



جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran

سازمان ملی استاندارد ایران

Institute of Standards and Industrial Research of Iran



استاندارد ملی ایران

۱۴۴۹۰

چاپ اول

ISIRI

14490

1St. Edition

محصولات تخت نوردیده از جنس فولادهای
الکتریکی سیلیسیم - آهن با دانه‌های جهت
دار و کاملاً فرایند شده

Standard Specification for Flat-Rolled,
Grain-Oriented, Silicon-Iron, Electrical
Steel, Fully Processed Types

ICS:77.140.50

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ تنها مرجع رسمی کشور است که وظیفه تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به عهده دارد.

نام موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب یکصد و پنجاه و دومین جلسه شورای عالی اداری مورخ ۹۰/۶/۲۹ به سازمان ملی استاندارد ایران تغییر و طی نامه شماره ۲۰۶/۳۵۸۳۸ مورخ ۹۰/۷/۲۴ جهت اجرا ابلاغ شده است. تدوین استاندارد در حوزه های مختلف در کمیسیون های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می شود و کوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانه صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف کنندگان، صادرکنندگان و وارد کنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان های دولتی و غیر دولتی حاصل می شود. پیش نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی نفع و اعضای کمیسیون های فنی مربوط ارسال می شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادات در کمیته ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می شود.

پیش نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان های علاقه مند و ذی صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می کنند در کمیته ملی طرح و بررسی و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می شوند که بر اساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته ملی استاندارد مربوط که سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می دهد به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد (ISO)^۱، کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)^۲ و سازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)^۳ است و به عنوان تنها رابط^۴ کمیسیون کدکس غذایی (CAC)^۵ در کشور فعالیت می کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی های خاص کشور، از آخرین پیشرفت های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین المللی بهره گیری می شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می تواند با رعایت موازین پیش بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری نماید. سازمان می تواند به منظور حفظ بازارهای بین المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه بندی آن را اجباری نماید. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمان ها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست محیطی، آزمایشگاه ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد ایران این گونه سازمان ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه تأیید صلاحیت به آن ها اعطا و بر عملکرد آن ها نظارت می کند. ترویج دستگاه بین المللی یکاها، کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1- International Organization for Standardization

2 - International Electrotechnical Commission

3- International Organization of Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legale)

4 - Contact point

5 - Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

"محصولات تخت نوردیده از جنس فولادهای الکتریکی سیلیسیم - آهن با دانه‌های جهت دار و کاملاً فرایند شده"

رئیس:

معینی‌فر، صادق
(دکتری مهندسی مواد)

سمت و / یا نمایندگی

هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی

دبیر:

منصوری، حسین
(فوق لیسانس مهندسی مکانیک)

کارشناس ارشد شرکت نفت و گاز اروندان

اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

آسیابان، امین
(لیسانس مهندسی مواد)

رئیس ناحیه نورد شرکت فولاد اکسین
خوزستان

بهرامی قلع سفیدی، مهدی
(فوق لیسانس مکانیک)

مدیر واحد بازرسی جهاد دانشگاهی
خوزستان

جاویدان، نیما
(لیسانس مهندسی مواد)

هماهنگ‌کننده بازرسی شرکت مهندسی و
بازرسی فنی ایکا

جنتی، حسین
(لیسانس مهندسی مکانیک)

کارشناس

جهان بخش، خسرو
(لیسانس مهندسی صنایع)

بازرس ارشد شرکت مهندسی و بازرسی فنی
ایکا

چراغی، حامد
(لیسانس مهندسی مواد)

کارشناس

چراغی، حسین
(فوق لیسانس مهندسی مواد)

کارشناس اداره کل استاندارد و تحقیقات
صنعتی خوزستان

داوودی، علی
(لیسانس مهندسی مواد)

کارشناس اداره کل استاندارد و تحقیقات
صنعتی خوزستان

مدیر پروژه شرکت ماشین‌سازی و صنایع فلزی اهواز پایا	شمس‌الدینی، روح‌الله (لیسانس مهندسی مکانیک)
سرپرست نت ناحیه تکمیلی شرکت فولاد اکسین خوزستان	صدری، محمد (لیسانس مهندسی مکانیک)
کارشناس ارشد شرکت ماشین‌سازی و صنایع فلزی اهواز پایا	علوی شوشتری، علی (فوق لیسانس مهندسی مواد)
مهندس تعمیرات شرکت پتروشیمی بندرامام	کرمی‌پور، مهدی (فوق لیسانس مهندسی برق)
مدیر گروه مهندسی ساخت و تولید دانشگاه فنی و حرفه‌ای اهواز	کریمی نسب، احمد (فوق لیسانس مهندسی مکانیک)
بازرس فنی شرکت مهندسی و بازرسی فنی ایکا	کلاه‌کج، علی (لیسانس مهندسی مکانیک)
کارشناس شرکت ماشین‌سازی و صنایع فلزی اهواز پایا	محمدی سرائیلانی، یوسف (لیسانس مهندسی مکانیک)
رئیس ناحیه عملیات تکمیلی شرکت فولاد اکسین خوزستان	محمود زاده، نشیم (لیسانس مهندسی مواد)
کارشناس ارشد شرکت فنی و مهندسی فولاد پایا	مومنی، فرزاد (فوق لیسانس مهندسی مکانیک)
کارشناس کنترل کیفیت شرکت ماشین- سازی و صنایع فلزی اهواز پایا	وحدتی، احمد رضا (لیسانس مهندسی مکانیک)
مدیر پروژه شرکت ماشین‌سازی و صنایع فلزی اهواز پایا	هدایتی فر، احسان (لیسانس مهندسی مکانیک)

فهرست مندرجات

عنوان	صفحه
آشنایی با مؤسسه استاندارد	ب
کمیسیون فنی تدوین استاندارد	ج
پیش گفتار	و
۱ هدف و دامنه کاربرد	۱
۲ مراجع الزامی	۱
۳ اصطلاحات و تعاریف	۲
۴ دسته‌بندی	۲
۵ شرایط	۳
۶ اطلاعات ارائه شده توسط خریدار	۴
۷ مواد و ساخت	۵
۸ خواص مغناطیسی	۶
۹ ویژگی‌های عایق سطحی	۶
۱۰ خواص فیزیکی و مکانیکی	۷
۱۱ ابعاد و تغییرات مجاز	۷
۱۲ کیفیت ساخت، پرداخت و ظاهر	۹
۱۳ نمونه‌برداری	۹
۱۴ آماده‌سازی نمونه	۱۰
۱۵ روش‌های انجام آزمون	۱۱
۱۶ گزارش آزمون	۱۱
۱۷ مردود کردن و عرضه مجدد	۱۱
۱۸ نشانه‌گذاری و بسته‌بندی	۱۲
پیوست الف (اطلاعاتی) ویژگی‌های عایق‌سازی و ضرایب ورقه‌ای معمول	۱۳

پیش گفتار

استاندارد " محصولات تخت نوردیده از جنس فولادهای الکتریکی سیلیسیم- آهن با دانه‌های جهت دار و کاملاً فرایند شده " که پیش نویس آن در کمیسیون‌های مربوط توسط مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران تهیه و تدوین شده و در ششصد و نود و سومین اجلاس کمیته ملی استاندارد مکانیک و فلز شناسی مورخ ۹۰/۱۰/۲۲ مورد تصویب قرار گرفته است ، اینک به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ ، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در مواقع لزوم تجدید نظر خواهد شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدید نظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی استفاده کرد.

منبع و مأخذی که برای تهیه این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است:

ASTM A876:2009, Standard Specification for Flat-Rolled, Grain-Oriented, Silicon-Iron, Electrical Steel, Fully Processed Types

محصولات تخت نوردیده از جنس فولادهای الکتریکی سیلیسیم- آهن با دانه‌های جهت دار و کاملاً فرایند شده

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد تعیین الزامات رده‌هایی از محصولات تخت نوردیده از جنس فولادهای الکتریکی با دانه‌های جهت‌دار و کاملاً فرایند شده^۱ است. این فولادها عموماً در هسته‌های ترانسفورماتورهای کاربرد دارند که در چگالی‌های شار مغناطیسی متوسط تا بالا و در فرکانس‌های قدرت تجاری (۵۰ Hz و ۶۰ Hz) کار می‌کنند.

این فولادهای الکتریکی با دانه‌های جهت‌دار، آلیاژهای سیلیسیم- آهن کم کربن با مقادیر سیلیسیم تقریبی ۳/۲٪ هستند که انجام فرایندهای متالورژیکی مناسب روی آن‌ها، موجب دستیابی به تلفات هسته کم و نفوذپذیری بالا در جهت نورد شده است.

این استاندارد برای فولادهای الکتریکی در رده‌های زیر کاربرد دارد:

۱- فولاد الکتریکی متداول با دانه‌های جهت‌دار که مطابق استاندارد ASTM A 343/A 343M در میدان مغناطیسی با قدرت T ۱/۵ آزمون شده است.

۲- فولاد الکتریکی متداول با دانه‌های جهت‌دار که مطابق استاندارد ASTM A 343/A 343M در میدان مغناطیسی با قدرت T ۱/۷ آزمون شده است.

۳- فولاد الکتریکی با دانه‌های جهت‌دار و نفوذپذیری بالا که مطابق استاندارد ASTM A 343/A 343M در میدان مغناطیسی با قدرت T ۱/۷ آزمون شده است.

۴- فولاد الکتریکی با دانه‌های جهت‌دار و نفوذپذیری بالا و خراش داده شده با لیزر^۲ که مطابق استاندارد ASTM A 804/A 804M در میدان مغناطیسی با قدرت T ۱/۷ آزمون شده است.

۲ مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد ملی ایران به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب آن مقررات جزئی از این استاندارد ملی ایران محسوب می‌شوند.

در صورتی که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدید نظرهای بعدی آن مورد نظر این استاندارد ملی ایران نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدید نظر و اصلاحیه‌های بعدی آن‌ها مورد نظر است.

استفاده از مراجع زیر برای کاربرد این استاندارد الزامی است:

1- Fully processed

2- Laser scribed

- 2-1** ASTM A34 / A34M, Standard Practice for Sampling and Procurement Testing of Magnetic Materials
- 2-2** ASTM A340, Standard Terminology of Symbols and Definitions Relating to Magnetic Testing
- 2-3** ASTM A343 / A343M, Standard Test Method for Alternating-Current Magnetic Properties of Materials at Power Frequencies Using Wattmeter-Ammeter-Voltmeter Method and 25-cm Epstein Test Frame
- 2-4** ASTM A345, Standard Specification for Flat-Rolled Electrical Steels for Magnetic Applications
- 2-5** ASTM A664, Standard Practice for Identification of Standard Electrical Steel Grades in ASTM Specifications
- 2-6** ASTM A700, Standard Practices for Packaging, Marking, and Loading Methods for Steel Products for Shipment
- 2-7** ASTM A717 / A717M, Standard Test Method for Surface Insulation Resistivity of Single-Strip Specimens
- 2-8** ASTM A719 / A719M, Standard Test Method for Lamination Factor of Magnetic Materials
- 2-9** ASTM A721, Standard Test Method for Ductility of Oriented Electrical Steel
- 2-10** ASTM A804 / A804M, Standard Test Methods for Alternating-Current Magnetic Properties of Materials at Power Frequencies Using Sheet-Type Test Specimens
- 2-11** ASTM A937 / A937M, Standard Test Method for Determining Interlaminar Resistance of Insulating Coatings Using Two Adjacent Test Surfaces
- 2-12** ASTM A976, Standard Classification of Insulating Coatings by Composition, Relative Insulating Ability and Application

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد اصطلاحات و تعاریف تعیین شده در استاندارد ASTM A340 به کار می‌رود.

۴ دسته‌بندی

شناسه‌گذاری ASTM انواع تلفات هسته مطابق استاندارد ASTM A664 ، برای فولادهای الکتریکی با دانه‌های جهت‌دار تحت پوشش این استاندارد، در جدول ۱ فهرست شده است.

جدول ۱- شناسه‌گذاری انواع تلفات هسته

فولاد الکتریکی متداول با دانه‌های جهت‌دار که مطابق استاندارد ASTM A 343/A 343M در میدان مغناطیسی با قدرت T ۱/۵ آزمون شده			
نوع تلفات هسته ASTM ^a	ضخامت مورد نظر نهایی ^b mm	حداکثر تلفات هسته ویژه ^c	
		۶۰ Hz W/kg	۵۰ Hz W/kg
18G041	۰/۱۸	۰/۹۰	۰/۶۸
23G045	۰/۲۳	۰/۹۹	۰/۷۵
27G051	۰/۲۷	۱/۱۲	۰/۸۵
30G058	۰/۳۰	۱/۲۸	۰/۹۷
35G066	۰/۳۵	۱/۴۶	۱/۱۱
فولاد الکتریکی متداول با دانه‌های جهت‌دار که مطابق استاندارد ASTM A 343/A 343M در میدان مغناطیسی با قدرت T ۱/۷ آزمون شده			
23H070	۰/۲۳	۱/۵۴	۱/۱۷
27H074	۰/۲۷	۱/۶۳	۱/۲۴
30H083	۰/۳۰	۱/۸۳	۱/۳۹
35H094	۰/۳۵	۲/۰۷	۱/۵۷
فولاد الکتریکی با دانه‌های جهت‌دار و نفوذپذیری بالا که مطابق استاندارد ASTM A 343/A 343M در میدان مغناطیسی با قدرت T ۱/۷ آزمون شده			
23P060	۰/۲۳	۱/۳۲	۱/۰۱
27P066	۰/۲۷	۱/۴۶	۱/۱۱
فولاد الکتریکی با دانه‌های جهت‌دار و نفوذپذیری بالا و خراش داده شده با لیزر که مطابق استاندارد ASTM A 804/A 804M در میدان مغناطیسی با قدرت T ۱/۷ آزمون شده			
23Q054	۰/۲۳	۱/۱۹	۰/۹۰
27Q057	۰/۲۷	۱/۲۸	۰/۹۷
^a به استاندارد ASTM A664 مراجعه کنید.			
^b این مقادیر، باید ضخامت‌های کل باشند که با استفاده از کولیس تماسی با مقیاس میکرون اندازه‌گیری شده‌اند.			
^c بر اساس آزمون‌های اِپستین با دانه‌های موازی که پس از برش، مطابق بند ۱۴-۲ تحت عملیات حرارتی تنش‌زدایی قرار گرفته‌اند.			
^d بر اساس آزمون‌های ورقه‌ای با دانه‌های موازی در شرایط برش خورده. عملیات حرارتی تنش‌زدایی، موجب از بین رفتن تأثیر خراش دادن لیزری در کاهش تلفات هسته می‌شود.			

۵ شرایط

۵-۱ فولادهای الکتریکی با دانه‌های جهت‌دار بر اساس کاربرد نهایی ممکن است در یکی از شرایط زیر (که ترکیبی از شکل ماده و نوع سطح یا عملیات صورت گرفته روی آن می‌باشد) خریداری شوند.

۵-۱-۱ NF شرایط

به شکل کلاف تابکاری شده با یک پوشش سطحی غیرآلی نوع C-2 (یادآوری را ببینید) می‌باشد. این ماده تخت نمی‌شود و بنابراین دارای انحنای ناشی از کلاف قابل توجهی می‌باشد. کاربرد اصلی آن در هسته‌های مارپیچ^۱ یا شکل داده شده‌ای^۲ است که در آن‌ها انحنای تسمه روی روش تولید یا عملکرد دستگاه تأثیر منفی نمی‌گذارد.

۵-۱-۲ F2 شرایط

به شکل ورق یا تسمه کلاف شده که از طریق حرارت، تخت شده و دارای یک پوشش سطحی غیر آلی نوع C-2 و نیز یک پوشش غیر آلی نوع C-5 نازک‌تر (نسبت به شرایط F5) روی پوشش اصلی C-2 می‌باشد. کاربرد اصلی آن در هسته‌های مارپیچ یا شکل داده شده‌ای است که در آن‌ها انحنای تسمه روی روش تولید تأثیر منفی می‌گذارد.

۵-۱-۳ F5 شرایط

به شکل ورق یا تسمه کلاف شده که از طریق حرارت، تخت شده و دارای یک پوشش سطحی غیر آلی نوع C-2 و نیز یک پوشش غیر آلی نوع C-5 روی پوشش اصلی C-2 به منظور افزایش مقاومت عایق در سطح می‌باشد. کاربرد اصلی آن برای ورقه‌های تخت برش خورده^۳ در هسته‌های ترانسفورماتورهای قدرت می‌باشد.

۵-۱-۴ PQ شرایط

به شکل ورق یا تسمه کلاف شده (گاهی اوقات تحت نام "با قابلیت سوراخ‌کاری"^۴) که در آن پوشش اصلی C-2 برداشته شده و یک پوشش غیر آلی نوع C-5 برای اهداف عایق‌سازی ایجاد می‌شود. کاربرد اصلی آن برای ورقه‌های تخت قالب‌زنی شده^۵ در هسته‌های کوچک دسته‌ای^۶ و فقط هنگامی است که به عایق‌سازی سطحی متوسط نیاز باشد.

یادآوری- برای اطلاعات بیشتر در مورد پوشش‌های سطحی نوع C-2 و نوع C-5 به استانداردهای ASTM A345 و ASTM A976 مراجعه کنید.

۵-۲ انواعی از تلفات هسته که دارای حروف نمادی P و Q هستند، فقط در شرایط F5 موجود هستند.

۶ اطلاعات ارائه شده توسط خریدار

۶-۱ برای مشخص کردن الزامات محصول مطابق این استاندارد، خریدار موظف است تمام اطلاعات مورد نیاز را مشخص کند. این ملزومات ممکن است شامل اطلاعات زیر باشد ولی لزوماً به آن‌ها محدود نمی‌شود:

۶-۱-۱ شماره این استاندارد ملی؛

-
- 1- Spirally wound cores
 - 2- Formed cores
 - 3- Flat sheared laminations
 - 4- Punching quality
 - 5- Stamped
 - 6- Small stacked cores

۶-۱-۲ شناسه ASTM نوع تلفات هسته، جدول ۱ را ببینید؛

۶-۱-۳ شناسه شرایط ماده، شکل و نوع سطح (بند ۵-۱ را ببینید)؛

۶-۱-۴ دسته انعطاف پذیری، در صورت نیاز؛

۶-۱-۵ عرض ورق یا تسمه؛

۶-۱-۶ طول، فقط در هنگام استفاده از طول های مقطوع؛

۶-۱-۷ وزن کل هر مورد سفارش داده شده؛

۶-۱-۸ محدودیت در وزن بار؛

۶-۱-۹ محدودیت در اندازه کلاف؛

۶-۱-۱۰ کاربرد نهایی، توصیه می شود خریدار مشخص کند که ماده سفارش داده شده برای تبدیل به ورقه های تخت برش خورده، ورقه های تخت قالب زنی شده، هسته های پیچیده^۱، هسته های پیچیده جفت شده^۲، هسته های ورقه ای شکل داده شده، هسته های ورقه ای جوش داده شده یا غیره به کار می رود. این کار به تولید کننده کمک می کند تا بتواند ماده مناسب تری برای روش های تولید بعدی خریدار تهیه کند.

۶-۱-۱۱ موارد استثنا یا الزامات ویژه.

۷ مواد و ساخت

۷-۱ این فولادها به طور معمول دارای حدود ۳/۲٪ سیلیسیم و باقی مانده آهن بوده و مقدار عناصر باقی مانده در آن ها حداقل می باشد. در صورت درخواست، تولیدکننده باید ترکیب شیمیایی ماده عرضه شده معمول را اعلام کند.

۷-۲ تولید این فولادها ممکن است با استفاده از کنورتور اکسیژنی قلیایی^۳ یا کوره الکتریکی انجام شود.

۷-۳ در صورتی که تولیدکننده گمان می کند تغییرات در ساخت محموله های متوالی می تواند روی عملکرد مغناطیسی یا مراحل تولید بعدی و در نتیجه استفاده نهایی اثر منفی بگذارد، باید در حداقل زمان ممکن پیش از ارسال محموله، به خریدار اطلاع دهد تا بتواند فرصت کافی برای ارزیابی این اثرات داشته باشد.

1- Wound cores
2- Bonded
3- Basic oxygen process

۸ خواص مغناطیسی

۸-۱ تلفات هسته

۸-۱-۱ حداکثر تلفات هسته ویژه مجاز در $1/5\text{ T}$ یا $1/7\text{ T}$ و فرکانس 50 Hz و 60 Hz ، تضمین و برای انواع تلفات هسته ASTM، در جدول ۱ فهرست شده است. برای بررسی انطباق با این الزامات، باید از روش‌های نمونه‌برداری، آماده‌سازی آزمون و انجام آزمون که در ادامه شرح داده می‌شود، پیروی شود.

۸-۱-۲ ماده‌ای که از محدوده مشخص شده برای تلفات هسته و ضخامت در این استاندارد پیروی می‌کند، باید تحت پوشش این استاندارد در نظر گرفته شده و با شناسه‌گذاری مناسب برای تلفات هسته، شناخته شود.

۸-۲ نفوذپذیری

۸-۲-۱ نفوذپذیری در تمام چگالی‌های شار مغناطیسی باید بیشترین مقدار ممکن را داشته باشد. به‌طور معمول کنترل کیفیت این رده‌ها بر اساس اندازه‌گیری حداکثر نفوذپذیری نسبی، μ_p در یک حداکثر میدان مغناطیسی H_p ، با قدرت 796 A/m انجام می‌شود. برای رده‌های متداول با دانه‌های جهت‌دار، مقدار μ_p نسبی در 796 A/m به‌طور معمول بالای 1800 است. برای رده‌های با نفوذپذیری بالا، این مقدار به‌طور معمول بالای 1880 است.

۸-۳ پیری مغناطیسی^۱

اگرچه ویژگی‌های مغناطیسی این فولادهای الکتریکی ثابت در نظر گرفته می‌شود، باید در نظر داشت که حداکثر مقادیر تلفات هسته نشان داده شده در جدول ۱، بر اساس آزمون‌های انجام شده روی آزمون‌های پیر نشده می‌باشد. تضمین ویژگی‌های مغناطیسی بعد از انجام عملیات پیرسازی، باید مورد توافق خریدار و تولیدکننده قرار گیرد.

۹ ویژگی‌های عایق سطحی

۹-۱ به‌طور معمول انواع سطوح ایجاد شده در هر یک از شرایط شرح داده شده در بند ۵-۱، سطوح مختلفی از توانایی عایق‌سازی را فراهم می‌کند. مقاومت بین ورقه‌ای دو صفحه آزمون همسایه، با استفاده از روش شرح داده شده در استاندارد ASTM A 937/A 937M اندازه‌گیری می‌شود. مقاومت عایق سطحی یک صفحه آزمون منفرد، با استفاده از روش شرح داده شده در استاندارد ASTM A 717/A 717M اندازه‌گیری می‌شود. محدوده‌های معمول برای بازدهی انواع سطوح مختلف در پیوست الف آمده است.

۹-۲ در مواردی که به ویژگی‌های عایق‌سازی بسیار متفاوت نسبت به ویژگی‌های نشان داده شده در پیوست الف نیاز باشد، الزامات ویژه و روش‌های ارزیابی آن‌ها باید مورد توافق خریدار و تولیدکننده قرار بگیرد.

۱۰ خواص فیزیکی و مکانیکی

۱۰-۱ ضریب ورقه‌ای^۱

ضریب ورقه‌ای باید دارای بیشترین مقدار ممکن و هماهنگ با ضخامت و شرایط ماده باشد. ضریب ورقه‌ای ممکن است با استفاده از روش شرح داده شده در استاندارد ASTM A 719/A 719M اندازه‌گیری شود. مقادیر معمول ضریب ورقه‌ای برای ترکیب‌های مختلف ضخامت و شرایط ماده در پیوست الف آمده است.

۱۰-۲ انعطاف‌پذیری

انعطاف‌پذیری باید دارای بیشترین مقدار ممکن باشد. در مواردی که کاربرد ماده نیاز به تغییر شکل حول یک شعاع تیز در طول تولید داشته باشد و نیاز به ارزیابی انعطاف‌پذیری وجود داشته باشد، مقدار انعطاف‌پذیری باید با استفاده از روش شرح داده شده در استاندارد ASTM A721 اندازه‌گیری شود. در صورتی که آزمون انعطاف‌پذیری در دمای اتاق و با خمش در جهت عمود بر جهت نورد و روی آزمون‌های "در شرایط برش‌خورده"^۲ انجام شود، رتبه‌بندی انعطاف‌پذیری برای فولادهای با دانه‌های جهت‌دار در تمام ضخامت‌ها و شرایط، بر اساس دسته‌های نشان داده شده در جدول ۲ مناسب است.

جدول ۲- رتبه‌بندی انعطاف‌پذیری

دسته انعطاف‌پذیری	تعداد مجاز شکست‌ها در اثر خمش ^a
۱	بدون شکست
۲	۱ یا ۲، مجموع طول شکست از ۱۲٫۷ mm تجاوز نکند.
۳	۳ تا ۸
^a بر اساس ماده‌ای با عرض ۶۱۰ mm تا ۹۱۰ mm. توصیه می‌شود برای مواد با عرض کمتر از ۶۱۰ mm، تعداد مجاز شکست‌ها متناسب با نسبت ضخامت به ۶۱۰ mm، کاهش یابد.	

۱۱ ابعاد و تغییرات مجاز

۱۱-۱ ضخامت نهایی برای انواع تلفات هسته ASTM در جدول ۱ فهرست شده است.

۱۱-۱-۱ تغییرات ضخامت

ضخامت اندازه‌گیری شده در هر نقطه‌ای با فاصله ۱۰ mm یا بیشتر از لبه، نباید بیشتر از ± 0.25 mm نسبت به ضخامت میانگین بهر یا کلاف آزمون اختلاف داشته باشد. محدوده قابل پذیرش برای ضخامت انواع تلفات هسته ASTM باید مطابق جدول ۳ باشد.

1- Lamination factor

2- As sheared

جدول ۳- رواداری های ضخامت

نوع تلفات هسته ASTM	حدود ضخامت mm
18G041	۰٫۱۵۲ - ۰٫۲۰۳
23Q054 , 23P060 , 23H070 , 23G045	۰٫۱۹۰ - ۰٫۲۵۴
27Q057 , 27P066 , 27H074 , 27G051	۰٫۲۴۱ - ۰٫۳۰۵
30P070 , 30H083 , 30G058	۰٫۲۶۷ - ۰٫۳۳۰
35H094 , 35G066	۰٫۳۱۸ - ۰٫۳۸۱

۲-۱۱ رواداری های عرض

عرض مواد عرضه شده به صورت کلاف یا طول های مقطوع باید تا حد امکان نزدیک به عرض سفارش داده شده باشد و در هیچ حالتی حداکثر انحراف ها نسبت به عرض مشخص شده، نباید از مقادیر داده شده در جدول ۴ تجاوز کند.

جدول ۴- رواداری های عرض^a

رواداری های ضخامت		عرض مشخص شده (w) mm
پایین تر mm	بالا تر mm	
۰٫۱۲۷	۰٫۱۲۷	$w \leq 102$
۰٫۱۷۸	۰٫۱۷۸	$102 < w \leq 229$
۰٫۲۵۴	۰٫۲۵۴	$229 < w \leq 381$
۰٫۴۰۶	۰٫۴۰۶	$w > 381$

^a توصیه می شود در مواردی که به یک حداقل یا حداکثر عرض قابل پذیرش قطعی نیاز است، خریدار این مطلب را به روشنی در سفارش خرید قید کند تا تولید کننده بتواند مجموع رواداری های بالایی و پایینی را در مورد سطوح بالایی و پایینی در نظر بگیرد.

۳-۱۱ رواداری های طول

بعد طول برای طول های مقطوع باید تا حد امکان نزدیک به طول سفارش داده شده باشد. حداکثر انحراف ها نسبت به طول سفارش داده شده باید مطابق جدول ۵ باشد.

جدول ۵- رواداری های طول

رواداری های طول		طول مشخص شده (l) mm
پایین تر mm	بالا تر mm	
۰	۱۲٫۷	$1520 < l \leq 2440$
۰	۱۹٫۱	$l > 2440$

۱۱-۴ نراستی لبه^۱ (برای کلاف‌های با عرض کامل)

انحراف لبه جانبی نسبت به یک خط مستقیم در یک طول ۲۴۴۰ mm یا قسمتی از آن، نباید از ۳/۲ mm تجاوز کند.

۱۱-۵ انحراف از قائمه بودن گوشه‌ها^۲ (برای طول‌های مقطوع)

انحراف لبه انتهایی نسبت به یک خط مستقیم که با زاویه قائمه از گوشه یک سطح جانبی آغاز شده و تا سطح جانبی دیگر امتداد پیدا کرده، نباید از ۱/۵۲ mm / ۱/۶ mm در عرض یا قسمتی از آن تجاوز کند.

۱۲ کیفیت ساخت، پرداخت و ظاهر

۱۲-۱ تختی سطح

۱۲-۱-۱ موج‌ها و تاب برداشته‌گی‌های کوچک و تیز، باعث کاهش قابل توجه بازدهی فولادهای الکتریکی با دانه‌های جهت‌دار مورد استفاده در ورقه‌های تخت شده و باید از وجود آن‌ها در محصول تحویل داده شده اجتناب شود.

۱۲-۱-۲ در صورتی که خریدار متقاضی تختی سطح سختگیرانه‌تری از تختی سطح معمول باشد، باید الزامات مورد نیاز را به تولیدکننده اطلاع دهد. روش‌های قضاوت یا ارزیابی مقدار تختی در چنین مواردی باید مورد توافق خریدار و تولیدکننده قرار گیرد.

۱۲-۲ عیوب سطحی

سطح ماده باید به‌طور معقولی تمیز و عاری از عیوب ناشی از تولید مانند حفره‌ها، خطوط نوردی^۳، زخمک^۴ و غیره باشد که موجب کاهش بازدهی در عملکرد نهایی قطعه می‌شوند. سطح باید عاری از گرد پوسته^۵ بوده و نسبت به غوطه‌وری در خنک‌کننده‌های مایع معمول در ترانسفورماتورها، سازگاری داشته باشد. پوشش‌های سطحی ایجاد شده باید به‌طور معقولی نازک، دارای پوشش پیوسته و کاملاً چسبنده باشد.

۱۳ نمونه‌برداری

۱۳-۱ هر بهر آزمون باید کلافی با عرض کامل، شامل محصول نهایی یک تسمه گرم نوردیده که تحت شرایط کاملاً یکنواخت تهیه شده، باشد. به‌طور معمول وزن یک بهر آزمون کمتر از ۹۰۰۰ kg است. تولیدکننده باید به منظور شناسایی، برای هر بهر آزمون یک شماره سریال تعیین کند.

۱۳-۲ نمونه‌های آزمون باید از هر دو انتهای کلاف‌های با عرض کامل، بعد از عملیات حرارتی نهایی تهیه شوند.

1- Camber
2- Out of square
3- Mill marks
4- Slivers
5- Loose dust

۱۴ آماده‌سازی آزمونه

۱-۱۴ آزمونه‌های اپشتین^۱

۱-۱۴ انواع تلفات هسته دارای حروف نمادی G، H و P به آماده‌سازی آزمونه‌های اپشتین به عنوان نماینده هر قسمت انتهایی از کلاف با عرض کامل (یا بهر آزمون) نیاز دارند. آماده‌سازی آزمونه‌ها باید مطابق روش شرح داده شده در استاندارد ASTM A 343/A 343M انجام شود. تمام تسمه‌های آزمون باید به‌صورتی بریده شوند که طول آن‌ها موازی جهت نورد باشد.

۱-۱۴-۲ هر آزمونه اپشتین باید قبل از آزمون، تحت عملیات حرارتی تنش‌زدایی قرار گیرد. این عملیات حرارتی با دو هدف انجام می‌گیرد:

الف- از بین بردن اثرات مخرب کار سرد که در هنگام برداشتن آزمونه ایجاد شده‌اند؛
ب- اطمینان از این‌که ویژگی‌های مغناطیسی ماده و آزمونه‌ای که از آن برداشته شده یکسان است.
باید اطمینان حاصل شود که عملیات حرارتی تنش‌زدایی به‌صورتی انجام گیرد که تسمه‌های آزمون برای مدت تقریبی ۱ ساعت در دمای °C ۷۹۰ تا °C ۸۴۰ و تحت اتمسفری حاوی ترکیبی (یادآوری را ببینید) از نیتروژن و هیدروژن خالص قرار بگیرند. نقطه شبنم اتمسفر کوره تابکاری نباید بیشتر از °C ۱۸- باشد. در طول عملیات حرارتی تنش‌زدایی، برای دستیابی به تختی سطح کامل در آزمونه‌های اپشتین باید اقدامات لازم صورت گیرد.

یادآوری- به منظور جلوگیری از هر گونه تغییر شیمیایی در آزمونه یا پوشش عایق، ترکیب‌های اتمسفر حاوی نیتروژن خشک خالص همراه با ۲٪ تا ۱۵٪ هیدروژن خشک خالص ترجیح داده می‌شود. اتمسفرهای گرمای تولید شده از گازهای نفتی برای ارزیابی ویژگی‌های این مواد مناسب نیستند. فقط هنگامی می‌توان از این اتمسفرها استفاده کرد که کربن مونواکسید و کربن دی‌اکسید آن‌ها حذف شود و در نتیجه آن‌ها معادل مخلوط نیتروژن خالص + هیدروژن خالص شوند.

۱-۱۴-۲ آزمونه‌های ورقه‌ای^۲

۱-۱۴-۲ انواع تلفات هسته دارای حرف نمادی Q، به آماده‌سازی آزمونه‌های ورقه‌ای به عنوان نماینده هر قسمت انتهایی از کلاف با عرض کامل (یا بهر آزمون) نیاز دارند. آماده‌سازی آزمونه‌ها باید مطابق روش شرح داده شده در استاندارد ASTM A 804/A 804M انجام شود. تمام آزمونه‌های ورقه‌ای باید به‌صورتی بریده شوند که جهت نورد در آن‌ها، موازی جهت مورد نظر آزمون باشد.

۱-۱۴-۲-۲ آزمونه‌های ورقه‌ای نباید قبل از آزمون، تحت عملیات حرارتی تنش‌زدایی قرار بگیرند. عملیات حرارتی تنش‌زدایی موجب از بین رفتن تأثیر خراش دادن لیزری در کاهش تلفات هسته می‌شود.

1- Epstein specimens
2- Sheet-type specimens

۱۵ روش‌های انجام آزمون

۱۵-۱ برای انواع تلفات هسته دارای حروف نمادی G، H و P، آزمون‌های مورد نیاز برای تلفات هسته باید مطابق روش شرح داده شده در استاندارد ASTM A 343/A 343M انجام شود.

۱۵-۲ برای انواع تلفات هسته دارای حرف نمادی Q، آزمون‌های مورد نیاز برای تلفات هسته باید مطابق روش شرح داده شده در استاندارد ASTM A 804/A 804M انجام شود.

۱۵-۳ در تمام آزمون‌های مربوط به این مواد، چگالی باید مطابق استاندارد ASTM A 343/A 343M برابر 7.65 g/cm^3 (7650 kg/m^3) در نظر گرفته شود.

۱۶ گزارش آزمون

۱۶-۱ تولیدکننده باید پس از ارسال محموله، در کمترین زمان ممکن، گزارش تأیید شده‌ای از مقادیر تلفات هسته برای هر بهر آزمون که مطابق بندهای ۱۳، ۱۴ و ۱۵ اندازه‌گیری شده‌اند و انطباق ماده با الزامات این استاندارد را نشان می‌دهند، برای خریدار بفرستد. در این گزارش باید روش‌های انجام آزمون و شرایط عملی آن به‌صورت واضح بیان شود. گزارش همچنین باید شامل شناسنامه بهر ارسال شده، شماره سفارش خرید و اطلاعاتی از این قبیل باشد که ممکن است برای شناسایی ارتباط بین مقادیر آزمون و محموله و بهر ارسال شده لازم باشند.

۱۶-۲ مقدار تلفات هسته نسبت داده شده به هر بهر، باید مقدار بیشتر به‌دست آمده از آزمون‌های قسمت انتهایی کلاف باشد که مطابق بندهای ۱۳، ۱۴ و ۱۵ انجام شده‌اند. این مقدار باید برای تمام قسمت‌های بهر آزمون که ممکن است به‌صورت کلاف عریض، طول‌های مقطوع یا کلاف‌های کم عرض بریده شده از یک کلاف عریض ارسال شوند، به‌کار رود.

۱۶-۳ در مواردی که بهر ارسالی شامل دو یا چند بهر آزمون است، مقدار تلفات هسته و شناسه‌گذاری نوع تلفات هسته باید بر مبنای بیشترین تلفات هسته در تمام آزمون‌های قسمت انتهایی هر یک از اجزای تشکیل دهنده بهرهای آزمون که مطابق بندهای ۱۳، ۱۴ و ۱۵ انجام شده، به‌دست آید.

۱۷ مردود کردن و عرضه مجدد

۱۷-۱ ماده‌ای که الزامات این استاندارد را تأمین نکند، مجاز است که توسط خریدار مردود شود. مردود شدن باید بلافاصله به‌صورت کتبی به تولیدکننده گزارش داده شود. ماده مردود شده باید در محلی نگهداری شده، تحت حفاظت کافی قرار گرفته و به درستی شناسایی شود.

۱۷-۲ تولیدکننده مجاز است اقدام به عرضه مجدد محصول کند. در این موارد خریدار باید نمونه‌های نماینده‌ای از ماده مردود شده را برای ارزیابی، در اختیار تولیدکننده قرار دهد.

۱۸ نشانه‌گذاری و بسته‌بندی

۱-۱۸ نشانه‌گذاری

هر بسته‌بندی از کلاف‌ها یا بار شامل طول‌های مقطوع، باید در قسمت بیرونی بسته‌بندی دارای پلاکی باشد که به آن محکم شده و حاوی اطلاعاتی شامل شماره سفارش خریدار، شماره این استاندارد ملی، شناسه رده، شناسه نوع سطح یا پوشش، ضخامت، عرض (و طول در صورتی که به شکل ورق باشد)، وزن و شماره بهر آزمون باشد. علاوه بر این برای کلاف‌های عریض باید اطلاعاتی شامل شماره این استاندارد ملی، شناسه رده، شناسه نوع سطح یا پوشش، ضخامت، عرض، وزن و شماره بهر آزمون، روی سطح خارجی کلاف درج شده باشد. برای کلاف‌های با عرض کم، اطلاعاتی شامل شماره این استاندارد ملی، شناسه رده، شناسه نوع سطح یا پوشش، ضخامت، عرض و شماره بهر آزمون باید روی پلاکی که به بسته‌بندی متصل شده، درج شده باشد.

۲-۱۸ بسته‌بندی

به غیر از مواردی که تعیین شده، بسته‌بندی، بارگیری و ارسال باید مطابق روش‌های مشخص شده در استاندارد ASTM A700 انجام شود.

پیوست الف (اطلاعاتی)

ویژگی‌های عایق‌سازی و ضرایب ورقه‌ای معمول

ویژگی‌های عایق‌سازی و ضرایب ورقه‌ای معمول در جدول‌های الف-۱ و الف-۲ نشان داده شده است.

جدول الف-۱- ویژگی‌های عایقی معمول، در شرایط برش خورده

شرایط	نوع سطح ^a	بازدهی عایق سطحی ^b
NF	C-2	A ۰٫۷ و کمتر
F2	C-5 روی C-2	A ۰٫۶ و کمتر
F5	C-5 روی C-2	A ۰٫۳ و کمتر
PQ	C-5	A ۰٫۸۵ و کمتر
^a به استاندارد ASTM A976 مراجعه کنید.		
^b مقادیر به‌دست آمده مطابق استاندارد ASTM A 717/A 717M در فشار آزمون ۲٫۱ MPa و دمای اتاق		

جدول الف-۲- مقادیر معمول ضریب ورقه‌ای

شرایط	نوع سطح ^a	ضریب ورقه‌ای ^b %				
		ضخامت نهایی ۰٫۱۸ mm	ضخامت نهایی ۰٫۲۳ mm	ضخامت نهایی ۰٫۲۷ mm	ضخامت نهایی ۰٫۳۰ mm	ضخامت نهایی ۰٫۳۵ mm
NF	C-2	≥ ۹۵٫۰	≥ ۹۵٫۵	≥ ۹۶٫۰	≥ ۹۶٫۰	≥ ۹۶٫۰
F2	C-5 روی C-2	≥ ۹۴٫۵	≥ ۹۵٫۰	-	-	-
F5	C-5 روی C-2	-	≥ ۹۴٫۰	≥ ۹۴٫۵	≥ ۹۵٫۰	≥ ۹۵٫۵
PQ	C-5	-	-	-	≥ ۹۶٫۰	≥ ۹۶٫۵
^a به استاندارد ASTM A976 مراجعه کنید.						
^b مقادیر به‌دست آمده مطابق استاندارد ASTM A 719/A 719M در فشار آزمون ۰٫۳۵ MPa و دمای اتاق						