

**Namatek**  
True Education

[www.namatek.com](http://www.namatek.com)

# Hot Dip & Cold Galvanisation

گالوانیزه گرم و سرد

## فهرست مطالب

۱. گالوانیزه کردن فلزات چیست؟
۲. گالوانیزه سرد چیست؟
۳. گالوانیزه گرم چیست؟
۴. تاریخچه گالوانیزه
۵. روش حفاظت کاتدی در گالوانیزه کردن
۶. تفاوت گالوانیزه گرم و سرد چیست؟
۷. انتخاب روش گالوانیزه گرم و سرد

آسیب‌دیدگی و سایش فلزات در اثر عوامل مخرب محیطی پدیده‌ای است که همه ما حداقل یکبار آن را مشاهده کرده‌ایم، روش‌های گالوانیزه گرم و سرد از متداول‌ترین راه‌های جلوگیری از آن هستند.

تجهیزات فلزی از کوچک‌ترین پیچ‌ومهرها گرفته تا بزرگ‌ترین و بلندترین دکل‌های برق، همگی در معرض آسیب هستند و در صورتی که پیش از استفاده برای جلوگیری از این اتفاق کاری نکنیم ممکن است خسارات جبران‌ناپذیری به بار بیاید.

در این مقاله قصد داریم به بیان کامل و به زبان ساده با فرآیندهای گالوانیزه گرم و سرد و تمام ویژگی‌های آن‌ها آشنا شویم، همراه ما باشید.

## گالوانیزه کردن فلزات چیست؟

فولاد و سایر آلیاژهای فلزی جزء اصلی‌ترین مواد در خطوط تولید لوله‌های انتقال آب و سایر تجهیزات صنعتی هستند.

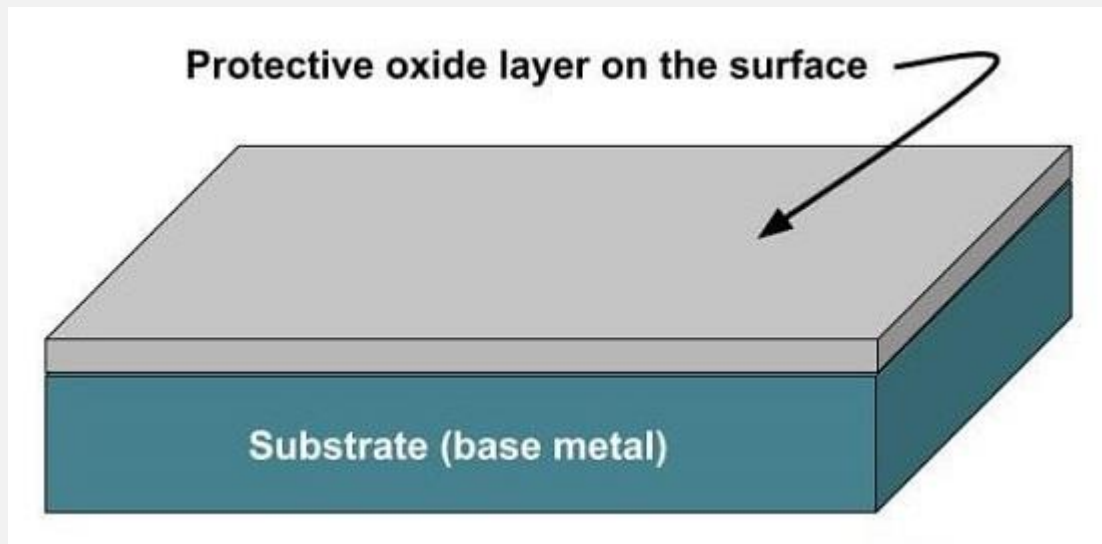
تیرهای برق، پل‌ها و ساختمان‌های اسکلت فلزی نیز کاربردهای دیگر فولاد و فلزات در زندگی روزمره بشر هستند.

از آن جایی که اکسیژن و بخار آب موجود در هوا همواره آماده ایجاد واکنش شیمیایی با فلزات فعال هستند، تمامی فلزات در معرض خطر پوسیدگی و زنگ‌زدگی قرار دارند.

گالوانیزه کردن (Galvanize) فرآیندی شبیه به آبکاری است که در آن آهن (Fe) با پوششی از روی (Zn) احاطه می‌شود.

از آن جایی که تمایل روی به واکنش بیشتر از آهن است، در شرایط محیطی مختلف عنصر روی واکنش داده و خورده می‌شود و آهن دست‌نخورده باقی می‌ماند.

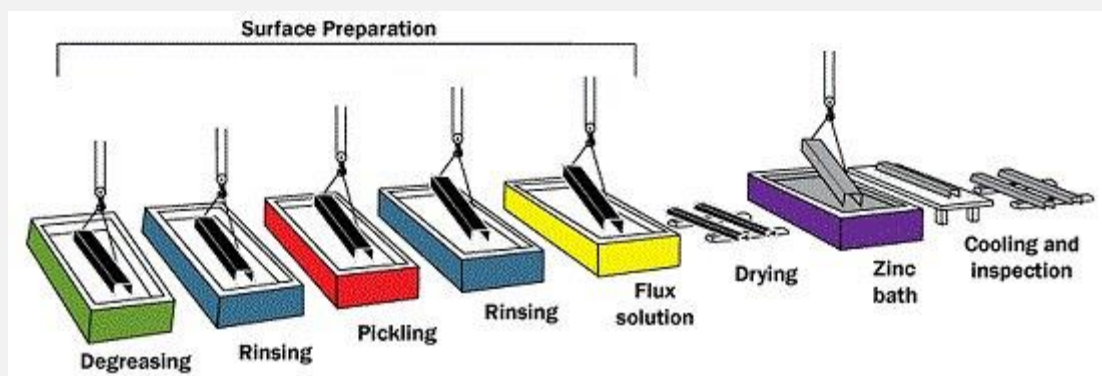
به محصول تولیدی آهن گالوانیزه گفته می‌شود.



فرآیند گالوانیزه کردن دو نوع دارد:

- گالوانیزه گرم: به معنای فروبردن آهن یا فولاد در روی مذاب است.
- گالوانیزه سرد: به روش الکتریکی صورت می‌گیرد.

## گالوانیزه گرم چیست؟



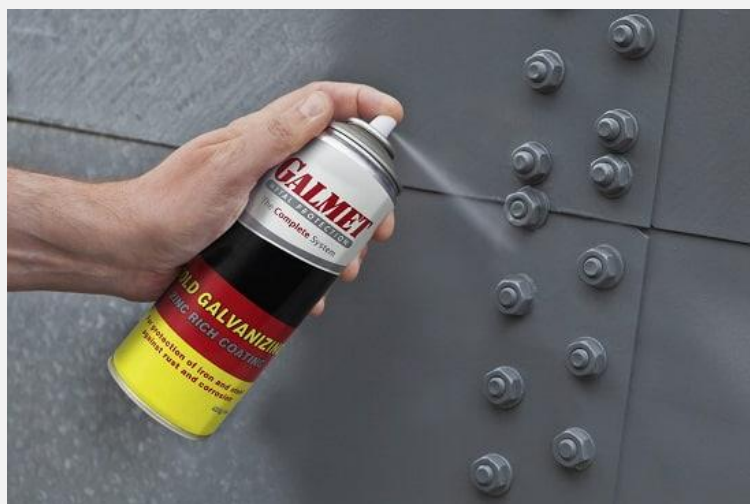
گالوانیزه گرم (Hot-Dip Galvanizing)، فرآیند فروبردن فولاد در روی مذاب است که با نام‌های گالوانیزاسیون و غوطه وری داغ نیز شناخته می‌شود.

در این روش آهن موجود در فولاد با روی مذاب واکنش می‌دهد و یک پوشش آلیاژی محکم ایجاد می‌کند که موجب محافظت از خوردگی فولاد می‌شود.

سه مرحله اساسی در گالوانیزه گرم وجود دارد:

- آماده سازی سطح برای انجام فرآیند
- فرآیند گالوانیزه کردن
- بازرسی سطح گالوانیزه شده

## گالوانیزه سرد چیست؟



در روش گالوانیزه سرد (Cold galvanizing) که الکتروگالوانیزه نیز نامیده می‌شود، از روی غنی شده با غلظت ۶۵ تا ۹۶ درصد استفاده می‌شود که به صورت اسپری یا رنگ موجود است و می‌توانید آن را از ابزار فروشی‌ها تهیه کنید.



سپس دقیقاً مثل نقاشی کردن یک دیوار، ابتدا باید تمامی زنگارها و رسوبات روی تیرآهن را بتراشید، تمیز کنید و سپس به کمک اسپری یا قلموی نقاشی، بدنه تیرآهن را آغشته به روی غنی شده بکنید.

ماندگاری لایه محافظ در این روش خیلی زیاد نیست و معمولاً از این روش در شرایط کاری پرفشار و محیط‌های خیلی مرطوب استفاده نمی‌شود.

## تاریخچه گالوانیزه

تقریباً هم‌زمان با گسترش استفاده از فولاد و آهن در صنعت، بشر شاهد تأثیر مخرب خوردگی بر مقاومت، استحکام و عمر قطعات بود.

به همین دلیل از سال ۱۷۰۰ میلادی محققان شروع به جستجو و یافتن راهی برای کنترل خوردگی کردند.

کمی بعدتر در سال ۱۷۴۲ یک دانشمند به نام ملوئین (Melouin) متوجه تأثیر شگفت‌انگیز یک لایه روی در طول عمر آهن شد. البته در مورد هویت این دانشمند بحث زیادی وجود دارد.

نهایتاً در سال ۱۷۸۰، لوئیجی گالوانی (Luigi Galvani) دانشمند و محقق ایتالیایی، متوجه جریان الکتریکی بین فلزات شد. او کشف کرد که اگر دو فلز مختلف کنار هم قرار بگیرند، یک جریان الکتریکی نسبتاً شدید ایجاد می‌شود. نهایتاً نام خود دانشمند روی این روش گذاشته شد.

بین سال‌های ۱۸۵۰ تا ۱۹۰۰، صنعتگران انگلیسی سالیانه بیش از ۱۰۰۰۰ تن فلز روی را به‌عنوان لایه محافظ استفاده می‌کردند و این روش هنوز هم در صدر لیست راهکارهای حفاظت از فلزات قرار دارد.



## روش حفاظت از فلزات با گالوانیزه گرم و سرد

همان‌طور که در قسمت قبلی بیان شد، ورق‌های گالوانیزه به حالت یک لایه رنگ بر روی بدنه تیرها، کشتی‌ها، لوله‌ها و به‌طور کلی فلزات قرار می‌گیرند و از آن‌ها در برابر خوردگی محافظت می‌کنند. شاید این سؤال در ذهنتان شکل‌گرفته باشد که یک لایه گالوانیزه چگونه می‌تواند از فلزات محافظت کند.

حفاظت کاتدی (Cathodic Protection) روش اصلی حفاظت و مراقبت از فلزات در برابر آسیب‌های ناشی از خوردگی است. طبق قوانین فیزیک، الکترون‌ها از قطب منفی به قطب مثبت حرکت می‌کنند. اصولاً به دلیل شرایط فلزات و فعال بودن برخی فلزات مثل فولاد، وسایل فلزی قطب منفی یا آند (Anode) و خاک یا رطوبت قطب مثبت یا کاتد (Cathode) هستند.

در این شرایط الکترون از بدنه وسایل فلزی جدا شده و به سمت کاتد حرکت می‌کند. به این ترتیب کم‌کم ضخامت بدنه کاهش یافته و لوله یا قطعه فلزی سوراخ می‌شود.

برای جلوگیری از وقوع این اتفاق و پرهیز از آسیب دیدن وسایل فلزی، از پوشش روی به‌عنوان آند قربانی (Sacrificed Anode) استفاده می‌شود. به این ترتیب الکترون به‌جای جدا شدن از بدنه قطعه اصلی، از لایه محافظ جدا می‌شود و در واقع پوشش گالوانیزه جایگزین بدنه اصلی در فرآیند خوردگی می‌شود. در نتیجه بعد از مدتی شاهد از بین رفتن پوشش گالوانیزه خواهیم بود. این روش کار و نحوه محافظت گالوانیزه سرد از فلزات در برابر آسیب‌های ناشی از خوردگی است.

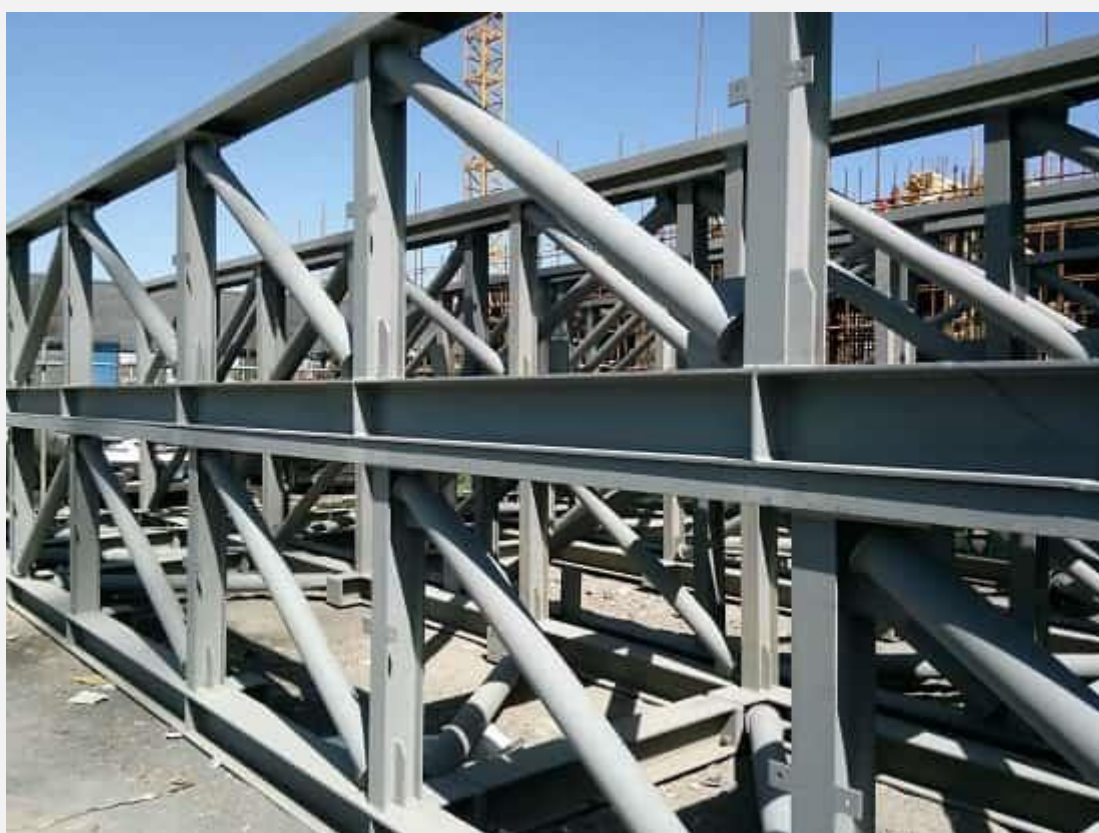


در ابتدای مقاله اشاره کردیم که دو روش گالوانیزه گرم و سرد برای محافظت از فلزات وجود دارد. در ادامه به بررسی ویژگی‌ها و روش اجرای هر یک می‌پردازیم.



روش‌های گالوانیزه گرم و سرد هر کدام با توجه به ویژگی‌ها و مزایایی که دارند برای کاربردهای متفاوتی استفاده می‌شوند و انتخاب روش مناسب باید بر اساس شناخت تفاوت‌های آن‌ها صورت بگیرد. در ادامه به بررسی مهم‌ترین تفاوت‌های این دو روش حفاظت فلزات می‌پردازیم.

## تفاوت گالوانیزه گرم و سرد در کاربردها



از کاربردهای گالوانیزه گرم می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- صنایع شیمیایی
- تولید کاغذ و خمیر کاغذ
- خودروسازی
- مخابرات

- روشنایی
- حمل و نقل
- ..

به صورت کلی این روش در صنایعی بکار گرفته می‌شود که از مقادیر بسیار زیادی آهن و فولاد استفاده می‌کنند و به دلیل اکسید شدن در برابر عوامل محیطی زنگ می‌زنند.

گالوانیزه سرد را به علت سهولت در استفاده می‌توان در صنایع بسیار متفاوتی به کار برد و به همین دلیل در سال‌های اخیر به عنوان یک فرآیند آبکاری محبوب شناخته شده و می‌توان آن را جایگزین روش گالوانیزه گرم کرد.

این روش برای کاربردهای خاص و تجهیزات با ساختارهای پیچیده، بزرگ و ثابت نیز بسیار مناسب است، مانند موارد زیر:

- لوله‌های خطوط انتقال
- مخازن
- تجهیزات موجود در بنادر
- ابزارهای آبیاری صنعت کشاورزی
- پل‌های فلزی
- ..

## تفاوت فرآیند ساخت

همانطور که در بخش‌های قبلی بیان شد برای داشتن یک ورق گالوانیزه گرم یا حفاظت از هر تجهیز فلزی دیگری با این روش سه مرحله وجود دارد که باید برای رسیدن به محصول نهایی مطلوب انجام شود.

### آماده سازی سطح (Surface Preparation)

برای گالوانیزه گرم فولاد در سه مرحله تمیز می‌شود:

- چربی زدایی (Degreasing): خاک، روغن و بقایای آلی را از بین می‌برد.
- اسید شویی (Pickling): اکسید آهن را حذف می‌کند.
- فلاکسینگ (Fluxing): هرگونه [اکسید](#) باقی مانده را زدوده و فولاد را با یک لایه محافظ می‌پوشاند تا از تشکیل اکسید بیشتر قبل از گالوانیزه جلوگیری شود.

آماده سازی مناسب سطح بسیار مهم است؛ زیرا از واکنش روی با فولاد ناخالص، آهن گالوانیزه خوبی ساخته نمی‌شود.

### گالوانیزه کردن (Galvanizing)

پس از آماده سازی سطح، فولاد را در روی حداقل ۹۸ درصد، در دمای حداقل ۸۳۰ درجه فارنهایت فرو می‌برند.

بعد از این که قطعه از داخل ظرف روی بیرون می‌آید، پوشش روی با اکسیژن هوا واکنش می‌دهد و اکسید روی ( $ZnO$ ) را تولید می‌کند.

سپس، اکسید روی در واکنش با دی اکسید کربن لایه محافظتی به نام کربنات روی ( $ZnCO_3$ ) ایجاد می‌کند.

این لایه خاکستری رنگ پایدار است و محکم به سطح آهن یا فولاد می‌چسبد.

در گالوانیزه گرم، روی با روش‌های شیمیایی کاملاً به فلز می‌چسبد و مانند بخشی از آن فلز می‌شود.

پس از گالوانیزه شدن، قطعه خشک شده و وارد مرحله بعد می‌شود.

### بازرسی (Inspection)

مرحله نهایی بازرسی محصول تولیدی است.

با یک بازرسی بصری می‌توان کیفیت محصول را تعیین کرد؛ زیرا روی با فولاد ناخالص واکنش نشان نمی‌دهد و این باعث می‌شود قسمت‌های ناخالص فولاد بدون پوشش روی باقی بمانند.

علاوه بر این، می‌توان از ضخامت سنج مغناطیسی برای تأیید مطابقت ضخامت پوشش روی با ضخامت مورد نظر استفاده کرد.

اما **گالوانیزه سرد** روش **اجرای بسیار ساده‌تری** دارد و می‌تواند به سهولت برای تمام تجهیزات استفاده شود و تنها ابزار ضروری موردنیاز یک **اسپری گالوانیزه** است.

برای این کار ابتدا باید با استفاده از یک برس آهنی (Wire Brush) تمامی سطح فلز را تمیز کنید و همه زنگارها و آثار خوردگی را از بین ببرید.

نهایتاً باید سطح فلز را بشویید تا تمامی اثرات چربی و گریس پاک شوند.

سپس باید چند ساعت به فلز استراحت دهید تا کاملاً خشک شود.

بعد از این که مطمئن شدید که فلز خشک شده، سطح فلز را به رنگ یا اسپری آغشته می‌کنید و پس از خشک شدن آن فرآیند تکمیل شده است.

به طور کلی در مقایسه روش‌های پیاده سازی این دو نوع گالوانیزه کردن می‌توان به این موضوع اشاره کرد که **روش گرم** یک **فرآیند شیمیایی** است



که شامل واکنش‌های الکترومکانیکی است؛ اما روش سرد فقط یک فرآیند فیزیکی ساده است.

## تفاوت ظاهری گالوانیزه گرم و سرد



قطعات فلزی گالوانیزه شده به روش سرد عموماً دارای سطحی نرم، درخشان و براق هستند؛ اما قطعات پوشیده شده با گالوانیزه گرم دارای سطوح خشن، مات و کدر هستند.

به همین دلیل در مصارفی که زیبایی نهایی کار حائز اهمیت باشد از گالوانیزه سرد استفاده می‌شود.

با اینکه برای هر دو نوع روش از فلز روی به عنوان آند فداشونده استفاده می‌شود، فلزات گالوانیزه سرد در نور روز، رنگ زرد متمایل به سبز یا آبی متمایل به سفید به خود می‌گیرند؛ اما فلزات گالوانیزه داغ یک سایه نقره‌ای-سفید دارند.

## فرق گالوانیزه گرم و سرد در ضخامت

در روش پیاده سازی غوطه وری داغ یک ماده فلزی یا فولادی مثلاً یک تیرآهن وارد یک استخر می‌شود.

به دلیل غوطه وری کامل و حرارت بالای موجود در این واکنش، پوشش روی (زینک) تمامی ابعاد فلز موردنظر را دربرمی گیرد و قطر آن چندین برابر بیشتر از روش الکتروگالوانیزه است و به همین دلیل طول عمر و ماندگاری فلز در روش گالوانیزه گرم بسیار بالاتر است.

در گالوانیزه سرد، پوشش همانند گالوانیزه گرم به فلز نمی چسبد و فقط بر روی سطح خارجی تجهیز اعمال می شود.

همین موضوع باعث می شود گالوانیزه سرد دوام، مقاومت در برابر [سایش](#) و قدرت حفاظت کمتری داشته باشد.

یکی از موارد اثرگذار بر میزان دوام گالوانیزه گرم، محیطی است که در آن از آهن گالوانیزه استفاده می شود، مورد دیگر نیز ضخامت روی است که بر میزان محافظت از فولاد در برابر خوردگی و مدت زمان این محافظت تاثیر دارد.

جدول زیر مدت زمان (برحسب سال) تا اولین تعمیر و نگهداری پس از گالوانیزه کردن فولاد را برحسب ضخامت روی نشان می دهد.

همچنین، هر کدام از خطوط مربوط به محیطی خاص هستند.

خط خاکستری رنگ مربوط به محیط های صنعتی است و پس از آن به ترتیب محیط های گرم، معتدل، اطراف شهری و زراعی بررسی شده اند.

## تفاوت در ضایعات

ضایعات گالوانیزه غوطه وری داغ عموماً از مرحله اسیدشویی قطعه، به جا می ماند و بسیار کمتر از آلاینده های پخش شده از روش الکتروگالوانیزه است

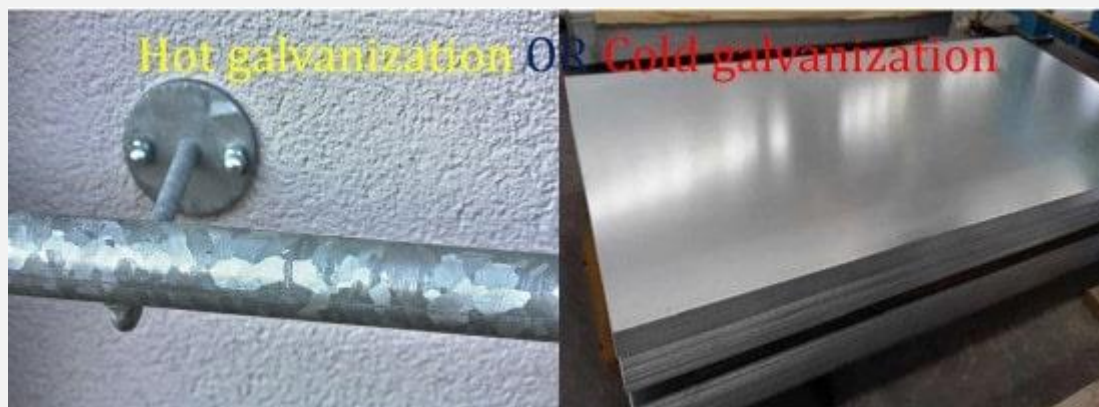
که شامل ضایعات آبکاری، اسیدشویی و آلاینده‌های فرآیند مقاوم سازی می‌شود.

## تفاوت در هزینه

با توجه به اینکه برای پیاده سازی روش گالوانیزه گرم نسبت به سرد تجهیزات حرفه ای تر و بیشتری نیاز است قطعاً هزینه اولیه بیشتری در پیش خواهد داشت.

اما باید به این نکته توجه داشته باشید که در طولانی مدت به علت بیشتر بودن طول عمر روش غوطه وری داغ، نیاز به انجام مجدد گالوانیزاسیون و یا سرویس و نگهداری آن نیست و هزینه پرداختی در طول عمر قطعه مجموعاً کمتر از روش سرد خواهد شد.

## انتخاب روش گالوانیزه گرم و سرد



احتمالاً در نهایت پس از بررسی ویژگی‌ها و تمایزهای این دو روش گالوانیزه کردن، برای شما هم سوال شده است که باید از کدام روش استفاده کرد.

در پاسخ باید بگوییم انتخاب صحیح یا غلطی وجود ندارد و ویژگی‌های موردنیاز یک محصول نهایی است که سازنده قطعه باید از میان این دو روش یکی را انتخاب کند.

گالوانیزه سرد و گرم هر دو مزایای متعددی دارند و با توجه به شش عامل بررسی شده این مقاله باید روش مناسب را انتخاب کرد.