



میلگرد آهن آجدار آرماتور فولادی یا فیبر پلیمری تقویت شده ای است که در بتن برای جبران مقاومت کششی پایین بتن مورد استفاده قرار می‌گیرد. فولاد یا فیبر پلیمری که به این منظور در سازه‌های بتن آرمه به کار می‌رود به شکل سیم یا میلگرد می‌باشد. در موارد خاصی از فولاد ساختمانی نظیر نیمرخ‌های ناودانی یا قوطی نیز برای مسلح کردن بتن استفاده می‌شود. آج در میلگرد به منظور درگیر کردن فولاد در بتن است بدین منظور آج در میلگرد به صورت مارپیچ و با عمق استاندارد ایجاد می‌شود تا بتواند سطح درگیری میلگرد و بتن بالا رود. بتن شکننده است با مقاومت فشاری زیاد و مقاومت کششی نسبتاً کم ← فولاد با تاب کششی زیاد

## مشخصات، آزمایشات، حمل و سایر توضیحات میلگرد

### ۱- مصالح

فولادی، رشته های پلاستیک فولاد، کابل‌های فولادی

- رشته های پلاستیک فولاد برای اهداف خاص طراحی شده اند:  
راه سازی (بزرگراه ها ، پل ها ، پل های روگذر)  
بنادر  
فونداسیون ها با پیچیدگی های مختلف و اسلب های کف بتونی ؛  
سازه های تخلیه فاضلاب ؛
- میلگرد FRP به عنوان گره های دیواری برای دیوارهای سنگی یا آجری چند لایه استفاده می شود.  
اتصالات برای عایق حرارتی.
- کابل‌های فولادی به ویژه در پلها و سازه های پیش تنیده



## ۲- روش ساخت:

گرم نوردشده، سرد اصلاح شده، گرم عمل آمده

### • گریزی بر مشخصات مکانیکی میلگردها

حد جاری شدن، نقطه تسلیم  $\sigma_y$ : مقدار تنشی که بعد از آن میزان کرنش با سرعت زیادی افزایش پیدا

می کند.

حداکثر مقدار نیرویی که به میلگرد وارد می شود اما باعث تغییر شکل آن نمی شود.

مقاومت نهایی (مقاومت کششی)  $U$ : بیشترین نیرویی که میلگرد قبل از شکستن متحمل می شود.

تنجش نهایی  $f$ : نقطه شکست ماده که در آن شکسته شده و به دو قسمت تقسیم می شود.

**حد جاری شدن و تغییر شکل نسبی از مهمترین خصوصیات میلگردهای فولادی.**

### • تاثیر روش ساخت بر مشخصات مکانیکی

فولاد گرم نوردشده: کربن، گوگرد، فسفر و سایر مواد  $\leftarrow$  شکل پذیر بوده

در کشیده شدن، قبل از گسیختگی تغییر شکل زیادی از خود نشان می دهد (شکل a)

مقدار کربن، منگنز یا سیلیکون  $\uparrow$   $\leftarrow$  مقاومت فولاد  $\uparrow$  & شکل پذیری  $\downarrow$

**اصلاح گرم:**

فولاد تا درجه حرارت ۸۰۰ تا ۹۰۰ درجه سانتیگراد  $\uparrow$   $\leftarrow$  ناگهانی سرد

تا ۳۰۰ تا ۴۰۰ درجه سانتیگراد  $\uparrow$   $\leftarrow$  به تدریج سرد

$\leftarrow$  شکل بلورها عوض شده & مقاومت فولاد  $\uparrow$  فولاد ناحیه تسلیم نشان نمی دهد (شکل b)

تنش جاری شدن این فولاد  $\equiv$  تنجش ۰,۲ درصد

**اصلاح سرد:**

فولاد در حالت سرد کشیده شده  $\rightarrow$  تنش در آن از تنش جاری شدن می گذرد.

$\leftarrow$  شبکه بلوری تغییر کرده & مقاومت فولاد بسیار زیاد  $\uparrow$  (شکل c)



تنجش نهایی (تغییر شکل نسبی در هنگام گسیختگی) ↓

میلگردها در بتن آرمه به طور معمول:

نرم: با حد جاری شدن تقریباً  $\frac{Kg}{cm^2}$  ۲۲۰۰

نیم سخت: با حد جاری شدن ۳۰۰۰ و ۴۲۰۰  $\frac{Kg}{cm^2}$

سخت: با حد جاری شدن بیش از ۵۰۰۰  $\frac{Kg}{cm^2}$

### ۳- شکل مقطع :

ساده، آجدار، آجدار پیچیده (TOR)

سطح صاف و مقطع دایره معمولاً از جنس نرمه هستند A-1 شوروی  $\equiv$  S220 استاندارد اروپایی

اعداد بعد از S حداقل مقاومت تسلیم آرماتور بر حسب مگا پاسکال

به عنوان تنگ تیر و ستون، میلگردهای حرارتی دالها و میلگردهای اصلی و خمشی و منابع آب و سازه هایی که ترک خوردگی در آنها بسیار مهم است بکار می روند.

آجدار، برجستگیهایی در سطح میلگرد با وظیفه افزایش پیوستگی بتن و میلگرد

نیم سخت A-II و A-III شوروی معادل S300 و S400 استانداردهای اروپایی

سخت A-IV شوروی معادل S600 استانداردهای اروپایی

TOR: پیچاندن میلگردهای آجدار به دست میان، حد جاری شدن بیشتر و تنجش نهایی کمتر

آجدار ۲ برجستگی پیوسته یکنواخت، فاصله دارند مقطع دوکی / برجستگیها به صورت ۷ و ۸ ضربدری

(جناغی)، موازی یا فنری (مارپیچ)

A2 یا S300 هندسه آج مارپیچ

A3 یا S400 هندسه آج جناغی (۷ و ۸)



طبق استاندارد جدید میلگردها باید با هندسه آج متمایزی تولید شود تولید کننده‌های داخل مجهز به خطوط نورد قدیمی می‌باشند، میلگرد با یک هندسه آج تولید می‌شود.

#### ۴- نوع عملکرد در بتن

میلگرد راستا: افزایش مقاومت کششی بتن

خاموت: جلوگیری از بیرون زدگی آرماتورهای طولی در اثر کمانش و تحمل نیروهای برشی

سنجاقی: برای تقویت مقاومت برشی خاموتها و اتصال کامل بین میلگردهای طولی و خاموت

خرک: برای قرار دادن دو شبکه‌ی متوالی افقی با فاصله‌ی معین (در بتن ریزی های کف و فونداسیون)

رکابی: برای در امتداد نگه داشتن آرماتورها در بتن ریزی دیوارها و دالها (به شکل حرف U) یا بین دو سفره آرماتور (شبکه مش بندی)

ادکا: برای تحمل نیروهای برشی زمانی که مقاومت برشی انتهای تیرچه کافی نباشد.

#### ۵- مشخصات میلگردها

مهمترین مشخصه‌ها: شکل ظاهری، سطح مقطع، مقاومت حد جاری شدن و گسیختگی، شکل پذیری و تنجش نهایی، جوش پذیری.

جوش پذیری: قابلیت میلگرد جهت جوش شدن ← ترک خوردگی و سایر نواقص بوجود نیاید.

میلگرد گرم نورد شده و فولاد با آلیاژ کم یا کربن کم، جوش پذیری ↑

#### ۶- آزمایشهای کنترل کیفیت میلگردها

طبق آئین نامه ملی ۴-۱۸ ایران انجام آزمایشهای کنترل اجباری پس از تحویل فولاد به کارگاه ≠ وزن کل

میلگرد مصرفی در یک کارگاه کمتر ۵۰ تن باشد.



تعداد نمونه هر ۵۰ تن و هر قطر ← ۵ عدد ( اضافه بر مضر ۵۰ تن معادل ۵۰ تن )

### • آزمایش کشش

در این آزمایش میلگرد به طول مشخص در فکهای یک دستگاه کشش قرار گرفته و کشیده میشود. منحنی نیرو- تغییر شکل ترسیم ← حد جاری شدن، تاب کششی و تنجش نهایی

**حد جاری شدن، مهمترین مشخصه میلگرد از نظر طراح سازه های بتن آرمه است.**

تنجش نهایی میلگرد از ۸٪ ↓ درصد کمتر باشد ← شکل پذیری قطعه بتن آرمه ↓ احتمال گسیختگی ترد

سازه

نتیجه حد جاری شدن یکی از ۵ آزمایش کشش ↓ مقدار مورد انتظار ← ۵ میلگرد دیگر نیز آزمایش

شوند ← متوسط حد جاری شدن و خطای نسبی محاسبه اگر ↑ از تفاوت تسلیم مورد قبول، اگر نه مردود

### • آزمایش تاشدگی

میلگرد، توسط دستگاه مکانیکی خم ← ترکها و یا پوسته شدن احتمالی مشاهده

طبق آیین نامه ملی ۴-۱۸ ایران ← میلگرد تا زاویه ۴۵ درجه خم & نیم ساعت در آب جوشانده & خم آن

به مقدار ۲۲,۵ درجه باز ← مشهود نبودن نقص قابل استفاده

≠ ← ۳ میلگرد دیگر

آزمایش & هر سه میلگرد OK ← قابل قبول

### • آزمایش جوش پذیری

در صورتی که جوش پذیری میلگردها محل تردید باشد ← آزمایش کشش و تاشدگی

آزمایش کشش ← مقطع گسیخته شده در محل جوش یا مجاورت آن نباشد.

تاشدگی ← در اثر خم کردن در منطقه جوش شده ترک بوجود نیاید.

### حین انجام کار

هر ۳۰۰ اتصال فولاد نرم ← ۳ سری (دو نمونه ای برای آزمایش کشش و تاشدگی)

هر ۱۵۰ اتصال فولاد سخت ← ۳ سری (دو نمونه ای برای آزمایش کشش و تاشدگی)

فولادهای اصلاح شده و تغییر شرایط کار ← سه سری نمونه تهیه و حصول اطمینان ← ادامه کار



## ۷- تهیه میلگردها

از نزدیکترین محل ممکن

میلگردهای با قطر ۶ تا ۱۰ میلیمتر ← بصورت قرقره و کلاف با وزن ۵۰۰ تا ۱۵۰۰ کیلوگرم  
قطرهای بیشتر بصورت شاخه‌های ۱۲ متری و ۱۸ متری ← افت و ریز کمتر و حمل و نقل مشکل‌تر  
خم کردن میلگرد موجب تنشهای پسماند و کاهش ظرفیت باربری در نقطه ← احتراز یا بریده  
تفاوت وزن اسمی و واقعی میلگردهای آجدار ۱۰٪ ± و ساده ۵ تا ۱۲٪ ± ← ↓ طول بیشتری  
← ↑ طول کمتری

اخذ گواهینامه مشخصات میلگرد از کارخانه سازنده، ضروری است.

## ۸- حمل، باراندازی و انبار کردن میلگردها

صدمه وارد نیاوردن به کارگران، خود نیز آسیب نبینند

حمل با بار کشهای کفی یا راه آهن ← تخلیه با جرثقیلهایی روی کامیون یا جرثقیل‌های بزرگ بالاسری  
(حتی المقدور در محل انبار نهایی)

← دیلم برای اهرم کردن در زیر میلگرد و تخلیه تک تک میلگردها

(سطح شیبدار با الوار از کفی تا کف زمین تا میلگردها روی آن

بغلتنند)

## چهار عامل مهم در انبار کردن میلگردها

۱. سهولت تشخیص میلگردها از هم
۲. جلوگیری از کج شدن میلگردها
۳. جلوگیری از خورده شدن میلگردها
۴. سهولت برداشتن میلگردها و حمل به محل انجام سایر کارهای لازم بر روی آنها

در این رابطه:

الف- تفکیک از نظر نوع (نرم، نیم سخت و سخت) و قطر

ب- کف مناسبی برای جلوگیری از آغشته شدن به گل و خاک و آلودگی‌ها



پ- بررسی چگونگی برداشت میلگردها و جهت حرکت آنها تا مرحله نهایی

## ۹- برش میلگردها

طبق جدول آرماتور (Reinforcement Schedule) طول و شکل مشخص ← از شاخه ۱۲ متری بریده افت و ریز به حداقل ← طول میلگردهای مورد استفاده عدد ۱۲ را عا د کنند 6, 4, 3, 2/4, 2, 1/2 متر بریدن میلگردهای تور ← دو انتهای میلگرد در فک دستگاه پیچش نیچیده و باید بریده و دور انداخته شوند.

میز آرماتوربندی ← طول تقریباً ۹ متر و عرض در حدود ۱ متر  
بریدن میلگردهای تا قطر ۱۲ میلیمتر ← قیچیهای دستی آرماتوربندی  
بریدن میلگردهای با قطر بیشتر تا ۲۴ میلیمتر ← قیچیهای اهرم دار روی پایه  
بریدن قطرهای بیشتر ← گیوتینهای برقی و دستگاه برش اکسی استیلن

## ۱۰- خم کردن میلگردها

خم میلگردهای با قطر کمتر از ۱۲ میلیمتر ← آچار F دستی  
آچار F ← دو قطعه میلگرد ۵cm و فاصله 5cm متصل به یک میلگرد بلند هم قطر  
خم میلگردهای با قطر بیشتر از ۱۲ میلیمتر ← مکانیکی و با عبور از دستگاه مجهز به فلکه خم کن  
درجه حرارت محیط از ۵ + درجه سانتیگراد ↓ ← سرعت خم ↓ قطر فلکه خم کن ↑  
درجه حرارت کمتر از ۵ - درجه سانتیگراد ↓ ← خم کردن X & باز کردن خم تصویب دستگاه نظارت  
ابعاد میز کار آرماتوربندی طول ۶ تا ۱۰ متر، عرض ۱ متر و ارتفاع ۰,۹ متر و در انتها فلکه خم کن

## ۱۱- وصله میلگردها

وصله میلگردها ← پوششی، مکانیکی، یا جوشی  
روش پوششی ← دو میلگرد در محل مربوطه و در طول معینی روی هم قرار بگیرند.



(طول مزبور بر حسب کششی یا فشاری بودن میلگرد و قطر و شکل و حد جاری شدن

میلگرد در آئین نامه‌های بتن آرمه ذکر گردیده است.)

روش مکانیکی ← با پیچ و مهره یا کام و زبانه دو میلگرد بهم متصل می شوند.

روش جوشی ← دو میلگرد با استفاده از دو میلگرد پوششی یا غلاف یا به روش نوک به نوک متصل

(طبق بسیاری از آئین‌نامه‌ها وصله جوشی حداقل ۱۲۵ درصد مقاومت جاری شدن میلگرد را

باید دارا باشد.)

روش جوشکاری ← جوش دادن ترمیت، جوش دادن با اکسی استیلن، جوشکاری مقاومتی و غیره

## ۱۲- تمیز کردن میلگردها

میلگردها و آرماتوربندی ← نباید به خاک و گل، روغن و گریس و غیره آلوده بوده و یا زنگ زده باشند.

رفع آلودگی و زنگ زدگی ← برس زبر فولادی، ماسه‌پاشی، شستن با اسید فسفریک ۱۵ درصد و سپس

آب

## ۱۳- حمل، نصب و استقرار میلگردها

آرماتورها به محل ذکر شده در نقشه‌های اجرایی حمل، مستقر و تثبیت شده به نحوی که جابجا نشود.

مفتول آرماتوربندی ← نه چندان خشک باشند که پیچاندن آنها مشکل

باشد.

(جابجا نشدن و کماتش نکردن میلگردها هنگام وقوع زلزله) ← نه چندان نرم که میله‌ها را

به خوبی به یکدیگر نشارند.

## ۱۴- پوشش بتن روی میلگرد

برای حفظ پوشش بتن روی میلگرد:





قطعات شن ← به دلیل گرد بودن دانه‌ها از زیر شبکه کنارمی‌روند و مناسب نیستند.

لقمه‌های ماسه و سیمان ← ملات به ضخامت مساوی پوشش بتن روی میلگرد

لقمه‌های کائوچویی و پلاستیکی

لقمه‌های سیمی، خرکها ← فاصله شبکه میلگرد تا کف بتنی خیلی زیاد است.

(در صورت خورنده بودن محیط مناسب نیستند) (خرکها معمولا در شالوده و روی بتن نظافت

قرار دارد و امکان زنگ زدن بسیار کم)

### ۱۵- رواداری های آرماتوربندی

رواداری یا **Tolerance** به معنی تفاوت مجاز و حدود قابل تحمل می باشد و انحراف مجاز

کمیته بین المللی بتن CEB ← بریدن میلگرد، خم کردن میلگرد، پوشش بتن روی میلگرد،

فاصله میلگردهای موازی باهم، قرارگیری میلگرد در مقطع

عرضی در محل تعیین شده

### ۱۶- کارگاه آرماتوربندی شامل:

انبار میلگرد، محل برش، محل خم کردن، محل به هم بستن میلگردها، انبار آرماتور آماده

امتداد قرار گرفتن میلگردها در انبار کردن، موازی امتداد خط فعالیت تخلیه، برش و خم کردن

علاوه بر انبار میلگرد آماده مصرف + انباری برای نگهداری افت و ریز میلگردها به ظرفیت یک کامیون