



بخشی از خط تولید UF6 طبیعی برای خوراک سایت غنی سازی نطنز یا فردو



تنها ترکیب اورانیومی که به صورت گازی می توان داشته باشید UF6 است و برای همین این ترکیب تولید می شود تا در غنی سازی که نیاز به ترکیب گازی اورانیوم است، مورد استفاده قرار گیرد ایران توانست به عنوان هفتمین کشور در سال ۱۳۸۳ اولین محصول UF6 را به گز افلوراید اورانیوم خود را برای غنی سازی در نطنز تولید کند.

## بازدید از خط تولید UF6 (هگزافلوراید اورانیوم)

با پایان یافتن صحبت های اولیه و آشنایی با همکاران اصلی حاضر در این واحد، به ابتدای خط تولید UF6 رفتیم. این جا پروسه تعویض لباس بسیار کامل است، علت را که پرسیدم، آلوده بودن محیط به مواد رادیواکتیو حاصل از اورانیوم فرآوری شده را دلیل آن عنوان کردند. به هر صورت با پوشیدن روپوش، کفش، ماسک، کلاه و حتی جوراب تمیز وارد این واحد مهم و اثرگذار در چرخه سوخت هسته ای شدیم.

واحد تولید UF6 شامل چند سوله بزرگ با کاربری های متفاوت است که هر کدام چندین طبقه فلزی با پله هایی فلزی که ارتباط طبقات را میسر می سازند، داشته و راکتورها و تانک های بزرگ همراه با سیستم لوله کشی و اتصالات پیچیده فلزی و ایزوله شده کار انتقال مواد را به بخش های مختلف سیستم انجام می دهند. جنس تانکرها به دلیل وجود اسید نیتری که در خورنده است، از استیل هستند.

نام اولین واحد مورد بازدید ما، قسمت فرآوری کیک زرد است که از یک طرف کیک زرد یا همان U3O8 وارد می شود و در سوی دیگر پودر AUC زرد رنگ را به ما تحویل می دهد. در اتفاقی که در طبقات بالایی سوله اول قرار گرفته رباتی وجود دارد که بشکه های U3O8 را که از کارخانه اردکان آمده، در هاپر هایی تخلیه می کند. مهندس توضیح می دهد: «ما ۴ فرآیند اصلی در این واحد داریم. در قسمت اول فرآیند انحلال کیک زرد است، یعنی U3O8 را با اسید نیتریک حل می کنیم که محلولی به ما می دهد که UNH یا اورانیل نیترات نامیده می شود. ما در مرحله بعدی این UNH را به بخش تخلیص می فرستیم و در آن جا از یک سری برج های ضربه ای رد کرده تا ناخالصی های UNH از محلول جدا گردد و به یک UNH خالص برسیم. در قسمت سوم، این محصول خالص را تغلیظ می کنیم و غلظت UNH را تا ۳۰ درصد افزایش می دهیم و در بخش آخر این واحد این محلول تغلیظ شده را با کربنات آمونیوم واکنش می دهیم که یک دوغابی به ما می دهد که حاوی AUC است. بعد از فیلتراسیون AUC، پودر زرد رنگ AUC روی فیلتر می ماند و محلول شفاف هم از فیلتر رد می شود. در نهایت ما AUC مرطوب را در خشک کن با دمای ۷۰ درجه قرار می دهیم تا AUC خشک را به ما بدهد.»

مدیر این واحد خاطر نشان می کند که کار در این بخش خطرناک است و لذا پرسنل وقتی این جا کار می کنند با تجهیزات کامل و ماسک هستند. از او پرسیدم میزان U3O8 که وارد این جا می شود تا محصول AUC که خارج می گردد، چقدر تفاوت دارد که وی در پاسخ اظهار داشت: «ما در این جا هدر رفت اورانیوم نداریم و درصد بسیار بالایی از اورانیومی که وارد می شود را می گیریم.» پیچیدگی کار و حجم بالای تجهیزات به کار رفته باعث شد تا سوال معروف این ها را خودمان ساخته ایم. رابرسیم که او نیز در پاسخ، محکم گفت: «بله، همه این تجهیزات ایرانی ساز است، حتی فرآیند این بخش با ابتکار ایرانی نسبت به طرح اولیه چینی عوض شد، چون سیستم چینی سنتی و باز بود اما تغییر یافت که هم سرعت کار را بالا می برد و هم حجم واحد افزایش می یابد و هم خلوص محصول زیاد می شود.»

به واحد دیگری می رویم که پودر زرد رنگ AUC را به عنوان خوراک دریافت کرده و کارش تولید UF4 یا همان تترافلوراید اورانیوم در نهایت است. به این جا که رسیدیم سوالی که از صبح بعد از شنیدن اهمیت تولید UF6 در چرخه سوخت و غنی سازی در ذهنم نقش بسته بود را مطرح کردم. اصولا چرا فلورئور را به اورانیوم اضافه می کنند؟ پاسخ البته روشن و قانع کننده بود: «تنها ترکیب اورانیومی که به صورت گازی می توان پیدا کرد و داشت UF6 است و برای همین این ترکیب انجام می شود تا بشود در غنی سازی که نیاز به ترکیب گازی اورانیوم است، مورد استفاده قرار گیرد و ایران توانسته به عنوان هفتمین کشور در سال ۱۳۸۳ اولین محصول UF6 را به گز افلوراید اورانیوم خود را برای غنی سازی در نطنز تولید کند. اقدامی که در زمان خود غرور آفرین بود و بازتاب بسیار خوبی هم در دنیا داشت، به گونه ای که بسیاری از کارشناسان معتقدند از زمان تولید UF6 در ایران، پرورنده و صنعت سوخت هسته ای در کشورمان از سوی دیگر کشورها جدی گرفته شد و حتی برای برخی کشورهای معاند نیز خطرناک جلوه کرد.» به ادامه بازدید از خط تولید می پردازیم. مسئول خط تولید توضیح می دهد: «پودر AUC را که در واحد قبلی تولید شد در یک سری کانستینر بارگیری و با جرثقیل به طبقه بالایی این واحد آورده و تخلیه می شود. AUC با سرعتی خاص و به صورت چرخشی داخل راکتوری با دمای ۸۰۰ درجه فرستاده می شود و در این راکتور واکنش تجزیه و احیا صورت می گیرد

تا UO2 از یک طرف و بخار آب و گازهای زائد از سوی دیگر خارج و به سمت واحد تصفیه گاز و بازیابی اورانیوم برود، این UO2 دمای بالایی دارد و ما با استفاده از آب سرد، دمایش را به دمای آب می رسانیم و به قسمت هیدروفلوراسیون می فرستیم. در این بخش UO2 را با گاز HF که اسید هیدروفلوریک بدون رطوبت نام دارد، واکنش داده و UO2 به UF4 تترافلوراید اورانیوم پودرمانندی که رنگ سبز فسفری دارد، تبدیل می شود. UF4 نیز از قسمت پایینی راکتور تخلیه می شود. پس از تولید UF4 می توان گفت که به انتهای خط تولید محصول راهبردی و با ارزش UF6 نزدیک شده ایم. در آخرین بخش این خط، UF4 محصول، داخل کانستینر هایی بارگیری و به وسیله گاری های مخصوص به قسمت تولید نهایی UF6 منتقل می گردد. جرثقیل کانستینر را به طبقه سوم می برد و از بالا پودر UF4 را داخل راکتوری می فرستند، از سوی دیگر نیز گاز فلورئور که توسط واحد تولید گاز فلورئور تولید شده، داخل این راکتور فرستاده می شود و دمای راکتور هم در داخل حدود ۴۰۰ درجه است. بلافاصله زمانی که UF4 با گاز فلورئور برخورد می کند، واکنش تشکیل UF6 صورت گرفته و UF6 گازی تولید و از سمت بالای راکتور خارج می شود. در خروجی راکتور یک سری فیلتر قرار دارد و همچنین راکتور عریض می شود تا هم دمای گاز پایین بیاید و هم برخی مواد جامد UF4 که واکنش نداده به داخل راکتور برای واکنش مجدد با گاز فلورئور باز گردد. خروجی راکتور تقریباً ۴۵ درصد UF6، ۵۰ درصد نیترژن و ۵ درصد گاز فلورئور اضافی است که جریان گاز UF6 به قسمت چگالش و سردسازی می رود.

حتی ما این جا برای جلوگیری از هدر رفتن مواد پرازش خود یک سیستم جمع آوری پودر طراحی کردیم که اگر پودری نشت کرد، جمع آوری شود که تا به حال نداشته ایم. خط لوله، محصول گازی UF4 ما را به قسمت چگالش و سردسازی می آورد که در این جا ۳ ست کندانسور داریم که هر ست یک کندانسور بزرگ و یک کندانسور کوچک (تانکرهای بزرگ و کوچکی که به صورت افقی قرار می گیرند) را شامل می شود. هر کندانسور بزرگ ۴ و نیم متر مکعب و کندانسور کوچک یک و نیم متر مکعب حجم دارند. جریان گاز اول از یک کندانسور بزرگ رد می شود که دمای حدود صفر تا ۵ درجه دارد و قسمت اعظم UF6 که حدود ۹۰ درصد آن را شامل می شود، داخل همین کندانسور تغییر فاز از حالت گاز به جامد پیدا می کند و به صورت کریستال های جامد داخل سطح سرد کندانسور می نشینند. جریان گاز خروجی از این کندانسور که سرد هم شده به کندانسور دیگری می رود برای جذب کردن ۱۰ درصد باقی مانده UF6. این کندانسور سردتر است و منفی ۳۰ تا منفی ۴۰ درجه دما دارد و باعث می شود تا بقیه UF6 را جذب نماید. باقی گازهای موجود و زائد برای قسمت بازیابی اورانیوم و پسماندهای می رود. از او علت وجود ۳ ست کندانسور را می پرسیم و مهندس از ظرفیت بالای تولید UF6 می گوید و این که باید با برنامه ریزی عمل کرد برای این که در زمانی که یک ست کندانسور در حال کار است و UF6 را جمع می کند، یک ست دیگر هم در حال تخلیه شدن است زیرا وقتی مواد جذب شده در کندانسور به یک وزن خاص رسید، باید تخلیه شده و به سیلندر محصول برود یعنی یک ست در حال تخلیه است و یک ست در حال دریافت گاز UF6 و یک ست هم در حال آماده باش که اگر یک ست مشکل پیدا کرد، جایگزین گردد. به انتهای داستان تولید UF6 طبیعی نزدیک می شویم. در این سوله، طبقه بالای آن را ست کندانسورهای سرد ساز تشکیل می دهند و باعث جامد شدن UF6 می شوند و طبقه دیگر نیز کپسول هایی طوسی رنگ به نام 48X با ۴۸ اینچ قطر مخزن وجود دارند که با استفاده از گاری های مخصوص کار انتقال UF6 به سمت درب خروجی را انجام داده و به سمت سایت های غنی سازی نطنز یا فردو حمل می شوند تا با رعایت اصول ایمنی حمل چنین بارهایی منتقل گردند. این سیلندرها از آلیاژ خاصی از کربن استیل در داخل ایران ساخته شده اند و در آن ها بین ۸ تا ۱۰ تن UF6 جامد طبیعی پر می شود. از نکات جالب واحد تولید UF6 وجود بخشی به نام