چرا آلومینیوم؟ *

گردآوری و ترجمه : بهرام شمس، فریا گلسرخی

تاریخچه

آلومینیوم فلزی است که مصارف بسیار زیاد و متنوعی در صنایع به ویژه در صنایع فضایی، کشتی سازی، ماشین سازی، حمل و نقل، الکترونیک، لوازم خانگی، بسته بندی و ... دارد. این فلز به علت خواص ویژه الکتریکی و مکانیکی و بویژه سبک بودن، " فلز قرن " لقب گرفته است.

در سال ۱۸۰۷، شخصی به نام دیوی هامفری سعی کرد تا آلومینیوم را به روش الکترولیز جدا نماید، اما موفق نشد.

در سال ۱۸۱۲ سنگ معدن آلومینیوم در ناحیه Les Baux در کشور فرانسه کشف شد. از آن پس سنگ معدن آلومینیوم، صرف نظر از ترکیبات و محل کشف، بوکسیت[۱] نامگذاری گردید.

در سال ۱۸۲۵، کرستد[۲] موفق به تولید ذرات ریز آلومینیوم گردید.

به دنبال این مسئله، تحقیقاتی که توسط وهلر[۳] در سال ۱۸۴۵، دویل[۴] در سال ۱۸۵۴ و مایر[۵] در سال ۱۸۸۸ انجام گرفت، منتشرشد. فرآیندهای امروزی تولید آلومینیوم در سال ۱۸۹۲ در فرانسه توسط هرالت[۶] و در آمریکا توسط هال[۷] به کار گرفته شد.

اولین کاربردهای آلومینیوم به عنوان ماده هادی در صنعت برق به شرح ذیل بود:

در سال ۱۸۹۵، هادی های آلومینیومی تابیده شده جهت خطوط هوایی در آمریکا و فرانسه به کار رفت.

در سال ۱۹۰۸، هادی آلومینیومی تقویت شده توسط رشته های فولادی (ACSR) در خطوط هوایی مورد بهره برداری قرار گرفت.

در سال ۱۹۱۰ هادی آلومینیومی در کابل های زیرزمینی با غلاف سربی و عایق کاغذی در شهرهای بوستون و ایلینگ به کار گرفته شد.

---

* منبع: شرکت Turk Kaeblo

www. Turk caeblo.com

در سال ۱۹۱۲، از شینه های[8] آلومینیومی در یک کشتی به نام آکویتانا[9] استفاده شد.
در سال ۱۹۱۷، ترانس هایی با سیم پیچ آلومینیوم ساخته شد.
در سال ۱۹۲۰، موتورهایی با روتور قفس سنجابی از جنس آلومینیوم ساخته شد.

آلومینیوم به عنوان ماده ای هادی در صنایع کابل سازی و انتقال انرژی

انرژی الکتریکی که در نیروگاه ها از انواع مختلف انرژی نظیر انرژی حرارتی، آبی و هسته ای تولید می شود، باید انتقال داده شود تا مورد مصرف قرار گیرد.
معمولاً انتقال انرژی الکتریکی از نیروگاه ها، در فواصل نسبتاً طولانی صورت می گیرد.
این انرژی نهایتاً در شهرهای کوچک و بزرگ و مناطق صنعتی توزیع می گردد.
هادی های لخت، شینه ها، کابل های هوایی عایق شده، کابل های قدرت زیرزمینی و اتصالات آنها همگی اجزاء اصلی سیستم انتقال و توزیع انرژی الکتریکی هستند.
اولین خط هوایی با هادی آلومینیومی، در حدود ۱۰۰ سال پیش نصب گردید. امروزه، استفاده از هادی آلومینیومی در انواع کابل ها و خطوط هوایی شبکه های الکتریکی به طور وسیعی گسترش یافته است.
پیش از این، مس شاخص ترین ماده هادی مورد استفاده در توزیع و انتقال انرژی الکتریکی بوده، چرا که این عنصر دارای قابلیت هدایت الکتریکی بالا، خواص فیزیکی و مکانیکی بسیار خوب بود.

چرا آلومینیوم؟

دلایل بسیار زیاد و مستحکمی در مورد استفاده از فلز آلومینیوم به جای مس، در اکثر کشورها به عنوان مؤلفه اصلی سیستم های توزیع و انتقال انرژی الکتریکی وجود دارد. در زیر به برخی از این دلایل اشاره می شود:

- آلومینیوم بسیار سبک تر از مس می باشد. چگالی آلومینیوم حدود ۳۰٪ چگالی مس است. سبکی فلز آلومینیوم به ویژه در خطوط هوایی، عامل بسیار مهمی به شمار می رود، چرا که افزایش وزن هادی باعث بالا رفتن وزن و قیمت دکل های نگهدارنده می شود. از طرف دیگر سبکی وزن آلومینیوم باعث کاهش وزن کابل

شده و لذا حمل و نقل و جا به جایی آنها در مقایسه با کابل های با هادی مسی بسیار آسان تر است. نهایتاً سبکی وزن آلومینیوم دارای مزایای بسیار زیاد می باشد.

- آلومینیوم فلزی است که در طبیعت به وفور یافت می شود. این فلز ۸٪ فلزات سطح زمین را تشکیل می دهد. با توجه به محدود بودن ذخیره معادن مس و روند رو به کاهش آن، قیمت این فلز همواره بالا بوده و روندی صعودی را پیموده است. در حالی که فلز آلومینیوم با توجه به فراوانی آن در طبیعت، دارای بهای کمتری بوده و قیمت آن در سال های مختلف، صرف نظر از برخی افزایش ها، ثبات نسبی داشته است. جدول زیر(شماره ۱) مقایسه قیمت فلزهای مس و آلومینیوم را در طی سال های ۱۹۹۳ تا اکتبر ۲۰۰۲ نشان می دهد. این قیمتها بر اساس LME استخراج شده است. به دلیل سبک بودن آلومینیوم، قیمت کابل های با هادی آلومینیومی، به مراتب پایین تر از کابل های با هادی مسی می باشد.

بورس فلزات لندن

جدول ۱. قیمت میانگین سالانه مس و آلومینیوم(دلار / تن)

سال	آلومینیوم (دلار / تن)	مس (دلار / تن)
۲۰۰۲	۱/۳۳۹	۱/۵٤۸
۲۰۰۱	۱/٤٤٦	۱/۵۸۲
۲۰۰۰	۱/۵۳۹	۱/۸۱۵
۱۹۹۹	۱/۳۸٦	۱/۵۷۳
۱۹۹۸	۱/۳۵۸	۱/٦٦۱
۱۹۹۷	۱/۵۹۹	۲/۲۷٦
۱۹۹٦	۱/۵۰۷	۲/۳۰۲
۱۹۹۵	۱/۸۰٦	۲/۹۳٦
۱۹۹٤	۱/٤۷۷	۲/۳۰۷
۱۹۹۳	۱/۱۳۹	۱/۹۱٤

در طی ۲۵ سال اخیر روش های تولید و نصب تا حد زیادی توسعه یافته انـد، بـه گونـه ای که مشکلات مربوط به روش های نصب کابل های آلومینیومی تا حدودی رفع شده است.

ارزیابی فنی آلومینیوم در برابر مس

اکنون طراحی و نصب هادی های آلومینیومی و کابل های با هادی آلومینیومی کـه شـامل اتصالات و ترمینال های مربوطه می باشند، چون گذشته مشکل تر از مس نخواهد بود؛ امـا باید توجه داشت که خواص الکتریکی و مکانیکی آلومینیوم با مس متفاوت است ضروری است.

جدول ۲ برخی خواص فیزیکی مس(E-Cu) و آلومینیوم(E-Al) را که رایج ترین مـواد جهت هادی کابل ها هـستند را بـه همـراه آلیـاژی از آلومینیـوم (نـوع AlMgSi) کـه در برخی هادی های هوایی و کابل های هوایی کاربرد دارد، نشان می دهد.

جدول ۲. خواص فیزیکی مس و آلومینیوم

خواص	مس	آلومینیوم	آلیاژ	واحد
وزن مخصوص	۸/۹	۲/۷	۲/۷	kg/dm^3
مقاومت کششی	۲٤۰ ... ٤٥۰	۸۰ ... ۱۸۰	۳۱۰	N/mm^2
نقطه شکست	۱ ... ۳٥	۲ ... ۳٥	۳	٪
مدول الاستیسیته	۱۲۰	۷۰	۷۰	KN/mm^2
نقطه ذوب	۱۰۸۳	٦٥۸	٦٥۸	$^{\circ}C$
ضریب انبساط حرارتی	۱٦/٦	۲۳/۸	۲۳	$۱۰.٦/^{\circ}C$
ضریب حرارتی مقاومت	۰/۰۰۳۹	۰/۰۰٤۰	۰/۰۰۳٦	$۱/^{\circ}C$
رسانایی در ۲۰ $^{\circ}$ سانتیگراد IACS	۹۷ ... ۱۰۰	٦۱ ... ٦۲	٥۳	٪
مقاومت در ۲۰ $^{\circ}$ سانتیگراد	۰/۰۱۷۸٦	۰/۰۲۸٥۷	۰/۰۳۲۸۰	mm^2/m

جدول۳. هم ارزی و تطابق مشخصات الکتریکی Cu و Al

افت ولتاژ یکسان	مقاومت یکسان	طول یکسان
$\Delta U_{Al} = \Delta U_{Cu}$	$R_{Al} = R_{Cu}$	$L_{Al} = L_{Cu}$

جدول شماره ۳

برابری مس و آلومینیوم از نظر سطح مقطع

با توجه به تساوی های فوق (یکسان بودن طول، مقاومت و افت ولتاژ) سطح مقطع Al معادل با سطح مقطع مس از رابطه زیر به دست می آید.

جدول٤

مقاومت ویژه مس	مقاومت ویژه آلومینیوم
$\rho_{Cu} = 0.017857\Omega mm^2/m$	$\rho_{Al} = 0.028264\Omega mm^2/m$
$S_{Al} = 1.6 S_{Cu}$	

نتیجه: سطح مقطع هادی آلومینیوم، 1.6 برابر بزرگتر از سطح مقطع هادی مسی به ازای طول و مقاومت و افت ولتاژ یکسان خواهد شد.

جدول ۵. تطابق و برابری Cu و Al از نظر وزنی

وزن مخصوص مس	وزن مخصوص آلومینیوم
$d_{Cu} = 8.9 Kg/dm^3$	$d_{Al} = 2.7 Kg/dm^3$
$P_{Al} = 0.5 \times P_{Cu}$	

نتیجه: وزن هادی آلومینیومی، نصف وزن هادی مسی خواهد شد (در شرایطی که طول، مقاومت و افت ولتاژ برای هر دو هادی یکسان باشد).

اگر مقایسه ای بین کابل های مسی و آلومینیومی صورت بگیرد، مقادیر به دست آمـده بـه ساختار و سایز کابل بستگی خواهد داشت.

اگر خواص هادی مسی 1 فرض شود، جدول ٦ را خواهیم داشت:

جدول ٦

شرایط	مس	آلومینیوم
مقاطع همسان	۱	۱
وزن	۱	۰/۳
رسانایی	۱	۰/٦۲۵
قابلیت حمل جریان	۱	۰/۸
همسان رسانایی	۱	۱
سطح مقطع	۱	۱/٦
قطر	۱	۱/۳
وزن	۱	۰/٤۹
همسان افزایش حرارت	۱	۱
سطح مقطع	۱	۱/٤
قطر	۱	۱/۱۷
وزن	۱	۰/٤۲

هم ارزی و تطابق مس و آلومینیوم از نظر اقتصادی

همان گونه که توضیح داده شد در شرایط یکسان بودن طول و مقاومت و افت ولتـاژ بـرای هر دو هادی مسی و آلومینیومی، وزن هادی آلومینیومی جایگزین شده، نصف وزن هـادی مسی خواهد شد. حال اگر چنان چه بپذیریم که قیمت مس و آلومینیوم برابر است، از نظر اقتصادی حداقل ۵۰٪ صرفه جویی خواهد شد.

با مقایسه قیمت های مس و آلومینیوم در طول مدت بیش از ۲۰ سال در جـدول شـماره ۱، می توان مشاهده کرد که قیمت مس پیوسته بیشتر از قیمت آلومینیوم بوده است.

وقتی نسبت قیمت مـس و آلومینیـوم بزرگتـر از "یـک" باشـد، در ایـن حالـت بـیش از ۵۰٪ صرفه جویی خواهد شد.

برای کشورهایی که مس و آلومینیوم را وارد می کنند، مشاهده می گردد که با جایگزینی آلومینیوم با مس، صرفه جویی ارزی زیادی ایجاد خواهدشد.

و نهایتاً چرا آلومینیوم؟؟؟

به علت اینکه: هادی آلومینیومی مطمئن تر، ایمن تر و از نظر اقتصادی با صرفه تر است.

پانویس ها:

1- Bauxite
2- H.C. Quersted
3- F.Wohler
4- H.S.C Deville
5- K.J. Meyer
6- P.T. Herault
7- C.M.Hall

۸- تسمه های آلومینیومی

9- Aquitana