خلاصه کاربردی از استاندارد ASTM A516/A516M

خلاصه مهندسی استانداردASTM A516/A516M-25

صفحات فولادی کربنی برای مخازن تحت فشار در سرویس دماهای متوسط و پایین

Standard Specification for Pressure Vessel Plates, Carbon Steel, for Moderate- and Lower-Temperature Service

تهیه‌شده توسط:سایت و کانال آموزشی مواد متال

وب‌سایت:mavadmetal.ir

کانال:@mavadmetal

مقدمه

۱ .جایگاه استاندارد ASTM A516 در صنعت

استاندارد ASTM A516/A516M یکی از استانداردهای مهم و پرکاربرد در صنعت فولاد و تجهیزات تحت فشار است که مشخصات صفحات فولادی کربنی مورد استفاده عمدتاً در ساخت مخازن تحت فشار جوش‌شده (Welded Pressure Vessels)را تعیین می‌کند. این استاندارد به‌ویژه برای کاربردهایی در دماهای متوسط و پایین طراحی شده است که در آن‌ها برخورداری از چقرمگی نوچ (Notch Toughness) اهمیت دارد.

برخلاف فولادهای سازه‌ای عمومی مانند ASTM A36 یا ASTM A283 که عمدتاً برای کاربردهای سازه‌ای و تحمل بارهای عمومی استفاده می‌شوند، ASTM A516مشخصات فولاد مورد استفاده در تجهیزات تحت فشار را با تأکید بر خواص مکانیکی، ترکیب شیمیایی، عملیات حرارتی و الزامات مربوط به چقرمگی مشخص می‌کند.

این استاندارد چهار گرید با سطوح استحکام متفاوت را پوشش می‌دهد:

- Grade 55 [380]
- Grade 60 [415]
- Grade 65 [450]
- Grade 70 [485]

در میان این گریدها، Grade 70 به دلیل برخورداری از استحکام کششی و حد تسلیم بالاتر، یکی از گریدهای پرکاربرد در ساخت تجهیزات تحت فشار است. البته انتخاب گرید مناسب باید بر اساس محاسبات طراحی، شرایط سرویس، الزامات کد طراحی و مشخصات پروژه انجام شود.

mavadmetal.ir

۲ .هدف از تهیه این سند

استاندارد ASTM A516/A516M به دلیل تنوع گریدها، محدودیت‌های ترکیب شیمیایی وابسته به ضخامت، الزامات عملیات حرارتی، خواص مکانیکی و الزامات تکمیلی، نیازمند بررسی دقیق در مراحل طراحی، خرید، ساخت و بازرسی است.

این خلاصه مهندسی با هدف ارائه یک مرجع سریع و کاربردی تهیه شده است تا مهندسان مکانیک، طراحان مخازن تحت فشار، کارشناسان متالورژی، بازرسان QC/QA و کارشناسان تأمین بتوانند مهم‌ترین الزامات استاندارد را به‌صورت منظم و قابل‌فهم بررسی کنند.

موضوعات اصلی این سند عبارت‌اند از:

- شناخت دامنه کاربرد و گریدهای استاندارد
- بررسی الزامات عمومی و اسناد مرجع
- شناخت الزامات مواد و روش ساخت
- بررسی شرایط عملیات حرارتی و نرمالیزاسیون
- کنترل ترکیب شیمیایی و محدودیت عناصر آلیاژی
- بررسی خواص کششی و مکانیکی
- شناخت الزامات تکمیلی(Supplementary Requirements)
- بررسی الزامات ویژه S54 برای سرویس آلکیلاسیون اسید هیدروفلوئوریک(HF Alkylation)

۳ .کاربردهای اصلی این فولاد در پروژه‌ها

بر اساس دامنه کاربرد استاندارد و کاربردهای صنعتی متداول، صفحات فولادی ASTM A516 در ساخت تجهیزات و اجزای تحت فشار، از جمله موارد زیر، مورد استفاده قرار می‌گیرند:

- مخازن تحت فشار(Pressure Vessels)
- دیگ‌های بخار(Boilers)
- مبدل‌های حرارتی(Heat Exchangers)

mavadmetal.ir

- راکتورهای صنعتی(Reactors)
- تجهیزات فرآیندی پالایشگاه‌ها و مجتمع‌های پتروشیمی
- تجهیزات صنایع نفت، گاز و نیروگاهی
- مخازن و تجهیزات تحت فشار در سرویس‌های دمای متوسط و پایین
- تجهیزاتی که برخورداری از چقرمگی نوچ مناسب در شرایط سرویس اهمیت دارد.
- تجهیزات مورد استفاده در سرویس آلکیلاسیون اسید هیدروفلوئوریک، در صورت سفارش و انطباق با الزامات تکمیلیS54 .

نکته مهندسی:مناسب بودن یک گرید برای کاربرد مشخص، صرفاً با استناد به ASTM A516 تعیین نمی‌شود و باید شرایط طراحی، دمای کارکرد، فشار، ضخامت، الزامات چقرمگی و کد طراحی مربوطه نیز بررسی شوند.

۴ .مخاطبان این سند

این خلاصه مهندسی برای گروه‌های زیر در سازمان‌های مهندسی، ساخت و بازرسی تهیه شده است:

- **مهندسان طراح مکانیک و مخازن تحت فشار:**برای انتخاب گرید، بررسی خواص مکانیکی و تعیین مشخصات مواد.
- **مهندسان ساخت و جوشکاری:**برای شناخت الزامات عملیات حرارتی، جوش‌پذیری و شرایط ساخت.
- **مهندسان متالورژی:**برای بررسی ترکیب شیمیایی، ساختار متالورژیکی و الزامات چقرمگی.
- **بازرسان کنترل کیفیت:(QC/QA)** برای بررسی گواهی مواد(MTC)، نتایج آنالیز شیمیایی، آزمون‌های مکانیکی و الزامات بازرسی.
- **کارشناسان تأمین و بازرگانی:**برای سفارش‌گذاری صحیح و جلوگیری از جایگزینی نامناسب مواد.
- **دانشجویان و مهندسان تازه‌کار:**برای آشنایی با الزامات فولادهای مورد استفاده در مخازن تحت فشار.

۵ .نکات طلایی برای استفاده‌کنندگان(Engineering Tips)

هنگام انتخاب، سفارش‌گذاری، ساخت و بازرسی صفحات فولادیASTM A516 ، نکات زیر اهمیت ویژه‌ای دارند:

A516 ۱ .یک استاندارد مخصوص صفحات فولادی مخازن تحت فشار است.

mavadmetal.ir

این استاندارد را نباید بدون بررسی الزامات طراحی و تأیید مهندس مسئول، جایگزین استانداردهای فولادهای سازه‌ای مانند A36 یا A283 کرد. تفاوت در کاربرد، خواص مکانیکی و الزامات طراحی باید در نظر گرفته شود.

۲ .ضخامت بیشتر از ۱,۵۰ اینچ [40 mm] مستلزم نرمالیزاسیون است.

طبق بند ۵,۲ استاندارد، صفحات با ضخامت بیشتر از ۱,۵۰ اینچ [40 mm] باید نرمالیزه شوند و حالت As-Rolled برای آن‌ها قابل قبول نیست.

۳ .آزمون چقرمگی نوچ و عملیات حرارتی

اگر آزمون چقرمگی نوچ برای صفحات با ضخامت حداکثر ۱,۵۰ اینچ [40 mm] الزامی باشد، صفحات باید نرمالیزه شوند؛ مگر آنکه خریدار شرایط دیگری را مشخص کرده باشد.

۴ .انتخاب گرید باید بر اساس طراحی انجام شود.

Grade 70دارای استحکام کششی و حد تسلیم بالاتری نسبت به گریدهای پایین‌تر است؛ اما ازدیاد طول حداقل آن کمتر است. بنابراین انتخاب آن صرفاً به دلیل استحکام بالاتر، همیشه بهترین تصمیم مهندسی نیست.

۵ .الزامات S54 برای سرویسHF Alkylation

در صورت سفارشS54 ، الزامات ویژه‌ای شامل نرمالیزاسیون، محدودیت کربن معادل(CE) ، محدودیت عناصر وانادیوم و نیوبیم، محدودیت مجموع نیکل و مس، الزامات مواد مصرفی جوش تعمیراتی و علامت‌گذاری HF-N اعمال می‌شوند.

۶ .فولاد باید Killed و دارای دانه‌بندی آستنیتی ریز باشد.

طبق بند ۴,۱، فولاد باید به‌صورت Killed تولید شده و الزامات اندازه دانه آستنیتی ریز (Fine Austenitic Grain Size)در ASTM A20/A20M را برآورده کند.

۷ .واحدهای اینچ–پوند و SI را با یکدیگر ترکیب نکنید.

طبق بند ۱,۵، مقادیر اینچ–پوند و SI هرکدام به‌صورت مستقل استاندارد هستند و نباید برای محاسبات انطباق، مقادیر این دو سیستم با یکدیگر ترکیب شوند.

دیسکلیمر (Disclaimer)

mavadmetal.ir

خلاصه کاربردی از استاندارد ASTM A516/A516M

این سند صرفاً یک مرجع سریع و تلخیص‌شده مهندسی (Engineering Summary) بر اساس استاندارد ASTM A516/A516M-25است و به هیچ عنوان جایگزین نسخه اصلی استاندارد منتشرشده توسط ASTM Internationalمحسوب نمی‌شود.

در صورت بروز هرگونه مغایرت بین این خلاصه و متن اصلی استاندارد، الزامات نسخه رسمی استاندارد و مفاد قرارداد و سفارش خرید ملاک عمل خواهند بود.

همچنین الزامات عمومی استاندارد ASTM A20/A20M و سایر کدها و مشخصات فنی مرتبط باید متناسب با کاربرد پروژه مورد بررسی قرار گیرند.

---

۱ .دامنه کاربرد(Scope)

استاندارد ASTM A516/A516M مشخصات صفحات فولادی کربنی (Carbon Steel Plates) را تعیین می‌کند که عمدتاً برای استفاده در مخازن تحت فشار جوش‌شده طراحی شده‌اند و در آن‌ها برخورداری از چقرمگی نوچ بهبودیافته اهمیت دارد.

این استاندارد چهار گرید با سطوح مختلف استحکام را پوشش می‌دهد.

جدول ۱. گریدها و محدوده استحکام کششی

گرید	استحکام کششی(ksi)	استحکام کششی(MPa)
Grade 55 [380]	55–75	380–515
Grade 60 [415]	60–80	415–550
Grade 65 [450]	65–85	450–585
Grade 70 [485]	70–90	485–620

نکات مهم دامنه کاربرد:

- حداکثر ضخامت صفحات تنها به توانایی ترکیب شیمیایی فولاد در تأمین خواص مکانیکی مشخص‌شده در استاندارد محدود می‌شود.
- برای صفحات تولیدشده از کویل (Coil) که بدون عملیات حرارتی یا صرفاً با عملیات تنش‌زدایی عرضه می‌شوند، الزامات اضافیASTM A20/A20M ، از جمله الزامات آزمون و گزارش نتایج، اعمال می‌شود.

- مقادیر تعیین‌شده در سیستم اینچ-پوند و SI مستقل از یکدیگر هستند و نباید با هم ترکیب شوند.

---

۲ .اسناد مرجع(Referenced Documents)

طبق بند ۲ استاندارد، اسناد ASTM زیر به‌عنوان مراجع اصلی معرفی شده‌اند:

استاندارد	عنوان و کاربرد
ASTM A20/A20M	الزامات عمومی صفحات فولادی مورد استفاده در مخازن تحت فشار
ASTM A435/A435M	آزمون فراصوتی پرتو مستقیم(Straight-Beam Ultrasonic Examination)
ASTM A577/A577M	آزمون فراصوتی پرتو زاویه‌دار(Angle-Beam Ultrasonic Examination)
ASTM A578/A578M	آزمون فراصوتی پرتو مستقیم برای صفحات فولادی نوردشده با کاربردهای ویژه

نکته ASTM A20/A20M:مرجع اصلی الزامات عمومی این استاندارد است و موضوعاتی مانند روش‌های آزمون، آزمون مجدد، تلرانس‌های ابعادی، کیفیت، تعمیر عیوب، علامت‌گذاری و اطلاعات سفارش‌گذاری را پوشش می‌دهد.

---

۳ .الزامات عمومی و اطلاعات سفارش‌گذاری(General Requirements and Ordering Information)

۳,۱ .انطباق باASTM A20/A20M

طبق بند ۳,۱، مواد عرضه‌شده بر اساس ASTM A516/A516M باید با الزامات عمومی ASTM A20/A20M مطابقت داشته باشند.

این الزامات شامل موارد زیر هستند:

- روش‌های آزمون و آزمون مجدد(Testing and Retesting)
- تلرانس‌های مجاز ابعادی و وزنی
- الزامات کیفیت مواد
- تعمیر عیوب(Repair of Defects)
- علامت‌گذاری(Marking)

mavadmetal.ir

- بارگیری و حمل
- اطلاعات سفارش‌گذاری(Ordering Information)

۳,۲ .الزامات تکمیلی

در کنار الزامات اصلی استاندارد، برخی الزامات تکمیلی (Supplementary Requirements) برای کنترل بیشتر، انجام آزمون‌های اضافی یا بازرسی‌های ویژه قابل اعمال هستند.

این الزامات تنها در صورت درخواست خریدار و درج در سفارش خرید (Purchase Order) اعمال می‌شوند.

۳,۳ .اولویت استانداردها در صورت بروز مغایرت

اگر بین الزامات ASTM A516/A516M و ASTM A20/A20M تضادی وجود داشته باشد، الزامات ASTM A516/A516Mارجحیت دارند.

۳,۴ .صفحات تولیدشده از کویل

کویل‌ها تا زمانی که به صفحات نهایی تبدیل نشده‌اند، مشمول تأیید صلاحیت بر اساس این استاندارد نیستند.

صفحات تولیدشده از کویل به صفحاتی گفته می‌شود که از طریق برش کویل به طول‌های مشخص تبدیل شده‌اند.

پردازشگر (Processor) مسئول مستقیم یا پاسخ‌گوی عملیات تبدیل کویل به صفحات نهایی است. این عملیات شامل موارد زیر می‌شود:

- بازکردن کویل(Decoiling)
- صافکاری(Leveling)
- برش به طول موردنظر(Cutting to Length)
- آزمون(Testing)
- بازرسی(Inspection)
- آماده‌سازی و اصلاح وضعیت سطح و عیوب مجاز(Conditioning)
- عملیات حرارتی، در صورت لزوم
- بسته‌بندی(Packaging)

mavadmetal.ir

- علامت‌گذاری(Marking)
- بارگیری برای حمل(Loading for Shipment)
- صدور گواهی مواد(Certification)

---

۴ .مواد و روش ساخت(Materials and Manufacture)

طبق بند ۴,۱ استاندارد، فولاد مورد استفاده در تولید صفحات ASTM A516 باید دو الزام اساسی زیر را برآورده کند:

۴,۱ .فولاد کشته‌شده(Killed Steel)

فولاد باید به روش Killed تولید شده باشد.

در این روش، اکسیژن محلول فولاد مذاب پیش از انجماد کنترل و حذف می‌شود تا از واکنش‌های نامطلوب گاززایی و تشکیل حفرات گازی در حین انجماد جلوگیری شود.

۴,۲ .اندازه دانه آستنیتی ریز(Fine Austenitic Grain Size)

فولاد باید الزامات اندازه دانه آستنیتی ریز مطابق ASTM A20/A20M را برآورده کند.

این الزام از نظر کنترل ساختار متالورژیکی و دستیابی به خواص موردنیاز اهمیت دارد.

---

۵ .عملیات حرارتی(Heat Treatment)

الزامات عملیات حرارتی صفحات ASTM A516 در بندهای ۵,۱ تا ۵,۴ استاندارد مشخص شده‌اند.

جدول ۲. الزامات عملیات حرارتی بر اساس ضخامت

الزام استاندارد	شرایط صفحه
معمولاً در حالت As-Rolled عرضه می‌شود.	**ضخامت ≥ ۱,۵۰ in [40 mm]**
امکان سفارش Normalized یا Stress Relieved یا هر دو وجود دارد.	**ضخامت ≥ ۱,۵۰ in [40 mm]**

mavadmetal.ir

نرمالیزاسیون اجباری است.	**ضخامت > 1.50 in [40 mm]**
نرمالیزاسیون الزامی است، مگر آنکه خریدار خلاف آن را مشخص کند.	**ضخامت ≥ ۱,۵۰ in [40 mm] همراه با الزام آزمون Notch Toughness**

۵,۱ .صفحات با ضخامت حداکثر ۱,۵۰ اینچ

طبق بند ۵,۱، صفحات با ضخامت حداکثر ۱,۵۰ اینچ [40 mm] معمولاً در شرایط نوردشده (As-Rolled) عرضه می‌شوند.

با این حال، خریدار می‌تواند هنگام سفارش، عملیات زیر را درخواست کند:

- Normalizing
- Stress Relieving
- Normalizing + Stress Relieving

۵,۲ .صفحات با ضخامت بیشتر از ۱,۵۰ اینچ

طبق بند ۵,۲، تمامی صفحات با ضخامت بیشتر از ۱,۵۰ اینچ [40 mm] باید نرمالیزه شوند.

۵,۳ .الزام نرمالیزاسیون در آزمون چقرمگی نوچ

طبق بند ۵,۳، هنگامی که آزمون چقرمگی نوچ برای صفحات با ضخامت حداکثر ۱,۵۰ اینچ [40 mm] الزامی باشد، صفحات باید نرمالیزه شوند؛ مگر آنکه خریدار شرایط دیگری را مشخص کرده باشد.

۵,۴ .سردکردن سریع‌تر از هوا و تمپر

طبق بند ۵,۴، با تأیید خریدار، سرعت سردکردن بیشتر از سردکردن در هوا مجاز است تا چقرمگی فولاد بهبود یابد.

شرط این کار آن است که صفحات پس از آن در محدوده دمایی زیر تمپر شوند:

1100–1300°F [595–705°C]

نکته مهندسی: سردکردن سریع‌تر از هوا، یک الزام عمومی برای تمام صفحات A516 نیست و تنها در صورت تأیید خریدار و انجام تمپر در محدوده دمایی تعیین‌شده مجاز است.

mavadmetal.ir

۶ .ترکیب شیمیایی(Chemical Composition)

ترکیب شیمیایی فولادهای ASTM A516 در جدول ۱ استاندارد مشخص شده است.

مقادیر مجاز عناصر شیمیایی به گرید و در برخی موارد به ضخامت صفحه وابسته هستند.

۶,۱ .کربن(Carbon)

حداکثر مقدار کربن مجاز برای هر گرید بر اساس ضخامت صفحه تعیین می‌شود.

جدول ۳. حداکثر مقدار کربن در گریدهای مختلف (درصد وزنی)

ضخامت صفحه	Grade 55	Grade 60	Grade 65	Grade 70
≤ 1/2 in [12.5 mm]	0.18	0.21	0.24	0.27
in [12.5–50 mm]۲ تا> 1/2	0.20	0.23	0.26	0.28
in [50–100 mm]۴ تا> 2	0.22	0.25	0.28	0.30
in [100–200 mm]۸ تا> 4	0.24	0.27	0.29	0.31
> 8 in [200 mm]	0.26	0.27	0.29	0.31

نکته:افزایش ضخامت صفحه، در برخی گریدها با افزایش حداکثر کربن مجاز همراه است. بنابراین کنترل ترکیب شیمیایی باید بر اساس ضخامت واقعی صفحه انجام شود.

۶,۲ .منگنز(Manganese)

مقدار منگنز به گرید، ضخامت و نوع آنالیز شیمیایی وابسته است.

استاندارد دو نوع آنالیز را در نظر می‌گیرد:

- آنالیز شیمیایی مذاب یا آنالیز کوره:Heat Analysis
- آنالیز شیمیایی محصول نهایی:Product Analysis

جدول ۴. محدوده منگنز در گریدهای مختلف (درصد وزنی)

ضخامت	نوع آنالیز	Grade 55	Grade 60	Grade 65	Grade 70

≤ 1/2 in [12.5 mm]	Heat Analysis	0.60–0.90	0.60–0.90*	0.85–1.20	0.85–1.20
≤ 1/2 in [12.5 mm]	Product Analysis	0.55–0.98	0.55–0.98*	0.79–1.30	0.79–1.30
> 1/2 in [12.5 mm]	Heat Analysis	0.60–1.20	0.85–1.20	0.85–1.20	0.85–1.20
> 1/2 in [12.5 mm]	Product Analysis	0.55–1.30	0.79–1.30	0.79–1.30	0.79–1.30

- **تبصره مربوط به Grade 60**: برای صفحات Grade 60 با ضخامت حداکثر ۲/۱ اینچ[12.5 mm] ، مقدار منگنز می‌تواند در Heat Analysis برابر ۰,۸۵–۱,۲۰ درصد و در Product Analysis برابر ۰,۷۹–۱,۳۰ درصد باشد.

نکته مهم درباره افزایش مجاز منگنز

طبق پاورقی B جدول ۱ استاندارد:

به ازای هر ۰,۰۱ درصد کاهش کربن نسبت به حداکثر مقدار تعیین‌شده، افزایش ۰,۰۶ درصد منگنز بالاتر از حداکثر مجاز اولیه امکان‌پذیر است.

این افزایش مشروط به رعایت محدودیت‌های نهایی زیر است:

- حداکثر منگنز در Heat Analysis: برابر ۱,۵۰ درصد
- حداکثر منگنز در Product Analysis: برابر ۱,۶۰ درصد

این اجازه برای هر چهار گرید مطرح‌شده در جدول ترکیب شیمیایی قابل اعمال است.

۶,۳ .سایر عناصر شیمیایی

جدول ۵. الزامات سایر عناصر شیمیایی

عنصر	نوع آنالیز	مقدار مجاز
فسفر(P)	حداکثر	0.025%
گوگرد(S)	حداکثر	0.025%
سیلیسیم(Si)	Heat Analysis	0.15–0.40%
سیلیسیم(Si)	Product Analysis	0.13–0.45%

mavadmetal.ir

مقادیر فسفر و گوگرد برای هر چهار گرید یکسان هستند.

نکته مهم: در جدول ۱ استاندارد ASTM A516/A516M-25 ، عنصر مس به‌عنوان یک عنصر دارای محدوده مستقل عمومی در جدول ترکیب شیمیایی معرفی نشده است. مقادیر ۱,۵۰ و ۱,۶۰ درصد مندرج در پاورقی B مربوط به حداکثر منگنز هستند، نه مس.

۶,۴ .تأثیر الزامات S17 بر ترکیب شیمیایی

طبق بند ۶,۱، ترکیب شیمیایی باید مطابق جدول ۱ باشد؛ مگر آنکه الزامات Supplementary Requirement S17 مربوط به Vacuum Carbon-Deoxidized Steel در ASTM A20/A20M اعمال شوند.

در صورت اعمال S17 ، ممکن است الزامات ترکیب شیمیایی مطابق مفاد آن اصلاح شوند.

---

۷ .خواص مکانیکی (Mechanical Properties)

خواص مکانیکی صفحات ASTM A516 در جدول ۲ استاندارد مشخص شده‌اند.

مهم‌ترین ویژگی‌های مکانیکی شامل موارد زیر هستند:

- Tensile Strength
- Yield Strength
- Elongation

۷,۱ .الزامات آزمون کشش (Tensile Requirements)

جدول ۶. خواص کششی گریدهای ASTM A516

گرید	استحکام کششی (ksi)	استحکام کششی (MPa)	حد تسلیم حداقل (ksi)	حد تسلیم حداقل (MPa)	ازدیاد طول در ۸ in [200 mm] حداقل (%)	ازدیاد طول در ۲ in [50 mm] حداقل (%)
Grade 55 [380]	55–75	380–515	30	205	23	27
Grade 60 [415]	60–80	415–550	32	220	21	25
Grade 65 [450]	65–85	450–585	35	240	19	23

navadmetal.ir

Grade 70 [485]	70–90	485–620	38	260	17	21

۷,۲ .روش تعیین حد تسلیم(Yield Strength)

طبق پاورقی A جدول ۲، حد تسلیم از طریق یکی از دو روش زیر تعیین می‌شود:

۱. روش ۰,۲ % Offset

۲. روش ۰,۵ % Extension Under Load

۷,۳ .اصلاح مقادیر ازدیاد طول

طبق پاورقی B جدول ۲، اصلاح مقادیر ازدیاد طول باید مطابق الزامات ASTM A20/A20M انجام شود.

۷,۴ .الزامات آزمون صفحات تولیدشده از کویل

طبق Note 1 در صفحه ۲ استاندارد، برای صفحات تولیدشده از کویل که بدون عملیات حرارتی یا صرفاً با عملیات Stress Relievingعرضه می‌شوند، سه نتیجه آزمون برای هر کویل واجد شرایط گزارش می‌شود.

سایر الزامات مربوط به صفحات تولیدشده از کویل در ASTM A20/A20M تشریح شده‌اند.

---

۸ .الزامات تکمیلی(Supplementary Requirements)

الزامات تکمیلی برای اعمال کنترل بیشتر بر کیفیت، خواص یا شرایط ساخت صفحات فولادی در نظر گرفته شده‌اند.

طبق متن استاندارد، این الزامات تنها زمانی اعمال می‌شوند که در سفارش خرید (Purchase Order) مشخص شده باشند.

جدول ۷. فهرست الزامات تکمیلی ASTM A516/A516M-25

شماره	عنوان الزام تکمیلی	توضیح
S1	Vacuum Treatment	عملیات خلأ
S2	Product Analysis	آنالیز شیمیایی محصول

mavadmetal.ir

S3	Simulated Post-Weld Heat Treatment of Mechanical Test Coupons	شبیه‌سازی عملیات حرارتی پس از جوشکاری روی کوپن‌های آزمون مکانیکی
S4.1	Additional Tension Test	آزمون کشش اضافی
S5	Charpy V-Notch Impact Test	آزمون ضربه شارپیV-Notch
S6	Drop Weight Test	آزمون وزن سقوطی برای مواد با ضخامت ۰٫۶۲۵ in [16 mm] و بیشتر
S7	High-Temperature Tension Test	آزمون کشش در دمای بالا
S8	Ultrasonic Examination	آزمون فراصوتی طبقASTM A435/A435M
S9	Magnetic Particle Examination	آزمون ذرات مغناطیسی
S11	Ultrasonic Examination	آزمون فراصوتی طبقASTM A577/A577M
S12	Ultrasonic Examination	آزمون فراصوتی طبقASTM A578/A578M
S17	Vacuum Carbon-Deoxidized Steel	فولاد کربن‌زدایی‌شده در خلأ

علاوه بر موارد فوق، استاندارد یک الزام تکمیلی ویژه با شماره S54 را برای سرویس آلکیلاسیون اسید هیدروفلوئوریک معرفی می‌کند که در بخش بعدی بررسی می‌شود.

نکته:فهرست الزامات تکمیلی استانداردشده در ASTM A20/A20M نیز وجود دارد. موارد بالا، الزامات تکمیلی معرفی‌شده در ASTM A516/A516M-25 هستند.

---

۹ .الزامات ویژه S54 برای سرویسHF Alkylation

Requirements for Carbon Steel Plate for Hydrofluoric Acid Alkylation Service

الزام تکمیلی S54 برای صفحات فولادی کربنی مورد استفاده در سرویس آلکیلاسیون اسید هیدروفلوئوریک (HF Alkylation)تدوین شده است.

این سرویس به دلیل شرایط ویژه خوردگی و حساسیت تجهیزات به رفتار متالورژیکی فولاد، نیازمند کنترل دقیق‌تر ترکیب شیمیایی، عملیات حرارتی و مواد مصرفی جوشکاری است.

mavadnet.ir

S54شامل الزامات ویژه‌ای است که در صورت درخواست خریدار و درج در سفارش خرید باید رعایت شوند.

۹,۱ .عملیات حرارتی(S54.1)

طبق بند S54.1 ، صفحات باید در شرایط عملیات حرارتی نرمالیزه‌شده (Normalized Heat-Treated Condition) عرضه شوند.

بنابراین، برای این سرویس، وضعیت نرمالیزه‌شده الزامی است.

۹,۲ .حداکثر کربن معادل(Carbon Equivalent)

طبق بند S54.2 ، حداکثر مقدار کربن معادل بر اساس ضخامت صفحه تعیین می‌شود.

جدول ۸. محدودیت Carbon Equivalent در S54

ضخامت صفحه	حداکثر Carbon Equivalent
≤ 1 in [25 mm]	0.43
> 1 in [25 mm]	0.45

۹,۳ .فرمول محاسبه Carbon Equivalent

طبق بند S54.3 ، کربن معادل باید با استفاده از فرمول زیر محاسبه شود:

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

که در آن:

- C: کربن
- Mn: منگنز
- Cr: کروم
- Mo: مولیبدن
- V: وانادیوم
- Ni: نیکل
- Cu: مس

mavadmetal.ir

مقادیر عناصر در این فرمول بر اساس درصد وزنی هستند.

۹,۴ .محدودیت وانادیوم و نیوبیم(S54.4)

طبق بند S54.4 ، حداکثر مقادیر مجاز وانادیوم و نیوبیم بر اساس Heat Analysis به شرح زیر است:

عنصر	حداکثر مقدار
Vanadium (V)	0.02%
Niobium (Nb)	0.02%
Vanadium + Niobium (V + Nb)	0.03%

نکته:نیوبیم در برخی منابع با نام قدیمی Columbium نیز شناخته می‌شود.

۹,۵ .محدودیت مجموع نیکل و مس(S54.5)

طبق بند S54.5 ، حداکثر مجموع نیکل و مس بر اساس Heat Analysis نباید از مقدار زیر تجاوز کند:

Ni + Cu ≤ 0.15%

۹,۶ .محدودیت کربن(S54.6)

طبق بند:S54.6

- حداقل مقدار کربن بر اساس Heat Analysis باید ۰,۱۸ درصد باشد.
- حداکثر مقدار کربن باید مطابق حداکثر مجاز برای گرید سفارش‌داده‌شده در استاندارد باشد.

بنابراین، علاوه بر رعایت محدودیت Carbon Equivalent ، حداقل و حداکثر کربن نیز باید کنترل شوند.

۹,۷ .الزامات مواد مصرفی جوشکاری تعمیراتی(S54.7)

طبق بند S54.7 ، مواد مصرفی مورد استفاده در جوشکاری تعمیراتی (Repair Welding) باید از نوع کم‌هیدروژن (Low-Hydrogen)باشند.

همچنین:

- استفاده از الکترودهای E60XX ممنوع است.
- ترکیب شیمیایی فلز جوش حاصل باید الزامات ترکیب شیمیایی مشابه فلز پایه را برآورده کند.

mavadmetal.ir

این الزام برای کنترل کیفیت جوش‌های تعمیراتی و جلوگیری از ایجاد شرایط نامطلوب در تجهیزات سرویس HF اهمیت دارد.

۹,۸ .علامت‌گذاری ویژه صفحات(S54.8)

علاوه بر الزامات عمومی علامت‌گذاری استاندارد، هر صفحه باید دارای مهر یا نشان زیر باشد:

HF-N

این علامت نشان‌دهنده انطباق صفحه با الزامات تکمیلی S54 است.

جدول ۹. خلاصه الزامات S54

موضوع	الزام
عملیات حرارتی	Normalized
حداکثر CE برای ضخامت ≥ ۱ in [25 mm]	0.43
حداکثر CE برای ضخامت > 1 in [25 mm]	0.45
فرمول CE	C + Mn/6 + (Cr+Mo+V)/5 + (Ni+Cu)/15
حداکثر V	0.02%
حداکثر Nb	0.02%
حداکثر V + Nb	0.03%
حداکثر Ni + Cu	0.15%
حداقل C	0.18%
حداکثر C	مطابق گرید سفارش‌داده‌شده
مواد مصرفی جوش تعمیراتی	Low-Hydrogen
الکترود ممنوع	E60XX

مطابق الزامات شیمیایی فلز پایه	ترکیب شیمیایی فلز جوش
HF-Nروی هر صفحه	**علامت‌گذاری**

نکته مهندسی مهم S54:یک الزام تکمیلی مستقل برای سرویس HF است و نباید الزامات آن را به تمام صفحات ASTM A516تعمیم داد. اعمال این الزامات منوط به سفارش صریح آن‌ها است.

---

۱۰ .خلاصه تغییرات نسخه ۲۰۲۵ استاندارد(Summary of Changes)

نسخه مورد بررسی این سند:

ASTM A516/A516M-25

بر اساس بخش Summary of Changes در انتهای استاندارد، کمیته ASTM A01 تغییر زیر را نسبت به نسخه قبلی شناسایی کرده است:

- در بخش ۳ استاندارد، بند ۳,۵ حذف شده است؛ زیرا محتوای آن با بند ۳,۳ همپوشانی و تکرار داشته است.

اطلاعات انتشار نسخه

اطلاعات	مشخصه
ASTM A516/A516M-25	**شماره استاندارد**
ASTM A516/A516M-17	**نسخه قبلی**
March 1, 2025	**تاریخ تأیید نسخه جدید**
March 2025	**تاریخ انتشار**
حذف بند ۳,۵ به دلیل تکراری بودن نسبت به بند ۳,۳	**تغییر اعلام‌شده**

نکته:این بخش صرفاً تغییر اعلام‌شده در Summary of Changes نسخه ۲۰۲۵ را بیان می‌کند و به معنی بررسی تمام تغییرات احتمالی نسخه‌های تاریخی استاندارد نیست.

---

navidmetal.ir

۱۱ .کلمات کلیدی(Keywords)

- Carbon Steel
- Carbon Steel Plate
- Pressure Containing Parts
- Pressure Vessel Steels
- Steel Plates for Pressure Vessels
- ASTM A516
- ASTM A516 Grade 55
- ASTM A516 Grade 60
- ASTM A516 Grade 65
- ASTM A516 Grade 70
- Pressure Vessel Materials
- Notch Toughness
- HF Alkylation Service
- Supplementary Requirements S54

تهیه و تدوین:سایت و کانال آموزشی مواد متال

وب‌سایت:mavadmetal.ir

کانال:@mavadmetal

Materials Engineering | Metallurgy | Welding | Inspection | Quality Control

mavadmetal.ir