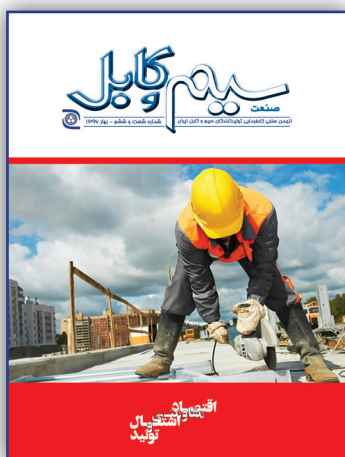


به نام آن‌که جان را فکرت آموخت



نشریه داخلی صنعت سیم و کابل
انجمن صنفی کارفرمایان تولیدکنندگان سیم و کابل ایران
شماره شصت و ششم - بهار ۱۳۹۶

طرح روی جلد: شهلا احمدیان

- | | | |
|----|--|---|
| ۲ | سختن سردبیر | صاحب امتیاز: انجمن صنفی کارفرمایان تولیدکنندگان سیم و کابل ایران |
| ۳ | تولید سیم و کابل غیر استاندارد- اتوبانی بدون پلیس
محمد باقر پورعباله | مدیر مسئول: نسترن کسرابی |
| ۸ | خواص مکانیکی و الکتریکی سیم مسی کشیده شده قبل و بعد از آنیل
امیدعلی شجاعی | سردبیر و مدیر اجرایی: حسین حق‌بیان |
| | روش بهینه سازی سطح خارجی سیم و کابل برای چاپ با چاپگر جوهرافشان در محیط پلاسمایی
محمد باقری | زیر نظر شورای نویسندگان: حسین حق‌بیان، محمدباقر پورعباله، بهرام شمس، محمدعلی مساواتی، غلامرضا فلاح نژاد |
| ۱۰ | بررسی تأثیر افزایش مقاومت الکتریکی ناشی از انتخاب نامناسب سیم و کابل بر بارهای خانگی و صنعتی
مزدک تیمورتاش‌لو و محمد سلیمی نژاد | حروفچینی و صفحه آرایی: شهلا احمدیان |
| ۱۵ | حفاظت کابل‌های فیبر نوری در برابر جوندگان
محمدعلی مساواتی | لیتوگرافی و چاپ: فارابی |
| ۱۹ | عوامل مؤثر بر روند افزایشی قیمت سیم و کابل مسی
غلامرضا فلاح‌نژاد | تلفن: ۸۸۸۰۸۲۳۹ |
| ۲۲ | نگاهی کوتاه به نظریه کشش سیم
سروش شعبانی | نظارت فنی: سید جلال امینی |
| ۲۶ | اخبار انجمن | نشانی انجمن: تهران، خیابان شریعتی، خیابان ارسباران (جلفا)، خیابان بلب، خیابان عطاء... |
| ۳۸ | | گربی، پلاک ۱۰، واحد یک
کدپستی: ۱۵۴۱۹۳۶۹۱۴ |
| | | تلفن: ۷-۲۲۸۶۰۸۰۶ نمابر: ۲۲۸۶۲۴۱۳ |
| | | - صنعت سیم و کابل در ویرایش و اصلاح مطالب آزاد است. |
| | | - مسئولیت مطالب بر عهده نویسندگان است. |
| | | - استفاده از مطالب مجله با ذکر نام، شماره و تاریخ انتشار مجاز است. |

www.IWCMA.com

info@iwcma.com



سخن سردیگر

نام‌گذاری سال ۱۳۹۶ به "اقتصاد مقاومتی: اشتغال و تولید" از سوی مقام معظم رهبری می‌تواند بهاری برای رونق تولید و اشتغال پایدار باشد، مشروط بر آنکه کلیه نهادهای ارگانها و مسئولین، بیش از گذشته با ستاد اقتصاد مقاومتی همکاری نموده و گره‌ها را بگشایند.

با افزایش نرخ بیکاری بویژه در قشر تحصیلکرده و جوانان، باید گفت وضعیت اشتغال با توجه به ایجاد ظرفیت‌های شغلی سالیانه، هنوز مناسب نیست زیرا وقتی صحبت از نرخ رشد اقتصادی می‌شود معنایش این است که نرخ رشد باید اشتغال‌آفرین باشد و میزان اشتغال بایستی نسبت مستقیم با ورود نیرو در بازار کار داشته باشد.

در حالیکه اینطور نبوده، زیرا با توجه به ظرفیت اقتصاد کشور، جذب نیرو به همین میزان خواهد بود و نتیجه اینکه عملاً سالیانه به تعداد بیکاران اضافه می‌شود مگر این که سرمایه‌گذاری‌های جدید صورت گیرد.

در بخش تولید و تحقق شعار اقتصاد مقاومتی، نیاز به رفع تنگنای کسب و کار است تا بتوان چرخه تولید را از این باتلاق‌ها خارج کرد و به دنبال تولید پایدار و نتیجتاً اشتغال مولد بود و در پی رقابتی کردن گام برداشت و بر اساس نیروی کار ماهر و تولید با کیفیت و استاندارد، برای مصرف‌کنندگان داخلی، جاذبه ایجاد کرد.

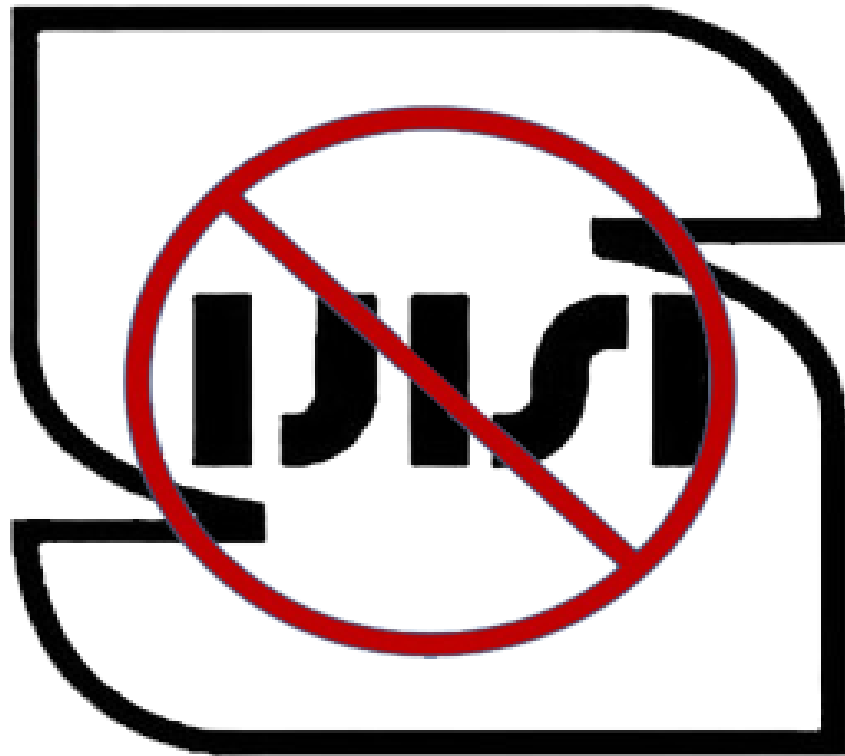
در این راستا وظیفه بانک‌ها هدایت منابع مالی به سوی فعالیتهای مولد و اشتغال‌زاست و دولت نیز در حمایت منطقی از تولید رقابتی، با عزمی راسخ جلوگیری از ورود کالاهای مشابه تولید داخلی، کالاهای بنجل و کالاهای قاچاق نماید.

این امر ضمن دلگرمی برای تولیدکننده، می‌تواند در رشد اقتصادی و جذب بیکاران و فرصت سرمایه‌گذاری بیشتر حائز اهمیت باشد.



تولید سیم و کابل غیر استاندارد - اتوبانی پلیس

مهندس محمدباقر پور عبدالله (کارشناس صنایع)



گرفته و با روش‌های گوناگون تلاش بر مصرف مقدار کمتر در واحد طول محصول رواج یافته است. زمانی که قیمت مس بسیار پایین و حدوداً کیلویی ۲۵۰ ریال بود و همزمان حاشیه سود بسیار خوبی نصیب تولیدکنندگان می‌شد، یکی از اشکالات منعکس شده در نتایج آزمون مؤسسه استاندارد بالاتر بودن قطر رشته‌های هادی‌های انعطاف‌پذیر از حد استاندارد بود!

به طور معمول سیم‌های پرمصرف ۱/۵ و ۲/۵ با قالب کشش ۰/۲۵ میلی‌متر و به ترتیب با ۳۰ و ۵۰ رشته تولید می‌شدند و به مرور زمان با افزایش سایز قالب کشش قطر رشته‌ها از ۰/۲۶ میلی‌متر بیشتر شده و بالطبع وزن هادی مس آن نیز افزایش پیدا می‌کرد ولی چون تأثیر این افزایش وزن در سود سیم قابل ملاحظه نبود، تولیدکنندگان ترجیح می‌دادند که وزن هادی مصرفی

رونق بازار سیم و کابل غیر استاندارد و فراوانی بیش از حد در مراکز توزیع، تفاوت بسیار زیاد در قیمت محصولاتی که دارای نوع و سایز یکسان هستند، نشانه‌هایی است که بیانگر عدم نظارت مناسب سازمان‌های نظارتی، خصوصاً سازمان استاندارد بر واحدهای تولید سیم و کابل و محصولات تولیدی آنهاست.

عواملی چند بر رواج تولید سیم و کابل بی کیفیت مؤثرند که عبارتند از:

۱- افزایش قیمت مواد اولیه

بیش از ۹۰ درصد قیمت سیم و کابل به مواد اولیه آن خصوصاً به هادی (مس و آلومینیوم) برمی‌گردد. با افزایش قیمت مواد اولیه و اثر مستقیم آن بر قیمت نهایی محصول سیم و کابل، انگیزه کاهش مصرف آن شدت



بیشتر شود تا قالبی با قطر پایین تر خریداری کنند.

۲- افزایش تعداد واحدهای تولیدی

زمانی نسبتاً طولانی است که مطالعه‌ای تحلیلی بر چگونگی توزیع واحدهای تولیدی سیم و کابل از نظر حجم، ظرفیت تولید، تنوع تولید و ... صورت نگرفته است. آخرین مطالعه حدود بیست سال پیش انجام شد و در آن زمان نتیجه بررسی وجود ۸۴ واحد تولیدی رسمی با توزیع ۲۰٪ کارخانه بزرگ و ۸۰٪ کارخانه‌های متوسط و کوچک گزارش شد.

هم اکنون پیش‌بینی می‌شود که تعداد واحدهای فعال و غیرفعال بالغ بر حدود ۳۰۰ کارخانه باشد و با همان توزیع ۲۰٪ و ۸۰٪ برای واحدهای بزرگ و متوسط و کوچک، افزایش عرضه محصولات خصوصاً در حیطه تولیدات کارخانه‌های کوچک باعث تنگ شدن عرصه رقابت شده و زمینه را برای کاهش قیمت محصول در اثر کاهش مصرف مواد اولیه (خصوصاً هادی) فراهم نموده است.

۳- ورود فن‌آوریها و محصولات جدید بدون پشتوانه استاندارد

یکی از اتفاقات ناهنجار طی سال‌های اخیر محصولاتی است که بدون نظارت سازمان‌های مسئول وارد کشور شده است. مهم‌ترین آن محصولی به نام CCA یا CCAM است که به طور گسترده در تولید سیم و کابل‌های انعطاف‌پذیر، کابل‌های کواکسیال (هادی مرکزی و شیلد بافت)، کابل‌های مخابراتی مصرف می‌شود. این هادی با کیفیتی که عرضه می‌شود در برابر عوامل محیطی نظیر رطوبت به شدت آسیب‌پذیر بوده و علاوه بر عمر مفید بسیار پایین به علت استحکام کم نیز مصرف آن به عنوان هادی، بسیار پر مخاطره است. متأسفانه پس از واردات بی‌رویه این محصول، واحدهای تولیدی غیراستاندارد مبادرت به تولید آن نموده و در بازار عرضه می‌گردد.

ناگفته نماند که در آمریکا استاندارد برای این محصول وجود دارد ولی میزان مس نسبت به کل هادی باید از نظر وزنی ۲۷٪ و از نظر حجمی حدود ۱۰٪ باشد و علاوه بر آن روش تولید به صورت آبکاری (که برای CCA نامرغوب رایج است) مجاز نیست.

۴- صدور مجوزهای غیرمجاز

در استاندارد ISIRI 3084 و مرجع IEC 60228 جنس هادی‌های انعطاف‌پذیر (کلاس ۵) باید مس خالص و یا مس دارای اندود فلزی باشد. متأسفانه شاهد فعالیت دست کم یک واحد تولیدی دارای مجوز تولید هادی آلومینیوم انعطاف‌پذیر در کشور هستیم که با افتخار گواهی ثبت اختراع و نوآوری نیز برای آن صادر شده است.

خطر ساز بودن مصرف هادی آلومینیوم به عنوان هادی انعطاف‌پذیر بر کسی پوشیده نیست و استحکام کم و در نتیجه پارگی آن در محل‌های اتصال نظیر کلید برق و پریز، خوردگی آن در برابر قطعات مسی و اکسید شدن لایه سطحی و خزش، خطر مصرف آن به عنوان هادی انعطاف‌پذیر را اجتناب ناپذیر می‌کند.

۵- صادرات نامناسب

یکی از زمینه‌های ارتقای کیفیت محصولات تولیدی، انجام صادرات به کشورهایی است که سیستم‌های نظارتی مناسبی برای ورود محصول به داخل کشور خود را دارند. عرضه بخشی از تولیدات به عنوان صادرات باعث کاهش رقابت ناسالم در داخل کشور شده و در صورت سودآوری مناسب برای محصولاتی که در داخل کشور عرضه می‌شوند، انگیزه کاهش مصرف مواد در واحد طول محصول را فراهم نمی‌سازد.

جای بسی تعجب است که با سیاستگذاری‌های نادرست، علیرغم وجود معادن مس غنی در ایران، وجود مخازن نفتی برای تولید محصولات پتروشیمی مصرفی برای عایق و روکش کابل، نیروی کار نسبتاً ارزان، هزینه‌های حمل و نقل بسیار پایین‌تر، در خصوص صادرات، کشور ترکیه بسیار موفق‌تر از ما عمل کرده است.

۶- افزایش نرخ ارز

بالا رفتن یکباره و تدریجی ارز از آهنگ ورود فن‌آوریهای نوین به کشور کاسته و پاره‌ای از واحدهای تولیدی هنوز از ماشین‌آلاتی که فاقد کارایی لازم برای تولید پرسرعت و با کیفیت مناسب هستند، استفاده می‌کنند. از جمله این ماشین‌آلات می‌توان به کشش‌های تک سیمه، آنیلرهای کوره‌ای گسسته، بانچرهای دارای ورودی قرقره کوچک، اکسترودرهای فاقد تجهیزات اندازه‌گیری و کنترل تنش، قطر سیم عایق شده، اسپارک تستر، یکطرفگی عایق و ... اشاره کرد.



کارشناسی از واحدهای تولیدی، عدم برخوردیهای بازدارنده با واحدهای تولیدی متخلف و ... انتقاد جدی وارد است.

اذعان داریم که بدون حضور پلیس و دوربینهای نظارتی در بزرگراهها، هستند کسانی که پرسرعت و پرخطر رانندگی می کنند.

نظارت سازمان استاندارد بر کیفیت محصولات واحدهای تولیدی آنقدر کم رنگ شده است که به اجبار شاهد نمونه برداری و بررسی کیفی محصولات از سوی شرکتهای رقیب، انجمن سیم و کابل و حتی بعضی از شرکتهای واحدهای تولیدی هستیم.

از طرفی برخی از واحدهای زیرزمینی با استفاده از علامت تجاری و نام کارخانههای دیگر، آزادانه به تولید محصولاتی فاقد کیفیت می پردازند، به راستی مسئولیت نظارت بر این واحدها از نظر قانونی با کدام ارگان است؟

۷- عدم نظارت بر واحدهای تولیدی گرانول

کیفیت گرانول مصرفی در تولید سیم و کابل در عمر مفید کابل بسیار حائز اهمیت است. رقابت بین واحدهای تولیدی گرانول نیز تولیداتی را به کارخانههای سیم و کابل، خصوصاً کارخانههای تولیدی فاقد نظارتهای لازم بر کیفیت مواد اولیه ورودی، تحمیل می کند که حاصل آن مواد عایق و روکشی است که قطعاً کاهش عمر مفید و خطرات مصرف آن را در پی خواهد داشت.

۸- عدم نظارت و برخورد مناسب با واحدهای تولیدی متخلف

تغییر سیاست سازمان استاندارد در زمینه اجرای استاندارد و نحوه نظارت بر واحدهای تولیدی بر کسی پوشیده نیست. بر چگونگی اخذ نمونه، آن هم توسط شرکتهای طرف قرارداد با استاندارد، نبود بازدیدهای





بکارگیری کابل و برق گرفتگی شود. خروج یکطرفگی روکش و کاهش ضخامت نقطه‌ای روکش نیز از جمله مواردی است که در نقاط کم ضخامت می‌تواند مشکلات جدی از نظر ایمنی به همراه داشته باشد.

د) مغایرت در ساختمان کابل

- بالا بودن بیش از حد طول تاب هادی و در پاره‌ای موارد موازی بودن مقتول‌های هادی، عدم تمرکز مناسب عایق، منجر به پارگی رشته‌ها در حین خمش مکرر کابل و کاهش عمر مفید کابل خواهد شد. این اشکال به خصوص در واحدهای غیرمجاز بیشتر مشاهده می‌شود.
- موازی بودن رشته‌های سیم‌های عایق‌دار به خصوص در کابل‌های دو رشته‌ای گرد، امری رایج است که در کابل‌های انعطاف‌پذیر عدم یکنواختی خمش‌پذیری در همهٔ جهات، پارگی رشته‌ها و اتصال سیم‌ها به هم در هنگام خمش مکرر، کاهش عمر مفید کابل و القاء الکتریکی رشته‌ها بر هم را به همراه دارد.
- چسبیدن عایق به پوشش میانی یا روکش: طبق معیارهای استاندارد برای ساختار کابل، لازم است جداسازی عایق از پوشش میانی (فیلر) و یا روکش به آسانی صورت پذیرد. وجود این اشکال در کابل‌های تولیدی علاوه بر سختی در هنگام نصب کابل، سبب آسیب جدی عایق در هنگام جداسازی لایه‌های روی آن می‌شود.

مغایرت‌های عمده در نتایج آزمون سیم و کابل

در بررسی‌های به عمل آمده از نتایج آزمون‌های مأخوذه از بازار مصرف سیم و کابل مغایرت‌های زیر مشاهده می‌شود:

الف) مغایرت در سایز هادی

عمده مغایرت‌های مشاهده شده شامل کاهش سایز هادی، به طور مثال استفاده از ۰/۱۵ به جای ۰/۲۵ !!! به کار بردن سایزهای ترکیبی (به طور مثال تعدادی ۰/۲ و مابقی ۰/۲۵). طبق استاندارد قطرهای رشته‌های هادی باید با هم برابر باشد. در کانالی با نام "مرجع کابل ایران" موارد اشاره شده در جدول ۱ قابل مشاهده می‌باشد.

ب) مغایرت در جنس مقتول‌های هادی

به کار بردن CCA برای تمام مقتول‌های هادی، ترکیب تعدادی از مقتول‌های مسی به همراه مقتول‌های CCA نیز از جمله مواردی است که به خصوص در هادی‌های انعطاف‌پذیر تولیدی کارخانه‌های به اصطلاح زیرزمینی و غیر مجاز وجود دارد.

ج) یکطرفگی عایق و روکش

یکی دیگر از مغایرت‌های مشاهده شده قرار نگرفتن هادی به طور مناسب در مرکز عایق (یکطرفگی عایق) است. این اشکال اساسی می‌تواند از نظر ایمنی خطرساز بوده و حتی باعث اتصال رشته‌ها به هم در طول

جدول ۱. عرضهٔ سیم و کابل با قیمت‌های زیر:

سیم برق	۱ × ۱	تمام مس ۱۰۰٪ !!!	متر از ۱۰۰ متر کامل	تیپ ۱	هر متر ۲۰۵ تومان	تیپ ۲	هر متر ۱۵۵ تومان
سیم برق	۱ × ۱/۵	تمام مس ۱۰۰٪ !!!	متر از ۱۰۰ متر کامل	تیپ ۱	هر متر ۴۰۰ تومان	تیپ ۲	هر متر ۳۱۲ تومان
سیم برق	۱ × ۲/۵	تمام مس ۱۰۰٪ !!!	متر از ۱۰۰ متر کامل	تیپ ۱	هر متر ۶۴۵ تومان	تیپ ۲	هر متر ۵۰۶ تومان
سیم برق	۱ × ۴	تمام مس ۱۰۰٪ !!!	متر از ۱۰۰ متر کامل	تیپ ۱	هر متر ۱۰۲۵ تومان	تیپ ۲	هر متر ۸۰۰ تومان
کابل برق	۲ × ۰/۷۵	تمام مس ۱۰۰٪ !!!	متر از ۱۰۰ متر کامل	تیپ ۱	هر متر ۵۶۰ تومان	تیپ ۲	هر متر ۴۳۰ تومان
کابل برق	۲ × ۱/۵	تمام مس ۱۰۰٪ !!!	متر از ۱۰۰ متر کامل	تیپ ۱	هر متر ۱۰۴۵ تومان	تیپ ۲	هر متر ۸۳۰ تومان
کابل برق	۲ × ۲/۵	تمام مس ۱۰۰٪ !!!	متر از ۱۰۰ متر کامل	تیپ ۱	هر متر ۱۶۵۰ تومان	تیپ ۲	هر متر ۱۳۴۰ تومان

یعنی تفاوت قیمت بین ۲۳ تا ۳۲ درصد. واقعاً چه چیزی به جز کاستن از مقدار مواد به خصوص مس در واحد طول کابل، می‌تواند باعث چنین اختلافی در قیمت سیم و کابل شود؟



نتیجه گیری

اخیراً طی نمونه برداری ۳۰ قلم از سیم و کابل های موجود در بازار از چند واحد تولیدی که همگی دارای مجوز کاربرد علامت استاندارد بر روی محصولات خود بوده اند، مشاهده شده است که همه این اقلام از نظر مقاومت الکتریکی مردود بوده و به عنوان مثال برای سیم انعطاف پذیر ۲/۵ که مقاومت الکتریکی آن باید ۷/۹۸ باشد مقاومتی برابر یا ۱۱/۳۷۶ ثبت گردیده است (یعنی ۴۲٪ کاهش سطح مقطع).

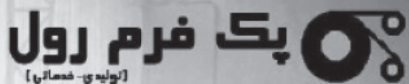
عرصه بر تولیدکنندگانی که تمایل به تولید محصولات با کیفیت دارند تنگ شده و طیف وسیع عرضه محصولات نامرغوب در بازار و قیمت نازل این محصولات مانع رقابت سالم می شود. جا دارد سازمان استاندارد با تغییر نگرش در چگونگی نظارت بر عملکرد تولیدکنندگان و استفاده از اهرم های قانونی زمینه تولید محصولات با کیفیت را فراهم سازد.

ه) بالا بودن قطر سیم یا کابل

یکی از نظارت های خریداران سیم و کابل مقایسه محصولات، از طریق توزین اقلام خریداری شده است. همانگونه که اطلاع دارید این شیوه نتیجه گیری از عملکرد کیفی کارخانه های سیم و کابل، مناسب نیست. زیرا برخی از تولیدکنندگان، برای جبران کاهش وزن مصرفی هادی ها در کابل، بر ضخامت عایق و روکش آن می افزایند. کاهش سایز هادی و افزایش مقاومت الکتریکی باعث افزایش دمای هادی و کابل شده و بالا رفتن ضخامت عایق و روکش از طرف دیگر، مانع دفع حرارت کابل می شود.

و) تولید کابل های خارج از چارچوب استاندارد

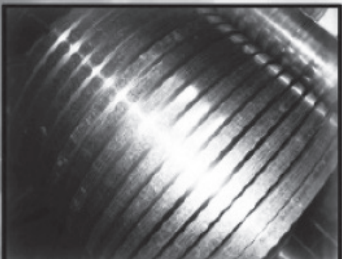
در این مورد می توان به بند تخت با سطح مقطع ۱ به بالا و کابل کولری اشاره کرد.



پک فرم رول
(تولیدی - خدماتی)

- برش انواع رول فلزات رنگین، نوار فولادی گالوانیزه، نوار فولادی با پوشش فلز و غیره، نوارهای لمینیت شده با انواع پلیمرها
- دوباره پیچی (rewind) و تغییر سایز انواع نوارهای از قبل برش خورده با تیرانس و کیفیت بسیار مناسب
- قابلیت پیچش نوار بدون مغزی (با قطرهای داخلی استاندارد)
- حداقل عرض برش ۵ میلیمتر
- برش انواع نوار از ضخامت ۵ تا ۵۰ میکرون (۰/۵ تا ۵ میلیمتر)
- قطر داخلی و خارجی دلخواه بنا به سفارش
- تحویل به موقع خدمات در حداقل زمان ممکن

همراه: ۰۹۱۲ ۱۳۹ ۸۷۱۷ فاکس: ۴۴۲۷۸۳۱۷



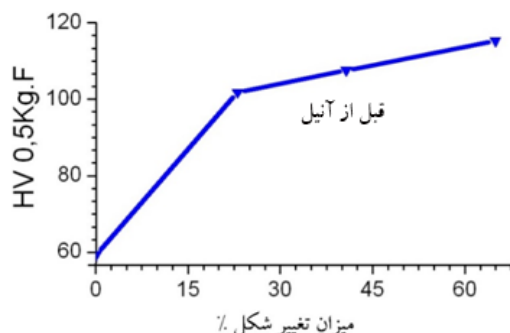


- کیلومتر ۳۰ اتوبان تهران - قم شرکت صنعتی شمس آباد



خواص مکانیکی و الکتریکی سیم مسی کشیده شده قبل و بعد از آنیل

مهندس امیدعلی شجاعی (کارشناس ارشد برق و الکترونیک)



شکل ۱. منحنی میکروسختی ویکرز برای سیم مسی بعد از کشش

مطالعه سیم‌های کشیده و آنیل شده

مکانیزم تبلور مجدد درست در اولین دقیقه نگهداری در دمای 260°C شروع می‌شود که این امر برای سیم‌هایی که به شدت تغییر شکل یافته‌اند مشهودتر است. در ادامه زمان نگهداری توسعه پیدا می‌کند. این نتیجه با تئوری‌های مختلف تبلور مجدد سازگار است. تئوری تبلور مجدد بیان می‌کند که تغییر شکل زیاد پلاستیکی منجر به ذخیره شدن انرژی زیادی در سیم کشیده شده می‌شود که این انرژی ناشی از تعداد زیاد نابجایی‌ها بوده و همین امر باعث شروع مکانیزم تبلور مجدد می‌گردد.

شکل ۲ منحنی‌های میکروسختی برای تمام سیم‌های نرم و آنیل شده در دمای 260°C را نشان می‌دهد. کاهش سختی برای سیم‌هایی که تغییر شکل کمتری دارند، شدیدتر است.

آزمون استحکام کششی و اندازه‌گیری مقاومت ویژه

اندازه‌گیری مقاومت و آزمون استحکام کششی برای سیم‌های کشیده شده و همچنین برای سیم‌های کشیده و آنیل شده در دمای 260°C انجام شد. نتایج حاصل از آزمون کشش قبل و بعد از آنیل که در جدول ۱ نشان داده شده است، بازگشت تمام خواص مکانیکی به حالت اولیه را به وضوح نشان می‌دهد. نتایج اندازه‌گیری مقاومت ویژه قبل و بعد از آنیل در دمای

مقدمه

هدف این مقاله بررسی رابطه بین ریزساختار و خواص (سختی و هدایت الکتریکی) سیم مسی کشیده شده است. در این پژوهش به بررسی تحول ریزساختار و خواص الکتریکی و مکانیکی سیم کشیده شده و آنیل شده در دمای 260°C می‌پردازیم. فرآیند کشش باعث ناهمسانگردی ساختار در اثر ازدیاد طول دانه‌ها در راستای محور کشش می‌شود. علاوه بر این با افزایش میزان تغییر شکل، سختی و مقاومت ویژه الکتریکی نیز افزایش می‌یابد. پس از آنیل شدن سیم کشیده شده، خواص مکانیکی و ساختاری به آهستگی به وضعیت اولیه مس بازمی‌گردد.

فرآیند کشش عبارت است از کاهش سطح مقطع یک سیم از طریق عبور آن از درون یک یا چند قالب، تحت تأثیر نیروی کشش که معمولاً به دنبال آن فرآیند آنیل نیز انجام می‌شود. تغییرات ساختاری ناشی از تغییر شکل پلاستیکی منجر به تغییر خواص فیزیکی و مکانیکی فلزات می‌شود.

مواد و روش

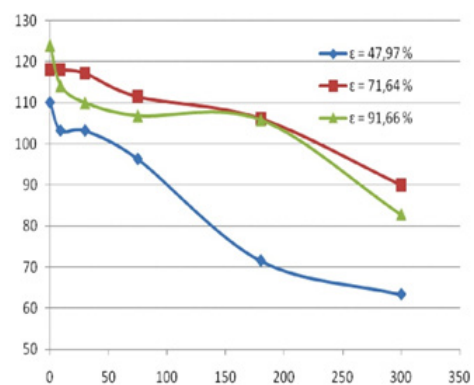
سیم مسی اولیه مورد استفاده در این آزمایش دارای حداقل خلوص 99.96% بوده و قطر اولیه آن 8 mm است. این مفتول تحت کشش‌های متفاوتی قرار گرفته به نحوی که تغییر شکل‌های مختلف شامل $\beta_1 = 47/97\%$ ، $\beta_2 = 71/64\%$ و $\beta_3 = 91/66\%$ حاصل شد. بسته به میزان افزایش در تغییر شکل برای سیم کشیده شده یک ساختار فیبری حاصل می‌گردد. این ساختار به طور مکرر در کشش سیم‌ها مشاهده شده و به دلیل اینکه به چیدمان یک ماده فیبری شباهت دارد، تحت عنوان ساختار فیبری شناخته می‌شود. نتایج میکروسختی نشان می‌دهد که با افزایش میزان تغییر شکل، سختی سیم کشیده شده نیز افزایش می‌یابد. همان طور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود سختی در مرحله اولیه تغییر شکل به شدت افزایش یافته و سپس تمایل به پایدار شدن دارد. این سخت شدن ناشی از چگالی بسیار زیاد نابجایی در ماده تغییر شکل یافته است.



ویژه نسبت به حالت کشیده شده می شود. محاسبات نشان می دهد که برای کاهش سطح مقطع بین ۲۸/۵۹٪ و ۸۴/۵۹٪، مقاومت ویژه ۱/۷٪ افزایش می یابد. بر اساس مطالعات صورت گرفته مشخص شده است که مس تغییر شکل یافته دارای چگالی بالایی از نایبایی ها و همچنین شامل گروه های کوچکی از جاهای خالی بوده که حضور این عیوب کریستالی در ماده به عنوان مانعی در مقابل جابجایی الکترون ها در فلز عمل نموده و باعث افزایش مقاومت ویژه مس می شود.

نتیجه گیری

کشش سیم منجر به ایجاد یک ساختار فیبری شکل در مس شده و با افزایش میزان تغییر شکل ناشی از کشش سیم، سختی و مقاومت ویژه الکتریکی مس افزایش می یابد. آنیل کردن، به ویژه در تغییر شکل های زیاد، منجر به تبلور مجدد در مس شده و تمام خواص مکانیکی مس را به حالت اولیه باز می گرداند.

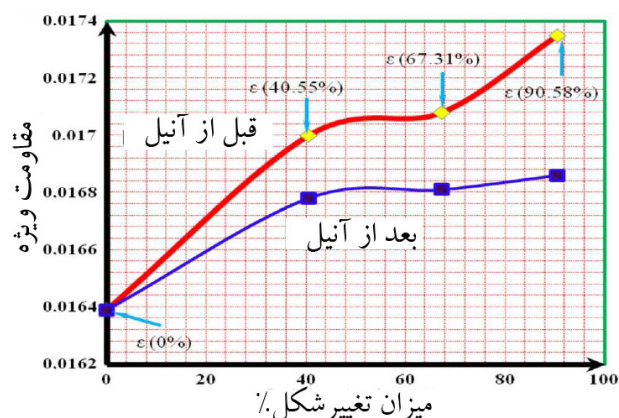


شکل ۲. تغییرات مقدار میانگین سختی به عنوان تابعی از زمان نگهداری در دمای آنیل

در شکل ۳ نشان داده شده است. با افزایش میزان کاهش سطح مقطع توسط فرآیند کشش افزایش مشخصی در مقاومت ویژه اتفاق می افتد. از طرف دیگر آنیل در دمای 260°C به مدت ۳۰ دقیقه، باعث اندکی کاهش در مقاومت

جدول ۱. نتایج آزمون کشش قبل و بعد از آنیل (A درصد کاهش سطح مقطع و R_m استحکام کششی نهایی)

بعد از آنیل		قبل از آنیل		β (%)
R_m (N/mm ²)	A (%)	R_m (N/mm ²)	A (%)	
۲۳۳	۳۹	۲۳۵	۳۹	.
۲۳۹	۴۰	۳۲۲	۴/۰	۴۷/۹۷
۲۴۵	۳۸	۴۱۴	۲/۵	۷۱/۶۴
۲۵۳	۳۸	۴۶۴	۲/۰	۹۱/۶۶



شکل ۳. اندازه گیری مقاومت ویژه مس برای قبل و بعد از آنیل در دمای 200°C

منبع:

ActaPhysica, Polonica, A, 2013



روش بهینه سازی سطح خارجی سیم و کابل برای چاپ با چاپگر جوهر افشان در محیط پلاسمایی

ترجمه: مهندس محمد باقری (کارشناس برق و الکترونیک)

چکیده

ایجاد نشانه گذاری ماندگار در سیم و کابل های با مصارف نظامی، هوافضا، خودرو، مخابراتی و ابزار دقیق می تواند یک چالش مهم برای بسیاری از تولیدکنندگان باشد. چاپگر جوهر افشان مزایای زیادی برای شرکت های تولیدکننده سیم و کابل دارد، اما استفاده از تنها یک روش عمومی برای تمام مواد عایق و روکش کافی نیست.

اجرای سیستم بهینه سازی در محیط پلاسمایی بر روی خط تولید و قبل از چاپ می تواند با افزایش سطح انرژی، بهترین چاپ ممکن را با چسبندگی مناسب بوجود آورد. این مقاله به تأثیر بهینه سازی سطح سیم و کابل در محیط پلاسمایی جهت چاپ مناسب بر روی طیف گسترده ای از مواد مورد استفاده در این صنعت پرداخته است. این اطلاعات آزمایشگاهی فقط می تواند به عنوان توصیه هایی برای موفقیت در اجرای این سیستم باشد.

کلمات کلیدی: سیم، کابل، چاپگر جوهر افشان، چاپ، بهینه سازی سطح پلاسمای، جوهر، چسبندگی، اندازه « Dyne »

۱- مقدمه

در گذشته چاپ بر روی سیم و کابل با فناوری هایی مانند غلطک چاپ و چاپ حرارتی برجسته انجام می شد، اما امروزه اکثر شرکت های تولیدکننده سیم و کابل چاپگرهای جوهر افشان دارند. این چاپگرها مزایای بیشتری نسبت به غلطک های چاپ دارند زیرا بسیار مقرون به صرفه اند و کارایی عملیاتی و انعطاف پذیری بیشتری دارند.

اگرچه سیستم چاپ جوهر شیمیایی افشان برای رسیدن به یک چاپ ایده آل به تنهایی کافی نیست و باید نکات خاصی را برای چاپ بهینه در نظر گرفت.

بسیاری از مواد عایق و روکش مورد استفاده در صنعت سیم و کابل، مانند: PE، PVC، PP، PTFE، XLPE، ETFE، FEP، EPDM و سیلیکون، دارای انرژی سطحی بسیار پایینی هستند که باعث عدم چسبندگی مناسب جوهر می شود. عوامل دیگر مانند آلودگی سطح و مهاجرت افزودنی هایی مانند واکس ها به روی سطح خارجی، می تواند چسبندگی چاپ جوهر افشان را ناپایدار کند.

استفاده از سیستم بهینه سازی سطح سیم و کابل در محیط پلاسمایی قبل از عملیات چاپ با پاک کردن سطح خارجی

کابل، باعث بوجود آمدن سطحی آماده و مناسب برای چاپ می شود و همچنین می تواند پذیرش آزمونه های دوام تأکید شده در استانداردهای مختلف را در پی داشته باشد. سیستم بهینه سازی سطح سیم و کابل در محیط پلاسمایی برای تولیدکنندگان سیم و کابل می تواند مزایای خاصی داشته باشد که برخی از آنها اشاره می کنیم:

- می توانند این سیستم را بر روی خطوط تولید نصب کنند و اثر آن را در همان لحظه بر روی سطوح نرم و یا داغ محصول مشاهده کنند
- می توانند این سیستم را بر روی خطوط پرسرعت سیم و کابل نصب کنند
- با استفاده از چاپگر جوهر افشان می توانند اطلاعات و متن چاپ را به سرعت تغییر دهند و به جای کنترل چاپ در محل تولید، از اتاق کنترل، تغییرات لازم را اعمال کنند.

۲- سطح انرژی و رطوبت پذیری

مواد معدنی و آلی مانند پلاستیک ها به طور کلی از مولکولهای ناقطبی و زنجیره بلند تشکیل شده اند. سطوح خارجی مواد پلیمری مانند فلوئوروکربن، سیلیکون وینیل ها



۳- سیستم بهینه‌سازی سطح در محیط پلاسمایی

برای آشنایی بیشتر در این مقاله با سه نوع بهینه‌سازی سطح آشنا می‌شویم:

- بهینه‌سازی با دمیدن یون
- بهینه‌سازی با بکارگیری شعله
- بهینه‌سازی با مواد شیمیایی

البته به طور کلی نوع بهینه‌سازی با دمیدن یون نسبت به بکارگیری شعله یا مواد شیمیایی هزینه تولید بیشتری دارد.

۳-۱- دمیدن یون پلاسما

دمیدن یون پلاسما از طریق مولدی که با بمباران سطح مواد با سرعت زیاد، یون‌ها را بر روی سطح خارجی کابل دشارژ می‌کند، ایجاد می‌شود. در این سیستم با بمباران یون مثبت بر روی سطح خارجی کابل می‌توان آن را از آلودگی‌های آلی و یا معدنی پاک نمود. روش دمیدن یون پلاسما توسط هوای فشرده شده و الکتروود نیز امکان‌پذیر می‌باشد به طوریکه یون پلاسما بر روی سطح کابل منتشر (دشارژ) می‌شود و دمیدن یون‌های مثبت توسط الکتروود به ذرات هوای اطراف محصول، باعث افزایش انرژی سطح آن و پذیرا نمودن آن برای پوشش جوهر چاپ می‌شود.

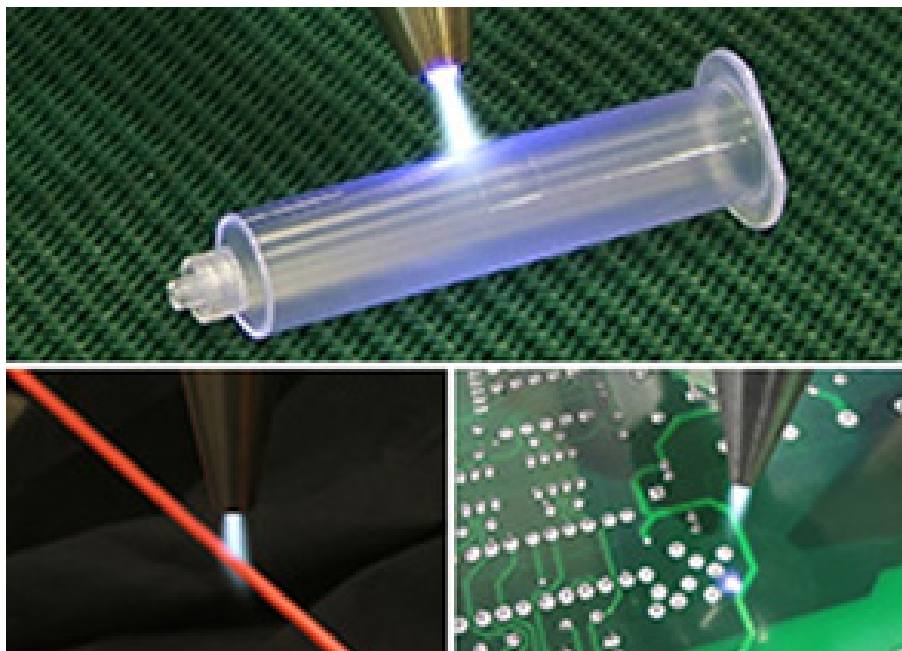
دارای انرژی سطحی کمی هستند به این ترتیب که بر روی سطح این مواد یون‌های کمتری نسبت به مواد دیگر شارژ می‌شود.

علاوه بر انرژی سطحی پایین، ممکن است در ساختار پلاستیک‌ها از کامپوزیت یا مواد افزودنی کمک فرایند استفاده شده باشد که همه این پارامترها می‌توانند اثر منفی بر روی جذب مولکولی داشته باشند و سطح خارجی کابل را مرطوب و یا آلوده نمایند.

۲-۱- اندازه‌گیری انرژی سطحی

انرژی سطحی یک اصل کلیدی برای چسبندگی و پایداری چاپ بر روی سیم و کابل است. Dyne (داین) واحدی برای تعیین میزان انرژی سطحی می‌باشد.

یک Dyne برابر $1 \text{ g.cm} / \text{S}^2$ و یا 0.0001 نیوتن است. آب مقطر، نیروی سطحی برابر با $72/8 \text{ mN/m}$ دارد. به این معنی که سطحی که قابلیت مرطوب شدن دارد، دارای انرژی سطحی $72/8 \text{ mN/m}$ یا بیشتر است. تولیدکننده جوهر علاوه بر در نظر گرفتن واحد Dyne، باید محصول مورد نظر برای چاپ را به خوبی بشناسد.



شکل ۱. دشارژ یون پلاسما به روش دمیدن

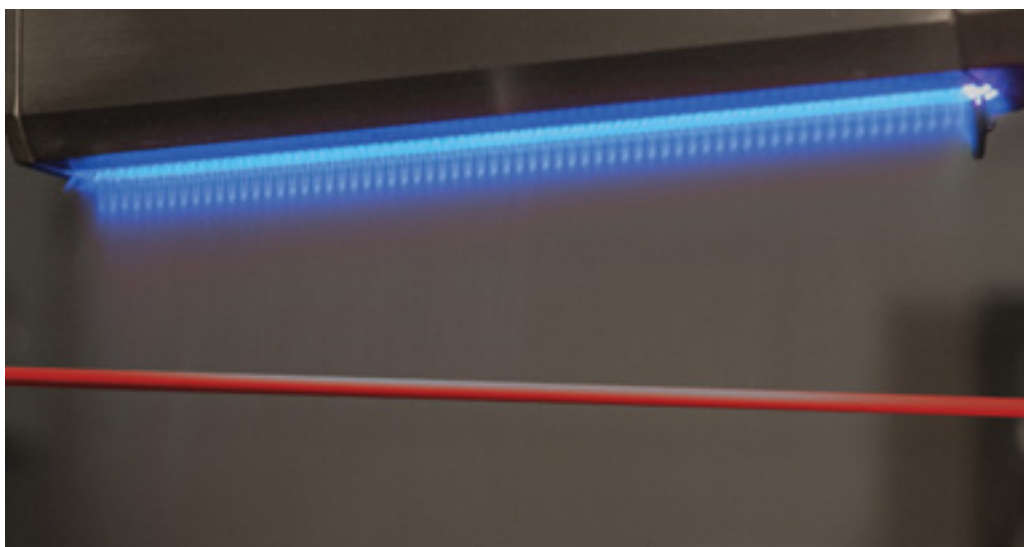


۳-۲- پلاسمای شعله

شعله را نیز می‌توان به نوعی پلاسما در نظر گرفت. شعله پلاسمایی است که با استفاده از یک شعله آبی توسط یک گاز قابل اشتعال با ترکیب هوا بوجود می‌آید. بخشی از سطح مواد که تحت تأثیر شعله پلاسما قرار بگیرد، توزیع الکترونی یکنواخت بر روی آن ایجاد می‌شود. براساس علم شیمی آلی، زنجیره‌های مولکولی مواد تحت تأثیر شعله تغییر می‌کنند.

۳-۳- پلاسمای شیمیایی متغیر

در سیستم پلاسمای شیمیایی علاوه بر هوا از گازها نیز جهت بهینه‌سازی سطح، برای چاپ پایدار استفاده می‌کنند که ممکن است در نگاه اول غیرممکن باشد ولی واکنش گازها بر روی سطح می‌تواند میدانهای الکتریکی را تحت تأثیر قرار دهد، و موادی که وزن مولکولی پایینی دارند برای ایجاد یک سطح پاک مناسب‌تر هستند.



شکل ۲. تخلیه شعله پلاسما



شکل ۳. دشارژ پلاسمای شیمیایی



سطح استفاده شود، طبعاً میزان داین (Dyne) جهت چسبندگی بیشتر افزایش پیدا می‌کند.

۵- ماندگاری چاپ با پیش بهینه‌سازی

در سیستم بهینه‌سازی پلاسما به روش دمیدن یون باید با چسپاندن یک نوارچسب شیشه‌ای از نوع ۶۰۰ بر روی چاپ، چسبندگی را آزمایش کرد به طوریکه یکی از نتایج زیر به دست آید:

- پاک شدن کامل چاپ
- پاک شدن بخش زیادی از چاپ
- پاک شدن بخش قابل توجهی از چاپ
- پاک شدن مقداری مشخص از چاپ
- پاک شدن مقداری جزئی از چاپ
- ماندگاری کامل چاپ

۶- ملاحظات قابل توجه هنگام اجرای سیستم بهینه‌سازی پلاسما

اطلاعات به اشتراک گذاشته شده در این مقاله نشان می‌دهد که بهینه‌سازی پلاسما باعث بهبود چسبندگی چاپ در بسیاری از سطوح خارجی سیم و کابل می‌شود. هنگام اجرای سیستم پلاسما باید ملاحظات زیر را در نظر بگیریم:

- کلیه سیستم‌های بهینه‌سازی پلاسما را به طور آزمایشی بر روی محصول خود انجام دهید تا بهترین و به صرفه‌ترین روش را انتخاب کنید

۴- آزمایشگاه پلاسما و تعیین مقدار داین (Dyne)

این آزمایشها در فنآوری های مختلف پلاسما به طور مستقل انجام می‌شود.

آزمایش دمیدن یون با سرعت ۶۰ متر بر دقیقه با فاصله ۶/۵ میلی‌متر آزمایش شده است

آزمایش شعله با سرعت ۶۰ متر بر دقیقه با فاصله ۵۰ میلی‌متر آزمایش شده است

آزمایش پلاسمای شیمیایی متغیر با سرعت ۶۰ متر بر دقیقه و در دو توان ۲۰ وات و ۴۰ وات بر اینچ با استفاده از ترکیب گازهای آرگون، اکسیژن، استیلن انجام شدند.

۱-۴- داده‌های آماری آزمایشگاه

لازم به ذکر است که نمونه‌های سیم و کابل مورد آزمایش در آزمایشگاه از بازار تهیه شده‌اند و در نتیجه ممکن است آلودگی سطح خارجی زیادی در آنها مشاهده شود. به این ترتیب، برخی از نتایج به دست آمده انرژی سطحی ممکن است کمتر از حد مورد انتظار باشند.

نکته مهم این است که تقریباً در اغلب سیستم‌های بهینه‌سازی سطح پلاسما، میزان داین (Dyne) افزایش یافته که در نتیجه چسبندگی نیز بهبود می‌یابد.

برای زمانی که در آن میزان داین (Dyne) به حد کافی افزایش نیابد، برای بهبود چسبندگی باید آزمایش‌های بیشتری با پارامترهای زیر انجام شود: زمان ماندگاری، افزایش میزان پلاسما و یا افزایش گازهای شیمیایی در صورتی که به طور همزمان از چند سیستم بهینه‌سازی





جدول ۱. آزمایش‌های پلاسما: نتایج به دست آمده در واحد داین (Dyne) بر روی مواد گوناگون بعد از تأثیر محیط پلاسما

دمیدن یون	دمیدن شعله	پلاسمای شیمیایی (۲۰ وات بر اینچ)	پلاسمای شیمیایی (۴۰ وات بر اینچ)	حالت طبیعی	مواد
۷۲	۷۲	۷۰	۷۰	۶۶	EPDM
۷۲	۷۲	۷۲	۷۰	۴۴	Silicone
۵۰	۵۸	۵۰	۴۸	۳۶	XLPE
۳۷	۴۰	۳۹	۳۷	۲۵	TPE
۷۰	۶۶	۷۲	۷۰	۲۵	PET
۳۷	۳۴	۳۴	۳۴	۳۴	PVC (black)
۴۰	۳۶	۴۰	۳۸	۳۳	ETFE
۳۶	۴۰	۳۸	۳۶	۳۲	XLETFE
۳۰	۳۰	۳۱	۳۱	۳۰	PTFE
۳۰	۳۰	۳۸	۳۸	۳۰	FEP

جدول ۲. نتایج پایداری چاپ با سیستم بهینه سازی پلاسما

سیم	بدون بهینه سازی پلاسما	با بهینه سازی پلاسما
سیم آبی با روکش پلی اتیلن (AWG18)	۱	۵
سیم سبز با روکش پلی اتیلن نازک شده (AWG16)	۲	۵
سیم قرمز با روکش پلی اتیلن (AWG18R)	۳	۵
سیم سبز با روکش پلی اتیلن کراس لینک شده (AWG20)	۲	۵

در این آزمون با روش دمیدن یون پلاسما بهترین نتیجه چسبندگی چاپ به دست آمد.

موقعیت‌های مختلفی از چیدمان خطوط تولیدی بکار رود همچنین به عنوان یک چاپگر با تکنولوژی پیشرفته می‌تواند کنترل بیشتر، دسترسی به کاراکترهای متنوع‌تر و تغییرات سریع‌تر متن چاپ را ارائه دهد. در سیستم‌های بهینه‌سازی پلاسما از جمله دمیدن یون، شعله و شیمیایی می‌توان از چاپگرهای جوهرافشان به راحتی استفاده کرد و نتیجه مثبت گرفت. این سیستم‌های بهینه‌سازی سطح، توسط پلاسما، سطح انرژی را جهت قابلیت چسبندگی و دوام چاپ افزایش می‌دهد و هنگامی که بلافاصله قبل از چاپ بر روی خط تولید محصول نصب شود بیشترین تأثیر را خواهد داشت.

- بهترین زمان آزمایش دقیقاً پیش از انجام چاپ است که می‌توان آنرا بر روی خط تولید انجام داد
- بکار بردن سیستم بهینه‌سازی پلاسما پس از خروجی سیم و کابل از اکسترودر بهترین نتیجه را در بر خواهد داشت
- میزان قرارگیری محصول از نظر زمانی در مقابل دمیدن پلاسما می‌تواند نتایج بهتری داشته باشد و باید توجه داشت که اگر محصول بیش از حد در معرض پلاسما قرار گیرد احتمال دارد به سطح خارجی آن آسیب برسد

۷- نتیجه گیری

چاپگرهای جوهرافشان مزایای متعددی دارد از جمله به عنوان یک فرآیند چاپ بدون تماس می‌تواند در



بررسی تأثیر افزایش مقاومت الکتریکی ناشی از انتخاب نامناسب سیم و کابل بر بارهای خانگی و صنعتی

دکتر مزدک تیمورتاش لو (دکترای برق کنترل) و
مهندس محمد سلیمی نژاد (کارشناسی ارشد برق قدرت)

چکیده

انتخاب مناسب سطح مقطع سیم و کابل برای بارهای خانگی و صنعتی امری ضروری و مهم است. در این مقاله به بررسی مشکلاتی که انتخاب نامناسب سیم یا کابل برای مصرف کننده بخصوص موتورهای ایجاد می کند پرداخته شده است. با انتخاب سیم یا کابل، مقاومت واحد طول هادی که جریان الکتریکی از آن عبور می کند مشخص می شود. مقاومت واحد طول نامناسب به دو دلیل اتفاق می افتد:

- ۱- انتخاب نامناسب سطح مقطع
- ۲- استفاده از سیم و کابل غیراستاندارد

مقدمه

بارهای خانگی و صنعتی از طریق سیم یا کابل (هادی) به منبع الکتریکی متصل و تغذیه می شوند. مهم ترین و عمومی ترین مشخصه در انتخاب سیم و کابل برای بارهای خانگی و صنعتی، سطح مقطع آن است، با انتخاب سطح مقطع مناسب، می توان شرایط بهینه کارکرد بار و شبکه را تأمین کرد.

۱- مفاهیم اولیه

با توجه به عبور جریان I از هادی با مقاومت R ، دو پدیده نامناسب افت ولتاژ ($V=RI$) و تلفات الکتریکی ($P=RI^2$) نمایان می شوند. به عنوان مثال در یک مسیر با مقاومت ۳ اهم در صورت استفاده از باری با جریان ۱۰ آمپر، ۳۰ ولت در مسیر افت ولتاژ و ۳۰۰ وات تلفات رخ خواهد داد. حال اگر با استفاده از کابل یا سیم مناسب، مقاومت به ۲ اهم کاهش یابد، افت ولتاژ و تلفات به ۲۰ ولت و ۲۰۰ وات کاهش خواهد یافت. به روشنی دیده می شود که میزان افت ولتاژ و میزان تلفات مسیر، با اندازه مقاومت رابطه مستقیم دارد. اما مزایای کاهش مقاومت مسیر، تنها به این موضوع ختم نشده و می تواند از مشکلات عدیده ای جلوگیری نماید. قبل از آن که به دسته بندی های بارهای خانگی و صنعتی و تأثیر این افت ولتاژ بر روی آنها پرداخته شود دو نکته قابل ذکر است:

- در بخش بزرگی از مصرف کننده های الکتریکی (موتورها) با وقوع افت ولتاژ و کاهش ولتاژ مصرف کننده، مصرف کننده جریان مورد نیاز خود را افزایش می دهد و در نتیجه باز هم افت ولتاژ روی مسیر بیشتر خواهد شد و ولتاژی که به مصرف کننده می رسد باز هم کاهش می یابد و این پس خورد افزایشی ادامه می یابد و نتایج منفی آن بیشتر نمایان خواهد شد.
- پس خورد افزایشی دیگری که مشکل را تشدید می نماید اثر تلفات است. تلفات الکتریکی رخ داده بر روی مسیر، خود را به صورت گرما نشان می دهد و گرما باعث افزایش دمای هادی گردیده و چون هادی ها از جنس فلزات با ضریب دمایی مقاومت ویژه مثبت می باشند (ضریب دمایی مقاومت ویژه دو فلز رایج در ساخت کابل و سیم یعنی مس و آلومینیوم در ناحیه خطی آن ۰/۰۰۳۹ می باشد) با افزایش دما، مقاومت بیشتری از خود نشان می دهند در نتیجه با افزایش مقاومت باز هم تلفات بیشتر شده و این پس خورد افزایشی به طور مداوم خود را تشدید می نماید.

۲- انواع بارهای الکتریکی و تأثیر افت ولتاژ بر روی آن

در صورتی که ولتاژ از مقادیر نامی کاهش قابل ملاحظه داشته باشد مشکلات و اختلالاتی در کار دستگاه ها به



وجود می‌آید. این اختلالات بسته به نوع بار متفاوت خواهند بود.

۲-۱- بارهای روشنایی

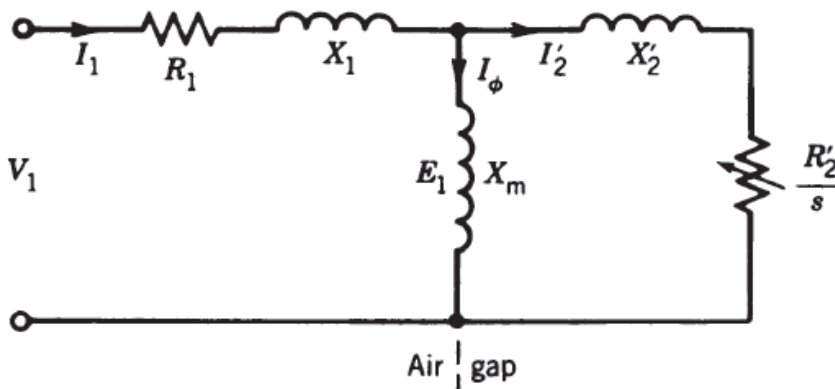
در لامپ‌های رشته‌ای افت ولتاژ به اندازه ۵ درصد، توان خروجی را ۱۶ درصد کاهش می‌دهد و کاهش ولتاژ به اندازه ۱۰ درصد، میزان نور را ۳۰ درصد کاهش می‌دهد. دلیل این امر این است که با کاهش ولتاژ درجه حرارت کار لامپ شدیداً کاهش می‌یابد و نور تولید شده، بستگی به درجه حرارت کار لامپ دارد. با توجه به نکات فوق روشن است که در برق رسانی باید سعی شود از کاهش قابل ملاحظه ولتاژ جلوگیری به عمل آید. البته افت ولتاژ را نمی‌توان به طور کامل از بین برد، لذا مقررات حداکثر افت ولتاژ مجاز را معین کرده‌اند. این افت ولتاژ در مورد مدارهای روشنایی ۴ درصد و در مورد مدارهای تغذیه موتورها ۶ درصد است. معمولاً نیمی از این افت ولتاژ را به شبکه توزیع (از پست توزیع با انشعاب اصلی خانه یا کارخانه) و نیم دیگر را به سیم‌کشی داخلی اختصاص می‌دهند. به این ترتیب با توجه به کاهش

قابل ملاحظه میزان نوردهی لامپ‌ها با افت ولتاژ، مشترک برای داشتن روشنایی مناسب به اجبار باید لامپ‌های با توان مصرفی بالاتر را انتخاب کند.

۲-۲- بارهای موتوری

قسمت اعظم انرژی الکتریکی در مصارف خانگی و صنعتی صرف به حرکت در آوردن موتورهای الکتریکی می‌گردد و عمده موتورهای الکتریکی صنعتی و موتورهای الکتریکی مورد استفاده در لوازم خانگی از نوع آسنکرون (القایی) هستند. مدار معادل تک فاز یک موتور القایی در شکل ۱ نشان داده شده است.

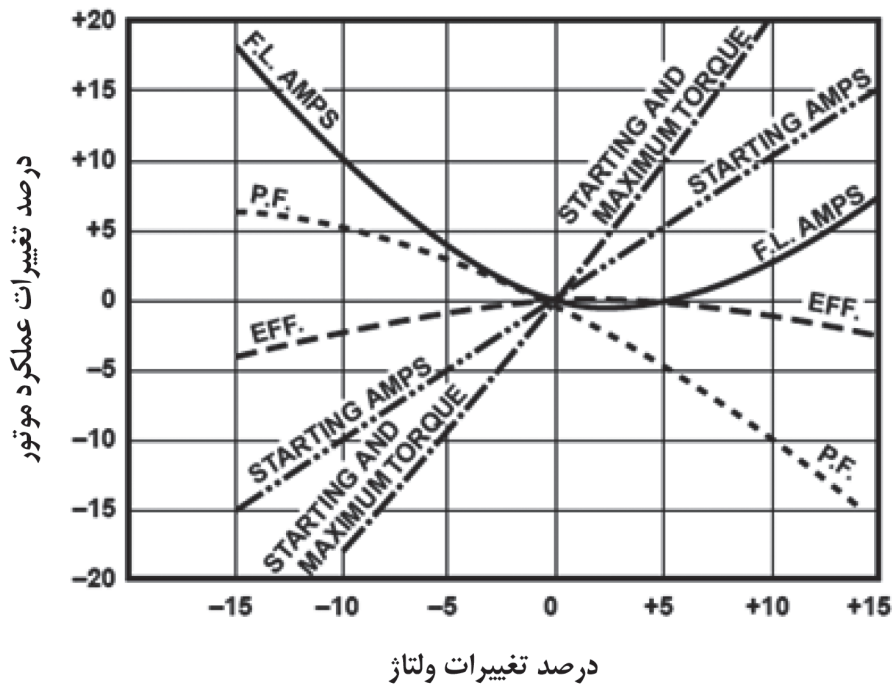
مطابق استانداردهای جهانی، معمولاً موتورهای القایی (به‌خصوص ۳ فاز) به شکلی طراحی می‌گردند که با افزایش ۱۰ درصد یا کاهش ۱۰ درصد ولتاژ به کار خود ادامه دهند. به طور متوسط ۱۰ درصد کاهش یا افزایش ولتاژ به شرط ثابت بودن فرکانس نتایج مطابق جدول ۱ را در بر خواهد داشت. تغییر ولتاژ بر روی عملکرد موتور در باند بیشتر از ۱۰ درصد در شکل ۲ آورده شده است.



شکل ۱. مدار معادل تک فاز موتور القایی سه فاز

جدول ۱. اثر کاهش و افزایش ۱۰ درصدی ولتاژ در عملکرد موتور

ولتاژ	گشتاور راه اندازی و بیشینه	لغزش	سرعت بار کامل	جریان بار کامل	تغییر دما در بار کامل
۱۱۰٪ مقدار نامی	۱۲۱٪ مقدار نامی	۸۳٪ مقدار نامی	۱۰۱٪ مقدار نامی	۱۰۰٪ تا ۹۳٪ مقدار نامی	۴ الی ۱۴ درجه سانتیگراد کاهش
۹۰٪ مقدار نامی	۸۱٪ مقدار نامی	۱۲۳٪ مقدار نامی	۹۹٪ مقدار نامی	۱۱۰٪ تا ۱۱۲٪ مقدار نامی	۶-۲۳ درجه سانتیگراد افزایش



شکل ۲. تأثیر تغییرات ولتاژ بر عملکرد موتور

انرژی الکتریکی مورد نیاز یک موتور الکتریکی القایی باعث کاهش کم بهره‌وری موتور خواهد شد به عبارت دیگر برای انجام همان کار قبلی نیاز به مصرف انرژی الکتریکی بیشتری خواهد بود.

• اثر تغییر ولتاژ بر روی جریان راه اندازی و ضریب توان مطابق شکل ۲، کاهش ولتاژ منجر به کاهش جریان راه اندازی و افزایش ضریب توان خواهد شد که این دو مورد جزء محدود مزایای کاهش ولتاژ موتور می باشد و در مقابل مشکلات فراوانی که به وجود می آورد از اهمیت قابل توجهی برخوردار نیست.

• اثر تغییر ولتاژ بر روی جریان از مهمترین مشکلاتی که کاهش ولتاژ به وجود خواهد آورد افزایش جریان است. همان طور که در جدول ۱ و شکل ۲ مشاهده می شود کاهش ولتاژ منجر به افزایش جریان موتور خواهد شد. برای درک بهتر مسأله دقت کنید هنگامی که موتور به یک بار متصل است باید توان مورد نیاز برای چرخش بار را تأمین نماید. توان ورودی از حاصل ضرب ولتاژ در جریان بدست می آید حال اگر

در ادامه به بررسی هر یک از این عوامل پرداخته خواهد شد.

• اثر تغییر ولتاژ بر روی گشتاور حداکثر و راه اندازی همان طور که در جدول ۱ مشاهده می شود کاهش ۱۰ درصدی ولتاژ منجر به کاهش ۱۹ درصدی گشتاور راه اندازی و گشتاور نامی می شود بنابراین استفاده از هادی نامناسب در تأمین انرژی الکتریکی مورد نیاز یک موتور الکتریکی القایی که باعث کاهش ۱۰ درصدی ولتاژ موتور گردد کاهش گشتاوری دو برابر برای موتور به همراه خواهد داشت. در نتیجه ممکن است در بارهایی که نیاز به گشتاور راه اندازی بالا دارند موتور گشتاور لازم برای راه اندازی را نداشته باشد. بنابراین کارایی موتور کاهش شدیدی خواهد داشت.

• اثر تغییر ولتاژ بر روی راندمان همان طور که در شکل ۲ مشاهده می شود کاهش ولتاژ منجر به کاهش راندمان موتور خواهد شد هر چند در تغییرات کم ولتاژ، این کاهش راندمان شدید نخواهد بود. در یک نگاه اجمالی، استفاده از هادی نامناسب در تأمین



• اثر تغییر ولتاژ بر روی سرعت نامی:

همان‌طور که از جدول ۱ مشاهده می‌شود، دیگر نتیجه کاهش ولتاژ، کاهش سرعت بار کامل است هرچند این مقدار ناچیز است ولی در موتورهایی که سیستم خنک‌کننده آن‌ها فن روی موتور است، راندمان خنک‌کنندگی فن کاهش و در نتیجه دمای موتور بیشتر افزایش می‌یابد.

منابع:

- ۱- مهندسی تأسیسات الکتریک، دکتر حسن کلهر
- ۲- ماشین‌های الکتریکی، دکتر پ. س. سن، ترجمه دکتر مهرداد عابدی و مهندس محمد تقی نبوی
- 3- Austin H. Bonnett and Rob Boteler, The impact that voltage and frequency variations have on AC induction motor performance ..., IEEE explore, Industry Technical Conference, June 1999
- 4- Improve motor operation at off-design voltages, U. S. Department of Energy, www.energy.gov
- 5- Electric motors and voltage, POWER OPTIMISA Company, www.poweroptimisa.com
- 6- P.Pillay, Practical consideration in apply energy efficient motors in the Petro-chemical industry, IEEE, PCIC-95-17, September, 1995.

ولتاژ موتور کاهش یابد جریان آن افزایش خواهد یافت تا بتواند همان توان یا مقداری نزدیک به آن را تأمین نماید. افزایش جریان نسبت به مقدار نامی مشکلاتی در پی خواهد داشت:

- افت ولتاژ ۱۰ درصدی نسبت به مقدار نامی، افزایش جریان بین ۱۰ تا ۱۲ درصدی کشیده شده از شبکه را در پی خواهد داشت. این جریان از فیوزهای مسیر و سیم و کابل‌ها عبور می‌کند که باعث افزایش تلفات بر روی آن‌ها و یا قطع کردن سیستم حفاظتی اضافه جریان خواهد شد.

- افزایش یافتن جریان موتور از مقدار نامی، منجر به افزایش دمای سیم‌پیچی موتور می‌شود. به طور متوسط به ازای هر ۱۰ درجه سانتیگراد افزایش دمای موتور، عمر مفید عایق‌بندی آن و در نتیجه عمر موتور برای کلاس‌های عایقی مرسوم مانند B، H و A و F نصف می‌شود. همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود کاهش ۱۰ درصدی ولتاژ منجر به افزایش دمای ۶ تا ۲۳ درصدی دما خواهد شد. یعنی در صورت کارکرد موتور در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد و افزایش دمای ۲۰ درصدی، دمای کار موتور به ۶۰ درجه افزایش یافته و عمر مفید موتور ۵۰ درصد کاهش می‌یابد.

در یک نگاه اجمالی، استفاده از هادی نامناسب در تأمین انرژی الکتریکی مورد نیاز یک موتور الکتریکی القایی باعث کاهش عمر مفید موتور به طور کاملاً محسوس و افزایش تلفات و حتی قطع کردن سیستم حفاظتی می‌شود.

نظرخواهی

اعضای هیئت تحریریه نشریه به منظور ارتقاء سطح کیفی مطالب مندرج در نشریه به آگاهی از نظریات و پیشنهادهای مخاطبین محترم نیاز دارند.

بنابراین از خوانندگان عزیز تقاضا می‌شود با ارایه نقطه نظرات، پیشنهادهای و انتقادهای خود، ما را در این زمینه یاری فرمایند. دریافت پیشنهادهای کتبی، راهگشای ما در تدوین مطالب مورد نظر شما در شماره‌های آینده نشریه خواهد بود.



حفاظت کابل‌های فیبر نوری در برابر جوندگان

ترجمه: مهندس محمدعلی مساواتی
(کارشناس ارشد صنایع / کارشناس برق و الکترونیک)

سختی مختلف، برای آزمون حفاظت کابل نوری در مقابل جوندگان تعریف می‌شود که سه نتیجه اصلی را می‌توان از این بررسی‌ها استخراج نمود:

- اگر آزمون‌های جوندگان تحت شرایط شدید انجام گیرد، فقط کابل‌های با زره فولاد، دارای حفاظت ۱۰۰٪ خواهند بود، زیرا این مواد نسبت به دندان جوندگان بسیار سخت‌تر هستند.
- همچنین ثابت شده است که زره دی‌الکتریک متشکل از عناصر سفت و سخت ($^3\text{FRP} / ^2\text{GRP}$) با ویژگی‌های فیزیکی و ابعادی خاص تحت شرایط سخت مؤثر است.
- در شرایط معمول سایر موارد حفاظتی در برابر جوندگان کافی است، مشروط به اینکه قطر کابل از مقدار مشخصی بیشتر باشد.

روش‌های حفاظت در برابر جوندگان

مواد روکشی مناسب برای حفاظت

• روکش پلی‌آمید ۱۲ (PA 12)

بیش از ۱۰ سال است که از روکش PA 12 به صورت یک لایه نازک با ضخامت ۰/۵ میلی‌متر جهت حفاظت در مقابل جوندگان استفاده می‌شود. تقریباً ۱۰ هزار کیلومتر از کابل با این نوع حفاظت، نصب شده است. تجربه نشان می‌دهد که این حفاظت در شرایط عادی در شمال اروپا مؤثر بوده است. روکش PA 12 علاوه بر محافظت در برابر جوندگان، محافظ در برابر موریانه بوده و دارای سطح سخت و هموار است. این مواد در رنگ‌های نارنجی، سیاه، آبی، قرمز، سبز و زرد عرضه می‌شوند و سختی آن بالاتر از shore D 70 است.

• مواد پلی پروپیلن (PP)

در سال‌های اخیر استفاده از لایه پلی‌پروپیلن با ضخامت ۰/۵ میلی‌متر به عنوان روکش نهایی



مقدمه

کابل‌های نوری ممکن است در محل نصب توسط گونه‌های مختلفی از جوندگان مورد هجوم واقع شوند به عنوان مثال:

موش‌های صحرایی (راتوس‌ها)،

موش‌های آبی (در شمال اروپا)

گوفرها^۱ (در شمال آمریکا)

را می‌توان نام برد که می‌توانند صدمات زیادی به کابل‌ها وارد نمایند. حیوانات دیگر نیز ممکن است کابل‌ها را هدف قرار دهند به عنوان مثال:

- موریانه

- دارکوب (که به کابل‌های هوایی صدمه می‌رساند)

- روباه قطبی (در گرینلند)

نیز مانند جوندگان به کابل‌ها صدمه می‌زنند. در بیشتر موارد ممکن است کابل با یک روکش پلی‌اتیلن (PE) استاندارد بدون هر گونه آسیب نصب شود. در سایر موارد با توجه به شرایط محلی، کابل محافظت نشده ممکن است مورد حمله و آسیب قرار گیرد. کابل‌های نوری از کابل‌های مخابراتی سنتی هستند که با توجه به قطر نسبتاً کوچک خود، بیشتر در معرض حمله جوندگان قرار می‌گیرند.

در تمام دنیا بررسی‌ها و روش‌های متعددی با درجات



• سیم‌های فولادی

این زره فلزی، از سیم‌های گالوانیزه فولاد نرم ساخته شده و بین روکش داخلی و غلاف خارجی قرار می‌گیرد. در بیشتر موارد، این زره برای محل‌های سخت و جهت حفاظت کابل در شرایط سنگین استفاده می‌شود در جایی که ممکن است ضربات مکانیکی سنگینی در هنگام نصب به کابل وارد شود. این زره می‌تواند کابل را در برابر جوندگان تا ۱۰۰ درصد نیز محافظت نماید.

الیاف شیشه

الیاف شیشه به عنوان عناصر مقاوم کششی در کابل‌های نوری استفاده می‌شوند. در سالهای اخیر استفاده از آنها برای حفاظت در برابر جوندگان نیز بیشتر مورد توجه قرار گرفته و تولید کابل‌های فیبر نوری با این الیاف برای حفاظت در برابر جوندگان افزایش یافته است. در آزمون انجام شده توسط یک آزمایشگاه مستقل، ثابت شده است که این کابل‌ها در برابر حملات جوندگان کوچک، مقاومت مؤثری از خود نشان می‌دهند. عملکرد الیاف شیشه با اصول روش‌های حفاظتی دیگر متفاوت است. هرچند جوندگان به راحتی به لایه الیاف شیشه دسترسی می‌یابند ولی به هنگام جویدن آن احساس ناخوشایندی به آنها دست می‌دهد.

پلاستیک تقویت شده با الیاف شیشه (GRP / FRP)

این مواد دی‌الکتریک متشکل از عناصر سفت و سخت (FRP/GRP) است که ویژگی‌های فیزیکی و ابعادی آنها با دقت انتخاب شده است. این عناصر معمولاً به صورت گرد بوده و به عنوان عنصر مقاوم در کابل مورد استفاده قرار می‌گیرد. در صورتی که به عنوان زره از این مواد استفاده شود باید آنها را به صورت تخت تولید نمود. عناصر FRP تخت در اطراف هسته کابل استرند می‌شود. به طور معمول در ساختار کابل، دو روکش در نظر گرفته می‌شود و این زره دی‌الکتریک بین آنها قرار می‌گیرد. با این روش، میزان حفاظت در برابر جوندگان مشابه نوار فلزی ۱۰۰٪ خواهد بود و علاوه بر آن کابل کاملاً دی‌الکتریک (غیر فلزی) خواهد بود و دارای این مزیت است که در مقابل رعد و برق و اتصال به ولتاژ برق، محفوظ می‌باشد. به منظور بررسی کیفی کابل از نظر واجد شرایط بودن آنها در آزمون حفاظت در برابر جوندگان، آزمایشی انجام گرفت که نشان داد تنها ۳ نمونه

مرسوم شده است. این روش برای حفاظت در برابر جوندگان مؤثر بوه است. اثربخشی مواد PP به دلیل سطح سخت آنهاست. این مواد به سختی مواد پلی‌آمید یا نایلون (PA 12) است. سختی آن برابر Shore D 66 است.

• مواد روکنشی دافع جوندگان

مواد روکنشی دافع جوندگان نیز اخیراً مورد استفاده قرار می‌گیرند تا جوندگان را از خود دور سازند. روش‌های مورد استفاده جهت دفع جوندگان، استفاده از مواد شیمیایی در مواد کامپوند بوده که باعث می‌شود مزه ناپسندی داشته باشد. البته باید توجه داشت بعضی از انواع جوندگان صرفاً برای حفظ سلامت دندان‌های خود هر چیزی را می‌جوند بدون این که از مواد روکنشی ارتزاق کنند. بعضی از مواد نیز دارای مواد بدبو و مشمئزکننده هستند که باعث دور کردن حیوانات از کابل می‌شود. استفاده از این مواد به دلیل آلودگی محیط و ملاحظات زیست محیطی بسیار کم است.

زره‌های فولادی

زره‌های فولادی به صورت نوار و یا سیم هستند که علاوه بر حفاظت در برابر صدمات مکانیکی برای حفاظت در برابر جوندگان نیز مورد استفاده قرار می‌گیرند.

• نوار فولاد پوشش‌دار و محافظت خوردگی

نوارهای استیل با پوشش پلیمری خود در مقابل خوردگی محافظت شده‌اند. در طول فرآیند تولید کابل، این نوار به صورت دندان و یا کروگیت در می‌آید تا کابل به هنگام خم شدن عملکرد بهتری داشته باشد. نوار کروگیت شده به دور هسته کابل پیچیده می‌شود. این نوار علاوه بر حفاظت در برابر ضربات مکانیکی، در برابر جوندگان نیز از کابل تا ۱۰۰ درصد محافظت می‌نماید. ضخامت استاندارد این نوارها ۰/۱۵۵ میلی‌متر است که باعث می‌شود کابل، نسبتاً وزن کم و انعطاف‌پذیری خوبی داشته باشد. جهت حفاظت در برابر خوردگی، لایه‌ای از کروم و کروم اکسید بر روی نوار استفاده می‌شود. این لایه باعث می‌شود مقاومت بالایی در برابر خوردگی بر روی سطح نوار ایجاد شود. در هر دو طرف نوار پوشش پلیمری با ضخامت ۰/۰۵ میلی‌متر سطح نوار را می‌پوشاند.



روکش داخل PE، روکش نهایی HDPE به ضخامت ۲ میلی‌متر، قطر ۱۶/۵ میلی‌متر
۱۰- کابل خاکی با FRP نواری، روکش داخل PE، روکش نهایی HDPE به ضخامت ۲ میلی‌متر، قطر ۱۵/۵ میلی‌متر

برای آزمون مقاومت در برابر جوندگان، نمونه‌هایی از کابل‌های مختلف در معرض هجوم راتوس‌ها (موش‌های وحشی که در قفس نگهداری می‌شوند) قرار گرفتند. آزمون برای هر گروه کابل سه هفته و هر هفته سه بار انجام شد. هر گروه کابل شامل ۳ نمونه بود. کابل‌های به شماره‌های ۲ و ۹ به ترتیب به عنوان مرجع برای ضعیف‌ترین و قوی‌ترین کابل‌ها در نظر گرفته شد.

تصویر زیر به خوبی نشان دهنده وضعیت نهایی نمونه‌های آزمایش شده و توانایی آنها برای محافظت از هسته‌های کابل نوری در برابر جوندگان بوده است. کابل‌ها با شماره‌های ۱ تا ۱۰، به ترتیب از چپ به راست نشان داده شده‌اند.

نتیجه‌گیری

ضخامت هرچه باشد و حتی روکش‌های نهایی با لایه پلی‌آمید، در مقابل جوندگان از بین می‌روند. در صورتی که امکان استفاده از نوار استیل در ساختار کابل باشد، این لایه در مقابل جوندگان مقاومت عالی از خود نشان می‌دهند. در صورت ممنوعیت استفاده از فلز در ساختار کابل، نوارهای FRP فقط می‌توانند هسته کابل را در برابر جوندگان محافظت نمایند.



منبع:

- 1-Rodent protection for optical fiber cable, Draka Communications, B03, 2009-01-18
2. Rodent resistance of fiber optic cable, www.belden-emea.com

از این کابل‌ها می‌توانند در برابر جوندگان مقاومت نمایند و مؤثرترین روش برای حفاظت کابل استفاده از زره‌های فولادی و یا FRP تخت می‌باشد.

آزمون بررسی کیفی کابل در مقابله با جوندگان

در این آزمایش عملی کابل‌هایی با ساختارهای متفاوت در معرض جوندگان قرار گرفتند. ساختار این کابل‌ها به ترتیب معرفی شده است:

- ۱- کابل کانالی با الیاف شیشه به مقدار ۲۲۶۳۰۰ دتکس (گرم در هر ۱۰۰۰۰ متر) و روکش HDPE به ضخامت ۱/۵ میلی‌متر و قطر نهایی ۱۳/۴ میلی‌متر
- ۲- کابل کانالی با الیاف آرامید (کولار) و به مقدار ۸۲۱۰۰ دتکس و روکش HDPE به ضخامت ۱/۵ میلی‌متر و قطر نهایی ۱۲/۷ میلی‌متر
- ۳- کابل خاکی با الیاف شیشه به مقدار ۲۲۶۳۰۰ دتکس، روکش داخل PE، روکش نهایی HDPE به ضخامت ۲ میلی‌متر، قطر ۱۷/۵ میلی‌متر
- ۴- کابل خاکی با الیاف آرامید به مقدار ۳۸۶۰۰ دتکس، روکش داخل PA، روکش نهایی HDPE به ضخامت ۲ میلی‌متر، قطر ۱۴/۵ میلی‌متر
- ۵- کابل خاکی با الیاف شیشه به مقدار ۸۶۴۰۰ دتکس، روکش داخل PE، روکش نهایی HDPE به ضخامت ۲ میلی‌متر، قطر ۱۷/۵ میلی‌متر
- ۶- کابل خاکی با الیاف آرامید به مقدار ۲۸۸۰۰ دتکس، روکش داخل PE، روکش نهایی HDPE نارنجی به ضخامت ۱/۸ میلی‌متر، قطر ۱۷/۵ میلی‌متر
- ۷- کابل خاکی با الیاف شیشه به مقدار ۱۲۰۰۰ دتکس، روکش داخل E، روکش نهایی HDPE به ضخامت ۲ میلی‌متر، قطر ۱۷/۵ میلی‌متر
- ۸- کابل خاکی با نوار استیل و به ضخامت ۰/۰۲۵ میلی‌متر، روکش داخل PE، روکش نهایی HDPE به ضخامت ۲ میلی‌متر و لایه‌ای از پلی‌آمید، قطر ۱۸/۵ میلی‌متر
- ۹- کابل خاکی با نوار استیل و به ضخامت ۰/۱۵ میلی‌متر،

پی‌نوشت‌ها:

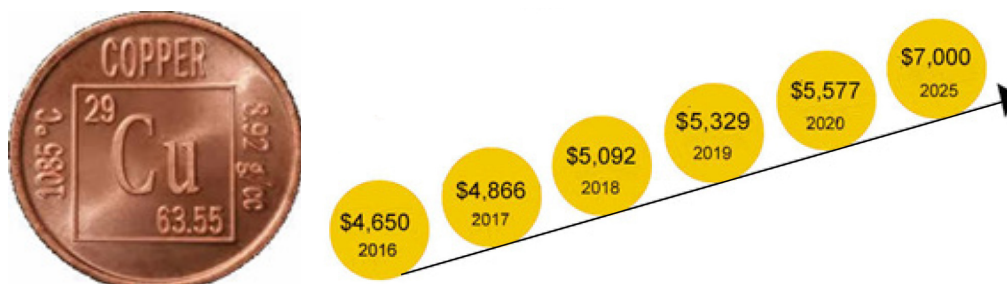
1. Gopher (موش کیسه دار)
2. Glass Fiber-Reinforced Plastics
3. Fiber Reinforced Plastics



عوامل مؤثر بر روند افزایشی قیمت سیم و کابل مسی

تحلیلی از: مهندس غلامرضا فلاح نژاد

(کارشناس مهندسی متالورژی - کارشناس ارشد مدیریت کسب و کار)



مجاز بیشتر، دارای اهمیت است. شبکه‌های هوایی موجود از نظر مهندسی، شبکه ایده‌آلی برای توزیع در شهرهای پر جمعیت نیستند. شبکه توزیع زمینی در مقایسه با شبکه هوایی، دارای مشخصات به مراتب بهتری می‌باشند؛ به خصوص که علاوه بر حفظ زیبائی محیط‌های شهری، از درجه ایمنی و قابلیت اعتماد بالاتری برخوردار بوده و در مقابل حوادث طبیعی کمتر آسیب‌پذیر هستند.

به علت مشخصه الکتریکی کابل‌های زمینی (راکتانس سری کمتر)، افت ولتاژ به خصوص در هنگام پیک بار، در شبکه زمینی کمتر است. همچنین رشد روز افزون صنایع و مراکز صنعتی و پتروشیمی‌ها و ... در سالهای اخیر و نیاز این مراکز به کابل‌های فشار متوسط و قوی مسی سبب شده تا روند افزایش قیمت کابل‌های مسی فوق، تولید را به علت نیاز به نقدینگی بالا دچار بحران جدی نماید.

همانطور که می‌دانیم ۸۵ درصد قیمت تمام شده کابل مسی رابطه مستقیم با نرخ مس در بازار مصرف دارد یعنی در واقع اقتصاد مهندسی تولید کابل مسی در دست نرخ مس قرار دارد. در حال حاضر پتانسیل تولید کشور ایران در کابل‌های مسی حدود ۱۳۰ هزار تن بوده که با توجه به افزایش مصرف برق در سال‌های آتی رو به افزایش خواهد بود.

براساس بازار بورس فلزات لندن، ارزش تجارت فلز مس در سال ۲۰۱۶ میلادی حدود ۹۱ میلیارد دلار و همچنین بر اساس اعلام شرکت ملی مس، فروش این شرکت در سال ۱۳۹۵ شمسی حدود ۷۰۰۰ میلیارد تومان می‌باشد. آسیا با تولید حدود ۴۳ درصد مس جهان، عمده‌ترین تولیدکننده این فلز می‌باشد و پس از آن آمریکا با

مس به دلیل هدایت الکتریسیته بالا، قابلیت انتقال گرما، مقاومت بالا در برابر خوردگی و قابلیت شکل‌گیری و بازیافت مجدد، در صنایع مختلفی کاربرد دارد که در جدول زیر سهم صنایع مختلف منعکس شده است.

الف: کاربرد صنعت مس در صنایع مختلف

نام صنعت	درصد
صنعت سیم و کابل	۳۵٪
صنعت برق و الکترونیک	۷٪
صنعت ساختمان	۲۸٪
صنعت حمل و نقل	۱۲٪
صنعت خودرو	۹٪
مصارف عمومی و سایر	۹٪
جمع	۱۰۰

امروزه در صنعت برق، بخش عظیمی از توزیع انرژی الکتریکی، به وسیله کابل‌های مسی انجام می‌گیرد. کاربرد کابل‌های مسی در تأسیسات الکتریکی بسیار وسیع و دارای اهمیت زیادی است. کارخانه‌های کابلسازی انواع بسیار زیادی از کابل‌های مسی را برای مصارف عمومی و خصوصی تولید می‌کنند. همچنین تعداد بیشماری با مهارت‌های مختلف در بخش‌های گوناگون این صنعت مشغول به کار هستند.

کاربرد کابل‌های فشار قوی مسی در شبکه‌های توزیع داخل شهرها و محیط‌های صنعتی، به علت جریان



سرعت تقاضا برای این فلز را تسریع می‌نماید. پ: شکل زیرمیزان تولید مس در نقاط مختلف جهان را نشان می‌دهد

بزرگ‌ترین مصرف‌کنندگان مس را نیز می‌توان کشورهای چین، هند، آمریکا، ژاپن، آلمان، ایتالیا برشمرد. طبق بررسی‌های انجام شده، تقاضای جهانی مس در سالهای اخیر افزایش چشمگیری یافته است. در طی ۱۰ سال گذشته چین و هند به بزرگ‌ترین مصرف‌کنندگان جهان در زمینه مس تبدیل شده‌اند. این درحالی است که مصرف سایر کشورهای عمده مصرف‌کننده تقریباً ثابت باقیمانده است.

بررسی مصرف سرانه مس و تولید ناخالص داخلی کشورهای مختلف حکایت از آن دارد که کشور چین به دلیل رشد اقتصادی بالایی که داشته است از لحاظ مصرف سرانه مس و تولید ناخالص داخلی تفاوت زیادی با سایر کشورهای توسعه یافته دارد. پیش‌بینی می‌شود میزان مصرف آینده مس تا سال ۲۰۲۵ براساس میزان مصرف گذشته با رشدی معادل ۳/۷ درصد به بیش از ۳۰ میلیون تن در سال برسد.

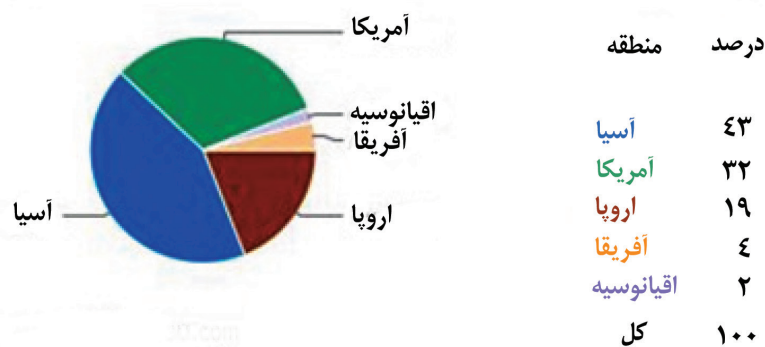
در بین کشورهای تولیدکننده و صادرکننده مس تصفیه شده، کشورهایی مانند شیلی، پرو، استرالیا، روسیه، کانادا و زامبیا تولیدات معدنی قابل توجهی دارند ولی کشورهای ژاپن و هند با خرید قابل توجه تولیدات معدنی اقدام

۳۲ درصد در رتبه دوم قرار گرفته است. اروپا، آفریقا و اقیانوسیه به ترتیب با ۱۹، ۴ و ۲ درصد، جایگاه‌های بعدی را در تولید مس به خود اختصاص داده‌اند.

حدود ۳۵ درصد از مس تولیدی در سراسر جهان در صنعت سیم و کابل مصرف می‌شود. الگوی مصرف این صنعت نقش تعیین‌کننده‌ای در رشد اقتصادی آینده این فلز دارد. همچنین بر اساس گزارش منتشره توسط گروه مطالعات بین‌المللی مس انتظار می‌رود در پاسخ به قیمت‌های بالای مس و رشد مصرف آن، تولید این فلز عمدتاً از طریق پروژه‌های جدید افزایش یابد. مثلاً تحلیلگران رشد مصرف مس در چین را سالانه حدود ۴ درصد برآورد می‌کنند.

رشد پیش‌بینی شده در تولید محصولات نیمه‌تمام و پرسازی مجدد انبارهای این فلز می‌تواند تا حدودی با اتکای بیشتر بر قراضه مستقیماً ذوب شده و وارد شدن موجودی‌های گزارش نشده که احتمالاً در سال‌های گذشته انباشت شده‌اند بی‌اثر شود. با این وجود عوامل متعددی شامل بحران در خاورمیانه، آشوب‌های سیاسی در آفریقای شمالی و آسیای غربی، تغییرات در سیاست‌های تجاری و پولی و میزان مصرف نامطمئن مس آسیا، که تحت تأثیر چین است، می‌تواند با ایجاد عدم اطمینان باعث افزایش کسری مس شود. کارشناسان معتقدند بازسازی پروژه‌های آسیب دیده در خاورمیانه و افزایش ساخت و ساز در آمریکا،

تولید مس در نقاط مختلف جهان





این گزارش می‌افزاید درحالی‌که در سال ۲۰۱۵ کنگو با تولید ۹۹۰ هزار تن در رتبه پنجم قرار داشت با کاهش ۸۰ هزار تنی و تولید ۹۱۰ هزار تن در رتبه ششم برترین تولیدکنندگان مس قرار گرفت و استرالیا با تولید ۹۷۰ هزار تن در رده پنجم جای گرفت. زامبیا با تولید ۷۴۰ هزار تن، کانادا با تولید ۷۲۰ هزار تن، روسیه با تولید ۷۱۰ هزار تن و مکزیک با تولید ۶۲۰ هزار تن در رده‌های هفتم تا دهم بزرگ‌ترین تولیدکنندگان مس جهان قرار گرفتند و سایر کشورها در مجموع حدود سه میلیون و ۸۰۰ هزار تن مس در سال گذشته تولید کردند. همچنین بر پایه گزارش سازمان زمین‌شناسی آمریکا، کل تولید جهانی مس نیز در سال ۲۰۱۶ با رشد ۳۰۰ هزار تنی نسبت به سال ۲۰۱۵ به ۱۹ میلیون و ۴۰۰ هزار تن رسید.

گفتنی است مجموع ذخایر قطعی مس دنیا بر اساس اعلام سازمان USGS حدود ۷۲۰ میلیون تن است که عمده آن در شیلی قرار دارد. ذخایر قطعی مس شیلی ۲۱۰ میلیون تن عنوان شده است. پس از شیلی، استرالیا و پرو به ترتیب با ۸۸ میلیون و ۸۲ میلیون تن در رتبه دوم و سوم قرار دارند. شرکت ملی مس ایران نیز با تولید ۲۸۲ هزار و ۵۳۰ تن مس محتوا در سال ۱۳۹۵ بالاترین رکورد تاریخ تولید مس کشور را رقم زده است.

همچنین ۱۰ شرکت برتر تولیدکننده مس سال ۲۰۱۶ شامل کودلکو، فریپورت، گلنکور، بی‌اچ‌پی بیلیتون، سوترن کوپر، کی‌جی‌اچ‌ام، ریوتینتو، فرست کوانتوم، آنتوفاگاستا و واله، هستند که مجموع تولید آن‌ها ۹ میلیون و ۴۴۸ هزار تن و ۴ درصد نسبت به مدت مشابه سال گذشته بیشتر است. براساس رتبه‌بندی وبسایت «اینتلیجنس ماین»، شرکت کودلکو از کشور شیلی به‌رغم کاهش ۳ درصدی تولید نسبت به سال گذشته، توانست با تولید یک میلیون و ۸۲۷ هزار تن مس، رتبه نخست تولید مس را به خود اختصاص دهد. رتبه دوم به شرکت فریپورت در پرو تعلق گرفت که با تولید یک میلیون و ۶۹۶ هزار تن مس، شاهد رشد ۱۲ درصدی نسبت به سال گذشته بود. شرکت گلنکور نیز با وجود کاهش ۲ درصدی تولید نسبت به سال ۲۰۱۵، با تولید یک میلیون و ۲۸۸ هزار تن توانست در رتبه سوم جای گیرد. شرکت‌های بی‌اچ‌پی بیلیتون و سوترن کوپر نیز به ترتیب با تولید یک میلیون و ۱۱۳ هزار تن و ۹۰۰ هزار تن در رتبه‌های چهارم و پنجم قرار گرفتند.

به تولید مس تصفیه شده می‌نمایند، بنابراین ممکن است کمبود ماده معدنی و یا افزایش قیمت ماده معدنی تولیدات مس تصفیه شده در ژاپن و هند را با تهدید مواجه کند و نوسانات تولید مس تصفیه شده در این کشورها بر قیمت‌های جهانی مس تأثیر بگذارد.

کشورهای چین، آمریکا، هند، آلمان، ایتالیا، تایوان، فرانسه و کره جنوبی از جمله کشورهای اصلی وارد کننده مس در جهان هستند که تنها ایالات متحده آمریکا در میان آنها از تولیدات معدنی قابل توجهی خصوصاً در ایالات آریزونا، نیومکزیکو، مونتانا و نوادا برخوردار است و کشورهای آلمان و کره جنوبی نیز اگر چه مس تصفیه شده تولید می‌کنند ولی از تولیدات معدنی برخوردار نیستند.

تحولات اقتصادی در چین به عنوان بزرگ‌ترین واردکننده مس در جهان به همراه تحولات اقتصادی در اروپا و آمریکا از جمله اخبار تأثیرگذار بر قیمت جهانی مس هستند. به همین دلیل است که اکثر معامله‌گران مس در بازارهای مالی، اخبار اقتصادی در آمریکا و اروپا و چین را با دقت دنبال می‌کنند.

پیش‌بینی شرکت CRU که یک گروه تخصصی در صنعت مس است نشان داد که مصرف مس جهان طی سال‌های ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۰ تقریباً در حدود ۱۸ میلیون تن ثابت بوده است ولی از سال ۲۰۱۱ تا ۲۰۱۶ با ۲۴ درصد رشد به ۲۳ میلیون تن رسید.

بر اساس آمار اعلام شده از سوی سازمان زمین‌شناسی آمریکا (USGS)، شیلی که در سال ۲۰۱۵ حدود ۵ میلیون و ۷۰۰ هزار تن مس تولید کرده بود سال گذشته تولیدش با کاهش ۲۶۰ هزار تنی مواجه شده است. پس از شیلی، پرو که در سال ۲۰۱۵ با تولید یک میلیون و ششصد هزار تن در رده سوم کشورهای تولیدکننده مس قرار داشت با افزایش ۷۰۰ هزار تنی و تولید دو میلیون و ۳۰۰ هزار تن چین را پشت سر گذاشت و در رده دوم بزرگ‌ترین تولیدکننده مس جهان قرار گرفت چین در سال گذشته با کاهش ده هزار تنی نسبت به سال ۲۰۱۵ با تولید یک میلیون و ۷۴۰ هزار تن مس در رده سوم قرار گرفت و آمریکا با افزایش ۱۶۰ هزار تنی و تولید یک میلیون و ۴۱۰ هزار تن (همچون سال ۲۰۱۵) چهارم شد بر اساس این گزارش، تنها چهار کشور فوق توانستند در سال گذشته تولید بیش از یک میلیون تنی مس را تجربه کنند و تولید مس سایر کشورها زیر یک میلیون تن بوده است.



ج: جدول زیر عملکرد فلزات اساسی از ابتدای سال میلادی تا ۲۶ آوریل ۲۰۱۷ را نشان می دهد:

	نیکل	قلع	روی	مس	سرب	آلومینیوم
رشد قیمت سال ۲۰۱۷	↓ -۸٪	↓ -۶٪	↑ ۲٪	↑ ۳٪	↑ ۵٪	↑ ۱۴٪
تغییر موجودی انبارها	↑ ۲٪	↓ -۱۸٪	↓ -۱۸٪	↓ -۲۲٪	↓ -۱۶٪	↓ -۲۵٪

عوامل مؤثر بر روند افزایش قیمت مس که تأثیر مستقیم بر اقتصاد فضای کسب و کار تولید سیم و کابل خواهد گذاشت عبارتند از:

۱- قیمت های جهانی نفت

روند افزایش قیمت نفت، هزینه انرژی را در واحدهای تولیدی مس به طور مستقیم تحت تأثیر قرار می دهد. افزایش هزینه های حمل و نقل که یکی از عوامل اساسی در بازار کالا و فلزات پایه است، از پیامدهای افزایش قیمت های نفت است. بنابراین قیمت های جهانی نفت با قیمت مس تأثیر مستقیم داشته و معمولاً تغییرات این دو هم جهت می باشد.

۲- واردات چین به عنوان بزرگترین مصرف کننده فلزات جهان

افزایش واردات فلز مس توسط کشور چین به مفهوم رشد تقاضای مصرف جهانی است که منجر به قیمتهای بالاتر فلز مس می شود. برعکس کاهش واردات مس توسط چین نیز به کاهش قیمت این فلز در سطح جهانی می انجامد.

۳- تغییرات موجودی ها در بورس فلزات لندن

با افزایش موجودی انبارها، قیمت مس در بازارهای جهانی کاهش و در صورت کاهش موجودی ها، قیمت جهانی افزایش می یابد. کل منابع معدنی مس دنیا حدود ۱/۶ میلیارد تن تخمین زده شده است، که از این مقدار حدود ۳ درصد در اختیار ایران است که تقریباً معادل ۱۴ میلیون تن مس محتوی است.

۴- چشم انداز آینده اقتصاد جهانی

رشد اقتصاد جهانی اصلی ترین عامل به وجود آورنده تقاضای مس است. این تقاضا ناشی از افزایش استفاده محصولات سنتی و همچنین محصولات جدید ساخته شده از آلیاژهای مس است. عمده ترین دلیل افزایش تقاضای مس، ناشی از توسعه سریع اقتصاد کشورها است. به عبارت دیگر رشد اقتصادی کشورهای بزرگ جهان نظیر چین، ایالات متحده به دلیل افزایش ساخت و سازهای جدید و افزایش تولید محصولات فلزی یکی از عوامل تعیین کننده تقاضای مس و قیمت های بالای آن باشد.

۵- روند نرخ ارز

افزایش ارزش دلار نسبت به سایر ارزها و بخصوص ریال ایران، خود به خود در افزایش قیمت مس در داخل کشور تأثیر خواهد گذاشت به طوری که شرکت ملی مس برای عرضه در بورس، میانگین قیمت بازار و بانک مرکزی را لحاظ خواهد کرد.

۶- روند کمبود عرضه مس در داخل کشور

شرکت صنایع ملی مس به جهت انجام پروژه های سرمایه گذاری، ملزم به صادرات مس می باشد و تأمین این حجم بالای صادرات، با کاهش عرضه مس در داخل کشور همراه است.

شایان ذکر است امروزه به جهت کاهش هزینه های تولید کابل های قدرت، به جای فلز مس که دارای قیمت بالایی است از فلز آلومینیوم استفاده شده و همچنین به جای سیم های ساختمانی و مخابراتی از فیبر نوری استفاده می شود.



نگاهی کوتاه به نظریه کشش سیم

ترجمه و گردآوری: مهندس سروش شعبانی (کارشناس ارشد شیمی آلی)

معرفی

سیم در موضع‌های (ایستگاه‌های) مختلف و سرعت‌های مورد نیاز کپستن است. به زبان ساده، پایداری حجم بیان می‌کند که نرخ حجمی سیم ورودی یک دای باید مساوی نرخ حجمی سیم خروجی آن باشد. برای نرخ حجمی یکسان مواد ورودی و خروجی دای، به دلیل کاهش سطح مقطع در طول کشش، لازم است که سرعت سیم خروجی افزایش یابد. نرخ حجمی به عنوان سطح مقطع سیم ضرب در سرعت سیم تعریف می‌شود. به صورت ریاضی می‌توان به شکل زیر بیان کرد:

$$V_i \frac{3.14159 \times d_i^2}{4} = V_f \frac{3.14159 \times d_f^2}{4} \quad \text{Eq.(1)}$$

در معادله بالا V_i و V_f به ترتیب سرعت سیم ورودی و خروجی (فوت یا متر بر دقیقه) را نشان می‌دهند و d_i و d_f قطر سیم ورودی و خروجی دای (اینچ یا میلی‌متر) را نشان می‌دهند. برای سیم گرد، معادله ۱ می‌تواند به معادله زیر ساده‌سازی شود:

$$V_i d_i^2 = V_f d_f^2 \quad \text{Eq.(2)}$$

در کشش چند-قابلی، سرعت سیم خروجی هر دای باید تا جایی افزایش یابد که نرخ حجمی جریان فلز در همه دای‌ها مساوی باشد. بنابراین بعد از هر کاهش سطح مقطع، کپستن‌ها، که دارای سرعت زاویه‌ای مساوی برای سرعت سیم خروجی هستند، جهت عبور دادن سیم از درون دای بعدی استفاده می‌شوند. اگر این کار انجام نشود، سیم به جهت تنش نابرابر بین دای‌ها پاره خواهد شد. به دلیل مساوی بودن نرخ حجمی در همه ایستگاه‌ها، سرعت سیم در هر ایستگاه میانی را می‌توان نسبت به سرعت مشخص سیم ورودی اولین ایستگاه محاسبه کرد. به عنوان مثال، فرض کنید یک سیم با ابعاد ۰/۱۰۰ اینچ (۲/۵ mm) از روی قرقره با سرعت ۱۲۰۰ فوت بر دقیقه کشیده شده و به قطر ۰/۰۹۰ اینچ (۲/۲۸۶ mm) با استفاده از دو دای کاهش یابد. سرعت سیم هنگام خروج از دای آخر می‌تواند با استفاده از معادله 2a محاسبه شود:

قبل از انجام کشش پیوسته، اندکی توجه به یادگیری نظریه کشش سیم می‌تواند تا حد زیادی به حل بسیاری از مشکلات ناشی از این فرآیند کمک کند. در طول انقلاب صنعتی با معرفی نیروی بخار، تحولات و پیشرفت‌های عظیمی در مکانیزم کشش بوجود آمد. در آن دوران برای یادگیری فرآیندهای فیزیکی تأکید کمتری می‌شد، برای مثال نتایج رضایت‌بخش، معمولاً با متعادل‌سازی سرعت‌های کشش و کاربرد طراحی‌های پیشین بدست می‌آمد. در هر صورت، به دلیل طول عمر کم قالب‌های کشش، افزایش بهره‌وری و کیفیت، محدود به حجم کمی از تولیدات می‌شد. با این حال، معرفی تجاری قالب کاربید سماتنه^۱ در طول دهه ۱۹۲۰ در آلمان، منجر به افزایش سرعت کشش و مهارت سایش سیم در حجم زیادی از تولیدات شد. بنابراین، نیاز بیشتری به یادگیری جزئیات فرآیند کشش احساس می‌شود.

مکانیک کشش سیم

تغییر شکل در کشش سیم، تحت تأثیر فاکتورهای متعددی می‌باشد: شیمی سیم، زاویه ورودی، روانکاری، سرعت کشش و کاهش قطر سیم از عوامل بسیار مؤثر هستند. تأکید اصلی در مکانیک کشش، روی درک و تعریف روابطی است که بین این عوامل مؤثر در فرآیند و نتایج ترمومکانیکی سیم وجود دارد. بسیاری از پیشرفت‌هایی که در ۲۰ سال اخیر روی فناوری کشش سیم انجام گرفته ناشی از درک بیشتر این روابط بوده است.

پایداری حجم

اگرچه این واقعیت ممکن است خیلی واضح به نظر برسد که حجم، در طول فرآیند تغییر شکل ثابت می‌ماند، ولی این حقیقت، مفهوم بسیار کاربردی دارد که پایه و اساس تجزیه و تحلیل بسیاری از مسائل کشش سیم را تشکیل می‌دهد. یکی از رایج‌ترین کاربردهای آن، تعیین سرعت



Eq.(2a)

$$V_f = \frac{V_i d_i^2}{d_f^2} = \frac{1200 \times 0.100^2}{0.090^2} = 1481 \text{ فوت بر دقیقه}$$

در فرآیند کشش هنگامی که دای‌های کشش سائیده می‌شوند ابعاد سیم خروجی افزایش می‌یابد؛ بنابراین براساس ثابت حجم، سرعت خروجی سیم هنگام افزایش اندازه دای‌ها کاهش خواهد یافت. اگر سرعت خطی کشش کپستن با اندازه دای اولیه تنظیم شود، هنگام افزایش قطر سیم (در اثر خوردگی دای) سرعت کپستن سریع‌تر از سرعت سیم خواهد بود. این افزایش سرعت کپستن استرس کششی بالایی را روی سیم ایجاد می‌کند که اغلب منجر به پارگی سیم می‌شود. بنابراین، کپستن‌ها در ماشین کشش چند-قابلی طوری طراحی می‌شوند که هنگام خوردگی دای‌ها و کاهش سرعت ناشی از آن، سیم روی کپستن بلغزد. لغزش با محدود کردن تعداد پیچش‌های دور کپستن کشش و خیس کردن سطوح سیم و کپستن با روان‌کننده کشش، آسان‌تر می‌شود.

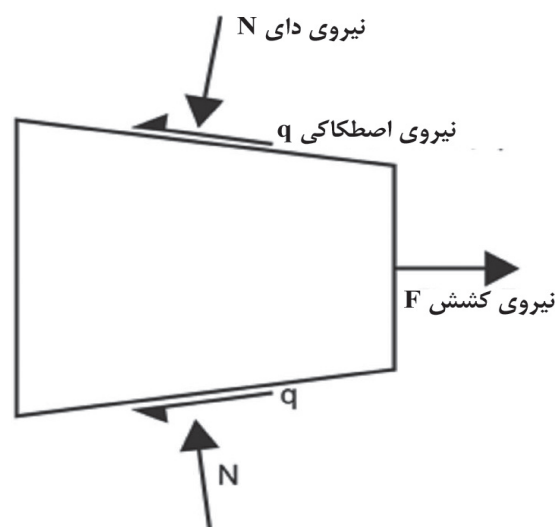
نیرو و انرژی در کشش سیم

اگرچه ممکن است به نظر برسد که نیروها و توان کشش سیم را می‌توان با استفاده از استرس ساده تجزیه و تحلیل کرد، اما در حقیقت شرایط تغییر شکل سیم با توجه به نیروهای فشاری و کششی شدید ایجاد شده توسط سطح

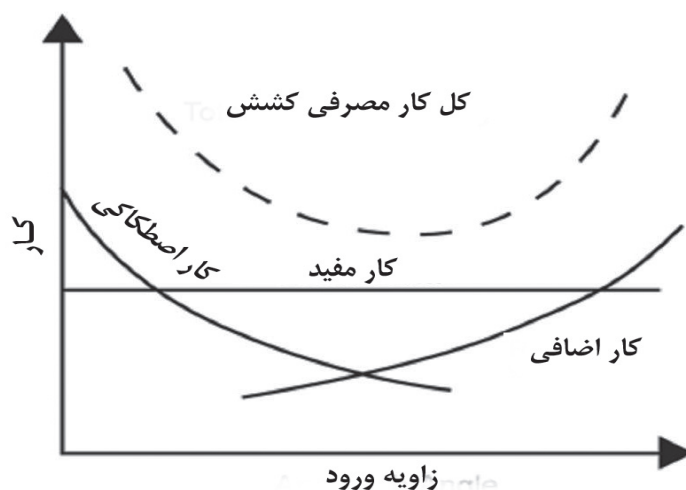
دای به مراتب پیچیده‌تر هستند. شکل ۱ نمایی از نیروهای عمل‌کننده روی سیم را نشان می‌دهد. نیروی کشش F ، مجموع (کل) نیرویی را نشان می‌دهد که برای غلبه بر اصطکاک بین سطح دای و مقاومت در برابر تغییر شکل مواد باید در قطعه دای اعمال شود. از آنجایی که نیروی کشش توسط مواد حفاظت نشده انتقال می‌یابد، لذا نیروی کشش باید برای مقابله با هر تغییر پلاستیکی قابل رخداد در خارج از دای محدود شود. بنابراین، استرس مؤثر کشش سیم یک حد بالایی از استرس مجاز را ارائه می‌دهد. در عملیات بهینه کشش معمولاً استرس کشش به ۶۰٪ از استحکام کششی مؤثر سیم کشیده شده محدود می‌شود. استرس کشش با تقسیم نیروی کشش توسط سطح مقطع سیم کشیده شده بدست می‌آید.

درحالی‌که به نظر می‌رسد کار یا انرژی مورد نیاز هر ایستگاه برای کشش، توسط مواد و کاهش قطر بدست آمده تعیین شود، ولی در عمل بطور قابل توجهی از این مقدار بالاتر است. این نتیجه ناکارآمدی بوجود آمده در طول تغییر شکل است، که در درجه اول از زاویه ورودی تبعیت می‌کند. چنین ناکارآمدی هیچ سهم مفیدی در کاهش سطح مقطع ندارد و معمولاً تنها منجر به افزایش مصرف انرژی و تأثیر منفی روی کیفیت سیم می‌شود. کل کار مصرفی در یک ایستگاه کشش می‌تواند به سه جزء تقسیم شود (شکل ۲). که عبارتند از:

الف) کار مفید (همگن) مورد نیاز جهت کاهش سطح مقطع

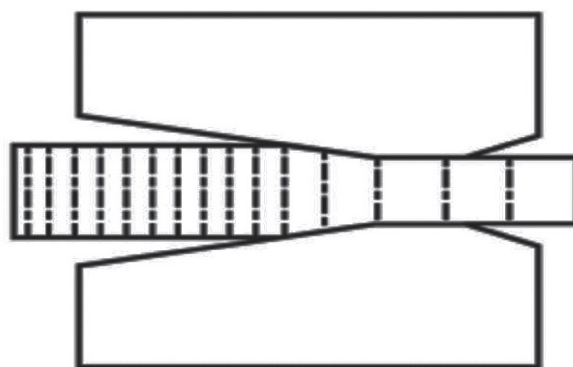


شکل ۱. نمایی از اعمال نیروهای اولیه در کشش سیم

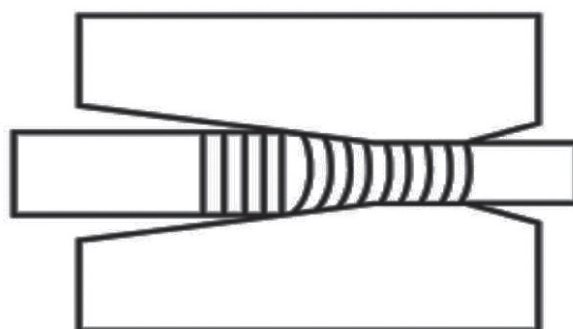


شکل ۲. اجزاء کار اعمال شده در طول فرآیند کشش سیم

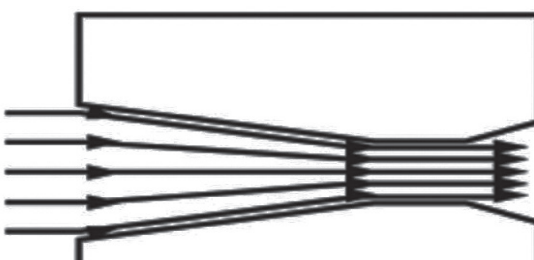
الف) کار همگن



ب) کار اصطکاکی



ج) کار اضافی



شکل ۳. تصویر کار : الف) همگن ب) اصطکاکی ج) اضافی در کشش سیم



مقدار دقیق آن را می‌توان براساس پیشنهاد مک کلین^۲ با استفاده از تکنیک شکاف دای بدست آورد [۳]. در عمل، معمولاً محدوده μ از ۰/۰۷ تا ۰/۱۰ برای کشش خشک، و ۰/۰۸ تا ۰/۱۵ برای کشش مرطوب است [۴]. علاوه بر شرایط سطح و روان کننده، ضریب اصطکاک رابطه معکوسی با سرعت کشش دارد. یک تحقیق تجربی کشش تک-قالبی توسط رنجر^۳ و بعدها توسط فاوئر^۴، نشان داد که ضریب اصطکاک، هنگام افزایش سرعت کشش، افت قابل توجهی پیدا می‌کند [۵].

تغییر شکل اضافی

هنگام ورود سیم به دای کشش، لایه‌های نزدیک سطح فلز به دلیل کاهش فضا و حجم با تغییر جهت جریان تغییر شکل می‌دهند، برای مثال خمش مطابق با تغییر جهت از ناحیه ورودی به ناحیه تحمل دای به صورت جریان خطی در شکل ۳C نشان داده شده است. تغییر شکل اضافی، مثل تغییر شکل اصطکاک، به طور مساوی روی سیم توزیع نخواهد شد و در سطح با افزایش متناظر سختی، بیشینه خواهد بود. تغییر شکل اضافی با زوایای بزرگتر دای بیشتر خواهد شد وقتی که مواد بیشتری از خط مرکز منحرف شوند، نسبت به مواد نزدیک به خط مرکز متحمل تغییرات تیزتری در جهت جریان خواهند شد و سطح بالایی از کج‌شکلی (اعوجاج) را تجربه خواهند کرد. بر اساس مطالعه پراش پرتو X روی شکاف سیم، تغییر شکل اضافی، باقیمانده سطح استرس سیم کشیده شده را تحت تأثیر قرار می‌دهد. هنگام افزایش زاویه ورود، گرادینان تغییر شکل بین سطح و خط مرکز نیز افزایش می‌یابد. که این امر موجب گسترش استرس‌های کششی زیادی در سطح و استرس‌های متراکم‌سازی در هسته می‌شود. اثر معکوس در طول کشش اتفاق می‌افتد، و ترک‌های مرکزی می‌تواند به جهت سطح بالای استرس‌های کششی ایجاد شده در هسته سیم، توسعه یابند.

زاویه مطلوب دای

انتخاب زاویه مناسب دای برای انجام عملیات موفقیت‌آمیز فرآیند کشش سیم اهمیت دارد. براساس این واقعیت که کار اصطکاک با کاهش زاویه دای و کار اضافی با افزایش زاویه دای افزایش می‌یابند، بهتر است یک زاویه ورودی بهینه طراحی

(ب) کار مورد نیاز برای غلبه بر مقاومت ناشی از اصطکاک (ج) کار اضافی (ناهمگن) مورد نیاز برای تغییر جهت جریان کشش (شکل ۳).

کار همگن توسط طراحی (کاهش) تعیین می‌شود، و اساساً مستقل از زاویه ورود است. از سوی دیگر اصطکاک و کار اضافی، کاملاً به شکل هندسی دای وابسته هستند و چنانکه زاویه ورودی تغییر داده شود اثری معکوس خواهد داشت. تحت شرایط عادی کشش، معمولاً تلفات به شکل ۲۰٪ از کار اصطکاک و ۱۲٪ از کار اضافی هستند [۱].

کار اضافی و اصطکاک علاوه بر اثرات مضر روی خواص سیم، انرژی مورد نیاز کشش را نیز افزایش می‌دهند. یکی از نتایج این اثر، همگن نبودن خواص مکانیکی در سرتاسر سطح سیم است. از آنجایی که دگردیسی ناشی از کار اضافی و اصطکاک در نزدیکی سطح سیم متمرکز می‌شوند، در نتیجه میزان بالایی از کرنش در سطح و لایه‌های نزدیک به سطح (مشابه به رفتار نورد) ایجاد خواهد شد که بیشتر حاصل از کاهش سطح خواهد بود [۲].

اثر اصطکاک

لایه‌ها در سطح فلز تنها تغییرات در سطح مقطع را تحمل نمی‌کنند، بلکه به دلیل کشش حاصل از سطح دای تغییر شکل خواهند داد (شکل ۳ ب). حتی با جلا و صافی بالای دای و روان کننده‌ای با خاصیت هیدرونیامیکی بالا، مقدار مشخصی کار اصطکاک وجود خواهد داشت. کار اصطکاک در زوایای کوچک دای بیشتر مشاهده می‌شود، جاییکه کشش سطحی در نتیجه طول تماس بالا در ناحیه ورودی برای کاهش سطح افزایش می‌یابد. کار اصطکاک می‌تواند با یک زاویه ورودی بزرگ، و تا حدودی با بهبود روان کننده یا شرایط سطحی دای کاهش یابد. اگرچه نیروهای اصطکاک به میزان بارگیری دای نیز بستگی دارند، ولی برای کنترل اصطکاک، میزان کاهش سطح را محدود نمی‌کنند. در عوض، بهینه‌سازی زاویه ورودی و روان کننده مؤثر هستند.

مقدار اصطکاک مؤثر به راحتی با استفاده از ضریب اصطکاک کولمب تعیین می‌شود که معمولاً با نماد یونانی μ نشان داده می‌شود. مقدار واقعی μ به شرایط سطح دای و روان کننده مورد استفاده بستگی دارد.



ورودی کوچک، به رادیان $\alpha = \sin \alpha$ ، و با ضرب سمت راست معادله (3a) به $(D_1 + D_2) / (D_1 + D_2)$ و ساده‌سازی آن با استفاده از کاهش مساحت $r = 1 - (D_2/D_1)^2$ و جایگزینی آن بجای قطر اولیه و نهایی سیم، Δ می‌تواند به معادله زیر ساده شود [۷]:

$$\Delta = \alpha / r [1 + \sqrt{1-r}]^2 \quad \text{Eq. (3b)}$$

مقادیر کمتر Δ (نیمه زاویه کوچک یا کاهش زیاد سطح مقطع) نشان دهنده اثرات اصطکاکی بزرگتر و افزایش حرارت سطح به دلیل تماس بالای سیم در ناحیه ورود است. مقادیر بالاتر Δ (نیمه زاویه بزرگ یا کاهش کمتر سطح مقطع) نشان دهنده افزایش میزان تغییر شکل اضافی و سخت شدن سطح به دلیل تغییر جهت بیش از حد در طول جریان عبوری از دای است. Δ بزرگتر اغلب منجر به شکل‌گیری غیر دلخواه و پارگی مرکزی می‌شود. مقادیر Δ برای رنج وسیعی از نیمه زوایای دای و کاهش سطح مقطع در جدول ۱ ارائه شده است. مقادیر دلتا ۱/۵۰ عملکرد خوبی در عملیات کشش به لحاظ اقتصادی دارد؛ معمولاً از فاکتور دلتا بالاتر از ۳/۰ باید اجتناب کرد.

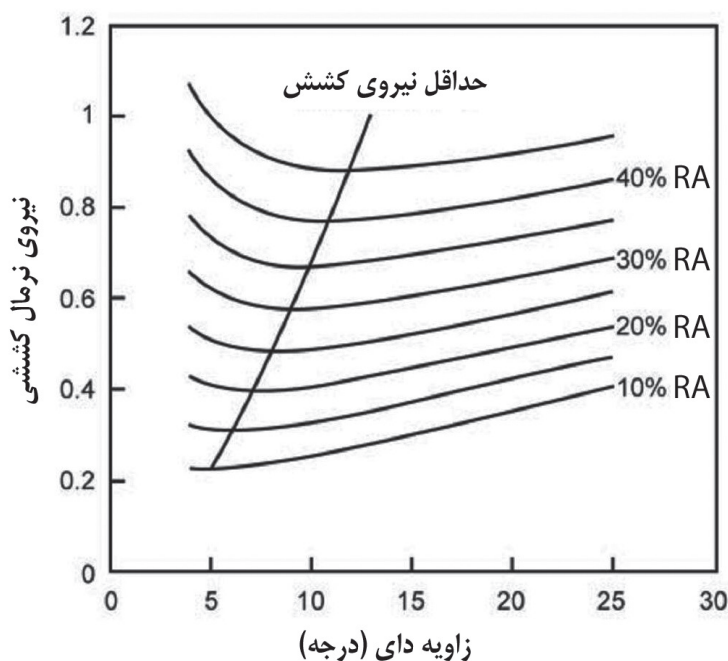
شود که هر دو کار اصطکاکی و اضافی، و در نهایت، نیروی کشش را به حداقل برساند. برخی از محققان تأیید کرده‌اند که با انتخاب یک زاویه دای مناسب می‌توان بین کار اضافی و اصطکاکی تعادل ایجاد کرد. این اثر در شکل ۴ نشان داده شده است. زاویه بهینه دای، علاوه بر به حداقل رساندن نیروی مورد نیاز کشش، کیفیت سطح کار را نیز بهبود می‌بخشد [۶].

فاکتور دلتا

هندسه بخش کارگر (ناحیه ورود) یک دای، فاکتور کلیدی در فرآیند کشش سیم است. این هندسه می‌تواند با استفاده از فاکتور دلتا (Δ) تعریف شود، که نسبت قوس-دایره‌ای پوشاننده نقاط میانی وجه دای به طول تماس بین سیم و دای است. برای دای مخروطی، فاکتور Δ برابر است با:

$$\Delta = \sin \alpha \left(\frac{D_1 + D_2}{D_1 - D_2} \right) \quad \text{Eq. (3a)}$$

که α زاویه ورودی (نیمه زاویه ورودی)، D_1 قطر اولیه سیم، و D_2 قطر خروجی سیم است. برای نیمه زوایای



شکل ۴. زاویه بهینه دای، کار اضافی و اصطکاکی را کاهش می‌دهد بطوریکه یک زاویه دای برای کاهش قطرهای گوناگون عمل می‌کند.



جدول ۱. مقادیر پارامتر دلتا برای نیمه زوایای ورود مختلف و کاهش سطح مقطع در کشش سیم

	درصد کاهش سطح مقطع							
	۵	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰
نیمه زاویه (درجه)								
۲	۲/۷۲	۱/۳۳	۰/۸۶	۰/۶۳	۰/۴۹	۰/۳۹	۰/۳۳	۰/۲۷
۴	۵/۴۴	۲/۶۵	۱/۷۲	۱/۲۵	۰/۹۷	۰/۷۸	۰/۶۵	۰/۵۵
۶	۸/۱۷	۳/۹۸	۲/۵۸	۱/۸۸	۱/۴۶	۱/۱۸	۰/۹۸	۰/۸۲
۸	۱۰/۸۹	۵/۳۰	۳/۴۴	۲/۵۱	۱/۹۴	۱/۵۷	۱/۳۰	۱/۱۰
۱۰	۱۳/۶۱	۶/۶۳	۴/۳۰	۳/۱۳	۲/۴۳	۱/۹۶	۱/۶۳	۱/۳۷
۱۲	۱۶/۳۳	۷/۹۵	۵/۱۶	۳/۷۶	۲/۹۲	۲/۳۵	۱/۹۵	۱/۶۵
۱۴	۱۹/۰۶	۹/۲۸	۶/۰۲	۴/۳۸	۳/۴۰	۲/۷۵	۲/۲۸	۱/۹۲
۱۶	۲۱/۷۸	۱۰/۶۰	۶/۸۸	۵/۰۱	۳/۸۹	۳/۱۴	۲/۶۰	۲/۲۰
۱۸	۲۴/۵۰	۱۱/۹۳	۷/۷۴	۵/۶۴	۴/۳۸	۳/۵۳	۲/۹۳	۲/۴۷
۲۰	۲۷/۲۲	۱۳/۲۶	۸/۶۰	۶/۲۶	۴/۸۶	۳/۹۲	۳/۲۵	۲/۷۵

در این معادله TS_{i-1} استحکام کششی سیم ورودی به دای و در TS_i استحکام کششی سیم خروجی در ایستگاه i ام است، d_{i-1} و d_i نیز به ترتیب قطر سیم ورودی و خروجی در همان ایستگاه هستند. توجه شود که استحکام کششی یک استرس هندسی است.

در حالی که بسیاری از فرآیندهای چند-قالبی طوری طراحی می‌شوند که در هر مرحله یک ثابت کاهش سطح داشته باشند، اما اغلب به جای آن بهتر است توان مصرفی مساوی برای هر عبور استفاده شود. هنگام مشخص شدن نیروی کشش، توان با ضرب نیروی کشش (نیرو، F_i) در سرعت خروجی (فوت بر دقیقه، V_i) بدست می‌آید و سپس با تقسیم مقدار بدست آمده در ۳۳۰۰۰ به واحد اسب بخار تبدیل می‌شود.

$$Hp_i = (F_i V_i) / 33000 \quad \text{Eq.(5)}$$

فشار دای

اگرچه فشار دای معمولاً یک عامل اصلی در کشش سیم نیست، اما تأثیر زیادی روی طول عمر دای دارد. بطور کلی، سایش دای با افزایش فشار افزایش می‌یابد،

محاسبه نیروی کشش

معادلات بیشماری برای پیش‌بینی نیروی کشش مطرح شده‌اند، هر چند تعداد زیادی از این محاسبات شامل استفاده از ثابت‌های تجربی و یا محاسبات طولانی هستند. اغلب یک معادله ساده برای تخمین نیروی مورد نیاز وجود دارد. با این حال، توجه شود که معادلات تنها بر مبنای تغییر شکل همگن می‌باشد و هنگام تأثیر شاخص کار اصطکاکی و تغییر شکل اضافی بهتر است استفاده نشوند و اگر لحاظ نشوند نیروی کشش کمتر از میزان واقعی تخمین زده خواهد شد. معمولاً در محاسبات نیرو در یک دوره بهره‌وری، واحد کار اصطکاکی و اضافی به جای لحاظ شدن در دوره‌های جدا، یکدیگر را تشدید می‌کنند. به میزان ۶۰٪ در کشش آهن به نتایج قابل قبولی دست یافته شده است. معادله زیر توسط کمیته آهن ارائه شده که دقت قابل قبولی دارد:

$$\quad \quad \quad \text{Eq.(4)}$$

$$F_i = 1.6 (TS_{i-1} = TS_i) \left[\frac{(3.14159)d_i^2}{4} \right] \ln \frac{d_{i-1}}{d_i}$$



و متوسط فشار دای در واحد psi یا MPa را می‌توان توسط پارامتر Δ تعیین کرد.

$$P_{average} = \sigma_{average} (\Delta/4 + 0.6) \quad \text{Eq. (6)}$$

در معادله ۶، واضح است که فشار کم دای و طول عمر بیشتر دای می‌تواند از مقادیر کم پارامتر Δ متناظر با زاویه ورود کوچکتر و کاهش سطح بیشتر در هر عبور بدست آید، که تماس بیشتری در ناحیه ورود ایجاد می‌کند. در نتیجه اعمال نیروی کشش روی سطح تماس بزرگتر، فشار دای کاهش می‌یابد. با این حال، هنگام افزایش ناحیه تماس در حین ورود، درجه‌ای از احتیاط لازم است زیرا می‌تواند سبب افزایش گرمای اصطکاکی در سطح سیم و در نتیجه منجر به تجزیه روان‌کننده شود [۸].

اثر کشش به عقب

از سال‌ها پیش مشخص شده است که اعمال عمدی کشش به عقب می‌تواند به محصول تولیدی کمک کند و با کاستن بارگذاری دای، طول عمر دای و کنترل ابعادی را بهبود بخشد. لوئیس^۵ و گادفری^۶ اثر کشش به عقب را روی بارگذاری دای مطالعه کردند، و به این نتیجه رسیدند که تا ۳۰٪ کاهش سطح مقطع امکان‌پذیر است. دومین مزیت استفاده از کشش به عقب کاهش دمای سطوح است که می‌تواند هنگام کاهش بارگذاری دای همچنین کاهش عمل کشش اصطکاکی بدست آید. کشش به عقب معمولاً تا حدی در همه فرآیند چند-قالبی وجود دارد، نیروی کشش در ایستگاه منجر به عمل کشش به عقب در ایستگاه کشش بعدی می‌شود. دومین منبع کشش به عقب استفاده از کپستن‌ها است.

با این حال، در عمل استفاده عمدی از کشش به عقب طول عمر دای را بهبود می‌بخشد و برای کاهش دما به ندرت استفاده می‌شود. هنگامی که میزان کشش به عقب افزایش می‌یابد، نیروی کشش لزوماً باید برای کاهش سطح مطلوب و موازنه نیرو افزایش یابد. علاوه بر این، برای میزان کشش به عقبی که می‌تواند اعمال شود، یک حد بالا وجود دارد. هنگامی که کشش به عقب افزایش می‌یابد و شروع به نزدیک شدن به نیروی کشش می‌کند، بارگذاری دای به صفر نزدیک خواهد شد. در این نقطه، سیم به جای کشش توسط دای با نیروی

کشش مشابه کشیده خواهد شد و در نتیجه سیم کشیده شده کج و معوج خواهد شد. در مقادیر بالای کشش به عقب، کج و معوج شدن می‌تواند در خارج از دای ادامه یابد، در نتیجه اندازه سیم‌ها کوچکتر و پاره خواهند شد. یکی از اثرات فرعی کشش به عقب این هست که مؤلفه محوری استرس، استحکام کششی فزاینده‌ای روی سطح مقطع ایجاد خواهد کرد، که منجر به تشکیل حفرات درونی و کاهش شکل‌پذیری کلی سیم می‌شود. لوئیس و گادفری در مطالعاتشان بر روی کشش به عقب مشاهده کردند که کاهش سطح برای کشش سیم کربن بالای ۱۰٪ در طول آزمون کشش کاهش می‌یابد. این کاهش قابلیت شکل‌پذیری در نهایت مضر است؛ بطوری که در هر ایستگاه، آماده‌سازی کمی روی آن انجام شده و برای بدست آوردن کاهش سطح کلی روی سیم نیاز به تعداد ایستگاه‌های بیشتری است. با این حال، اگر به درستی کنترل شود، کشش به عقب می‌تواند توزیع همگنی از کرنش را در سیم به دلیل توزیع استرس یکنواخت محوری ایجاد کند [۹].

اثرات حرارتی

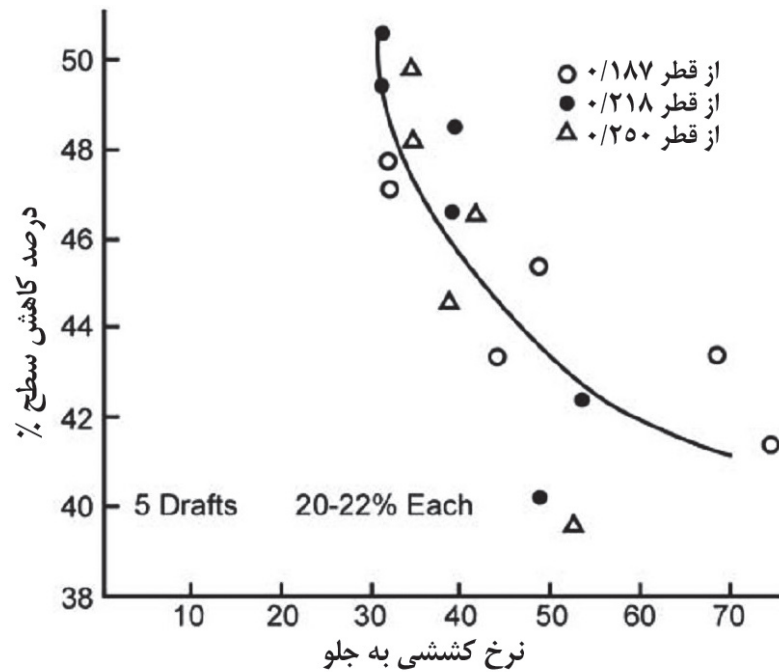
کنترل دمایی یکی از موضوعات حیاتی در کشش سیم است، و اغلب فاکتور محدود کننده‌ای در برابر بهره‌وری فرآیند چند-قالبی است. در صورت عدم وجود هر گونه خنک‌کننده‌ای، افزایش دما در عملیات کشش به راحتی می‌تواند از چند صد درجه فارنهایت تجاوز کند. اگر دما کنترل نشود، نتیجه افزایش حرارت می‌تواند تأثیر بدی روی خواص سیم، اثر روان‌کننده، و شرایط سطح بگذارد و همچنین باعث کاهش طول عمر دای می‌شود. اهمیت مدیریت حرارتی به ویژه هنگام ایجاد حرارت، تحت تأثیر استرس مشخص می‌شود، در حالی که تمایل برای شکستگی در دماهای بالا از کرنش پیری سبقت می‌گیرد [۱]. جای تعجب نیست، اثرات حرارت روی سطح مقطع سیم خیلی زیاد باشد و بیش از همه در سطح به عنوان نتیجه کار اصطکاکی و تغییر شکل اضافی مشاهده شود. علاوه بر این، می‌تواند الگوهای استرس باقیمانده نامطلوب را به دلیل نتیجه انبساط حرارتی غیریکنواخت توسعه دهد.

در حالی که به خوبی مشخص شده است که دمای سیم با افزایش سرعت کشش افزایش می‌یابد، گرمای آدیاباتیک در سیم واقعاً به سرعت بستگی دارد و پژوهش‌های

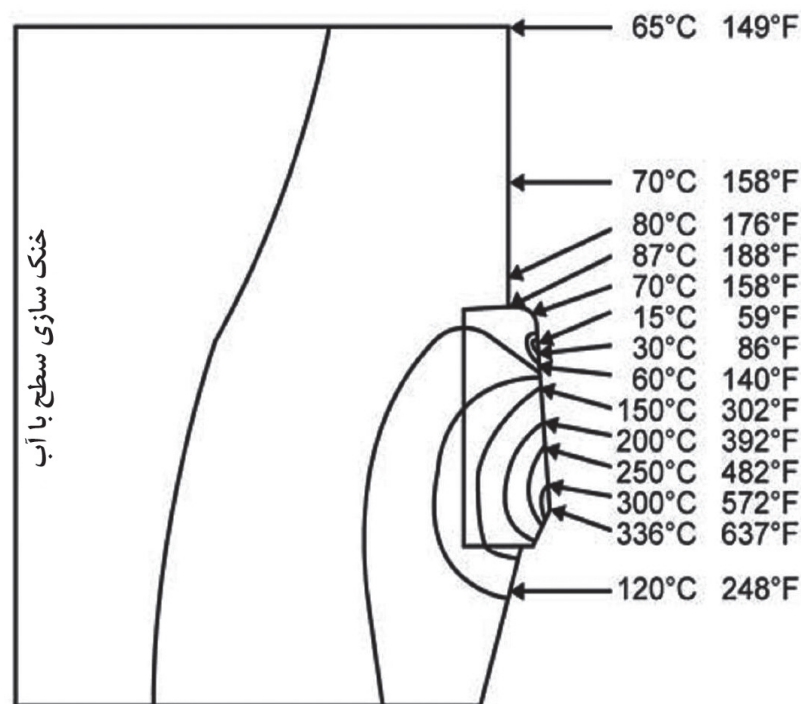


نشریه داخلی صنعت سیم و کابل

شماره ۶۶ - بهار ۱۳۹۶



شکل ۵. اثر افزایش کشش به عقب روی شکل‌پذیری



شکل ۶. میدان دمای تجربی برای یک فرآیند تک-قالبی



قطر 0.8 in. (20 mm) از درون دای‌هایی با خنک‌کننده متداول کشیده شود، گرمای خارج شده 7% در 200 ft./min ، 3% در 1000 ft./min ، 1% در 5000 ft./min خواهد بود. حتی اگر انتظار می‌رود دای تنها میزان گرمای کمی را از سیم حذف کند، دمای دای می‌تواند نادیده گرفته شود، خنک‌سازی سطح دای غالباً ضروری است.

با یک حساب سر انگشتی، افزایش نسبی دمای عبور در کشش خشک برای فولاد معمولی 176°F - 140°F (80°C - 60°C) و برای فولاد کربن بالا 320°F - 212°F (160°C - 100°C) است. این مقادیر برای کشش مرطوب نصف می‌شوند. گادفری کاهش دمای 104°F (40°C) هنگام کشش سنگین به عقب گزارش کرده است.

از سه نوع خنک‌کننده در عملیات کشش سیم استفاده می‌شود:

خنک‌سازی مستقیم: آب به عنوان خنک‌کننده روی سیم خروجی از دای یا روی کیستن تیک-آپ^۸ اسپری می‌شود. **خنک‌سازی غیر مستقیم:** آب یا خنک‌کننده دیگری روی دای اسپری می‌شود و یا روی قسمت تیک-آپ گردش می‌یابد.

دمش هوا: دمش هوای فشرده شده روی سیم یا کیستن خنک‌کننده درون-گذر اغلب آب خنک‌کننده را به صورت مستقیم روی سیم خروجی از یک دای کشش اسپری می‌کند، و اندک حرارت مانده در سیم با استفاده از تبخیر قطرات باقی‌مانده آب حذف می‌شود. ترکیب خنک‌کننده مستقیم و غیرمستقیم می‌تواند دمای سیم را به پایین‌تر از 120°C برساند، که یک دمای شروع معقول برای کاهش سطح بعدی است. جلوگیری از اکسیداسیون و جرم گرفتگی سطوح درونی بلوک‌ها برای حفظ انتقال حرارت بین سیم گرم و آب خنک‌کننده اهمیت دارد.

اقدامات مؤثر خنک‌سازی سیم کشیده شده عبارتند از:

- اطمینان عملی از خنک بودن سیم ورودی دای
- پرهیز از طراحی پیچیده
- بکارگیری روان‌کننده با کیفیت
- توجه به استفاده کشش به عقب
- افزایش فواصل زمانی بین درافت‌ها^۹

زیادی این موضوع را ثابت کرده‌اند. در فرآیند تک-قابلی، افزایش دما معمولاً اثر کمتری دارد. در فرآیند چند-قابلی، بخصوص در سرعت‌های بالاتر از 300 فوت بر دقیقه، تمرکز حرارتی در هر ایستگاه و افزایش دما روی قابلیت کشش و خواص سیم تأثیر می‌گذارد [۵ و ۱۰].

حرارت ناشی از کار اضافی

گرما در درجه اول از تغییر شکل (کاهش سطح مقطع) و اصطکاک در سطح دای ایجاد می‌شود. گرمای آدیاباتیک متناسب با میزان تغییر شکل است؛ بنابراین، حرارت و دماها در سطح سیم بالاتر از خط مرکزی هستند. اگرچه یک محاسبه دقیق نیازمند ریاضیات پیچیده خواهد بود، اما تخمین منطقی افزایش دما به فارنهایت (ΔT) در سیم را می‌توان با استفاده از یک معادله تجربی ارائه شده توسط ویلسون^۷ بدست آورد [۱۰]:

$$\Delta T = \frac{1.069 \times 10^{-4} \times F}{C \times A_f \times \rho} \quad \text{Eq.(7)}$$

که در آن: F نیروی کشش دای (lbs-نیرو)، C ظرفیت گرمایی ویژه فولاد (کالری بر گرم بر درجه سانتی‌گراد) در 100°C برابر با 0.1153 است، A_f سطح مقطع نهایی سیم in.^2 و ρ چگالی است (lbs./in.^3). همان‌طوری که در معادله ۷ دیده می‌شود، دما متناسب با میزان تغییر شکل افزایش می‌یابد. بنابراین، انتظار می‌رود که داغ‌ترین موقعیت دای در اتصال نواحی ورود و یاتاقان است که بزرگترین تغییر شکل و لغزندگی در ناحیه ورود اتفاق می‌افتد. این مطلب در مطالعات کلاسیک رنجر تأیید شده است (شکل ۶).

خنک‌سازی بین عبوری

دای‌های کشش تنها مقدار کمی از حرارت را می‌توانند انتقال دهند، بنابراین برای خنک‌سازی بین عبوری باید توجه کافی شود. مطالعات گوناگونی روی تأثیر خنک‌سازی دای انجام شده که یک دای معمولاً بیش از $20-5\%$ از گرمای ایجاد شده روی سیم را کاهش می‌دهد. این نتیجه به خاطر این واقعیت است که یک نقطه از سیم با سطح دای تنها یک‌هزارم ثانیه در تماس است. برای مثال، هنگامی که یک سیم فولادی با



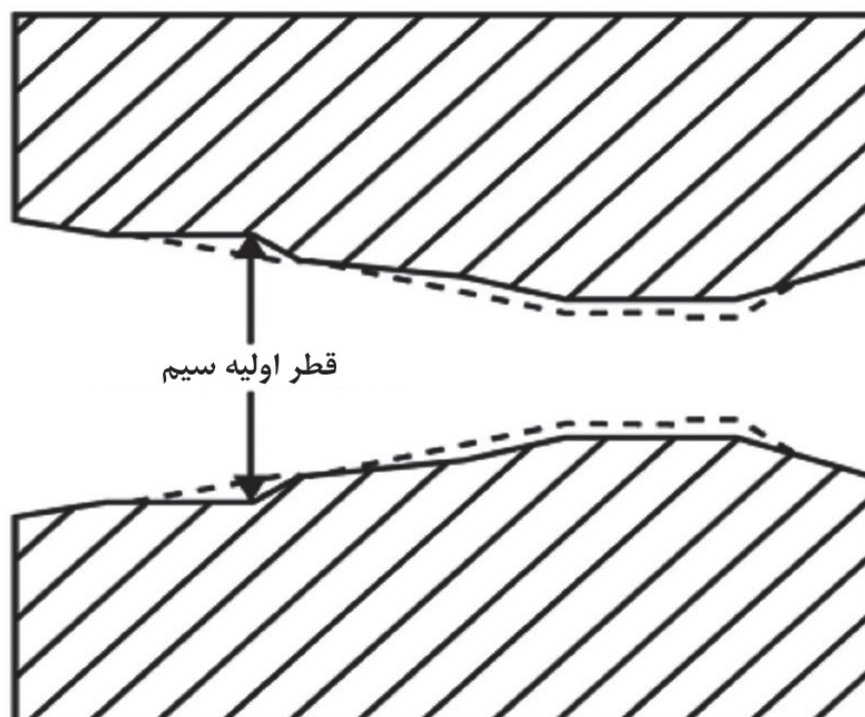
- افزایش میزان پوشش روی بلوک
- افزایش قطر بلوک

طول عمر و سایش دای

دو متغیری که طول عمر دای را در یک عملیات شکل دهی فلزی کنترل می کنند، دما و فشار هستند. عامل فشار روی دای در هنگام کشش خیلی کمتر از دیگر عملیات شکل دهی سرد، مثل اکستروژن وارونه و کلد هدینگ^{۱۱} است. در نتیجه، دما اغلب یک عامل بحرانی در کنترل طول عمر دای است. اگرچه به نظر منطقی است که سایش ناحیه ورودی دای به صورت یکنواخت باشد، اما در عمل این طور نیست. بیشینه سایش (بعد از اندازه گیری کاهش حجم) معمولاً در نقطه ای است که سیم اولین تماس را با دای در آن نقطه دارد. شکل ۷ وجود دهانه حلقوی عمیق که پیرو یک سایش حلقوی ایجاد می شود را نشان می دهد.

حلقوی شدن به دلیل بی نظمی و ارتعاش سیم هنگام اصابت سطح سیم روی دای بر روی موقعیت های میانی منجر به پرش سیم می شود. در نتیجه، ناحیه باریک دای یک بارگزاری دوار به همراه احتمال شکست زیر پوستی ناشی از پوسیدگی را بروز می دهد [۱۱].

سایش حلقوی هنگامی توسعه می یابد، که تغییر شکل قبل از نقطه تماس با دای اتفاق بیافتد. این اثر "تحدب"^{۱۲} نامیده می شود و حاصل از فشار یا بهم خوردگی مناطق سطحی سیم هنگام تماس با دای است. تحدب در نقاط اولیه تماس در گلوئی دای به دلیل محدودیت ورود روان کننده اتفاق می افتد و سایش دای را تسریع می کند (شکل ۸). مقادیر کم سایش در طول تماس ناحیه ورود اتفاق می افتد، اگرچه در این ناحیه سایش یکنواختی اتفاق نمی افتد، اما اغلب منجر به سطح سایش بیضوی به جای سطح سایش دوار می شود [۴ و ۱۱].



شکل ۷. سایش بصورت حلقوی در یک دای کشش تشکیل می شود.



روش‌های غیر سنتی کشش

بیش از ۱۸۰۰ سال دای‌های مخروطی تکیه‌گاه اصلی در کشش سیم بوده‌اند، با این حال، محققان بی‌شماری تلاش می‌کنند تا با تمرکز روی اشکال هندسی مناسب (مقعر، هلالی و غیره) به محدودیت‌های طبیعی که در تکنولوژی دای مخروطی وجود دارد غلبه کنند. در حالی که بسیاری از این روش‌ها امکانات قابل توجهی را پیشنهاد می‌کنند، ولی مشکلات عملی از دستیابی به پذیرش تجاری جلوگیری می‌کنند.

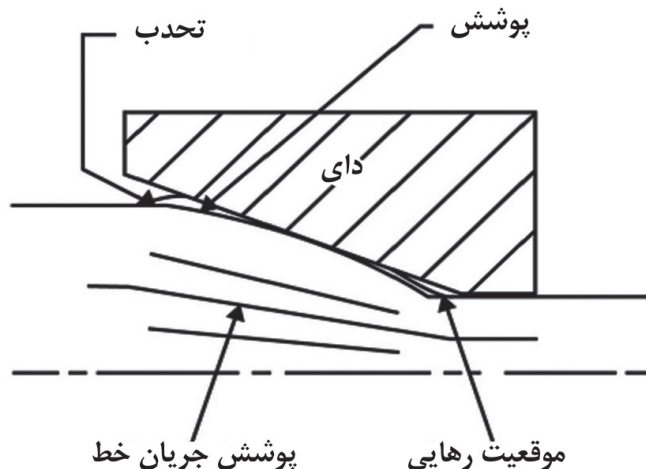
نتیجه‌گیری

با اینکه دانش بسیاری در زمینه کشش تک قالبی وجود دارد که تصویر جامعی از فرآیند کشش تک-قالبی را فراهم می‌کند، اما جزئیات بیشتری بویژه برای فرآیند کشش چند-قالبی مورد نیاز است. فرآیند کشش مدرن یک کسب و کار رقابتی بزرگ در سطح جهانی است بطوریکه محصولات مورد نیاز مدام در حال تغییر و تحول هستند و تکنیک‌های سنتی یا "ادیسونیون"^{۱۲} که در گذشته تکنولوژی توسعه یافته بودند، دیگر قابل دوام و رقابت نیستند. علاوه بر این، با توجه به منابع محدود موجود در صنعت و همچنین تغییرات سریع ملزومات فنی، واضح است که کارکنان در همه سطوح نیاز به درک عمیقی از نظریه کشش سیم دارند، همچنین روشن است که چنین درکی، پیش‌نیازی برای کنترل و بهینه‌سازی فرآیندهای موجود و توسعه پایدار یک تکنولوژی جدید است.

اغلب، طول عمر دای به لحاظ وزن سیم کشیده شده یا مدت زمان کشش اندازه‌گیری می‌شود؛ با این حال برخی از اندازه‌گیری‌ها باید به طول سیم کشیده شده تبدیل شوند تا اساساً به سایش سیم دلالت داشته باشند. بنابراین، یک اندازه‌گیری عملی طول عمر دای، متوسط طول سیم کشیده شده بر هر واحد افزایش قطر دای (معمولاً ۰/۰۰۱ in.) است. برای نمونه طول عمر دای، برای چندین دای ساخته شده از مواد گوناگون اندازه‌گیری شده و در جدول ۲ نشان داده شده است. به عنوان یک قاعده کلی، مواد دارای استحکام مشخص و نقطه ذوب بالا مقاومت بیشتری در برابر سایش دارند [۱۲]. با این حال، مطالعات اخیر نشان می‌دهد که سختی دای سایش آن را کنترل نمی‌کند، برای مثال، افزایش سختی مواد دای منجر به افزایش قابل ملاحظه طول عمر دای نمی‌شود. پژوهش‌ها روی پیش‌بینی طول عمر دای که مبتنی بر خواص فیزیکی سیم و دای‌های کشش هستند تا به امروز موفقیت آمیز نبوده است.

جدول ۲. طول عمر دای برای چند مواد معمول دای

مواد دای	میانگین طول عمر دای (افزایش قطر مایل/۰/۰۰۱ in.)
فولاد کم کربن	۱-۰/۲۵
فولاد با کربن بالا	۱۵-۴۰
کاربید تنگستن	۵۰-۲۰۰
الماس سنتزی	۱۰ ^۶ × ۸-۱



شکل ۸. تحدب سیم که در گلوئی دای‌های کشش اتفاق می‌افتد.



پی نوشت‌ها:

- 1952.
- 4- Wistreich, J. G. "The Fundamentals of Wire Drawing," Metallurgical Reviews, Vol. 3, No. 10, pp. 97-141, 1958.
- 5- Fowler, T. and P. R. Lancaster. "Factors Limiting Speed in Wire Drawing," Wire Industry, Vol. 50, No. 592, pp.208-211, 1983.
- 6- Drawing and Ironing, in Handbook of Metal-forming, ed. K. Lange, p. 14.27, McGraw-Hill Book Company, New York, 1985.
- 7- Wright, R. N. Workability in Extrusion and Wire Drawing, in Workability Testing Techniques, ed. G. E. Dieter, p. 255, ASM International, Materials Park, Ohio, 1984.
- 8- Wright, R. N. "Factors to Consider in Wire Die and Pass Schedule Design: Technical Paper MF77-960," p. 10, Society of Manufacturing Engineers, Dearborn, Michigan, 1977.
- 9- Simons, L. Wire & Wire Products, Vol. 13, pp. 441-443, 1938.
- 10- Wilson, N. A. "Cooling of Steel Wire During Continuous Drawing," Wire & Wire Products, Vol. 29, No. 10, pp. 1160-1169, October 1954.
- 11- Wistreich, J. G. "Ringing in Wire Drawing," Journal of the Iron and Steel Institute, Vol. 167, pp. 160-163, 1951.
- 12- Enghag, P. Steel Wire Technology, p. 163, Repro Orebro University, Orebro, Sweden, 2002.
- 1- کاربردهای سمانته گروهی از مواد بسیار سخت و مقاوم به سایش هستند که از طریق فرآیند متالورژی پودر، تولید می‌شوند. تحقیقات جدی در راستای تولید کاربردهای سمانته در آلمان در اوایل دهه ۱۹۲۰ توسط کارل شروتر انجام شد.
- 2- McClellan
- 3- Ranger
- 4- Fowler
- 5- Lewis
- 6- Godfrey
- 7- Wilson
- 8- Take-up
- 9- Drafts
- 10- Cold heading
- 11- Bulging
- 12- Edisonian

منابع

- 1-Flanders, N. A. and E. M. Alexander. "Analysis of Wire Temperature and Power Requirements on Multi-Pass Drawing Productivity," Wire Journal International, Vol. 12, No. 4, pp. 60-64, The Wire Association International, Inc., Guilford, Connecticut, 1979.
- 2- Caddell, R. M. and A. G. Atkins. "The Influence of Redundant Work When Drawing Rods through Conical Dies," Journal of Engineering for Industry, Vol. 90, pp. 411-419, 1968.
- 3- McClellan, G. D. S. "Some Friction Effects in Wire Drawing," Journal of the Institute of Metals, Vol. 81, No. , pp. 1-13, September

آنچه که می‌توان از نلسون ماندلا آموخت:

در زندگی هر چه که پیش آمد:
 مهربانی را به جای خشم، عشق را به جای نفرت و
 بخشش را به جای انتقام برگزینید.



اخبار انجمن

جلسه‌ای در تاریخ ۹۶/۲/۱۳ در رابطه با چگونگی روش اجرایی تخصیص ۱۰۰ میلیون دلار صادرات سیم و کابل، در محل صندوق ضمانت صادرات و در حضور شهرآیینی قائم مقام مدیر صندوق با شرکت مدیران عامل شرکت‌های شهید قندی، افق البرز، در پلاست پویا و دبیر انجمن تشکیل شد.

ابتدا دبیر انجمن ضمن تشکر از پیگیری‌های صندوق ضمانت، رشد ۷۰ درصدی آن صندوق در سال گذشته را به ایشان تبریک گفته و آرزومند توفیقات بیشتر و روز افزون برای ایشان شدند.

سپس مهندس شهرآیینی عنوان نمودند: بعد از پیگیری‌های بعمل آمده پیرو جلسه آذر ماه ۹۵ با نمایندگان انجمن سیم و کابل ایران و صندوق توسعه ملی، خط اعتباری جهت ضمانت صادرات صنعت سیم و کابل ایران تا سقف ۱۰۰ میلیون دلار را به عنوان اعتبار خریدار اختصاص داده که موقعیت بسیار مطلوب و خاصی برای رشد صادرات این صنعت فراهم کرده است.

روال استفاده از این منابع این گونه خواهد بود که ابتدا صادرکننده، مشتری خود را جهت اعتبارسنجی به صندوق ضمانت معرفی کرده و صندوق بعد از بررسی، حد اعتباری مشتری را به صادرکننده ابلاغ و صادرکننده می‌تواند تا سقف اعتبار تعیین شده به مشتری، فروش اعتباری (ترجیحاً تا ۳ ماهه) را انجام دهد و به محض صادرکردن محموله با ارائه اسناد صادرات به صندوق، وجه خود را به صورت ارزی دریافت نماید.

پیش نیاز انجام این روال دانستن مقاصد صادراتی صنعت سیم و کابل و ایجاد روابط بانکی بین بانک عامل (بانک توسعه صادرات) و بانکی در کشور مقصد است.

نمایندگان انجمن سیم و کابل، مقاصد اصلی صادرات این صنعت را کشورهای ترکیه، افغانستان، عراق، سوریه و کشورهای حوزه CIS عنوان کردند و مقرر شد طی نامه‌ای از جناب آقای صالح آبادی مدیر عامل بانک توسعه صادرات ایران تقاضای تشکیل جلسه‌ای با حضور نمایندگان انجمن و صندوق ضمانت معمول، تا در آن جلسه شورایی که روابط کاری بین بانک توسعه صادرات و بانک‌های آن کشور برقرار است مشخص، تا بتوان از امکانات موجود سریع‌تر استفاده نمود. نمایندگان انجمن سیم و کابل اعلام نمودند این خط اعتباری به صورت اعتبار خریدار بوده و با شرایط مالی موجود، صادرکنندگان با دریافت بخشی از این اعتبار می‌توانند رقابت پذیری مؤثرتر در فروش صادراتی داشته باشند و پیشنهاد گردید ۵۰ درصد این خط اعتباری به صورت اعتبار فروشنده و در ازای ارائه مدارک مصدقه صادراتی، به صنعت سیم و کابل واگذار شود که مقرر شد این پیشنهاد طی نامه‌ای به صندوق توسعه ملی اعلام گردد.





شنبه ۱۶ اردیبهشت ماه ۱۳۹۶ بیست و دومین نمایشگاه بین المللی نفت، گاز، پالایش و پتروشیمی با حضور مقامات و مسئولین ذیربط و همچنین علاقمندان و مشتاقان این بخش در محل دائمی نمایشگاه‌های بین المللی تهران افتتاح شد.



از اعضای انجمن صنفی کارفرمایی تولیدکنندگان سیم و کابل ایران نیز شرکت‌های سیم و کابل ابهر، کابل افشان اردستان، کابل متال، کابل افشان ایران، سیمکو، کابل سینا، زرسیم، کابل کرمان، کابل مغان، سیم و کابل یزد، در این نمایشگاه حضور داشتند.

به دعوت شرکت ملی صنایع مس ایران جلسه‌ای در تاریخ ۹۶/۲/۱۸ با حضور نمایندگانی از وزارت صنعت، معدن و تجارت، سندیکای صنعت برق ایران، شرکت بورس کالای ایران، مفتول سازان و دبیر انجمن سیم و کابل ایران با موضوع ارتقاء وضعیت بازار داخل، در محل آن شرکت تشکیل و پس از بحث و بررسی موارد زیر به تصویب رسید.

۱- توصیه می‌شود خریداران کاتد فقط کاتد، اکتیاع نموده و از خرید مفتول خودداری نمایند و بورس نیز در این خصوص همکاری‌های لازم را انجام دهد که این موضوع با توجه به شرایط فعلی بازار می‌باشد.

۲- با توجه به نیاز بازار شرکت مس براساس ظرفیت خود با شرکت‌های دنیای مس، افق البرز، مس باهنر، گیل راد، مذاکره نماید تا در صورت امکان تهیه قراضه توسط شرکت‌های مذکور نسبت به خرید قراضه و تولید کاتد از محل آن اقدام و عرضه نماید. بدیهی است این اقدام با توجه به شرایط فعلی بازار و به منظور کمک به بهبود شرایط انجام می‌شود.

۳- بورس کالا امکان انجام عرضه خاص و انجام قراردادهای بلند مدت را نیز دارد. لذا می‌تواند این گزینه مورد بررسی و بهره‌برداری قرار گیرد.

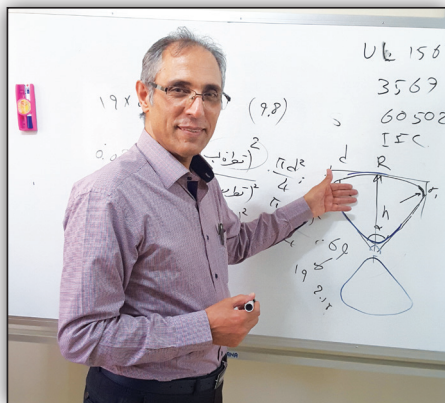
۴- شرکت مس ضمن انجام برنامه اعلامی در خصوص عرضه، نسبت به تأمین واردات کاتد نیز اقدام و عرضه نماید و خریداران نیز نسبت به خرید آن اقدام نمایند.

۵- سقف عرضه اولیه نیز بر اساس کل تناژ عرضه هر هفته با مذاکره با بورس کالا اقدام شود.

۶- تولیدکنندگان مفتول نیز نسبت به عرضه کالای خود در بورس اقدام نمایند تا مازاد این کالا نیز بهتر مدیریت شود.

۷- شرکت مس کالای خود را با یک درصد تخفیف نسبت به LME عرضه نماید (در محاسبه قیمت پایه نقدی کالا برای عرضه) درخصوص نرخ LC نیز با توجه به شرایط بازار، نرخ مربوطه را بررسی و اصلاح نماید.

۸- نرخ تسعیر ارز نیز بر اساس سایت مرکز اطلاعات فنی ایران (نرخ ارز آزاد) لحاظ گردد.



مطابق با تقویم آموزشی ارایه شده توسط انجمن، دوره آموزشی "آشنایی با ماشین آلات کشش، استرندر و ... در صنعت سیم و کابل" ساعت ۸:۳۰ دوشنبه، مورخ ۹۶/۲/۲۵ توسط جناب مهندس شمس در محل انجمن برگزار گردید و ۳۰ نفر از اعضای انجمن در این دوره شرکت نمودند. با توجه به اوراق نظرسنجی، اکثریت حاضرین دوره را مفید و بهره‌ور ارزیابی نمودند.



نشریه داخلی صنعت سیم و کابل

شماره ۶۶ - بهار ۱۳۹۶



سمینار آموزشی با عنوان "فرمولاسیون و فرآیند تولید گرانول‌های پی.وی.سی در صنعت سیم و کابل" توسط شرکت کیمیاران، مرداد سال ۹۶ در تهران برگزار خواهد شد.

علاوه بر شرکت‌های نامبرده در فصلنامه‌های قبلی، شرکت‌هایی که موفق به دریافت لوح افتخار و یا گواهینامه شده‌اند به شرح زیر معرفی می‌شوند:

ردیف	نام شرکت	مدیریت	گواهینامه	لوح افتخار
۱	کابلسازی افق البرز	عبداله هاشمی	صادرکننده نمونه کشوری در سال ۱۳۹۵ از سوی وزارت نیرو	