قطر میلگرد

$\alpha$ : زاویهٔ مورد نظر

3a : مقداری که از طول کل، بعد از طول‌های مورب و قلاب‌ها باقی می‌ماند.

## ارزشیابی شایستگی برش و خم میلگرد

**شرح کار:**
مطابق نقشه، جدول میلگرد مورد نیاز را برآورد و تکمیل نموده و در مدت زمان ۲ ساعت بتواند تعداد ۴ عدد خاموت و ۱ عدد اتکا را بسازد.

**استاندارد عملکرد:**
با استفاده از وسایل برش و خم‌کردن میلگرد، بتواند میلگرد مورد نیاز را از نقشه استخراج نموده و مطابق ضوابط مبحث نهم مقررات ملی، اقدام به بریدن و خم‌کردن میلگرد مورد نظر نماید.

**شاخص‌ها:**
تشخیص نوع و سایز میلگرد از روی نقشه، بریدن و خم‌کردن میلگرد مطابق نقشه، عدم تابیدگی میلگرد و هم‌صفحه بودن اضلاع آن.

**شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:**

**شرایط:** با استفاده از نقشه، میلگرد و وسایل مورد نیاز را تهیه نموده و بتواند شکل مورد نظر را در مدت زمان معین مطابق نظر هنرآموز، ساخته و تحویل دهد..

**ابزار و تجهیزات:** میلگرد - قیچی - آچار F - میز کار - صفحهٔ خم‌کن - متر.

**معیار شایستگی:**

| ردیف | مرحله کار | حداقل نمره قبولی از ۳ | نمره هنرجو |
|---|---|---|---|
| ۱ | بررسی نقشه و تکمیل جدول میلگرد مصرفی | ۲ | |
| ۲ | رعایت موارد انتخاب میلگرد و برش آن | ۲ | |
| ۳ | رعایت موارد خم صحیح میلگرد و دقت در اندازهٔ طول‌ها و زوایا | ۲ | |
| ۴ | رعایت عدم پیچیدگی و هم‌صفحه بودن اضلاع | ۲ | |
| شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش:<br>رعایت ایمنی و بهداشت محیط کار، لباس‌کار مناسب، دقت اجرا، جمع‌آوری زباله، مدیریت کیفیت، مسئولیت‌پذیری، تصمیم‌گیری، مدیریت مواد و تجهیزات، مدیریت زمان. | | ۲ | |
| میانگین نمرات | | | * |

* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می‌باشد.