

## میلگرد فولادی، مقاصد و چشم اندازها

اساساً انواع مختلف میلگرد ساختمانی در ساخت سازه های بتن مسلح ( یا آرمه ) های مهم استفاده میشود که در شاخص های کیفیت آن تقاضای زیادی را ایجاد می کند. تقاضای این فلز به ازای هر 1 متر مکعب بتن مسلح ( یا آرمه ) به طور متوسط 70 کیلوگرم یا 10-25٪ هزینه بتن مسلح است. تاثیر استفاده از سازه های بتونی آرمه تا حد زیادی به ویژگی های مصرفی میلگرد بستگی دارد. به عنوان مثال، استفاده از میله تقویت شده ترمومکانیکی با استحکام 500 - 1200 نانوگرم بر میلی متر مربع با کاهش ضرایب هزینه، باعث افزایش راندمان استفاده از فلز تا 15-35٪ می شود. مثلاً، استفاده از 500 هزار تن در سال از چنین ورقه های میلگرد تقویت شده ترمومکانیکی، باعث صرفه جویی در 169.5 میلیون کیلو وات ساعت برق یا 37 هزار تن سوخت معادل میشود. کارخانه های متالورژی کشورهای CIS ( مشترک المنافع ) میلگرد ساختمانی با قطر 6-40 میلیمتر با انتها درجه ناپایداری (سیالیت) 1200-235 نانوگرم بر میلی متر مربع میسازند. تحویل میلگرد در دسته های با طول هم اندازه و غیرهم اندازه انجام میشود. بسته به ویژگی های مکانیکی، میلگرد نوردگرم و میلگرد تقویت شده ترمومکانیکی، به دسته هایی تقسیم میشوند.

## فولاد نورد گرم مطابق با GOST 5781.

قابلیت جوشکاری میلگردها توسط ترکیب شیمیایی فولادی که از آن ساخته شده و فناوری تولید آن، فراهم می شود. مقدار معادل کربن (C) برای ورقه میلگرد جوش داده شده کلاس A400 باید در محدوده 0.3 - 0.52٪، برای کلاس A500 0.35 - 0.52٪، و برای کلاس A600 0.4 - 0.65٪ باشد.

مقدار معادل کربن را براساس فرمول زیر محاسبه میکنیم:

$$C = C + Mn/6 + (Cr + V + Mo)/5 + (Cu + Ni)/15,$$

که مقدار حجم و علامت اختصاری C, Mn, Cr, V, Mo, Cu, Ni به ترتیب کربن، منگنز، کروم، وانادیم، مولیبدن، مس و نیکل به % می باشند.

جدول 1:

| کلاس میلگرد | قطر میله | نوع فولاد                             | منتها درجه ناپایداری (سیالیت) $H/mm^2$ | مقاومت موقتی به شکاف $H/mm^2$ | امتداد نسبی | آزمون خم شدگی در شرایط سرد، grad (گراد واحد زاویه) |
|-------------|----------|---------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------|-------------|----------------------------------------------------|
| A_1(A240)   | 6-40     | Ct3<br>kn,<br>Ct3<br>nc,<br>Ct3<br>cn | 235                                    | 373                           | 25          | 180،<br>c=d                                        |

(برای نمونه فقط 1 ردیف از اطلاعات هرستون آورده شده است).

صفحه 2: معادل کربن برای فولاد کلاس A-400 را براساس فرمول زیر تعیین میکنیم: میلگرد فولاد کلاس A1Y (A600) - A1 (240) فولاد نورد گرم، کلاس (AY (A800 - با درجه حرارت کم، کلاس (A- Y1 (1000 - با درجه حرارت پایین و یا عملیات حرارتی در جریان کارخانه متالورژی (ساخت فلزات) را میسازند.

برای مسلح کردن (آرمه سازی) سازه های بتنی آرمه مطابق با GOST 10884 ، آرماتور سخت شده ترمومکانیکی با قطر 40/10 میلی متر از فولادهای آلیاژ کم و کربنی، از مقدار و اندازه سخت کردن حرارتی که توسط کارخانه سازنده انتخاب می شوند، را تهیه میکنند.

میلگرد فولاد به 6 کلاس بسته به حداقل منتهای درجه ناپایداری (سیالیت) (H/ MM2) و ویژگی های کاربردی تقسیم میشود (C - قابل جوشکاری ، K - مقاوم در برابر ترک خوردگی تحت کشش).

میلگرد حرارتی سخت شده

اغلب میلگرد (At-V) - At800 با قطر 10-14 میلی متر استفاده میشود. اصلی ترین تولیدکنندگان میلگرد حرارتی سخت شده- (کارخانه سیورستال Severstal) با قطر 14 میلیمتر، و کارخانه West-Siberian Metal Plant با قطر 12-18 میلیمتر هستند. این میلگرد امروزه در ساخت کف پیش ساخته (floor slabs) استفاده میشود.

خصوصیات مکانیکی میلگرد فولاد حرارتی سخت شده کلاس های مختلف، از جمله میلگرد جوشکاری شده و مقاوم در برابر ترک خوردگی تحت کشش، قبل و بعد از گرمایش الکتریکی، و همچنین نتایج آزمون خم شدگی باید با مطالبات جدول 3 مطابقت داشته باشند.

میلگرد برای سازه های آرمه با قطر 6-12 میلی متر در دسته های از 500 تا 2000 کیلوگرمی عرضه میشود. معمولاً، این میلگرد کلاس A1-3 است. اساساً میلگرد کلاس A3 و A-V1 به صورت ورقه - میله های پروفیل دوره ای با قطر 10-40 میلی متر عرضه میشود. معمولاً میلگرد نورد گرم با طول هم اندازه 6.8-11.2 میلی متر تولید میشود. سفارشات با طول میله های تا 25 میلی متر نیز مشاهده میشوند. میلگرد نورد گرم جوشکاری شده مطابق GOST 5781 با طول غیر هم اندازه از 3 تا 9 میلیمتر نیز عرضه میشود، که بعداً برای مصرف کننده توسط دستگاه های جوشکاری جوش داده میشود.

اخیراً کارخانه ها ندرتاً میلگرد کلاس A1 مطابق GOST 5781 را تولید میکنند، بجای آن، حلقه مطابق GOST 535، را که بعنوان میلگرد ساختمانی نمیتوان از آن استفاده کرد را نورد میکنند. میلگرد ترمومکانیکی سخت شده برای سازه های پیش ساخته مطابق با GOST 10884 فقط با طول هم اندازه ی معمولاً 6.8 و 7.5 میلیمتر تولید میشوند.

براساس شکل ظاهر، میلگردها از لحاظ پیکربندی متفاوت هستند- براساس محل قرارگیری و شکل دنده های عرضی. بعضی از انواع میلگردهای تناوبی تولید شده در کارخانجات متالورژی، در شکل 1 آورده شده است.

TY PB 04778771.001-2001 " ورقه میلگرد نورد گرم و میلگرد سخت شده ترمومکانیکی برای سازه های آرمه " ، بعنوان سند محکم و استاندارد برای میلگرد تولیدی محسوب میشود.

ورقه میلگرد پروفیل تناوبی با دو دنده طولی یا بدون آنها و با برآمدگی های هلالی شکل عرضی که دنده های طولی را قطع نمی کنند و در امتداد یک خط مارپیچ می آید و در طرفین پروفیل جهات مختلفی دارد، ساخته میشود.

تولید "БМЗ" "РУП" به طور سودمندانه ای از میلگرد عرضه شده در بازار ساختمان، نسبت به سایر کارخانه ها (2) متفاوت است. مثلا، فولاد میلگردی "کارخانه Mechel" به مطالبات GOST پاسخ میگوید. نقص عمده- شاخص های استاندارد ویژگی های مکانیکی و ترکیب شیمیایی نزدیک به ( ماکزیموم و مینیموم) است. گاهی اندازه ها را دست به دست میکنند( به جای 8 میلیمتر 9 میلیمتر و به جای 10- 11 میلیمتر) بدست می آید.

میلگرد "OAO" "MMK" اغلب از نظر محتوای کربن و منگنز دارای انحرافات از GOST است. کم باری(باربه اندازه کافی) وجود دارد ، به خصوص که در بعضی موارد بسته های 7-10 تنی حمل می شود، اگرچه بیشتر جرثقیل ها در اماکن ساختمانی برای 5 تن طراحی شده اند.

جدول 2:

| کلاس فولاد میلگردی   | قطر اسمی mm | مارک فولاد              |
|----------------------|-------------|-------------------------|
| AT400(AT-111C)At500C | 40-6        | Ct3cn.Ct3nc.Ct3cn.Ct5nc |

(برای نمونه فقط 1ردیف از اطلاعات هرستون آورده شده است).

صفحه 3:

اغلب در واگن، 15% بیشتر میلگرد غیر هم اندازه طولی قرار دارد. در برابر این پیش زمینه، میلگرد BM3 تاثیر خوبی دارد، جاییکه جعبه های 5 تنی به جعبه های کوچکتر 2-3 تنی تبدیل شده اند و میلگرد هم اندازه و غیر هم اندازه مطابق سفارشها در واگن حمل میشود.

میلگرد اوکرایینی نزد مصرف کنندگان محبوبیت ندارد. این بدلیل تعداد زیاد میلگرد غیر هم اندازه طولی، و از بین رفتن سریع کالاها و همچنین کیفیت پایین است. کمترین ادعاهای ورقه ها، مربوط به شرکت فولاد اوکرایینی ArcelorMittal Kryvyi Rih (به روسی Криворожсталь) است.

ضمن تولید محصول مطابق شرایط تکنولوژی خود، اکثر کارخانه ها ضمن تمرکز بر АСЧМ СТО 7-93 " ورقه پروفیل تناوبی از جنس میلگرد فولادی " در تلاش به سمت متحدالشکل کردن هستند. این سند استاندارد شامل کلاس های A400C.A500C.A600C - میلگرد میله ای و حلقه ای (دسته ای)، که بعنوان میلگرد نورد گرم بدون پردازش آتی، میلگرد سخت شده ترمومکانیکی در تولید بلا انقطاع دستگاهها، میلگرد سخت شده مکانیکی در شرایط سرد میشود.

باید خاطرنشان کرد، که عملا در بازار، میلگرد پروفیل تناوبی با قطر 6 میلیمتر وجود ندارد. این امر به این دلیل است که عملیات نورد (یا لول کردن، یا ورقه کردن به انگلیسی Rolling) میلگرد نورد گرم قطرهای کوچک، به دلیل از بین رفتن بهره وری دستگاههای فلز ورقه کنی، برای کارخانه ها سودمند نیست [3]. فناوری تولید میلگرد با روش دفرمه کردن سرد در ابزار draw plate قرقره ای (گرد)، به کمک دستگاه سیم سازی، مشهور است. بعنوان مقابله سیم با قطر 6-12 میلیمتر بکار میرود. در بلاروس، چنین میلگردی کمیاب است و به تعداد نه چندان زیادی از روسیه آورده میشود. نیاز به میلگرد با قطر 8-5 میلیمتر، حدود 27 هزار تن در سال است.

امروزه، پروفیلهای میلگردی شامل مفتول (سیم) هایی برای آرمه کردن B-1.B-2، هستند و در کشورهای CIS بر طبق 32 سند معیار تولید میشوند.

تعداد قابل توجه میلگردها در بازار خارجی منطبق با تقاضاهای استاندارد اروپا ISO، ENV10080.1995، 69341.1990، ISO 6935-2.1990، استاندارد بریتانیای کبیر BS 4449-97، استاندارد آلمان DIN 448.1984، استاندارد ایالات متحده آمریکا ASTM A722-90، ASTM A706/ A705M-90، ACI و 439، 4R-89 عرضه میشوند. هدف کلی کارخانجات تولید کننده میلگرد، متحدالشکل کردن تقاضاها و ساختن میلگرد فولادی جوشکاری شده کلاس A400C و A500C با محتوای کربن کمتر از 0.22%، بدست آمده با روش فرآیند سخت کردن ترمومکانیکی می باشد. بر اساس نظر НИИЖБ (موسسه روسی در زمینه بتون و میلگرد و آرمه)، تولید میلگرد دارای آلیاژ کروم و دارای آلیاژ کم وانادیوم و بوریم، موجه است.

شکل 3: انواع اساسی پروفیل تناوبی (به انگلیسی Periodic profile) برای آرمه کردن سازه های آرمه.

جدول 3:

|        |          | مکانیکی  | های            | ویژگی             |         |            |            |
|--------|----------|----------|----------------|-------------------|---------|------------|------------|
| کلاس   | قطر اسمی | دمای     | مقاومت         | منتهای درجه       | امتداد) | آزمون خم   | قطر ماندزل |
| میلگرد | mm       | گرمای    | موقتی          | ناپایداری)        | کشیدگی  | شدگی، grad | Mandrel    |
| فولاد  |          | الکتریکی | H/m            | سیالیت)           | (نسبی   | (گراد واحد | میلیمتر    |
| ی      |          | c        | m <sup>2</sup> | H/mm <sup>2</sup> |         | (زاویه     |            |

( فقط عناوین جدول 3 ترجمه شده است).

صفحه 4:

РУП БМЗ (کارخانه فولاد بلاروس) به همراه کارخانه فولاد روسیه НИИЖБ، اولین کارخانه هایی هستند که متحدالشکل کردن و تولید میلگرد کلاس A500C را آغاز کرده اند. برای نیازهای ساخت و ساز، پارت های آزمایشی میلگرد با طول 24.2 متر عرضه شد. با افزایش سهم ساخت و ساز مسکن یکپارچه، این میلگرد تقاضای زیادی دارد. تکنولوژی تولید میلگرد مارپیچ، که امسال БМЗ به همراه НИИЖБ روسیه شروع به بکار بستن آن کرده اند، ممکن است به عنوان یک گزینه پیشنهاد شود. علاوه بر این، تولید میلگرد مارپیچ کلاسهای A500C، AT800، AT1000 در گونه های مختلف با قطر از 12 تا 36 میلیمتر پیش بینی کرد(4). برای نخستین بار وظیفه تحویل کامل آن به درخواست مشتری به همراه مهره و انواع مختلف بست اتصالی (used in piping or plumbing) (coupling or coupler) مطرح می شود. امروزه، РУП БМЗ کارهای دایمی در جهت گسترش گونه ها، افزایش ویژگیهای مکانیکی میلگرد فولادی و کسب گواهینامه استانداردهای بین المللی انجام میدهد.

اسناد ثبت اختراع جدید در زمینه ریخته گری و متالورژی در صندوق ثبت اختراع کتابخانه علمی- فنی جمهوری بلاروس:

1. سند ثبت اختراع МПК, РБ 3816 (International Patent Classification (IPC)) 05/1, C22C9/00. ماده پودری مقاوم در برابر سایش برای گره های اصطحاک. این اختراع مربوط به حوزه متالورژی پودر، من جمله ماتریال های کمپوزیسیونی پودری می باشد و ممکن است بعنوان مواد ضد اصطحاک مقاوم در برابر سایش در صنایع فلزگری و کاغذ و سایر حوزه های ماشین سازی استفاده شود.

2. سند ثبت اختراع МПК, آلمان 19816158 (International Patent Classification (IPC)) C22C 38/06. روش بدست آوردن فولاد ورقه ای الکترو تکنیکی. فولاد ورقه ای حاوی 0.008-0.025% آلومینیوم، 2.8-3.5% سیلیکون، 0.1-0.7 مس، 0.005-0.012% ازت، کمتر از 0.06% کربن، 0.1-0.3% منگنز. مواد اولیه به سطوح صاف جابجا می شوند. مواد تا 1230-1300 c گرم میشوند و در معرض عملیات نورد گرم (یا لول کردن، یا ورقه کردن به انگلیسی Rolling) ، نورد سرد دو مرحله ای و کوینچ (به انگلیسی Quenching) قرار میگیرند. در مرحله بعد مواد با لایه ای از اکسید منیزیم پوشانده میشود و در معرض عملیات داغ شدن با درجه حرارت بالا قرار میگیرد.

3. سند ثبت اختراع МПК, ایالات متحده آمریکا, 5964920 (International Patent Classification (IPC)) C22B 9/00. روش و وسیله برای احیای ذرات فلزی. برای رساندن ذرات به درون ذوب جریان یافته از طریق نیم دایره غیر مغناطیسی زیر سطح مذاب، از توان مغناطیسی استفاده میکنند. وسیله ای هست برای ریختن مذاب به نیم دایره و مغناطیس، که میدان مغناطیسی میسازد، خطوط جریانی که از میان نیم دایره و کمی هم از سطح مذاب عبور میکند. مکانیزم بارگیری (دریافت) روی سطح جریان مذاب قرار دارد. ذرات تحت تاثیر نیروی سیالیت به سطح مذاب میرسد و زیر سطح میدان مغناطیسی فرو میرود.