معرفی محصولات ارزشمند تولید شده از گاز کربن دی‌اکسید

حکمرانی کربن (شماره 2)

گردآورندگان: سید مجتبی صالح (نخبه وظیفه)، محمدعلی مانیان (کارشناس پژوهش و فناوری)

در شماره قبل از سری عناوین حکمرانی کربن (سری شماره 1) به طور خلاصه به منابع انتشار گازهای گلخانه‌ای مانند CO_2، CH_4، N_2O و CFC_s اشاره‌ای شد. این یادداشت قصد دارد به صورت اجمالی به معرفی و بررسی محصولات و مواد شیمیایی ارزشمندی که می‌توان از طریق به دام‌انداختن، ذخیره و استفاده از مهم‌ترین گاز گلخانه‌ای یعنی گاز کربن دی‌اکسید تولید نمود، بپردازد تا به نحو مشخص‌تری ارزشمند بودن توجه و حرکت به سمت وضع قوانین، بررسی لایحه ها و اجرا نمودن طرح‌های پیشنهادی از سوی مراجع ذی‌ربط توجیه و در الویت قرار گیرد تا کشور بتواند در مسیر مدیریت درست‌تر و اصولی‌تر کربن گام بردارد. بر اساس مطالعات صورت گرفته بر روی محصولات شیمیایی حاصل‌شده از گاز کربن دی‌اکسید، متداول‌ترین محصولات عبارتند از: اوره، فرمیک اسید، کربنات‌های حلقوی، سالیسیلیک اسید، متانول و غیره. در ادامه به طور مختصر سه مورد از این محصولات یعنی اوره، فرمیک اسید و متانول معرفی می‌شوند.

اوره:

اوره یا کاربامید[1] ترکیبی آلی با فرمول $CO(NH_2)_2$ است. فرآیند اصلی تولید اوره اولین بار در سال 1992 صورت گرفت. این فرآیند شامل دو واکنش اصلی تعادلی است که اولین واکنش، واکنشی گرمازا و سریع بین آمونیاک مایع و گاز کربن دی‌اکسید در دما و فشار بالا جهت تشکیل کاربامات آمونیوم است:

$$2\ NH_3 + CO_2 \leftrightarrow H_2NCOONH_4 \qquad :(1)$$

واکنش دوم نیز تبدیل کاربامات آمونیوم به اوره و آب می‌باشد.این واکنش نسبت به واکنش اول، کندتر بوده و گرماگیر است:

$$H_2NCOONH_4 \leftrightarrow CO(NH_2)_2 + H_2O \qquad :(2)$$

[1] carbamide

باید توجه داشت که اوره دارای کاربردهای متنوعی در صنایع مختلف است. برای مثال بیشترین کاربرد این محصول با ارزش در بخش کشاورزی و به عنوان کودهای شیمیایی نیتروژن‌دار است. همچنین از اوره به عنوان ماده اولیه جهت تولید پتاسیم سیانات که در زمینه آبکاری و استخراج فلزات کاربرد دارد، استفاده می‌شود. کاربردهای دیگر اوره عبارتند از: تولید چسب های اوره فرمالدئید و ملامین فرمالدئید، تولید نیترات اوره به عنوان یک ماده منفجره، استفاده در ساخت انواع پلاستیک‌ها و غیره. علاوه بر این موارد از اوره در فیلتر بازسازی ذرات (سیستم اگزوز موتورهای دیزلی) نیز استفاده می‌شود. همچنین ذکر این نکته الزامی است که کود اوره پس از قرارگرفتن در خاک، هیدرولیز شده و به آمونیاک و دی اکسید کربن تبدیل می‌شود و بدین ترتیب برای تغذیه محصولات زراعی کاربرد داد.

فرمیک اسید:

به منظور تولید فرمیک اسید در سال‌های اخیر تحقیقات و مطالعات گسترده‌ای صورت گرفته است. محققان دانشگاه رایس واقع در تگزاس آمریکا اخیرا موفق به ساخت یک راکتور شیمیایی شده‌اند که می‌تواند دی اکسید کربن را به فرمیک اسید تبدیل کند. فرمیک اسید تولیدشده با استفاده از این راکتور دارای درصد خلوص بالایی است. به عبارت بهتر مزیت استفاده از این فناوری نسبت به سایر روش‌های قدیمی این است که اولا محصول تولیدشده نیازی به پالایش نخواهد داشت و دوما به خاطر استفاده از یک کاتالیزور ویژه، واکنش تولید فرمیک اسید سریع‌تر از سایر روش‌ها خواهد بود. این ماده که با نام‌های جوهر مورچه و متانوئیک اسید نیز شناخته می‌شود، به عنوان سوخت مایع مورد استفاده قرار می‌گیرد. علاوه بر آن یکی دیگر از کاربردهای فرمیک اسید، استفاده به عنوان منبع تامین مواد اولیه جهت انجام برخی فرآیندهای شیمیایی است.

متانول:

در ابتدا باید توجه داشت که متانول یکی از سه محصول شیمیایی مهم در دنیا محسوب می‌شود و صنایع مختلف به حدی وابسته به این ماده هستند که آن را به یک محصول استراتژیک تبدیل کرده‌اند. متانول که گاهی اوقات با نام متیل الکل نیز شناخته می‌شود، ماده شیمیایی با ارزشی است که خود می‌تواند به عنوان ماده اولیه جهت تولید فرمیک اسید (واکنش‌های 3 و 4)، استیک اسید (واکنش 5)، فرمالدئید (واکنش 6)، دی متیل اتر (واکنش 7) و غیره مورد استفاده قرار گیرد:

$$CH_3OH + CO \longrightarrow HCOOCH_3 \qquad :(3)$$

$$HCOOCH_3 + H_2O \longrightarrow CH_3OH + HCOOH \quad :(4)$$

$$CH_3OH + CO \xrightarrow{\text{catalyst}} CH_3COOH \quad :(5)$$

$$2\,CH_3OH + O_2 \longrightarrow 2\,CH_2O + 2\,H_2O \quad :(6)$$

$$2\,CH_3OH \longrightarrow CH_3OCH_3 + H_2O \quad :(7)$$

علاوه بر این موارد از متانول به طور مستقیم به عنوان سوخت نیز می‌توان بهره برد. متانول به دلایلی همچون دمای اشتعال پایین‌تر، خطرات احتمالی کمتر و همچنین عملکرد بهتر به هنگام سوزاندن در مقایسه با استفاده از بنزین، ارجحیت دارد. استفاده از فناوری‌های تولید متانول در کشورهایی که دارای تنوع انرژی‌های تجدیدپذیر هستند و همچنین چارچوب قانونی مشخصی برای تبدیل انرژی‌هایی مانند انرژی خورشیدی به مواد شیمیایی دارند، روز به روز در حال افزایش است.

طبق آمار منتشرشده در سال‌های اخیر، تولید متانول به عنوان اولین محصول بزرگ سنتزشده از گاز کربن دی‌اکسید پس از اوره شناخته می‌شود. طبق گزارش منتشر شده از موسسه MMSA[2] در سال 2020 ظرفیت اسمی تولید متانول در جهان به بیش از 100 میلیون تن رسیده است. پیش‌بینی می‌شود تا سال 2027، نزدیک به 5.5 میلیون تن متانول سبز (تجدیدپذیر) در جهان تولید گردد. باید توجه داشت که تولید متانول سبز باید به بیش از 540 میلیون تن در سال برسد تا بتواند به طور کامل جایگزین تمام سوخت‌های دریایی در سال 2050 شود.

لازم به ذکر است باید توجه داشت که انرژی خورشیدی نقشی اساسی در تبدیل گاز کربن دی‌اکسید به متانول در جهت رفع بخشی از مشکلات گازهای گلخانه‌ای را ایفا می‌کند. بر همین اساس آشنایی با هر کدام از روش‌ها و تکنولوژی‌های موجود در جهان جهت سنتز متانول از اهمیت بالایی برخوردار است. در همین خصوص تکنولوژی‌ها و راهکارهای مختلفی ارائه شده‌اند که برخی از آن‌ها عبارتند از: فرآیندهای فوتوکاتالیستی، فرآیندهای فوتوالکتروکاتالیستی، فرآیندهای فوتوگرمایی و غیره. در سری بعدی از انتشار یادداشت‌های حکمرانی کربن، این فرآیندها به صورت دقیق‌تر و تحت عنوان قسمت سوم از سلسله مباحث حکمرانی کربن مورد بررسی قرار خواهند گرفت.

منابع و مراجع

[1] Abad, A., Adanez, J., Garcia-Labiano, F., de Diego, L., Gayan, P., 2010. Modeling of

[2] Methanol Market Services Asia

the chemical looping combustion of methane using a Cu-based oxygen-carrier. Combust. Flame 157, 602–615.

[2] Fan, L. et al. Electrochemical CO2 reduction to high-concentration pure formic acid solutions in an all-solid-state reactor. Nat. Common. 11, 3633 (2020).

[3] A low overpotential photoelectrochemical reduction of carbon dioxide to methanol with highly photoactive hierarchical structured cuprous oxide, Ceram. Int. (2020) 26004–26016.