تدوین دانش فنی تولید هگزافلورید گوگرد (SF6)

مقدمه

هگزا فلورید گوگرد با فرمول شیمیایی SF6 یک ترکیب معدنی بی رنگ، بی بو و اشتعال ناپذیر می باشد که معمولاً آن را به صورت گاز فشرده مایع شده جابجا می کنند. چگالی این گاز به دلیل زیاد بودن جرم مولی آن، در دما و فشار اتاق به نسبت زیاد بوده و در شرایط سطح دریا، چگالی آن ۶/۱۴ گرم بر لیتر است و نزدیک به پنج برابر از هوا سنگین تر است. این گاز خنثی بوده و عملاً هیچ واکنش شیمیایی ای برای SF6 وجود ندارد بطوری که هیدروژن، کلر و اکسیژن اثری بر روی آن ندارند وآب و اسیدهای قوی نیز با آن واکنش انجام نمی دهند. با گرم نمودن گاز SF6 تا دمای 500°C و در صورت عدم حضور کاتالیزور، تجزیه نمی شود. اما در دمای بالاتر و یا درصورت جرقه قوی الکتریکی این گاز به آرامی تجزیه شده و ترکیبات جانبی سولفور با ظرفیت پایین فلوریدی تشکیل می دهد. این گاز سمی نبوده و از نظر بیولوژیکی خنثی می باشد. با انجام آزمایشات گوناگون به منظور بررسی اثر این گاز بر روی جانوران ثابت شده است که مخلوط ۸۰ درصد SF6 به همراه ۲۰ درصد اکسیژن هیچ گونه مضرات سلامتی ندارد.

در (جدول۱) برخی خواص هگزافلورید گوگرد آورده شده است.

عمده ترین مصرف گاز هگزا فلورید گوگرد به عنوان دی الکتریک گازی در صنعت برق می باشد. این گاز به دلیل بالا بودن خواص استحکام، عایق آن و همچنین سرعت بالای تشکیل مجدد آن، پس از تخلیه های الکتریکی به عنوان بازدارنـده جرقه زنی در تجهیزات ولتاژ بالا استفـاده می شود.

Property	Description or value
Physical State	Gas
Appearance	Colorless gas
Molecular Weight	146.05
Density	0.00614 g/cm^3
Sublimation point	-63.9°C
Thermal conductivity	0.0136 W m^{-1} K^{-1}
Formation heat	-1221.66 kJ mol^{-1}
Specific heat	96.6 J mol^{-1} K^{-1}

جدول۱- خواص گاز هگزافلورید گوگرد

از کاربردهای دیگر این گاز می توان به استفاده از آن بعنوان عایق در شتاب دهنده های ذرات اتمی و تجهیزات X-ray، تجهیزات ماکرو ویو و راداری، پرکننده بی اثر به عنوان عایق حرارتی در پنجره های دوجداره، صنایع هوافضا و پزشکی (به خاطر خاصیت بی اثر بودن آن) و صنایع ریخته گری منیزیم اشاره نمود.

گاز SF_6 به دو روش مستقیم و الکترولیز تولید می گردد. در روش مستقیم این گاز از واکنش مستقیم گوگرد و فلوئور تولید می شود و در روش الکترولیز از واکنش اسید هیدرو فلوئوریک در مجاورت گوگرد تولید می شود.

در روش اول SF_6 از تماس مستقیم گوگرد و گاز فلوئور طبق واکنش زیر بدست آورد.

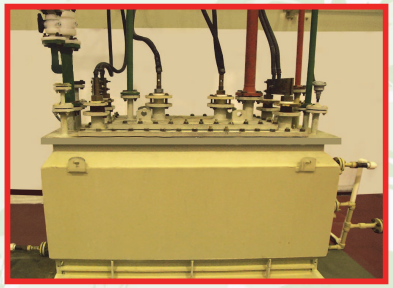
$$3F_{2(g)} + S_{(l,\,g)} \rightarrow SF_{6(g)}$$

در روش الکترولیز از یک سل الکترولیز حاوی اسید هیدروفلوئوریک در مجاورت گوگرد استفاده می شود. روش مورد استفاده جهت تولید گاز SF_6 در شرکت سوره، روش الکترولیز می باشد که در ادامه به تشریح این روش آمده است .

شرح فرایند

مواد اولیه مورد استفاده در این فرایند عبارت است از:
نمک مذاب شامل KF و HF با نسبت مولی HF ۲/۲-۱/۸ که از ترکیب این دو الکترولیت بی فلوراید پتاسیم (KHF2) تشکیل می گردد.
اسید AHF که از طریق تبخیر توسط آب گرم طی فرآیند الکترولیز همراه با مصرف شدن HF در داخل سل، جهت نگه داشتن اسیدیته الکترولیت در مقدار مورد نظر، در فواصل زمانی منظم به سل تزریق می شود و در محلول الکترولیت حل می گردد.

گوگرد با خلوص بالا که بصورت پودر به قسمت محفظه آند تزریق می گردد. پس از آماده سازی الکترولیت و بررسی میزان اسیدیته و پس از تزریق گوگرد، جهت گرم نمودن و ذوب نمک KHF2 سل از آب گرم با دمای ۸۵-۹۵ °C استفاده می شود که پس از رسیدن دمای سل به دمای مطلوب، جریان الکتریکی به سل اعمال شده و فرایند الکترولیز آغاز گردد. به منظور جریان دهی به سل الکترولیز، افزایش جریان بصورت پلکانی انجام شده تا جریان نهایی مورد نظر حاصل گردد. با انجام فرایند الکترولیز، واکنش الکتروشیمیایی در الکترولیت اتفاق افتاده و گاز SF6 از آندکه از جنس کربن آمورف بوده و H2 از کاتدکه از جنس کربن استیل می باشد، آزاد می گردد.



گاز خروجی از کاتد در حین الکترولیز عمدتاً شامل H2 و مقداری HF می باشد که با استفاده از اگزاست از سل خارج شده و پس از تصفیه و سوزانده شدن به بیرون فرستاده می شود. محصول اصلی فرایند گاز SF6 می باشد که از قسمت آند خارج می شود. این گاز حاوی مقادیری F2،HF و محصولات احتمالی جانبی می باشد که جهت خالص سازی به قسمت تصفیه گازها فرستاده می شود. گاز خروجی از آند ابتدا جهت حذف فلوئور از راکتور کربناسیون (Charcoal) عبور می کند. راکتور کربناسیون حاوی ذغال بوده و واکنش در آن به صورت زیر می باشد.

C+2F2 ------> CF4

سپس گاز حاصله وارد غبارگیر و از آنجا برای حذف HF و سایر ترکیبات ناخالص احتمالی، وارد برج شستشوی حاوی محلول سود ۱۵٪ می شود. گاز از پایین وارد این برج شده و محلول سود بصورت دوش از بالای برج بر روی گاز ریخته شده و گاز پس از شستشو از بالای برج خارج می گردد. جهت حذف رطوبت، گاز از بستر آلومینا عبور داده می شود. در نهایت محصول به وسیله ی کمپرسور در سیلندر ذخیره می گردد.

مشخصات محصول

استاندارد IEC376 استاندارد مربوط به مشخصات گاز SF6 جهت استفاده در صنایع الکتریکی می باشد. مشخصات محصول تولیدی طبق این استاندارد در (جدول۲)آورده شده است.

خصوصیت	مقدار مجاز
خلوص	٪۹۹,۸ وزنی
تترافلوراید کربن (CF4)	حداکثر ppm ۵۰۰(وزنی)
آب	حداکثر ppmv ۱۵
هوا (مجموع N2+O2)	حداکثر ppm ۵۰۰(وزنی)
اسیدیته	حداکثر ppm ۱(وزنی)
نقطه شبنم	- ۴۰ °C

جدول ۲- مشخصات گاز SF_6 طبق استاندارد IEC376

شرکت سوخت راکتورهای هسته ای
NUCLEAR REACTORS FUEL Co.

آدرس: تهران، انتهای کارگرشمالی، سازمان انرژی اتمی ایران،
اداره کل دیپلماسی عمومی و اطلاع رسانی
صندوق پستی: ۱۳۳۹-۱۴۱۵۵ تلفن: ۸۸۲۲۱۰۴۳ نمابر: ۸۸۲۲۱۰۴۲

پروژه های ساخت راکتورهای هسته ای

تدوین دانش فنی تولید هگزافلوراید گوگرد (SF6)

سازمان انرژی اتمی ایران
Atomic Energy Organization of Iran