

تولید و کاربرد ورق های فلزی در صنعت

پیمان دیناروند

کارشناس کنترل پروژه، شرکت اریس اوکسین (ORIS OXIN CO.)

Email: dinarvand.peyman@gmail.com

چکیده

از قرن ها پیش انسان برای تهیه وسایل و ظروف مورد استفاده خود از انواع ورق ها استفاده نموده است. با پیشرفت علم و تکنولوژی دامنه استفاده از ورق ها نیز وسعت یافته به طوری که در بیش تر صنایع کاربرد فراوان یافته است. ورق ها به صورت کلی به شکل رول فرم و شیت فرم تولید و به بازار عرضه میگردند. در تولید ورق از دو نوع تکنولوژی نورد سرد و نورد گرم استفاده می شود. در نورد گرم محصول خروجی ورق سیاه و در نورد سرد محصول خروجی ورق روغنی می باشد. ورقهای فلزی به عنوان نیمساخته در زمینه های مختلف صنعت به طور گسترده استفاده می شود. از این رو آشنایی با روش های ساخت ورق های فلزی ضروری به نظر می رسد.

کلمات کلیدی: ورق های فلزی، نورد سرد، نورد گرم

۱. مقدمه

موادی که در صنایع فلزی مورد استفاده قرار می گیرند را می توان به دو دسته تقسیم نمود:

۱. مواد کار

۲. مواد کمکی

مواد کار به آنهایی اطلاق می شود که در ساخت قطعه نقش اصلی را ایفا میکنند و قسمت عمده قطعه ساخته شده را تشکیل می دهند. موادی مانند فولاد، مس، برنج، آلومینیوم، چوب و پلاستیک از آن دسته اند. این مواد خود به دو دسته اصلی تقسیم می شوند:

۱) نیم ساخته ها: نیم ساخته ها به موادی اطلاق می شود که در فرآیند تولید به شکل های مختلف تولید شده و آماده

کار و ساخت در مراحل بعدی می باشد. مانند: شمش، میله، ورقریال لوله و پروفیل ها.

۲) تمام ساخته فلزی: تمام ساخته های فلزی به موادی اطلاق می شود که پس از تولید بدون هیچ تغییری به کار

گرفته می شوند. مانند: پیچ و مهره ها، پرچ ها، خار، گوه و نظیر آنها.

مواد کمکی به موادی اطلاق می شود که در حین فرآیند تولید به کار گرفته می شود ولی در قطعه تمام شده وجود ندارد. مواردی از قبیل روغن ها و فلاکس ها.

از ورق های فلزی با عنوان نیم ساخته در زمینه های مختلف صنعت از جمله صنایع هوایی، سازه های فضایی، صنایع دریایی، صنایع نفت، گاز و پتروشیمی، صنایع لوازم خانگی و حمل و نقل زمینی به طور گسترده استفاده می شود [1].

۲. ورق های فلزی:

ورقهای فلزی را میتوان از نظر ضخامت یا جنس به انواع مختلف دسته بندی نمود.

تقسیم بندی از نظر ضخامت:

ورق های فلزی را از نظر ضخامت به سه دسته تقسیم می کنند:

(الف) ورق های نازک – ضخامت های ۰/۱۸ تا ۲/۷۵ میلی متر

(ب) ورق های متوسط – ضخامت های ۳ تا ۴/۷۵ میلی متر

(ج) ورق های ضخیم – ضخامت های ۵ میلی متر و بیشتر

تقسیم بندی از نظر جنس:

ورق های فلزی را از نظر جنس به دو دسته کلی تقسیم می کنند:

(الف) ورق های آهنی: این گروه شامل فولادهای ساده کربنی، فولادهای آلیاژی، فولادهای ضد زنگ می شود.

(ب) ورق های غیر آهنی: این گروه شامل آلومینیوم و آلیاژهای آنها، مس و آلیاژهای آنها (ورق های برنج و برنز)، روی، قلع و منیزیم می شود.

در شکل (۱-۱) برخی از کاربردهای ورق های فلزی آورده شده است [1-2-3].

نوع جنس ورق	ابعاد ورق به میلی متر			وزن مخصوص Kg / dmr	قطعه ذوب درجه سیلیسیوس	کاربرد صنعتی
	ضخامت	عرض	طول			
فولادهای کربنی ضخامت نازک	۰/۱۸ تا ۲/۷۵	۱۲۵۰ تا ۵۳۰	۷۶۰ تا ۲۵۰۰	۷/۸۵	در حدود ۱۴۰۰	در تولید قطعات با کشش کم عمق و عمیق ساخت لوله های تأسیساتی و صنعتی و...
فولادهای کربنی ضخامت متوسط	۳ تا ۴/۷	۲۵۰۰	۷۰۰۰	۷/۸۵	در حدود ۱۴۰۰	ساخت مخازن، تولید لوله های جدار ضخیم و...
فولادهای کربنی ضخامت ضخیم	۵ تا ۶۰	۳۶۰۰	۸۰۰۰	۷/۸۵	در حدود ۱۴۰۰	تولید قالب ها، ساخت مخازن ذخیره
مس	۵ تا ۰/۱	۱۰۰۰	۲۰۰۰	۸/۹	۱۰۸۳	دیگ سازی، ظروف، صنایع الکتریک، رادیاتور سازی، صنایع هتري
آلومینیوم	۵ تا ۰/۲	۲۰۰۰	۲۰۰۰	۲/۷	۶۶۰	ساخت ظروف مختلف، مخازن، تولید قطعات کششی
برنج	۵ تا ۰/۱	۱۰۰۰	۳۰۰۰	۸/۵	۹۸۰	ساخت ظروف مختلف، رادیاتور سازی، قفل سازی
روی	۶ تا ۰/۱۵	۱۰۰۰ تا ۶۵۰	۵۰۰۰	۷/۱۴	۴۱۹	تولید ظروف، در پوشش
برنز	نازک و متوسط	مختلف	مختلف	۸/۸ تا ۷/۶	۱۰۰۰ تا ۹۰۰	ساخت قطعات مقاوم در برابر اسید، ساخت قطعات مقاوم در برابر اکسید شدن
قلع	بسیار نازک	مختلف	مختلف	۷/۳	۲۳۲	در پوشش
منیزیم	نازک	مختلف	مختلف	۱/۸	۶۵۵	در پوشش ها، مخزن های مواد سوخت

شکل (۱-۲): نمونه ورق های فلزی و کاربرد آنها در صنعت

۳. تقسیم بندی ورق های فلزی

به دلیل اینکه تعداد و انواع فولادها بسیار متنوع بوده و خواص آن ها اعم از مکانیکی، فیزیکی، شیمیایی و متالورژیکی متفاوت است نمی توان تقسیم بندی همه آن ها را نام برد لذا در این قسمت به یک نوع دسته بندی که در خصوص فولادهای ریخته گری می باشد اشاره میشود. ورق های فولادی را از نظر عناصر آلیاژی، مشخصات ظاهری و یا مصارف صنعتی می توان طبقه بندی نمود.

طبقه بندی از نظر ترکیب شیمیایی: این گروه از ورق های فولادی را میتوان به دو دسته کلی تقسیم نمود [1-2-3].

الف) ورق های فولادی کربنی: عنصر اصلی این فولادها کربن بوده و لذا تقسیم بندی بر اساس میزان درصد کربن موجود در آن ها می باشد. علاوه بر کربن عناصری نظیر منگنز - گوگرد - سیلیسیم - فسفر نیز در این فولادها به میزان محدود وجود دارد. این فولادها را به سه گروه تقسیم می نمایند:

- ۱) فولادهای کم کربن، دارای کمتر از ۰/۲۵ درصد کربن می باشد.
- ۲) فولادهای کربن متوسط، از ۰/۲۵ تا ۰/۶۵ درصد می باشد.
- ۳) فولادهای پر کربن، دارای بیش از ۰/۶۵ درصد کربن می باشد.

ب) ورق های فولادی آلیاژی:

- ۱) فولادهای کم آلیاژ: تا ۲/۵ درصد عناصر آلیاژی
- ۲) فولادهای با عناصر آلیاژی متوسط: ۲/۵ تا ۱۰ درصد عناصر آلیاژی
- ۳) فولادهای پر آلیاژ: با عناصر آلیاژی بیش از ۱۰ درصد

تقسیم بندی دیگری از نظر مشخصات ظاهری وجود دارد که به شرح ذیل می باشد:

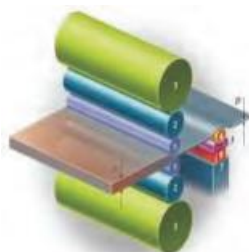
- ۱) ورق های سیاه معمولی: که هیچ گونه صیقل کاری روی آنها انجام نشده و قشری از اکسید سطح آنها را پوشانده است.
- ۲) ورق های براق: که دارای سطحی صاف و سفید و عاری از اکسید هستند.
- ۳) ورق های گالوانیزه: که سطح آن ها با فلز روی پوشانده شده است.
- ۴) ورق های آهن سفید: که سطح آن ها با فلز قلع پوشانده شده است.
- ۵) ورق های رنگی: که سطح آنها به رنگ های مختلف می باشد.

۴. روش تهیه ورق های فلزی

ورق های فلزی توسط روش نوردکاری تولید می شوند. دستگاه های نورد در حالت گرم شمش های فلزی را به ورق های ضخیم تبدیل می کنند. ورق های متوسط نیز از ورق های ضخیم در حالت گرم تولید می شوند. تولید ورق های نازک در حالت سرد صورت می گیرد. برخی از مراحل تولید به قرار زیر است:

۱.۴ اصول نوردکاری

نورد کاری عبارت است از عبور دادن قطعه گداخته بین دو غلتک که در جهت خلاف یکدیگر می چرخند و فاصله بین آن ها از ضخامت قطعه کم تر است (شکل ۴-۱).



شکل (۴-۱): فرآیند نوردکاری

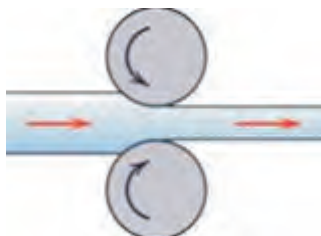
با عمل غلتک کاری شمش ها یا لوحه ها فشرده شده و ضمن کاهش ضخامت طول آنها افزایش می یابد. عرض قطعه نیز همزمان با طول آن افزایش می یابد. معمولاً تغییرات عرض توسط غلتکهای عمودی کنترل میگردد و در واقع این غلتک ها از افزایش عرض بیش از حد تعیین شده جلوگیری می کنند. غلتک های افقی تنظیم کننده ضخامت و غلتک های عمودی تنظیم کننده عرض ورق می باشند. عمل نوردکاری برای تولید ورق های ضخیم طی چند مرحله ادامه می یابد تا ورق به ضخامت مورد نظر برسد. این فرآیند با توجه به گستردگی عمل نورد از تجهیزات مختلفی تشکیل شده که مهمترین آنها به اختصار به قرار زیر می باشد:

• غلتک های تغییر شکل

این غلتک ها از نظر تعداد غلتک های فرم دهنده به چند دسته تقسیم می شوند:

- (۱) نوردهای دو غلتکی
- (۲) نوردهای سه غلتکی
- (۳) نوردهای چهار غلتکی
- (۴) نوردهای دوازده غلتکی و بیش تر
- (۵) نوردهای انیورسال

نوردکاری یکی از کارهای مکانیکی می باشد و فلزات در اثر کار مکانیکی (به علت فشرده شدن ذرات آن ها) سخت می شوند و بعضی از خواص مکانیکی آن ها از قبیل تغییر شکل، چکش کاری، قابلیت جوشکاری و براده برداری تغییر می یابد. در شکل (۲-۴) جهت نوردکاری و در شکل (۳-۴) مقطع فولاد را قبل و بعد از نوردکاری نشان می دهد این در حالی است که فلز در جریان هوا خنک شده است.



شکل (۲-۴): جهت نوردکاری



شکل (۳-۴): مقطع فولاد قبل و بعد از نوردکاری

قطعه ای که توسط نورد تغییر شکل می یابد تحت تأثیر نیروی فشاری قرار می گیرد. این نیرو از حد ارتجاعی بیش تر است و باعث تغییر شکل پلاستیکی می شود. همان طوری که در شکل (۳-۴) نشان داده شده است موجب تغییر شکل کریستال های فلز شده و باعث کشیدگی آنها می گردد. این تغییر شکل افزایش سطح و کاهش ضخامت را ایجاد می کند و به این ترتیب جسمی با ابعاد جدید تهیه می گردد. در مواردی اگر نیروی فشاری ادامه یابد ممکن است به پارگی فلز منجر گردد.

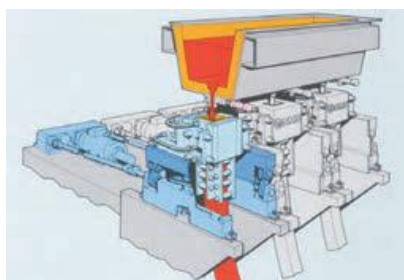
۲.۴. نرمالیزه کردن

در اثر کار مکانیکی نظیر عملیات نوردکاری و سرد شدن ورق ها در مراحل حین تولید موجب سختی آنها می شود و در نتیجه خاصیت انعطاف پذیری آن ها کاهش می یابد. برای تأمین خواص اولیه فلز لازم است ورق های تولیدی عملیات حرارتی شوند. این عملیات برای ورق های بالاتر از ۱۵ میلیمتر لازم است انجام شود. عملیاتی که بر روی ورق ها انجام می شود نرمالیزه کردن است. این عملیات در کوره های مخصوص انجام می گیرد و بسته به عناصر آلیاژی و ضخامت ورق ها دمای کاری متفاوت خواهد بود. برای ورق های فولاد ساختمانی این دما در حدود ۸۵۰ درجه سانتی گراد میباشد. زمان نرمالیزه کردن به نسبت ابعاد ورق بین ۸ تا ۳۲ ساعت می باشد.

اگر ورق ها را قبل از آنکه کاملاً سرد شوند از کوره خارج کنند این ورق ها در مجاورت هوا سطحشان اکسید شده که این ورق ها را ورق سیاه می نامند و اگر ورق ها پس از اینکه کاملاً سرد شدند از کوره خارج شوند (تقریباً ۲۴ ساعت)، سطح آنها کاملاً صاف و صیقلی و عاری از اکسید می باشد [2-4].

۵. مراحل تهیه ورق های ضخیم کم کربن

ورق های ضخیم را از شمش ها و یا تختال های فولادی با ابعاد مختلف تهیه می نمایند. جنس شمش ها و تختال ها از فولادهای ساختمانی S235JR و S275JR و یا دیگر ترکیبات می باشند که براساس استاندارد تولیدی کارخانه فولاد با ابعاد مختلف تهیه می شوند. این تختال ها را معمولاً با مقطع مربع به ابعاد ۵۰×۵۰ تا ۴۰۰×۴۰۰ و به طول های ۳ تا ۶ متر تهیه می کنند. اما لوحه ها را با سطح مقطع مستطیل با ضخامت ۵۰ تا ۳۰۰ میلی متر و با عرض ۵۰۰ تا ۱۸۰۰ میلی متر تهیه می کنند. در شکل های (۱-۵) تا (۴-۵) تهیه این شمش ها و لوحه ها را مشاهده می کنید. نکته) پس از تولید شمش و یا لوحه ها برای رفع اکسیدهای سطحی روی آن ها آب با فشار زیاد پاشیده می شود [1].



شکل (۲-۵): شمش ریزی در قالب ها



شکل (۱-۵): ریختن مذاب در قالب های شمش ریزی

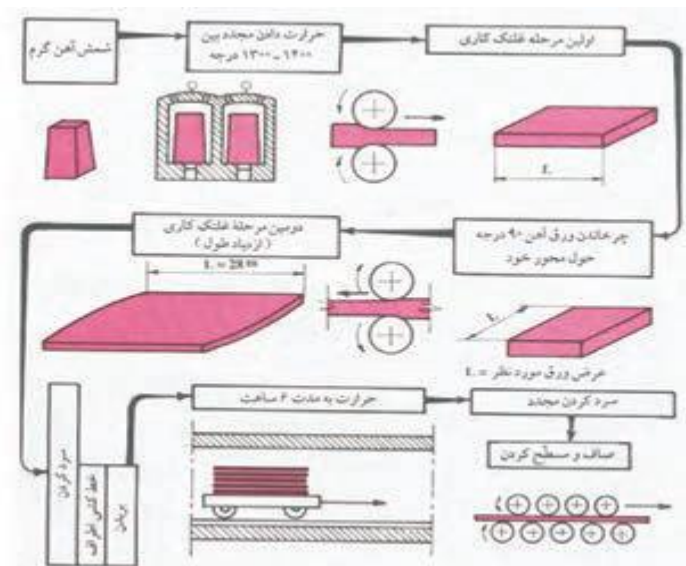


شکل (۴-۵): شمش ها در حین خروج از کوره ی تولید



شکل (۳-۵): نوردهای سری در خط تولید ورق

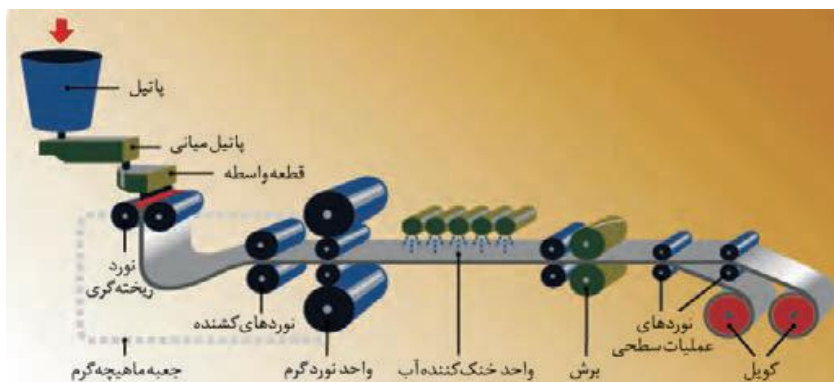
در شکل زیر مراحل تولید ورق های ضخیم به صورت شماتیک نشان داده شده است (شکل ۵-۵).



شکل (۵-۵): مراحل تولید ورق های ضخیم

۶. روش تهیه ورق های متوسط

ورق های متوسط را با استفاده از ورق های ضخیم یا تختال ها تولید می کنند. مراحل تهیه آنها نیز مشابه روش تولید ورق های ضخیم می باشد. عمل غلتک کاری توسط ماشین هایی انجام میشود که دارای سه غلتک هستند و محور آن ها به طور افقی در یک صفحه قائم واقع شده است. ورق ها را پس از عبور از زیر نوردهای مزبور (در اینجا به منظور گرم کردن) به وسیله غلتک های سوق دهنده (کشنده) به درون کوره های مخصوص هدایت می کنند و در آنجا مدت معینی گرما می دهند. پس از عبور از شبکه خنک کننده آنها را به وسیله ماشین های نورد، صافکاری و مسطح می کنند و اطراف آنها را برش می دهند تا به اندازه نرم درآیند. نکته) در بعضی از سیستم های تولید به جای بریدن ورق ها به اندازه های استاندارد، آن ها را به شکل رول می پیچند تا برای تولید محصولات بعدی از قبیل انواع پروفیل از آن ها استفاده کنند (شکل ۶-۱) [1].



شکل (۶-۱): مراحل تولید ورق های با ضخامت متوسط

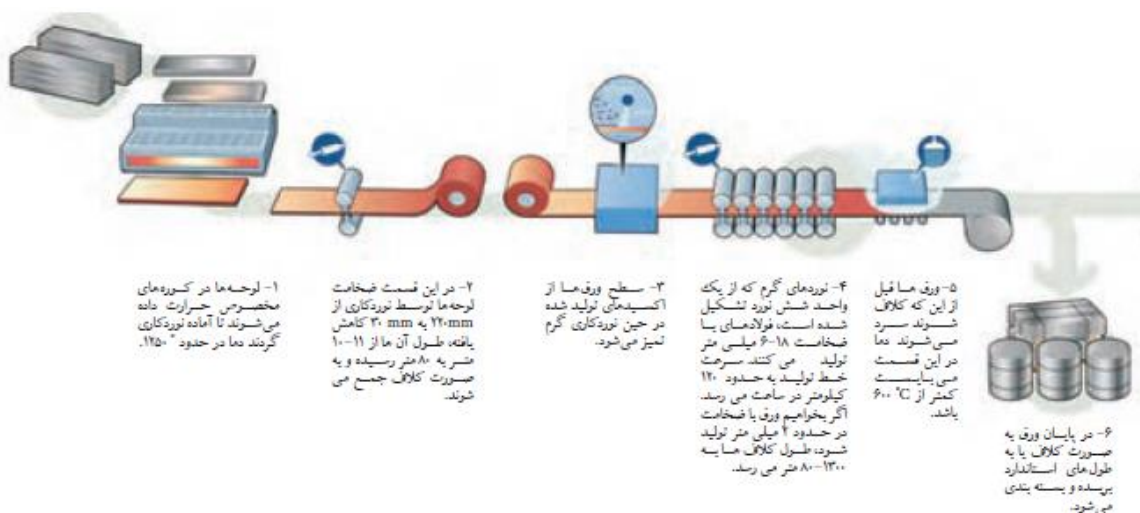
۷. روش تهیه ورق های نازک

امروزه ورق های نازک را به وسیله ماشین های نورد مداوم (سری) تولید می کنند. در این روش مراحل تولید ورق های نازک از تغییر شکل شمش در حالت گرم آغاز شده و همه عملیات لازم تا تولید ورق های نازک به صورت پیوسته به شرح زیر انجام می گیرد.

مرحله اول کار روی شمش های فولادی به وزن ۷ تا ۲۰ تن: در این مرحله ابتدا شمش های گداخته را توسط نوردهای دو غلتکی به صورت صفحات تخت در می آورند و سپس آن ها را به قطعات مناسب برش داده و خنک می کنند. ناصافی گوشه آنها نیز به وسیله مشعل های برش مخصوص از میان می رود. چنانچه از تختال و یا ورقهای ضخیم برای تولید ورقهای نازک استفاده شود، این مرحله انجام نخواهد شد؛ زیرا همان تختال یا ورق ضخیم مورد استفاده، محصول این مرحله است.

مرحله دوم: در این مرحله سه عمل تخت کردن - تمام کردن و پیچیدن به صورت رول توسط غلتک های مداوم انجام میگیرد.

در این مرحله، ابتدا ورق های ضخیم از زیر نوردهای تخت کننده دو غلتکی و سپس از زیر نوردهای چهارغلتکی که با فاصله زیاد از یکدیگر قرار گرفته اند عبور می کنند. هنگام عبور ورق از زیرغلتک های گفته شده اکسید سطح آنها با فشار آب ۸۰ تا ۱۰۰ بار شسته شده و پیوسته اکسید موجود در سطح ورق که در اثر غلتک کاری ایجاد شده است از بین می رود. نوردهای تمام کننده که با فاصله بسیار کمی از یکدیگر قرار گرفته اند (فاصله کم برای جلوگیری از حالت افتادگی ورق است)، وظیفه تنظیم ضخامت و عرض ورق ها را به عهده دارند. نوردهای ردیف آخر صیقلی کردن و پرداخت نمودن سطح ورق ها را انجام می دهند و ضخامت ورق هایی که در این مرحله به دست می آیند، بین ۱/۵ تا ۴ میلی متر و گرمای آن ها بین ۸۵۰ تا ۸۷۰ درجه سلیسیوس است که در این موقع به صورت رول پیچیده شده یا به قطعات استاندارد بریده می شوند (شکل ۷-۱) [1-5].



شکل (۷-۱): مراحل تولید ورق های کم ضخامت (نازک)

۸. تعریف انواع ورق های فلزی

- در صنعت علاوه بر ورق های آهنی و غیر آهنی در خیلی از موارد از ورق های پوشش داده شده استفاده می شود. معمولاً عمل پوشش دادن روی ورق های آهنی به منظور مقاوم کردن آن ها در مقابل عوامل جوئی و خوردنده صورت می گیرد. برای حفاظت از ورق های ذکر شده از فلز روی یا قلع، که در مقابل خوردگی مقاوم هستند، استفاده می شود.
- نوع دیگری از ورق مورد استفاده در صنعت به نام ورق های گالوانیزه شناخته می شوند. تولید ورق های گالوانیزه به عنوان یکی از روش های مؤثر و اقتصادی حفاظت از خوردگی ورق مطرح بوده و در صنایع مختلف استفاده می گردد. به عنوان مثال صنایع ماشین سازی، خودرو سازی، لوازم خانگی و ساختمانی و صنایع فلزی به طور گسترده از ورق گالوانیزه استفاده می نمایند.
- ورق قلع اندود به علت خاصیت مهم حفظ و نگهداری مواد غذایی و سایر محصولات دارای کاربردهای زیادی است که با توجه به شرایط فرم پذیری عالی و عدم شکنندگی آن در حمل و نقل غالباً در صنایع بسته بندی مواد غذایی، شیمیایی، دارویی، رنگها و با درصد کمی نیز در ساخت سایر مصنوعات از قبیل فیلتر روغن، گازوئیل، هوا و آب برای کامیون، اتوبوس و ماشین آلات سنگین، اتومبیل سواری و صنایع اسباب بازی، باتری سازی و غیره به کار می رود.
- خط تولید ورق رنگی در امتداد خط گالوانیزه واقع می باشد و به صورت خط پوشش دهی غلظتی طراحی گردیده است. از مزایای این خط سرعت بالا، مصرف رنگ کم و سازگاری با محیط زیست می باشد. در این روش کلاف گالوانیزه به صورت پیوسته وارد بخش آماده سازی ورق می شود و طی مراحل مختلف تولید به بازار عرضه می گردد.
- **ورق آلیاژی** یا فولاد آلیاژی ورق هایی هستند که با تغییر در ساختار و عناصر سازنده شان خاصیت های شیمیایی و فیزیکی متفاوتی پیدا کرده اند تا متناسب با نیازمندی هایی که در صنایع امروز وجود دارد مورد استفاده قرار گیرند. به طور مثال در مناطقی که دمای هوا بسیار بالا یا بسیار پایین باشد آهن معمولی دیگر کاربردی ندارد و باعث آسیب جدی به کل پروژه میشود. از این رو مهندسان و متخصصان با ترکیب عنصر های بالا با فولاد و ساخت آلیاژ برخی از ویژگی فولاد کربن مانند : سختی ، چقرمگی ، سایش و ... به طور قابل توجهی بهبود می یابد و دستیابی به این ویژگی ها با انجام عملیات حرارتی روی فلز امکان پذیر است [6].

۹. نتیجه گیری

امروزه ورق های فلزی در سطحی گسترده در صنایع مختلف از قبیل صنایع هوایی، سازه های فضایی، صنایع دریایی، صنایع نفت، گاز و پتروشیمی و ... برای ساخت و تولید ابزار و دستگاه های گوناگون مورد استفاده قرار می گیرند. از این رو به علت گستردگی و تنوع ورق های فلزی و کاربردهایی که دارند، آشنایی با انواع ورق و نقشی که در صنعت ایفا می کند از اهمیت ویژه ای برخوردار است. شناخت انواع ورق و استفاده صحیح آن در پروژه های مربوطه، باعث صرف هزینه کمتر، طول عمر بیشتر، نحوه عملکرد بهتر، بازرسی آسان تر و ضریب بهره دهی بالاتری می شود.

۱۰. مراجع

۱. سروپ کالپاکجیان، استیون آر. اشمید؛ مترجم محمد کاظم بشارتی گیوی (۱۳۸۹). «مهندسی تولید و فناوری». انتشارات دانشگاه تهران
۲. بهزاد آهنگری. «شناسایی و مقابله با پدیده خوردگی در خطوط لوله فولادی انتقال و شبکه‌های توزیع نفت و گاز». انتشارات ناقوس
۳. جان لیپولد، دامیان کوتکی؛ مترجم امیر خاکزاد. «متالورژی و جوشکاری فولادهای زنگ نزن». انتشارات طراح
4. G. Vourlias, N. Pistofidis, G. Stergioudis, D. Tsipas, *The effect of alloying elements on the crystallization behavior and on the properties of galvanized coatings*, Cryst. Res. Technol. Vol. 39 (2004), pp. 23 –29. doi:10.1002/crat.200310144
5. ↑ V. Raghavan, *Fe-Zn (Iron-Zinc)*, Journal of Phase Equilibria, Vol. 24 (2003), pp. 544-545. doi:10.1361/105497103772084598
6. ↑ Joseph Mazia, Hot Dip Coatings, in: Corrosion: Fundamentals, Testing, and Protection, ASM Handbook Vol. 13A, ASM International, United States of America, 2003, ISBN 0-87170-705-5