



جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran

سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۲-۲۱۰۶۶

چاپ اول

۱۳۹۳

INSO
21066-2
1st. Edition
2015

پوشش‌های روی - راهنماها و توصیه‌هایی
جهت حفاظت از خوردگی آهن و فولاد در
ساختمان‌ها

قسمت ۲: گالوانیزه غوطه‌وری گرم

**Zinc coatings- Guidelines and
recommendations for the
protection against corrosion of iron and
steel in structures
Part 2:
Hot dip galvanizing**

ICS:25.220.40

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 حوزه‌های مختلف در کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب‌نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می‌شود 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، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و واردکنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان‌های دولتی و غیردولتی حاصل می‌شود. پیش‌نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی‌نفع و اعضای کمیسیون‌های فنی مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادهای در کمیته ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می‌شود.

پیش‌نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان‌های علاقه‌مند و ذی‌صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می‌کنند در کمیته ملی طرح و بررسی و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شوند 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 می‌دهد به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین‌المللی استاندارد (ISO)^۱، کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC)^۲ و سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی (OIML)^۳ است و به عنوان تنها رابط^۴ کمیسیون کدکس غذایی (CAC)^۵ در کشور فعالیت می‌کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی‌های خاص کشور، از آخرین پیشرفت‌های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می‌تواند با رعایت موازین پیش‌بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف‌کنندگان، 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 می‌تواند به منظور حفظ بازارهای بین‌المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری نماید. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده‌کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد ایران این‌گونه سازمان‌ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه تأیید صلاحیت به آن‌ها اعطا و بر عملکرد آن‌ها نظارت می‌کند. ترویج دستگاه بین‌المللی 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
« پوشش‌های روی - راهنماها و توصیه‌هایی جهت حفاظت از خوردگی آهن و فولاد در
ساختمان‌ها - قسمت ۲: گالوانیزه غوطه‌وری گرم »

رئیس:

عبداله میرزایی، رسول
(دکتری شیمی فیزیک)

سمت و / یا نمایندگی
عضو هیئت علمی دانشگاه شهید رجایی

دبیر:

تیزپر، عدالت
(کارشناس ارشد شیمی کاربردی)

رئیس گروه مطالعات تفصیلی و تهیه طرح سانا و عضو انجمن
خوردگی

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

ابوالفضل، مریم
(کارشناس ارشد مهندسی مواد - سرامیک)

مدیر پروژه شرکت بازرسی تکین‌کو

پورمحمد، حسین

(کارشناس ارشد متالورژی)

مسئول آزمایشگاه خوردگی متالورژی رازی و عضو انجمن
خوردگی

حسینی، میرقاسم

دکتری شیمی فیزیک گرایش خوردگی و پوشش فلزات

عضو هیئت علمی دانشگاه تبریز و عضو انجمن خوردگی ایران

داوری، مهدی

(کارشناس ارشد شیمی فیزیک)

رئیس آزمایشگاه سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی

رضاخانی، داور

(کارشناس ارشد مهندسی خوردگی)

مسئول آزمایشگاه خوردگی پژوهشگاه نیرو و عضو انجمن
خوردگی

سلطانی، وجه الله

(کارشناس مواد و متالورژی)

سرپرست کارخانه گالوانیزه گرم آذران روی

صیفی، محمدرضا

(کارشناس ارشد مهندسی مواد)

مدیر تولید و بازرگانی کارخانه پیشگامان محصول گستر فراساز

پژوهشگر دانشگاه امیرکبیر

شعبانی کیا، اکبر
(دکتری شیمی تجزیه - خوردگی مواد)

رئیس آزمایشگاه پژوهشگاه استاندارد

فرجی، رحیم
(کارشناس ارشد شیمی تجزیه)

رئیس آزمایشگاه سازمان توان و عضو انجمن خوردگی

قاسمی، زهرا
(کارشناس ارشد شیمی فیزیک - خوردگی)

پژوهشگر دانشگاه شهید رجایی

معینی، بهنام
(کارشناس ارشد شیمی فیزیک)

مدیر فنی و مهندسی گالوانیزه گرم اراک نوین

میرطالبی، سهیل
کارشناس ارشد مهندسی مواد

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ب	آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران
ج	کمیسیون فنی تدوین استاندارد
و	پیش‌گفتار
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۲	۳ اصطلاحات و تعاریف
۳	۴ طراحی گالوانیزه غوطه‌وری گرم
۳	۴-۱ کلیات
۳	۴-۲ آماده‌سازی سطح
۴	۴-۳ روش‌های اجرایی مربوط به ملاحظات طراحی
۵	۴-۴ شکل طراحی
۶	۴-۵ قدرت تحمل
۶	۵ طراحی مربوط به انبارش و حمل و نقل قطعات
۶	۶ تأثیر شرایط قطعات روی کیفیت گالوانیزه غوطه‌وری گرم
۶	۶-۱ کلیات
۹	۶-۲ شرایط سطح
۱۰	۶-۳ تأثیر زبری سطح فولاد بر ضخامت پوشش حاصل از گالوانیزه غوطه‌وری گرم
۱۰	۶-۴ تأثیر فرایندهای برش حرارتی
۱۰	۶-۵ اثر تنش‌های داخلی در فولادهای پایه
۱۲	۶-۶ قطعات حجیم یا فولادهای ضخیم
۱۳	۶-۷ روش اجرایی گالوانیزه غوطه‌وری گرم
۱۳	۷ اثر فرایند گالوانیزه غوطه‌وری گرم روی قطعات
۱۳	۷-۱ رواداری‌های ابعادی مربوط به رزوه‌ی جفت شونده
۱۴	۷-۲ اثر گرمای فرایند
۱۴	۸ پس از انجام عملیات روی قطعات
۱۵	پیوست الف (اطلاعاتی) طراحی‌های برگزیده قطعات برای گالوانیزه غوطه‌وری گرم
۲۵	پیوست ب (اطلاعاتی) کتاب‌نامه

پیش‌گفتار

استاندارد " پوشش‌های روی - راهنماها و توصیه‌هایی جهت حفاظت از خوردگی آهن و فولاد در ساختمان‌ها - قسمت ۲: گالوانیزه غوطه‌وری گرم " که پیش‌نویس آن توسط کمیسیون‌های مربوط در سازمان ملی استاندارد ایران تهیه و تدوین شده و در هزار و صد و هشتاد و یکمین اجلاس کمیته ملی استاندارد مکانیک و فلزشناسی مورخ ۹۳/۱۱/۲۱ مورد تصویب قرار گرفته است، اینک به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات سازمان ملی استاندارد ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود. برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در مواقع لزوم تجدیدنظر خواهند شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدیدنظر 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:

ISO 14713-2: 2009, Zinc coatings - Guidelines and recommendations for the protection against corrosion of iron and steel in structures -Part 2: Hot dip galvanizing

مقدمه

این استاندارد به راهنماها و توصیه‌های مربوط به اصول کلی طراحی قطعات آهنی و فولادی به کار رفته در ساختمان‌ها می‌پردازد که به منظور حفاظت از خوردگی با روش غوطه‌وری گرم، گالوانیزه می‌شوند. استانداردهای مربوط به حفاظت از خوردگی قطعات آهنی و فولادی در ساختمان‌ها در مجموعه استانداردهای بین‌المللی ISO14713 در سه قسمت ۱، ۲ و ۳ منتشر شده است. قسمت ۱ به اصول کلی طراحی و مقاومت خوردگی، قسمت ۲ به گالوانیزه غوطه‌وری گرم و قسمت ۳ به بحث شرادایزینگ پرداخته است.

پوشش‌های روی - راهنماها و توصیه‌هایی جهت حفاظت از خوردگی آهن و فولاد در ساختمان‌ها - قسمت ۲: گالوانیزه غوطه‌وری گرم

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، ارائه راهنماها و توصیه‌های مربوط به اصول کلی طراحی قطعات آهنی و فولادی^۱ است که به منظور حفاظت از خوردگی با روش غوطه‌وری گرم، گالوانیزه می‌شوند. حفاظتی که از پوشش گالوانیزه قطعات با روش غوطه‌وری گرم به دست می‌آید به مواردی همچون: روش پوشش دهی، طراحی قطعات و محیط ویژه‌ای که قطعات در معرض آن قرار می‌گیرند، بستگی دارد. میزان حفاظت قطعات گالوانیزه شده با غوطه‌وری گرم، می‌تواند با اعمال پوشش‌های تکمیلی (خارج از دامنه کاربرد این استاندارد است) برای مثال پوشش‌های آلی (رنگ‌ها یا پوشش‌های پودری) افزایش یابد. اگر قطعات گالوانیزه شده با روش غوطه‌وری گرم، تحت پوشش‌های تکمیلی یاد شده قرار گیرد در این صورت، ترکیب پوششی موجود روی سطح به عنوان سیستم دولایه‌ای^۲ نامیده می‌شود.

راهنماها و توصیه‌های تصریح شده در این استاندارد، برای نگهداری از پوشش‌های حفاظتی ایجاد شده با روش غوطه‌وری گرم روی سطح فولاد، کاربرد ندارد. راهنمایی لازم در این خصوص در استاندارد ملی ایران شماره ۵-۶۵۹۴ ارائه شده است.

الزامات مربوط به محصولات ویژه (برای مثال پوشش‌های گالوانیزه با غوطه‌وری گرم روی لوله‌ها یا اتصالات و...) بر این الزامات کلی اولویت دارد.

۲ مراجع الزامی

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

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

استفاده از مرجع زیر برای کاربرد این استاندارد الزامی است:

1- Articles
2- Duplex system

- ۱-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۵-۶۵۹۴، رنگ‌ها و جلاها - حفاظت سازه‌های فولادی در برابر خوردگی با استفاده از سیستم رنگ‌های محافظ - قسمت ۵: سیستم پوشش‌های محافظ
- ۲-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۷۰۵۲، پوشش‌های محافظ درونی و/ یا برونی لوله‌های فولادی با پوشش گالوانیزه به روش غوطه‌وری گرم در خطوط تولید خودکار - ویژگی‌ها و روش‌های آزمون
- ۳-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱۶۳۵۳، پوشش‌های گالوانیزه غوطه‌وری گرم بر روی قطعات آهنی و فولادی - ویژگی‌ها و روش‌های آزمون

- 2-4 ISO 4964, Steel - Hardness conversions
- 2-5 ISO 8044, Corrosion of metals and alloys- Basic terms and definitions
- 2-6 ISO 10684, Fasteners - Hot dip galvanized coatings
- 2-7 EN 10210-1, Hot finished structural hollow sections of non-alloy and fine grain steels - Part 1: Technical delivery requirements
- 2-8 EN 10219-1, Cold formed welded structural hollow sections of non-alloy and fine grain steels - Part 1: Technical delivery requirements
- 2-9 EN 10346, Continuously hot-dip coated steel flat products - Technical delivery conditions

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد، علاوه بر اصطلاحات و تعاریف ارائه شده در استاندارد ISO 8044 اصطلاحات و تعاریف زیر کاربرد دارند.

۱-۳

گالوانیزه غوطه‌وری گرم^۱

به ایجاد پوششی از فلز روی یا آلایژ روی- آهن بر روی قطعات آهنی یا فولادی با غوطه‌ورسازی فولاد یا آهن ریخته‌گری شده^۲ در مذاب روی گفته می‌شود.

1- Hot dip galvanizing

2- Cast iron

پوشش گالوانیزه غوطه‌وری گرم^۱

به پوشش حاصل از گالوانیزه غوطه‌وری گرم گفته می‌شود.

یادآوری - در ادامه، اصطلاح "پوشش گالوانیزه غوطه‌وری گرم" به عنوان پوشش نامیده می‌شود.

۴ گالوانیزه غوطه‌وری گرم

۱-۴ کلیات روش

ضروری است که در طراحی قطعاتی که نیاز به پرداخت^۲ دارند نه تنها عملکرد قطعات و روش تولید آن بلکه محدودیت‌های تحمیلی ناشی از فرایند پرداخت آن نیز مورد توجه قرار گیرد. پیوست الف، تعدادی از شکل‌های مهم طراحی را که خاص گالوانیزه غوطه‌وری گرم هستند، شرح می‌دهد. برخی از تنش‌های داخلی قطعات گالوانیزه شده، در طول فرایند گالوانیزه غوطه‌وری گرم، آزاد شده^۳ و این عمل ممکن است موجب تغییر شکل یا آسیب دیدن قطعات پوشش داده شده گردد. این تنش‌ها به دلیل عملیات پرداخت در مرحله ساخت (حالت‌دهی در حالت سرد، جوشکاری، برش با هوا^۴، مته‌کاری و تنش‌های مانده از دستگاه نورد) است. خریدار، قبل از طراحی یا ساخت محصولی که قرار است با روش غوطه‌وری گرم گالوانیزه شود، باید به توصیه‌های گالوانیزه کننده عمل کند. ممکن است برای فرایند گالوانیزه کردن با روش غوطه‌وری گرم نیاز به انجام یک سری عملیات تعدیل در تولید ماده باشد.

خریدار باید به دو نوع مجزا از گالوانیزه کردن با غوطه‌وری گرم که در زیر به آن‌ها اشاره شده است آگاهی داشته و در موقع طراحی قطعات، تمایز این دو نوع را مد نظر داشته باشد:

الف- گالوانیزه غوطه‌وری گرم پس از ساخت قطعات - در این روش پس از انجام یک سری فرایندهای پیش عملیاتی مناسب، قطعات فولادی یا آهنی ساخته شده، در حمام حاوی مذاب روی غوطه‌ور می‌گردند (به استاندارد ملی ایران شماره ۱۶۳۵۳ مراجعه شود).

ب- گالوانیزه کردن پیوسته - در این روش پس از انجام یک سری فرایندهای پیش عملیاتی مناسب، قطعات ورقه‌ای شکل به صورت مستمر در داخل مذاب روی وارد شده و سپس قطعات ورقه‌ای گالوانیزه شده با روش غوطه‌وری گرم، برای ساخت ماده نهایی مورد استفاده قرار می‌گیرد (به استاندارد EN 10346 مراجعه شود).

1- Hot dip galvanizing coating

2- Finished

3- Relieved

4- Oxy- cutting

۲-۴ آماده‌سازی سطح

طراحی و قطعات مورد استفاده باید به گونه‌ای باشند که عملیات آماده‌سازی سطح به نحو مطلوب انجام شود. توجه به این موارد برای ایجاد پوشش‌هایی با کیفیت بالا الزامی است (به بند ۶-۲ مراجعه شود). سطوح باید عاری از هرگونه نقص باشند تا پوششی با ظاهر مطلوب و قابل استفاده به دست آید. در فرایند ریخته‌گری آهن، گرافیت تشکیل شده روی سطح در اثر خیس شدن با فلز مذاب مزاحمت ایجاد کرده و ریخته‌گری‌های انجام شده در این شرایط ممکن است، آنیله^۱ شده و دارای ذرات سیلیس در لایه‌های سطحی باشند. لذا برای ایجاد پوشش با کیفیت با روش غوطه‌وری گرم، لازم است این ذرات از روی سطح جدا گردند. انجام عملیات تمیزکاری سطوح با روش‌شنزنی^۲، قبل و بعد از فرایند آنیله کردن توصیه می‌گردد.

۳-۴ روش‌های اجرایی مربوط به ملاحظات طراحی

ظرفیت حمام غوطه‌وری گرم و محل استقرار باید به اندازه‌ای باشد که همه قسمت‌های قطعات آهنی و فولادی غوطه‌ور شده در آن، با فلز روی پوشش داده شود. ترجیحاً قطعات آهنی و فولادی باید به گونه‌ای طراحی شوند که تنها با یک مرحله غوطه‌ورسازی، پوشش داده شوند. قطعاتی که اندازه آن‌ها نسبت به حمام غوطه‌ورسازی بزرگ می‌باشد، ممکن است به طور کامل در حمام غوطه‌ور نشوند. لذا بعد از غوطه‌ورسازی، باید نمونه را به درازا یا عمق^۳ پشت و رو کرده تا همه قسمت‌های نمونه پوشش‌دهی گردد. غوطه‌وری ناقص (و سپس انجام دومین مرحله غوطه‌وری جهت تکمیل فرایند پوشش دهی) نسبت به فرایند غوطه‌وری تک مرحله‌ای کامل، متداول نیست.

رعایت ایمنی در تمامی فعالیت‌های مربوط به غوطه‌ورسازی در حمام الزامی است. به طور معمول روی قطعات آهنی و فولادی طراحی شده، سوراخ‌هایی به منظور بستن پیچ وجود دارد. با بلند کردن گوشه‌های قطعات آهنی و فولادی غوطه‌ور شده، جابجایی قطعات آهنی و فولادی در حمام تسهیل می‌گردد. قطعات آهنی و فولادی ممکن است به وسیله ابزارها یا قفسه‌های مخصوص نگه داشته شوند. در برخی موارد، بعد از انجام گالوانیزه غوطه‌وری گرم، نقاطی روی قطعات پوشش داده شده مشاهده می‌گردد که نشان می‌دهد که از این نقاط برای تسهیل و جابجایی قطعات در داخل حمام استفاده شده است. عملیات غوطه‌وری، به صورت جابجایی عمودی و از جهت بیرونی حمام به داخل آن انجام گرفته و قسمت‌هایی که در اثر غوطه‌ور شدن، پس زده می‌شوند ممکن است به صورت مورب و از یک گوشه‌ی آن وارد حمام شوند. عواملی همچون گردش هوا^۴، گردش مایعات عمل-آوری شده و روی به تمامی سطوح قطعات کاری، در فرایند غوطه‌وری مورد نیاز می‌باشد. ایجاد حباب‌های هوا^۵ در زمان آماده‌سازی سطوح، موجب عدم پوشش در بخشی از سطوح ماده می‌گردد. مایعات موجود در حباب‌های

-
- 1- Annealed
 - 2- Grit blasting
 - 3- Depth
 - 4- Circulation of air
 - 5- Air pocket

هوا، در دمای گالوانیزه با غوطه‌وری گرم که در حدود 450°C می‌باشد تبخیر شده و نیروی حاصل از تبخیر می‌تواند موجب حجیم شدن حباب یا ترکیدن آن گردد. لذا با توجه به دلایل گفته شده، روی مازاد ممکن است به طور سست به ماده چسبیده و هدر رود.

برخی از قطعات آهنی و فولادی برای مثال مبدل‌های حرارتی و سیلندرهای گاز ممکن است تنها بخش بیرونی آن‌ها گالوانیزه با غوطه‌وری گرم شود. این عمل نیاز به تجهیزات و روش‌های ویژه (برای مثال روش هل دادن قطعات آهنی و فولادی به داخل حمام جهت غلبه بر نیروی شناوری^۱ روی مذاب) و یک گالوانیزه کننده متخصص دارد که باید از قبل برای انجام این عمل از آن‌ها مشورت گرفته شود.

۴-۴ شکل طراحی

شکل‌های طراحی ترجیح داده شده برای قطعاتی که با روش غوطه‌وری گرم گالوانیزه می‌گردند در پیوست الف این استاندارد آورده شده است.

هشدار- ضروری است که از فعالیت روی محفظه‌های درزبندی شده اجتناب کرده یا این‌که این محفظه‌ها تخلیه شوند. در غیر این صورت خطر جدی انفجار وجود داشته و ممکن است این انفجار، آسیب‌های جدی را به کاربرها وارد سازد. این جنبه از طراحی، به منظور برقراری استانداردهای مربوط به ایمنی و سلامت کاربرها ضروری بوده و باید مورد توجه دقیق قرار گیرد.

ایجاد منافذی برای تخلیه محصولات لوله‌ای، موجب می‌گردد سطوح داخلی این محصولات نیز پوشش‌دهی شده و در نتیجه قطعات از حفاظت بهتری برخوردار گردند. در بعضی از مواقع، تنش‌های پس مانده موجود در داخل قطعات که در حد بالا می‌باشند ممکن است در دمای گالوانیزه با غوطه‌وری گرم آزاد گردند. این فرایند یکی از دلایل اعوجاج غیرمنتظره یا ترک برداشتن قطعات فولادی است. تا جائیکه امکان دارد ترجیحاً باید از قسمت‌های متقارن استفاده شده و از ایجاد تغییرات اساسی در ضخامت و سطح مقطع قطعات آهنی و فولادی برای مثال جوش دادن ورقه‌ی نازک به گوشه‌های ضخیم باید اجتناب گردد. روش‌های تولید و جوشکاری باید به گونه‌ای انتخاب گردد که تنش‌های نامتوازن به حداقل رسیده و انبساط حرارتی تفاضلی در طول فرایند جوشکاری و عمل‌آوری نیز کم گردد. انجام فرایند عملیات حرارتی ممکن است قبل از گالوانیزه کردن با غوطه‌وری گرم، مفید باشد. خریدار باید در مورد الزامات پوشش‌دهی و نحوه مونتاژ اجزاء با گالوانیزه کننده مشورت نماید. گالوانیزه کردن مجموعه‌های فشرده^۲ (که فضای بسیار کمی از حمام را اشغال می‌کنند) اقتصادی‌تر است. بهتر آن است که عملیات جوشکاری، قبل از عملیات گالوانیزه غوطه‌وری گرم انجام گیرد تا پوشش گالوانیزه به صورت همگن و پیوسته روی نقاط جوش نیز ایجاد گردد.

1- Buoyance (نیروی ارشمیدوس)

2- Compact sub-assemblies

قطعات آهنی و فولادی باید به گونه‌ای طراحی گردند که امکان دسترسی و تخلیه فلزات مذاب وجود داشته و محبوس شدن هوا در داخل آن اتفاق نیفتد. داشتن پروفیل یکنواخت و اجتناب از ایجاد لبه‌ها و گوشه‌های غیرضروری به گالوانیزه کردن با غوطه‌وری گرم کمک می‌کند. همچنین پیچ کردن قطعات به همدیگر بعد از گالوانیزه شدن، مقاومت طولانی مدت به خوردگی این قطعات را بهبود می‌بخشد.

سوراخ‌های لازم برای فرایند گالوانیزه با غوطه‌وری گرم، ترجیحاً قبل از مونتاژ قطعات و با عمل برش یا تراشیدن گوشه‌های قطعات ایجاد می‌شوند؛ این عمل، از ایجاد حباب جاییکه امکان جامد شدن "روی مذاب اضافی" وجود داشته باشد، جلوگیری می‌کند. اگر اجزاء از قبل مونتاژ شده باشند و هنگامی که فضای موجود برای مته‌زنی، اجازه ایجاد سوراخ‌ها را در نزدیکی لبه‌ها یا گوشه‌ها ندهد، در این صورت، برای ایجاد سوراخ در چنین مجموعه‌ای، روش اشتعال ممکن است مناسب باشد.

۴-۵ تحمل‌پذیری

ضخامت پوشش‌های غوطه‌وری گرم اساساً به وسیله نوع و ضخامت فولاد تعیین می‌گردد. در مورد سطوح هم تراز و سوراخ‌های موجود در قطعات، تحمل‌پذیری باید در حدی باشد که امکان پوشش‌دهی ضخیم روی فلز امکان‌پذیر باشد. میزان پوشش‌دهی با گالوانیزه غوطه‌وری گرم در سطوح مسطح، به میزان حداقل ۱ mm مناسب و رضایت‌بخش می‌باشد. برای آگاهی از تعاریف سطوح مهم و معیارهای قابل قبول پوشش‌دهی، به استاندارد ملی ایران شماره ۱۶۳۵۳ مراجعه شود.

در مورد قطعات آهنی و فولادی رزوه‌دار، وضعیت بسیار پیچیده است.

الف- پیچ‌ها در یک وضعیت خوابیده و مطابق با میزان تحمل‌شان بدون گالوانیزه شدن با غوطه‌وری گرم، رزوه‌دار شده و مهره‌ها پس از پوشش‌دهی بسته می‌شوند.

یا

ب- پیچ‌ها در اندازه‌های کوچک طراحی می‌گردند تا روی رزوه‌های استاندارد مهره‌های "گالوانیزه شده با غوطه‌وری گرم" به راحتی بسته شوند.

برای راهنمایی‌های بیشتر به استاندارد ISO 10684 مراجعه شود.

۵ طراحی انبارش و حمل و نقل قطعات آهنی و فولادی

قطعات کار گالوانیزه شده^۱ با غوطه‌وری گرم باید از لحاظ ایمنی به گونه‌ای روی هم قرار گیرند که جابجایی، انبارش و حمل و نقل ایمن داشته باشد.

در مواردی که الزام خاص برای کم کردن میزان گسترش لکه‌های مرطوب (اصولاً اکسیدهای روی بازی و هیدروکسید روی تشکیل شده روی سطوح پوشش گالوانیزه شده در طول انبارش قطعه کار در محیطی با شرایط مرطوب) وجود داشته باشد در این صورت این الزامات باید در زمان سفارش توسط خریدار به گالوانیزه کننده

1- Galvanized work

اعلام گردیده و هر اقدام کنترلی مربوطه باید مطابق با آن صورت پذیرد. چنین اقداماتی با انبارش قطعه کار به گونه‌ای که حرکت آزادانه هوا در فواصل سطوح میسر بوده و استفاده از جداکننده جهت به حداقل رساندن تماس قطعات کار با همدیگر یا اجتناب از تودرتو گذاشتن قطعات کار (تا جائیکه طراحی قطعات، اجازه این عمل را بدهد) امکان‌پذیر است.

مطابق با استاندارد ISO 1461 اگر ضخامت پوشش بالاتر از حداقل الزامات تعیین شده برای ضخامت باشد در این صورت گسترش لکه‌های مرطوب یاد شده، نباید موجب عدم پذیرش نمونه‌ها گردد.

۶ تأثیر شرایط قطعات آهنی و فولادی روی کیفیت گالوانیزه غوطه‌وری گرم

۱-۶ کلیات

اکثر فولادها، شامل فولادهای کربنی غیرآلیاژی (به استاندارد ملی ایران شماره ۲-۱۴۲۶۲ مراجعه شود)، فولادهای ریزدانه (به استانداردهای ملی ایران شماره ۳-۱۴۲۶۲ و ۴-۱۴۲۶۲ مراجعه شود)، فولادهای بازپخت و کوپنچ شده^۱، قسمت‌های مشبکی که با گرمادهی، فرایند پرداخت روی آن‌ها صورت گرفته است (به استاندارد EN 10210-1 مراجعه شود)، قسمت‌های مشبکی که با سرمادهی، فرایند پرداخت روی آن‌ها صورت گرفته است (به استاندارد EN 10219-1 مراجعه شود)، فولادهای تقویت شده (به استاندارد EN 10080 مراجعه شود) مهره-های فولادی (به استاندارد ملی ایران شماره ۵۶۵۴ مراجعه شود)، چدن خاکستری (به استاندارد EN 1561 مراجعه شود) و چدن چکش‌خوار (به استاندارد EN 1562 مراجعه شود) می‌توانند مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۱۶۳۵۳ گالوانیزه گرم شوند. در مواردی که گالوانیزه فلزات آهنی مد نظر باشد در این صورت خریدار باید نمونه‌ها یا اطلاعات کافی را به گالوانیزه کننده ارائه دهد تا گالوانیزه کننده با داشتن این اطلاعات تصمیم بگیرد آیا فرایند گالوانیزه کردن با این شرایط رضایت‌بخش خواهد بود یا نه. معمولاً فولادهای اتومات^۲ که دارای گوگرد می‌باشند برای گالوانیزه با غوطه‌وری گرم مناسب نیستند.

۱-۱-۶ اجزاء تشکیل دهنده قطعات آهنی و فولادی

وجود عناصر مشخصی مثل سیلیکون و فسفر روی سطح فولاد می‌تواند با طولانی کردن واکنش بین آهن و روی مذاب، فرایند گالوانیزه با غوطه‌وری گرم را تحت تأثیر قرار دهد. بنابراین پوشش‌های سازگارتری را از نظر ظاهر، ضخامت و نرمی می‌توان روی ترکیبات معینی از فولاد ایجاد کرد. سابقه قبلی فولاد (خواه نورد شده گرم باشد یا نورد شده سرد) نیز می‌تواند بر واکنش آن با روی مذاب تأثیرگذار باشد. جایی که زیبایی ظاهری در فولاد مهم باشد یا جائیکه معیارهایی برای نرمی سطح یا ضخامت پوشش وجود داشته باشند در این صورت باید به توصیه‌های متخصص انتخاب فولاد قبل از ساخت قطعات آهنی و فولادی یا گالوانیزه غوطه‌وری گرم عمل شود.

1- Quenched

2- Free cutting steels

جدول ۱، راهنمایی مختصری را در مورد ترکیبات فولاد ارائه می‌دهد که به ویژگی‌های پوشش یک نمونه نوعی، زمانی که فرایند گالوانیزه کردن در دمای °C ۴۴۵ تا °C ۴۶۰ اتفاق می‌افتد، مربوط می‌گردد.

جدول ۱- ویژگی‌های پوشش‌دهی مرتبط با ترکیب فولاد

دسته	میزان عناصر واکنش نمونه نوعی	اطلاعات تکمیلی	ویژگی‌های پوشش نمونه نوعی
الف	P % ۰.۰۲ □ و Si % ۰.۰۴ ≤	به یادآوری ۱ مراجعه شود	
ب	Si % ۰.۱۴ تا Si % ۰.۲۵	آلیاژ آهن/ روی ممکن است در سرتاسر سطح پوشش توسعه پیدا کند. ضخامت پوشش، با افزایش مقدار سیلیکون افزایش می‌یابد. عناصر دیگر نیز می‌توانند بر واکنش‌پذیری فولاد تأثیرگذار باشند. به طور ویژه، مقدار فسفر بیشتر از % ۰.۰۳۵، واکنش‌پذیری فولاد را افزایش خواهد داد.	پوشش، دارای ظاهری شفاف، صیقلی و ریزدانه است. ساختار پوشش، شامل لایه‌ی روی ^a بیرونی می‌باشد.
پ	Si % ۰.۰۴ □ تا Si % ۰.۱۴ ≤	پوشش‌های فوق‌العاده ضخیم ممکن است تشکیل شود.	پوشش دارای ظاهری تیره‌تر، صیقلی و دانه درشت است.
ت	Si % ۰.۲۵ □	ضخامت پوشش، با افزایش مقدار سیلیکون افزایش می‌یابد.	آلیاژهای روی/ آهن، به ساختار پوششی غلبه کرده و اغلب با کاهش مقاومت در برابر آسیب‌های ناشی از جابجایی، روی سطح پوشش توسعه پیدا می‌کنند.

یادآوری ۱- انتظار می‌رود زمانی که ترکیب فولاد مطابق با فرمول $P \leq 0.09 + Si$ باشد، این ویژگی‌ها نمایان گردد. برای فولادهای نورد شده‌ی سرد، این ویژگی‌ها، زمانی که ترکیب فولاد مطابق با فرمول $P \leq 0.04 + Si$ باشد مشاهده می‌شود.

یادآوری ۲- وجود عناصر آلیاژی (برای مثال نیکل) در مذاب روی، می‌تواند تأثیر زیادی بر ویژگی‌های پوشش شرح داده شده در این جدول داشته باشد. راهنمایی‌های مربوط به گالوانیزه کردن در دمای بالا (غوطه‌وری در فلز روی مذاب در دمای °C ۵۳۰ تا °C ۵۶۰) در این جدول ارائه نشده است.

یادآوری ۳- ترکیب‌های فولاد شرح داده شده در این جدول، متناسب با تأثیر سایر متغیرها و حدود مرزی مربوط به هر محدوده، متفاوت خواهد بود.

^a Outer zinc layer

۲-۱-۶ ریخته‌گری

عملیات ریخته‌گری باید تا حد ممکن، عاری از تخلخل سطح و منافذ موجود روی سطح قطعات باشد. سطوح باید با استفاده از روش شن‌زنی، شستشوی قطعه با الکترولیت یا با سایر روش‌ها که برای ریخته‌گری مناسب

باشند، تمیز گردد. باید توجه داشت که رسوبات شنی قالب، گرافیت یا کربن بازپخت^۱ شده، با استفاده از قطعه-شویی مرسوم که با هیدروکلریک اسید انجام می‌گیرد از سطح چدن تمیز نمی‌شوند. برای حذف این آلاینده‌ها، استفاده از عملیات تمیزکاری با روش شن‌زنی ضروری است. تمیزکاری سطوح قطعات با اشکال پیچیده می‌تواند به وسیله شرکت‌های تخصصی گالوانیزه کننده و استفاده کننده از هیدروفلوریک اسید انجام گیرد. داشتن دقت کافی در طراحی قطعاتی از جنس چدن الزامی است. در گالوانیزه کردن قطعاتی که به شکل ساده و با سطح مقطع سفت و در حجم کم ریخته‌گری می‌شوند به شرطی که قطعات و شرایط سطح مناسب باشند، مشکل خاصی به وجود نخواهد آمد. اما در ریخته‌گری‌هایی با ابعاد حجیم، قطعات باید دارای طرح متوازن و با ضخامت قطعات همگن جهت اجتناب از اعوجاج و ترک ناشی از تنش حرارتی باشند. لذا باید از الگوها و طرح‌های نواری با شعاع زیاد استفاده شده و از گوشه‌های تیز و گودی‌های عمیق باید اجتناب گردد. در عملیات ریخته‌گری، پرداخت سطح زیر ممکن است موجب تشکیل پوشش‌های گالوانیزه ضخیم‌تر نسبت به قطعات نورد شده باشد.

یادآوری - عملیات ریخته‌گری به چندین شکل مختلف انجام می‌گیرد:

- ریخته‌گری چدن: چدن دارای مقدار کربنی بیشتر از ۲٪ بوده که اکثر آن گرافیت به شکل فلس می‌باشد؛
- ریخته‌گری گرافیت کروی^۲: از بسیاری از جنبه‌های ترکیبی به چدن شبیه بوده ولی کربن موجود آن به صورت گرافیت کروی می‌باشد که عملیات ریخته‌گری با افزودن منیزیم و سریم، شروع می‌گردد؛
- ریخته‌گری آهن قابل انعطاف (چکش‌خوار): به صورت هسته سیاه، هسته سفید و لایه لایه شدن^۳ انجام می‌گیرد. مواردی همچون چقرمگی و کارایی به فرایندهای آنیله کردن وابسته بوده و استفاده از گرافیت اولیه در ریخته‌گری مربوطه مجاز نیست.

۲-۶ شرایط سطح

سطح فلزات قلیایی باید قبل از غوطه‌ور شدن در فلز روی مذاب، تمیز گردد. چربی‌زدایی و قطعه‌شویی در اسید جزء روش‌های توصیه شده برای تمیز کردن سطح می‌باشد. از شستشوی اضافی باید اجتناب گردد. آلودگی‌هایی همانند فیلم‌های کربنی (مثل باقیمانده روغن نورد)، روغن، گریس، رنگ، خاکستر جوشکاری، برچسب‌ها، مواد نشانه‌گذاری، روغن‌های ساخت و تولید و ناخالصی‌های مشابهی که با غوطه‌ورسازی در اسید تمیز نمی‌شوند قبل از غوطه‌ورسازی در اسید باید جدا گردند. این عمل موجب تأثیرگذاری بیشتر و استفاده مؤثر از مواد تمیزکننده می‌باشد. خریدار موظف به حذف چنین آلاینده‌هایی است مگر این‌که توافق‌های دیگری بین خریدار و گالوانیزه کننده انجام گرفته شده باشد.

1- Temper carbon
2- Spheroidal graphite castings
3- Pearlitic

۳-۶ تأثیر زبری سطح فولاد بر ضخامت پوشش حاصل از گالوانیزه با غوطه‌وری گرم

زبری سطح فولاد، روی ضخامت و ساختار پوشش تأثیرگذار است. به طور معمول تأثیر غیر مسطح بودن سطوح فلزات قلیایی، بعد از گالوانیزه کردن آن‌ها قابل رؤیت می‌باشد. قطعه فولادی با سطح زبر اگر قبل از قطعه‌شویی با اسید، با عملیات تمیزکاری با روش شن‌زنی، تراشیدن لایه^۱ و... آماده‌سازی شده باشد، دارای پوشش ضخیم‌تری نسبت به سطحی است که تنها با اسید قطعه‌شویی شده باشد.

۴-۶ تأثیر فرایندهای برش حرارتی

عملیات برش شعله، برش لیزری و برش پلاسمایی، ترکیب فولاد و ساختار آن را در نواحی اطراف و روی سطح برش تغییر می‌دهد به گونه‌ای که رسیدن به پوششی با کمینه ضخامت ممکن است دشوار بوده و پوشش به وجود آمده ممکن است چسبندگی / پیوستگی کمی را به زیرآیند^۲ داشته باشد. برای رسیدن به ضخامت مطمئنی از پوشش و اطمینان از چسبندگی / پیوستگی خوب پوشش‌ها، سطوحی که تحت عملیات برش شعله، برش لیزری و برش پلاسمایی قرار می‌گیرند باید توسط سازنده قطعه، صاف شده و لبه‌های تیز از قطعات جدا گردند.

۵-۶ اثر تنش‌های داخلی در فولادهای پایه

۱-۵-۶ کلیات

فرایند گالوانیزه غوطه‌وری گرم شامل غوطه‌ورسازی قطعات فولادی تمیز و عمل‌آوری شده است که در حمام " آلیاژ روی / روی مذاب " در دمای 450°C غوطه‌ور شده و پس از تشکیل پوشش توسط واکنش متالورژیکی، بیرون آورده می‌شود. تنش‌های بزرگ یا نامتوازن موجود در قطعات، ممکن است در اثر غوطه‌ورسازی کم گردد. گالوانیزه کننده مسئول هرگونه تغییر شکل رخ داده در فولاد در طول فرایند گالوانیزاسیون نیست (هنگامی که حالت ویژه‌ای از تنش قطعات در زمان غوطه‌وری، تحت کنترل گالوانیزه کننده نمی‌باشد) مگر این که اعوجاج به وجود آمده به علت جابجایی نامناسب اتفاق افتاده باشد (برای مثال آسیب مکانیکی یا آویزان کردن نادرست قطعات).

۲-۵-۶ ترک خوردگی اعوجاجی^۳

در یک اتفاق نادر، هنگامی که تنش‌های داخلی باقیمانده در فرایند تولید قطعات آهنی و فولادی، به استحکام کششی فولاد استفاده شده در ساخت قطعات غلبه پیدا کند در این صورت ترک خوردگی اعوجاجی ممکن است اتفاق بیفتد. به طور معمول پیاده‌سازی یک طرح خوب برای گالوانیزه کردن قطعات از بروز این مشکلات جلوگیری می‌کند.

1- Course grinding
2- Substrate
3- Distortion cracking

در طول چرخه گرمایش و سرمایش، قطعه‌ی کار تنش‌های ایجاد شده به وسیله انبساط حرارتی تفاضلی عناصر موجود در قطعه کار را تجربه می‌کند. تنش‌هایی که از قبل در اثر تولید قطعات باقی مانده است باعث تأثیرگذاری روی این عناصر شده است. میزان تنش موجود در قطعه کار به آسانی قابل پیش‌بینی نیست. تنش‌های نامتوازن در طول چرخه گرمایش و سرمایش ممکن است در میزان اعوجاج مؤثر باشند. مواردی همچون پیاده‌سازی یک طرح خوب برای گالوانیزه کردن قطعات و روش اجرایی مناسب برای تولید آن، می‌تواند موجب کاهش هرگونه احتمال وقوع اعوجاج گردد. تجربه نشان می‌دهد که روش‌های اجرایی به کار رفته در فولادهای ویژه، پیش‌عمل-آوری، عملیات حرارتی و مکانیکی، قطعه‌شویی با اسید و گالوانیزه با غوطه‌وری گرم، رضایت‌بخش بوده است. این اطلاعات به عنوان یک شناسه به کار گرفته می‌شوند تا مشکلات مربوط به شکنندگی در فولادهایی با ترکیب‌های یکسان، عملیات پیش‌عمل‌آوری، عملیات حرارتی و مکانیکی، و روش‌های اجرایی گالوانیزه غوطه‌وری گرم اتفاق نیفتد.

فولادهای سخت و یا فولادهایی با قابلیت کشش بالا (فولادهایی با استحکام بالاتر از ۶۵۰ MPa) ممکن است دارای تنش داخلی باشند. این تنش‌ها احتمال شکستگی فولاد در فرایند قطعه‌شویی با اسید و عملیات گالوانیزه با غوطه‌وری گرم در داخل حمام گالوانیزه را افزایش می‌دهند. علی‌رغم احتمال پایین بروز چنین مشکلی در حالت عادی، یک سری از پیکربندی‌های هندسی مربوط به ساختارهای بزرگ وجود دارند که در این ساختارها اثرات یاد شده با آزاد کردن تنش‌ها قبل از قطعه‌شویی با اسید و گالوانیزه با غوطه‌وری گرم ممکن است کاهش یابد. هنگام گالوانیزه با غوطه‌وری گرم چنین فولادهایی توجه به توصیه‌های متخصصین مربوطه الزامی است.

۳-۵-۶ تردی هیدروژنی^۱

به طور معمول فولادهای ساختمانی با جذب هیدروژن در طول قطعه‌شویی با اسید، ترد نشده و در حالت کلی هیدروژن باقیمانده (اگر وجود داشته باشد) روی فولادهای ساختمانی تأثیرگذار نخواهد بود. هیدروژن جذب شده روی فولادهای ساختمانی در طول فرایند گالوانیزه با غوطه‌وری گرم از آن جدا می‌گردد. اگر سختی فولاد، بالاتر از ۳۴ HRC، ۳۴۰ HV، ۳۲۵ HB (به استاندارد ISO 4964 مراجعه شود) باشد در این صورت لازم است برای به حداقل رساندن جذب هیدروژن در طول آماده‌سازی سطوح، دقت کافی به کار برده شود. به طور معمول سختی جوش‌ها و مناطق حرارت دیده^۲ مربوط به فولادهای ساختمانی از مقادیر ۳۴۰HV تجاوز نمی‌کند. در نتیجه با جذب هیدروژن در طول فرایند قطعه‌شویی با اسید در این مناطق، پدیده تردی اتفاق نمی‌افتد.

۴-۵-۶ تردی پیرکشی^۳

برای کاهش خطر تردی، میزان تغییر شکل سرد موضعی^۴ باید در مراحل طراحی و ساخت قطعات در کمترین مقدار ممکن نگه داشته شود. هنگامی که این شرایط فراهم نگردد در این صورت عملیات حرارتی قبل از قطعه-

1- Hydrogen embrittlement
2- Heat affected zone (HAZ)
3- Strain age embrittlement
4- Local cold deformation

شویی با اسید باید برای کم کردن تنش به کار گرفته شده و فولادی که مستعد تردی پیر کششی نباشد انتخاب گردد.

ترد شدن قطعاتی که تحت کار سرد^۱ قرار گرفته‌اند یک پدیده اصلی متالورژیکی بوده و بر درجه فولاد تأثیرگذار خواهد بود.

مطابق با وسعت تغییر شکل اتفاق افتاده در اثر کار سرد، استحکام فولاد افزایش پیدا کرده در حالی که چقرمگی و قابلیت شکل‌پذیری آن به طور هم‌زمان کاهش می‌یابد. با انتخاب فولادی با چقرمگی بالا، خطرات مربوط به ترد شدن قطعات تحت کار سرد کاهش می‌یابد. با در نظر گرفتن میزان انرژی ضربه و دمای تبدیل قطعات فولادی تغییر شکل نیافته، درصد تغییر شکل قطعات تحت کار سرد باید با کاهش دما تا 3°C پایین‌تر از دمای تبدیل، متعادل گردد.

یادآوری ۱- استعداد قطعات نسبت به سخت شدن در اثر پیر کششی و خطر ترد شدن متعاقب آن، به دلیل مقدار نیتروژن فولاد که آن‌هم عمدتاً به فرایند ساخت فولاد وابسته است، می‌باشد. به عنوان یک راهنمای کلی می‌توان گفت که این مشکل، در روش اجرایی ساخت فولاد نوین اتفاق نمی‌افتد. فولاد آرام شده با آلومینیم^۲ یا فولادهای حاوی عناصری با نیتروژن پیوندی جایگزین (مثل وانادیم، نیوبیوم و تیتانیوم) کمتر در معرض سخت شدن در اثر پیر کششی قرار می‌گیرند.

یادآوری ۲- فولادهای تحت کار سرد یا عملیات حرارتی شده، می‌توانند با حرارت‌دهی در حمام گالوانیزه با غوطه‌وری گرم، بازپخت شده و مقداری از استحکام افزایش یافته خود را که ناشی از عملیات حرارتی یا کار سرد به دست آورده‌اند از دست بدهند.

۵-۵-۶ ترک خوردن یا تردی ناشی از فلز مذاب^۳

ترک خوردن یا تردی ناشی از فلز مذاب هنگامی اتفاق می‌افتد که ترکیبی از ویژگی‌های فولاد، جزئیات ساخت و متغیرهای مربوط به فرایند گالوانیزه کردن، شرایطی را برای ترک خوردن ناشی از تردی قطعات فولادی در طول گالوانیزه کردن، به وجود آورند. در عمل، ترکیب چنین عواملی به ندرت اتفاق می‌افتد. دستورالعمل وجود دارد که طراحی (برای مثال محل تمرکز تنش‌ها) و جزئیات مربوط به قطعه (برای مثال کیفیت فولاد، میزان تنش‌های باقیمانده، کیفیت جوش، محل و پرداخت سوراخ‌های منگنه شده و مته‌کاری شده و سطوح برش داده شده با جوش) و شرایط گالوانیزه کردن (برای مثال شرایط آماده‌سازی، سرعت غوطه‌ورسازی و تشکیل مذاب روی) را که در فرایند ساخت موجب ترک خوردن ناشی از فلز مذاب گردند، کنترل می‌کند.

یادآوری - راهنمایی‌های تکمیلی در این مورد در حال توسعه می‌باشد.

1- Cold-work embrittlement

2- Aluminium-killed steel

3- Liquid metal assisted cracking (LMAC) or liquid metal embrittlement (LME)

۶-۶ قطعات حجیم یا فولادهای ضخیم

جابجایی قطعات بزرگ که در حمام گالوانیزه تحت گالوانیزه با غوطه‌وری گرم قرار می‌گیرند زمان‌بر است. لذا این مسئله به همراه خواص متالورژیکی فولادهای ضخیم که ناشی از روش‌های ساخت عادی آن‌ها می‌باشد ممکن است موجب تشکیل پوشش‌های ضخیم گردد.

۷-۶ روش اجرایی گالوانیزه کردن با غوطه‌وری گرم

به منظور کاهش اثرات جانبی سیلیکون و فسفر و بهبود نمای ظاهری پوشش ایجاد شده ممکن است مقادیر بسیار کمی از عناصر آلیاژی به عنوان بخشی از روش فرایندی مربوط به گالوانیزه کننده‌ها، به حمام گالوانیزه اضافه گردد. انجام این مرحله (به استاندارد ملی ایران شماره ۱۶۳۵۳ مراجعه شود) تأثیری در مقدار مقاومت طولانی مدت پوشش نخواهد داشت.

در مواردی که الزام ویژه وجود داشته باشد در این صورت میزان مواد افزودنی در حمام یا ناخالصی‌های موجود در پوشش، ممکن است به وسیله خریدار مشخص گردد. برای مثال می‌توان به دیگ‌های بخار (تانک‌ها و سیلندرهای) اشاره کرد که با روش غوطه‌وری گرم گالوانیزه شده و به همراه لوله‌های گالوانیزه شده در سامانه‌های آب قابل حمل مورد استفاده قرار می‌گیرند. خریدار ممکن است برای پوشش‌های لوله‌های دیگ‌های بخار، نیاز به تبعیت از الزامات مندرج در استاندارد EN 10240 داشته باشد.

در مورد قطعات یا شرایط مهم مربوط به طراحی و ساخت، متغیرهای گالوانیزاسیون باید به منظور کاهش خطر اعوجاج یا آسیب دیدگی بهینه گردد. گالوانیزه کننده باید متغیرهای فرایند را در تمامی مراحل گالوانیزاسیون ثبت نماید. برای ارزیابی مناسب بودن روش اجرایی گالوانیزاسیون، آزمون‌هایی روی تعداد کمی از نمونه‌های اولیه ممکن است انجام گیرد.

۷ اثر فرایند گالوانیزه کردن با غوطه‌وری گرم روی قطعات

۱-۷ رواداری‌های ابعادی مربوط به رزوه‌ی جفت شونده^۱

دو روش متفاوت برای ایجاد لقی بین اجزاء جفت شونده^۲ وجود دارد:

- ایجاد لقی با استفاده از زیر برش^۳ رزوه جفت شونده یا
- ایجاد لقی با استفاده از برش رویی رزوه مادگی^۴.

در مورد بست‌ها به استاندارد ISO 10684 مراجعه شود. در حالت کلی، برای ایجاد تطابق در ضخامت پوشش، لقی باید روی رزوه‌های جفت شونده ایجاد گردد. برای رزوه‌های داخلی که قبلاً رزوه‌دار شده یا بعد از گالوانیزه کردن با غوطه‌وری گرم رزوه‌دار می‌گردند الزامات پوششی وجود ندارد.

(رزوه‌ای که با رزوه متناظر خود درگیر می‌شود مثل رزوه‌های پیچ و مهره)

1- Mating thread

2- Allowances

3- Under-cutting

4- Over-cutting the female thread

ضخامت پوشش معین شده برای قطعات رزوه‌دار، مختص قطعاتی است که جهت اطمینان از داشتن رزوه‌های تمیز نیاز به سانتریفیوژ سریع بعد از گالوانیزه شدن داشته باشند.

بادآوری - ایجاد پوشش روی رزوه‌های بیرونی پیچ، به طور گالوانیکی از رزوه‌های داخلی در فرایند مونتاژ محافظت می‌کند. بنابراین نیاز به پوشش فلز روی برای رزوه‌های داخلی نیست.
رزوه‌های پوشش داده شده باید مطابق با الزامات طراحی، استحکام کافی داشته باشند.

۲-۷ اثر گرمای فرایند

قطعاتی که گرمای گالوانیزه با غوطه‌وری گرم، اثر منفی روی آن‌ها دارد نباید با غوطه‌وری گرم گالوانیزه گردند. فولادهایی که تحت کار سرد یا عملیات حرارتی قرار گرفته‌اند ممکن است با حرارت موجود در حمام گالوانیزه با غوطه‌وری گرم، بازپخت شده و مقداری از استحکام خود را که از عملیات حرارتی یا کار سرد به دست آورده‌اند، از دست بدهند.

۸ پس از انجام عملیات روی قطعات

به طور معمول قطعات نباید در حالت گرم یا خیس روی هم انباشته شوند. قطعات با ابعاد کوچک که برای گالوانیزه شدن، آن‌ها را در داخل ظروف سبکی شکل یا روی گیره^۱ قرار می‌دهند باید بعد از این که از حمام روی بیرون آورده شدند سریعاً سانتریفیوژ^۲ شده تا فلزات اضافی آن جدا گردند. با انجام عملیات سطح مناسب بعد از گالوانیزه با غوطه‌وری گرم، امکان تشکیل لکه‌های خیس روی سطوح به تأخیر می‌افتد. اگر قرار بر این باشد که قطعات بعد از گالوانیزه شدن، رنگ زده شده یا با پودر پوشش داده شوند در این صورت خریدار باید این موارد را به گالوانیزه کننده، قبل از گالوانیزه کردن قطعات اطلاع دهد. برای سیستم‌های دو طرفه^۳ که از رنگ‌ها استفاده می‌کنند، الزامات مربوط به عملیات سطح، سیستم رنگ‌رزی، ضخامت پوشش، فناوری‌های مربوط به اجرا و.. باید مطابق با توافق بین ذینفعان (خریدار و تولیدکننده) باشد. برای اطلاعات بیشتر به استاندارد ملی ایران شماره ۵-۶۵۹۴ مراجعه شود.

در صورت کاربرد سیستم‌های دو طرفه که از پوشش‌های پودری استفاده می‌کنند، توصیه‌های مربوط به پودرها، عملیات، کاربردها و عملکرد سیستم در استانداردهای EN 13438, EN 15773 ارائه شده است.

1- Jig
2- Centrifuged
3- Duplex systems

پیوست الف

(اطلاعاتی)

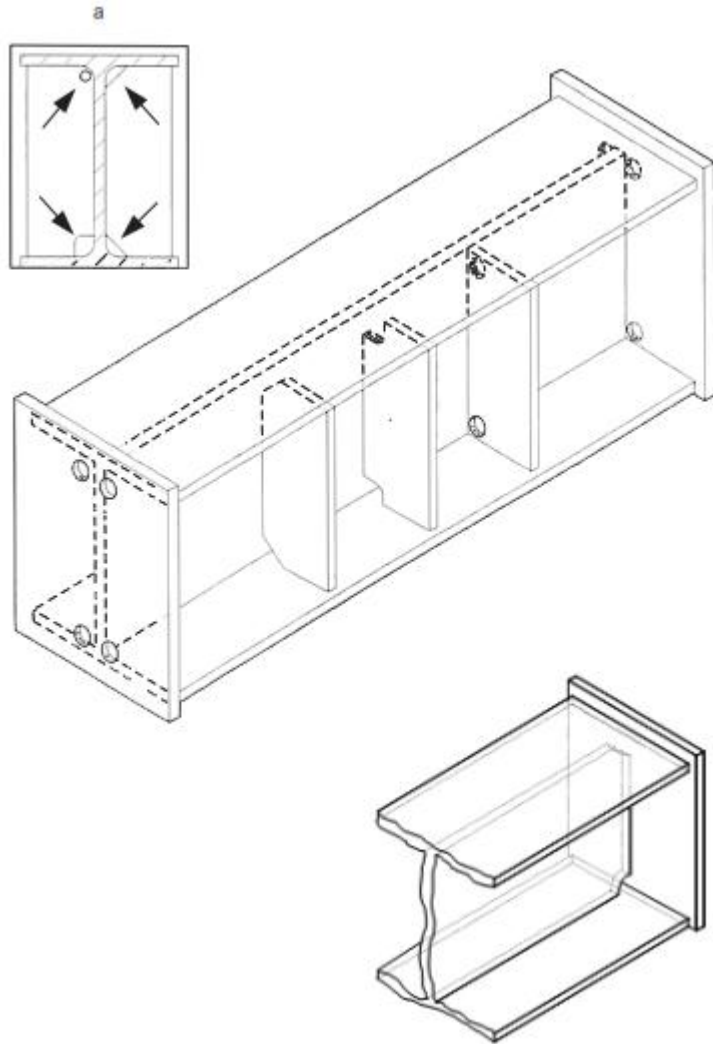
طراحی‌های برگزیده قطعات برای گالوانیزه کردن با غوطه‌وری گرم

قطعه تقویتی بیرونی^۱، قطعات اتصال فولادی و تیغه تیر^۲ جوشکاری شده روی ستون و تیرها و قطعات اتصال در بخش‌های کانالی^۳، باید دارای گوشه‌های بریده شده مطابق با شکل الف-۱ باشند. شیارهای ایجاد شده باید بدون استحکام ساختاری سازش‌پذیر تا حد ممکن بزرگ باشند. اگر اطراف لبه‌های ایجاد شده نیاز به جوشکاری داشته باشد در این صورت ایجاد یک برش شعاعی برای کمک به پیوستگی جوش اطراف برش انتهایی و کناره‌های دیگر مناسب خواهد بود. سوراخ‌های دایره‌ای شکل اگر مورد استفاده قرار گیرند تأثیر کمی داشته و این سوراخ‌ها باید تا حد ممکن در نزدیکی گوشه‌ها و لبه‌ها ایجاد گردند. تیر اصلی مناسب‌ترین جایی است که سوراخ‌ها و گوشه‌های برش داده شده ممکن است روی آن قرار گیرند. در برش‌های جعبه‌ای بزرگ (به شکل الف-۹ مراجعه شود) قطعه تقویتی داخلی باید دارای نیم تنه‌ی گرد مرکزی به انضمام برش گوشه‌ها باشد. برای برش‌های جعبه‌ای کوچک، انجام عمل برش به تنهایی کافی نیست. در جایی که صفحه‌ی زیر ستون وجود داشته باشد در این صورت منافذ اضافه‌تری مورد نیاز است. این طرح‌ها:

الف- از محبوس شدن هوا در طول فرایند جلوگیری کرده و در نتیجه نفوذ اسید و روی مذاب به تمامی سطوح قطعه‌ی کار امکان‌پذیر می‌گردد.

ب- امکان تخلیه هنگام بیرون آوردن از اسید و تانک‌های آبکشی و حمام گالوانیزاسیون را فراهم می‌سازند. محل دقیق سوراخ‌ها و شیارها ممکن است با روش غوطه‌وری، تغییر کند. لذا در طول مراحل طراحی باید مشورت‌های لازم با گالوانیزه کننده انجام پذیرد.

1- External stiffeners
2- Welded gussets and webs
3- Channel sections

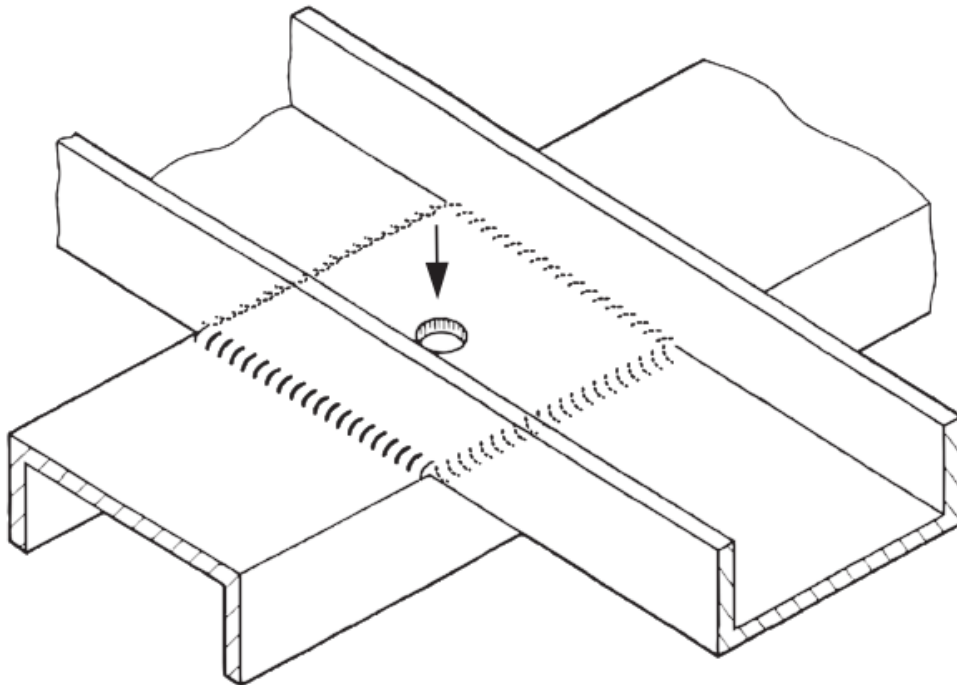


^a برش^۱ (قطعات) متعلق به تیر اصلی، نشان دهنده‌ی نمونه برش‌هایی است که این برش‌ها جاری شدن فلز روی در طول گالوانیزه با غوطه‌وری گرم را تسهیل می‌کنند. همچنین این شکل نمای سه بعدی از تیرهای ساخته شده با انواع ترتیب‌های تخلیه‌ای را نشان می‌دهد.

شکل الف-۱ تیرها، قطعات اتصال فولادی و تیغه تیر

هنگامی که در عملیات گالوانیزه کردن قطعات، امکان برقراری تخلیه بهینه و رضایت‌بخش (مطابق با این استاندارد) در طراحی قطعات (برای مثال، جاییکه از ایجاد سوراخ در صفحه زیر ستون که قبلاً به تیرها جوش داده شده است ممانعت گردد) وجود نداشته باشد در این صورت، ترتیب قرارگیری سوراخ‌های جایگزین و ایمن باید مطابق با توافق بین ذینفعان (خریدار و گالوانیزه کننده) باشد. اثرات بالقوه نوع آرایش قرارگیری سوراخ‌های تخلیه جایگزین در کیفیت قطعات پوشش داده شده باید مد نظر قرار گیرد (برای مثال اثرات این آرایش در : پرداخت سطح^۱، احتمال اعوجاج یا ترک خوردن فولاد).

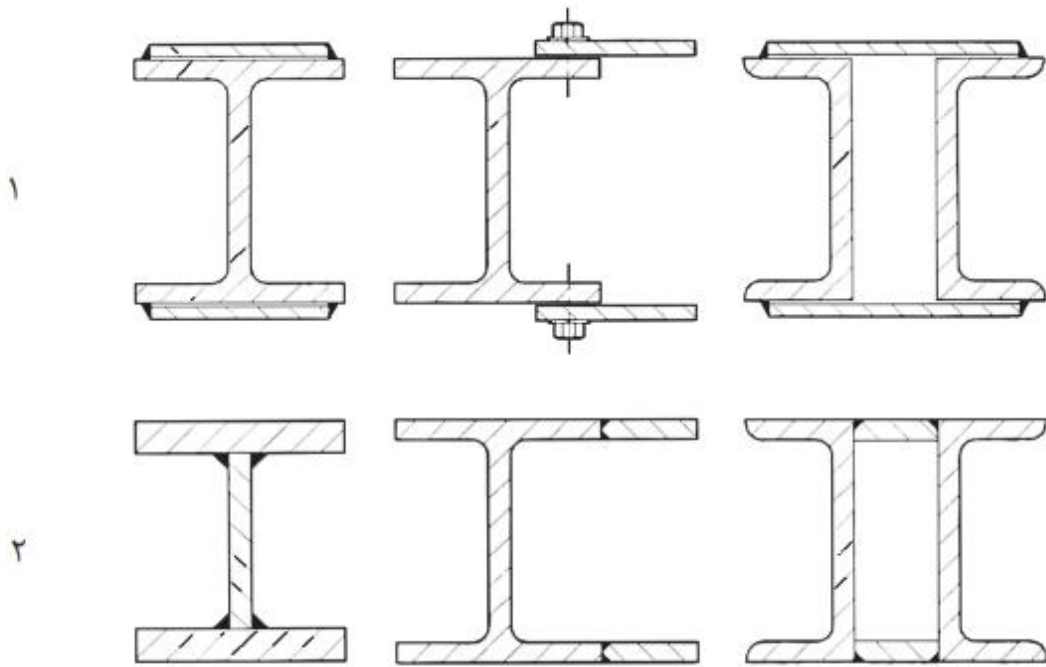
برای سطوحی که در تماس باهم هستند علی‌الخصوص برای فولادهای نازک، باید سوراخی مطابق با شکل الف-۲ ایجاد گردد. اندازه سوراخ باید متناسب با مساحت سطح همپوشانی شده^۲ در نظر گرفته شود. بسته به شکل همپوشانی، ممکن است بیش از یک سوراخ نیاز باشد. در انجام این کار باید از محبوس شدن آب جلوگیری گردد (به شکل الف-۳ مراجعه گردد). به منظور جلوگیری از انفجار و محافظت از کاربرها در فرایند گالوانیزه با غوطه‌وری گرم، انجام این عمل احتیاطی الزامی است. سوراخ کردن سرتاسر قطعه در هر دو طرف الزامی نبوده لیکن اگر این عمل نیز انجام گیرد به جاری شدن آسان مایع کمک خواهد کرد.



شکل الف-۲ جوشکاری سطوح مسطح به همدیگر

-
- 1- Surface finish
 - 2- Area overlap

شیارهای کوچک واقع بین قسمت‌های مختلف قطعات به ویژه در سطوحی که با همدیگر در تماس هستند موجب نفوذ مایع از طریق این شیارها شده لیکن این نفوذ باعث ایجاد پوشش گالوانیزه گرم بین این شیارها نخواهد شد. اتصالات جوش باید مطابق با شکل الف-۳ به صورت پیوسته باشند. اتصالاتی که توسط پیچ انجام می‌گیرند، ترجیحاً بعد از گالوانیزه با غوطه‌وری گرم قطعات، متصل می‌گردند. تمامی قطعات می‌توانند با روش غوطه‌وری گرم گالوانیزه شوند. انجام عملیات گالوانیزه با غوطه‌وری گرم محصولات حلقوی استاندارد، قبل از مونتاژ این محصولات و با پیچ کردن آن‌ها به هم، موجب می‌گردد هر دو عملیات فرایندی و ساخت تسهیل گشته و قطعات در زمان‌های بعدی به راحتی از هم باز گردند. همچنین این روش قابلیت اجرایی بالا و هزینه پایین دارد.



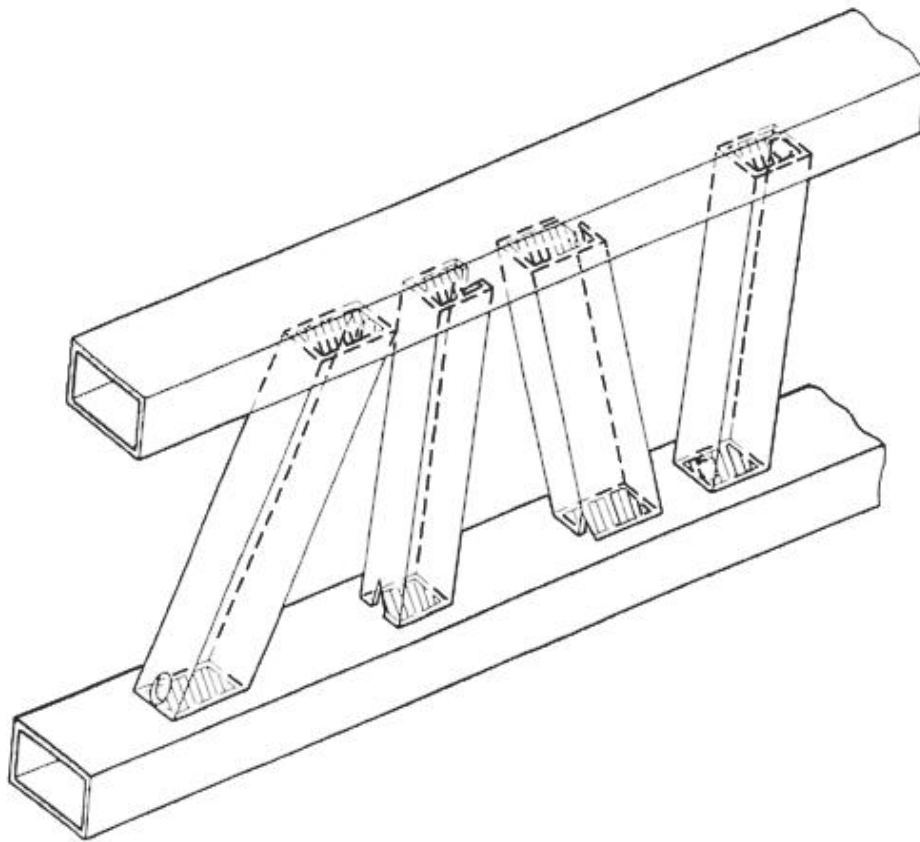
راهنما:

۱ طراحی‌هایی که باید از آن‌ها اجتناب گردد.

۲ طراحی‌هایی که نسبت به طراحی‌های دیگر ترجیح داده می‌شود.

شکل الف-۳ شیارهای باریک

برای انجام تهویه و تخلیه در این قطعات، اقداماتی باید مطابق با شکل الف-۴ انجام گیرد. (محل‌های تخلیه و تهویه به دلیل انجام بازرسی و داشتن ایمنی، ترجیحاً باید از بیرون قابل رؤیت باشند). روی سطح مقطع یا قطعات وتری که قسمت انتهایی آن‌ها با صفحاتی درزبندی شده است باید سوراخ‌ها یا شکاف‌های V شکل، به صورت مورب، در خلاف جهت همدیگر و در بالا و پایین و تا حد ممکن در نزدیکی قسمت‌های انتهایی سیدل شده، ایجاد گردد. سوراخ‌ها باید تا حد ممکن بزرگ باشد. کمینه قطر ممکن سوراخ‌ها در قطعات کوچک، mm ۱۰ است. اندازه سوراخ‌ها در قطعات بزرگ باید به میزان % ۲۵ قطر قطعه ساختمانی باشد (به شکل الف-۵ مراجعه شود).

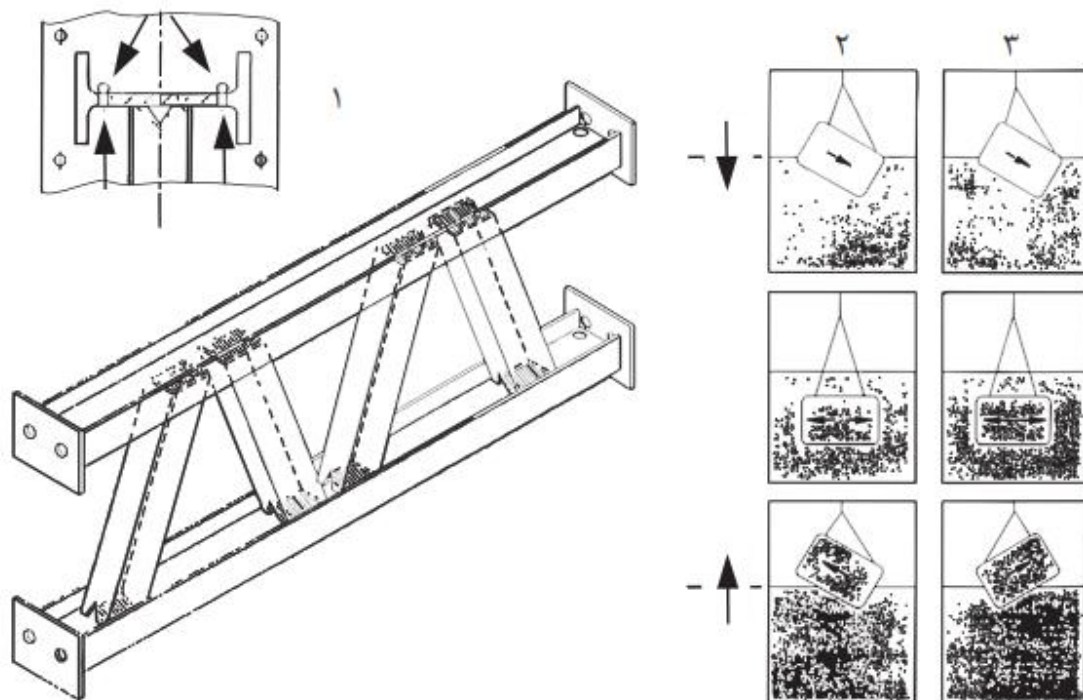


شکل الف-۴ برش‌های توخالی^۱ ساختمانی

فرایند گالوانیزه این قطعات باید به گونه‌ای باشد که روی مذاب به راحتی تخلیه گردد. روش انتخاب شده بدین گونه است که نمونه از طرف یکی از گوشه‌های آن در حمام گالوانیزه غوطه‌ور شده و پس از غوطه‌وری، از گوشه‌ی

1- Hollow

مخالف آن همان گونه که در شکل الف-۵ نشان داده شده است بیرون آورده می شود. محل منافذ تخلیه باید به مسیر بیرون آوردن قطعات از حمام وابسته باشد.

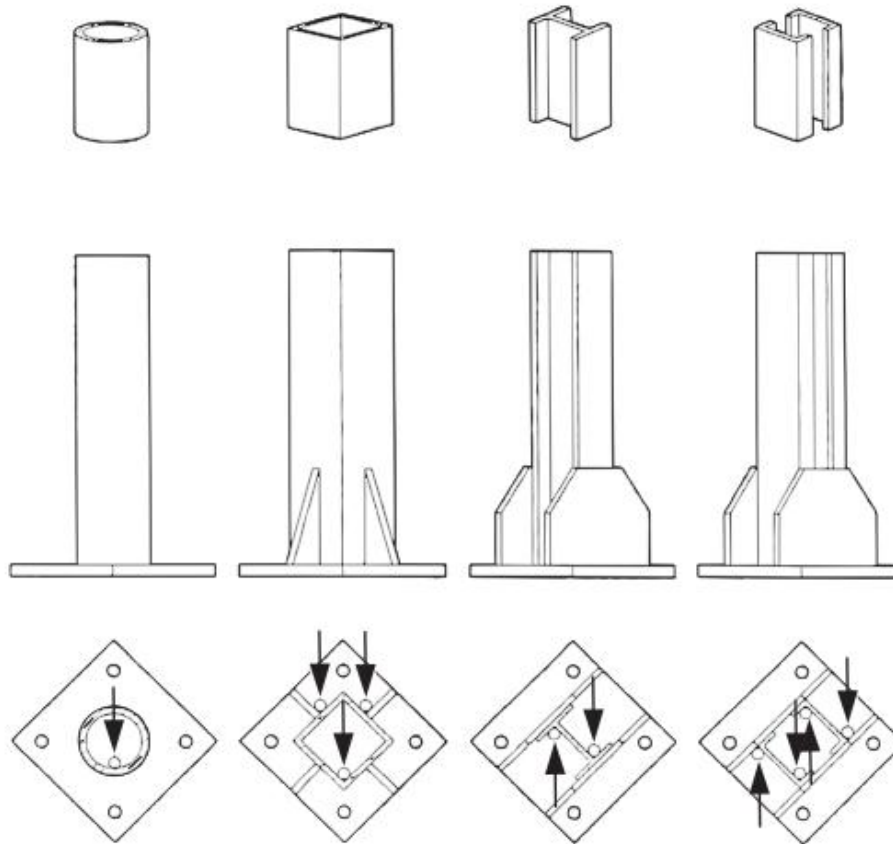


راهنما:

- ۱ سیستم تخلیه نوعی
- ۲ نمونه‌ای از جهت گیری در طول عملیات غوطه‌وری (معمولاً بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرد)
- ۳ نمونه‌ای از جهت گیری در طول عملیات غوطه‌وری (به عنوان جایگزین مورد استفاده قرار می‌گیرد)

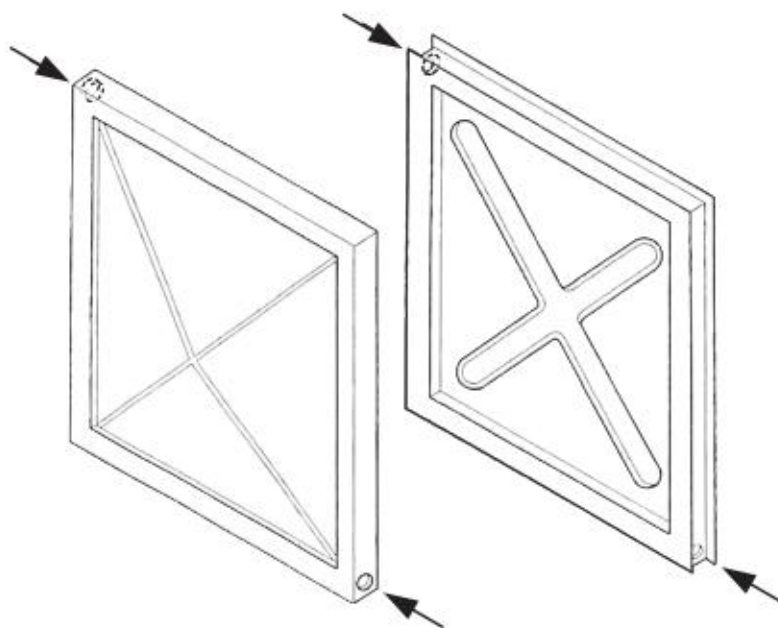
شکل الف-۵ جهت گیری در طول فرایند گالوانیزه غوطه‌وری گرم

سوراخ‌های تخلیه واقع در هرکدام از قسمت‌های انتهایی قطعات باید به صورت مورب و در جهت مخالف همان‌گونه که در شکل الف-۶ نشان داده شده است، باشند. انتخاب هرگونه سوراخ جایگزین دیگر باید بر اساس مشورت با گالوانیزه کننده انجام گیرد.



شکل الف-۶ طراحی‌های جایگزین برای برش‌های تخلیه متصل به صفحات زیر ستون

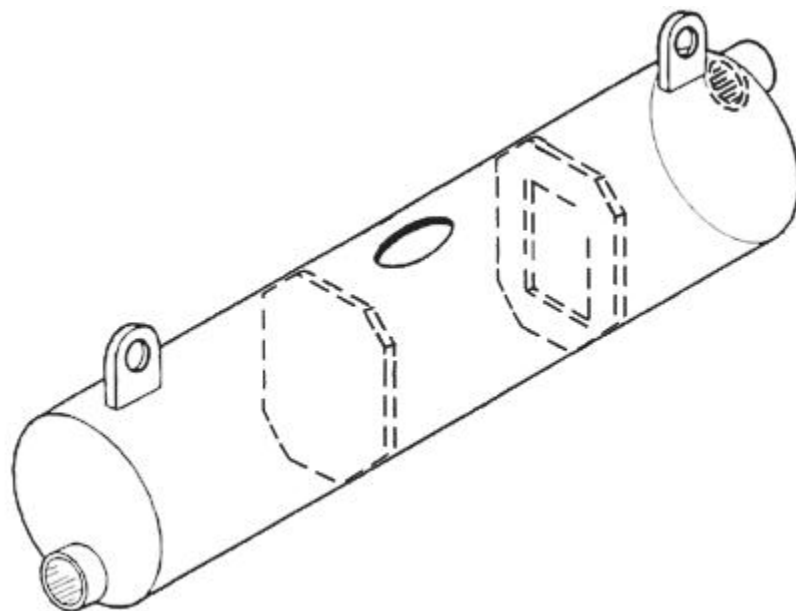
سیلندرهای روباز باید با استفاده از بست‌های ویژه مهار شوند تا اعوجاج به کمترین حد خود برسد. هرکجا گوشه‌های قطعات، در کناره‌های دیواره مخزن قرار گیرند در این صورت سوراخ‌ها باید روی گوشه‌ها ایجاد شوند. پدیده اعوجاج در صفحات مسطح اتفاق می‌افتد. در صورت امکان برای جلوگیری از اعوجاج این صفحات باید مطابق با شکل الف-۷ مهارهایی از قبیل صفحات شیاردار یا مقعر مورد استفاده قرار گیرند.



شکل الف-۷ گالوانیزه کردن صفحات مسطح

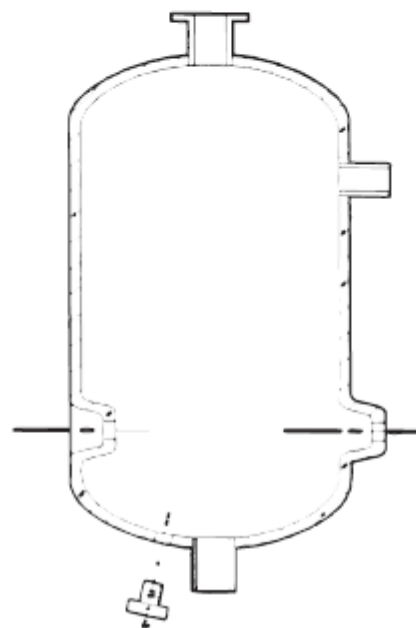
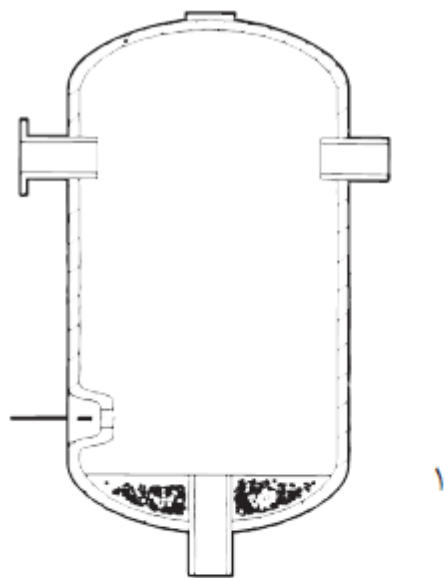
سوراخ‌های تخلیه باید در امتداد قطر و در جهت مخالف بوده و دارای کمینه قطر ۵۰ mm باشند. قسمت‌های بالا و پایین دیواره‌های داخلی باید برش داده شده و مناطق برش داده شده باید در طول بازرسی سوراخ‌ها قابل رؤیت باشند. سیلندرهای بزرگ نیاز به شیاری باریک با اندازه مناسب به انضمام سوراخ‌های نشان داده شده در شکل الف-۸ دارند. گالوانیزه کننده می‌تواند در مورد اندازه این شیارها اظهارنظر کند. با توجه به این که مقدار مازاد روی مذاب در داخل سیلندرهای استوانه‌ای وجود دارد لذا برای بیرون آوردن این سیلندرها از حمام گالوانیزه باید تعداد کافی از دیرک‌های بالابرنده^۱ استفاده شود.

1- Lifting lugs



شکل الف-۸ سیلندر استوانه‌ای

اگر در داخل این سیلندر برجستگی‌های داخلی وجود داشته باشد در این صورت در فرایند ساخت قطعه همان‌گونه که در شکل الف-۹ نشان داده شده است یک سوراخ تخلیه باید در این سیلندرها ایجاد شود. این سوراخ ممکن است پس از اتمام عملیات گالوانیزه غوطه‌وری گرم مسدود گردد.



راهنما:

۱ طرحی که باید از آن اجتناب گردد.

۲ طرحی که نسبت به طرح دیگر ترجیح داده می‌شود.

شکل الف-۹ مخازن سرپوشیده^۱

پیوست ب

(اطلاعاتی)

کتابنامه

[1] مجموعه استانداردهای ملی ایران شماره ۵۶۵۴: سال ۱۳۸۳، خواص مکانیکی مهره‌های دنده درشت

- [2] SS 3194, ISO inch screw threads - Hot dip galvanizing of external screw threads (UNC threads) Tolerances and limits of sizes
- [3] EN 1561, Founding - Grey cast irons
- [4] EN 1562, Founding - Malleable cast irons
- [5] EN 10025-1, Hot rolled products of structural steels - Part 1: General technical delivery conditions
- [6] EN 10025-2, Hot rolled products of structural steels - Part 2: Technical delivery conditions for non-alloy structural steels
- [7] EN 10025-3, Hot rolled products of structural steels - Part 3: Technical delivery conditions for normalized/normalized rolled weldable fine grain structural steels
- [8] EN 10025-4, Hot rolled products of structural steels - Part 4: Technical delivery conditions for thermomechanical rolled weldable fine grain structural steels
- [9] EN 10080, Steel for the reinforcement of concrete - Weldable reinforcing steel - General
- [10] EN 13438, Paints and varnishes - Powder organic coatings for galvanized or sherardized steel products for construction purposes
- [11] EN 15773, Industrial application of powder organic coatings to hot dip galvanized or sherardized steel articles [duplex systems] - Specifications, recommendations and guidelines