

تولید تجاری کاتالیزگر در ایران - چالش‌ها و راهکارها

مریم تخت‌روانچی*، سعید صاحب‌دل‌فر

تهران، شرکت ملی صنایع پتروشیمی، شرکت پژوهش و فناوری پتروشیمی

پیام نگار: m.ravanchi@npc-rt.ir

چکیده

کاتالیزگرها به عنوان شتاب دهنده واکنش‌های شیمیایی در صنایع نفت و پتروشیمی اهمیت زیادی دارند. فناوری تولید کاتالیزگرها دانش محور و به شدت رقابتی و محرمانه است، بنابراین در ادبیات علمی اطلاعات بسیار کمی در مورد آن یافت می‌شود. با وجود پژوهش گسترده در زمینه توسعه کاتالیزگرها در مقیاس آزمایشگاهی و پایلوت (صنعتی)، تاکنون هیچ یک از کاتالیزگرهای با دانش داخلی در مقیاس صنعتی اجرا نشده‌اند. تلاش‌های معدود انجام شده برای انتقال فناوری ساخت کاتالیزگر از تولیدکنندگان خارجی به دلایلی از جمله عدم اجرای صحیح فرآیند انتقال و جذب فناوری و انتخاب نامناسب تامین کننده دانش فنی با شکست مواجه شده‌اند. در کار حاضر توسعه کاتالیزگرهای تجاری از آزمایشگاه تا صنعت و مشکلات موجود در راه تجاری سازی آن‌ها بررسی و برای بومی سازی تولید کاتالیزگر در کشور راهکارهایی ارائه می‌شود. تجربه‌های ناموفق داخلی و موفق برخی کشورها در خصوص بومی سازی تولید کاتالیزگر نیز به عنوان الگو بررسی می‌شود.

کلمات کلیدی: کاتالیزگر، افزایش مقیاس، تولید تجاری، انتقال فناوری، الگوبرداری، صنایع پتروشیمی

۱- مقدمه

است، ولی همچنان در زمینه مهم‌ترین عامل تبدیلات شیمیایی نفت و گاز طبیعی یعنی کاتالیزگر، نیازمند به تامین از بازارهای خارجی است. کاتالیزگر به عنوان محصولی با فناوری پیشرفته، و نه یک ماده شیمیایی، شناخته می‌شود. از طرف دیگر کارایی کاتالیزگر نقش مهمی در سودآوری یک واحد تولیدی پتروشیمیایی دارد. برگزیدن کاتالیزگر نامناسب ممکن است بسیار زیان‌آور باشد و مشکلات فرآیندی ایجاد کند.

دستیابی به دانش تولید کاتالیزگر در داخل کشور از آرمان‌های مدیران صنعت نفت بوده است. در این زمینه تلاش‌هایی از اوایل دهه ۱۳۵۰ انجام و مذاکراتی برای ورود فناوری مربوط به آن، با تولیدکنندگان بین‌المللی انجام شده ولی هیچ‌گاه محقق نشده است. حرفه‌ی تولید کاتالیزگر به شدت رقابتی و با مخفی کاری همراه است.

کاتالیزگرهای ناهمگن اغلب به مخلوطی از جامدها اطلاق می‌شوند که واکنش شیمیایی را تسریع می‌کنند بدون آن‌که خود دستخوش تغییر شوند. ولی، دامنه‌ی این تعریف بسیار محدود است زیرا خواص کاتالیزگر ممکن است با زمان تغییر زیادی پیدا کند [۱]. کاتالیزگرها در انجام واکنش‌های شیمیایی در شرایط ملایم و قابل اجرا در صنعت اهمیت زیادی دارند. در واقع انجام بسیاری از واکنش‌ها در مقیاس تجاری مستلزم وجود کاتالیزگر مناسب برای واکنش است. در مراحل مختلف تولید یک ماده‌ی شیمیایی ممکن است از چندین کاتالیزگر متفاوت استفاده شود.

صنعت نفت ایران در بخش پایین دستی به ویژه پتروشیمی به پیشرفت‌هایی در زمینه‌ی طراحی و اجرای مهندسی دست یافته

اثرات زیست محیطی روش ساخت است. در جدول (۱) شدت اثر افزایش مقیاس بر روی برخی از عملیات واحد آورده شده است. مساله‌ی مهم بعدی شکل‌دهی کاتالیزگر است. اگرچه در بسیاری موارد، شکل دهی کاتالیزگر در مقیاس آزمایشگاهی به اندازه‌ی کافی مورد توجه واقع نمی‌شود، ولی شکل دهی کاتالیزگر و پایه‌ی آن مرحله‌ای کلیدی در دستور العمل تهیه‌ی تجاری کاتالیزگر است. شکل و اندازه‌ی کاتالیزگر باید فعالیت کاتالیزی، قدرت ذرات در مقابل سایش و خورد شدن را افزایش و افت فشار در بستر کاتالیزگر و هزینه‌ی ساخت را کاهش دهد [۳].

باید به این نکته توجه داشت که کاتالیزگری که در آزمایشگاه یا توسط تولید کننده ساخته می‌شود باید آزمایش گردد تا مشخصات کنترل کیفی را برآورده کند. شرکت‌های کاتالیزگر ساز گواهی ISO 9002 را دارند که کنترل کیفیت را هم مطمئن می‌کند.

نوآوری در ساخت کاتالیزگر باید در راستای واقعیت‌های صنعت باشد، استفاده از خوراک‌های متعارف، افزایش سوددهی و کمینه کردن اثرهای زیست محیطی چالش‌های جاری صنایع شیمیایی هستند. توسعه‌ی یک کاتالیزگر معمولاً ۵ تا ۱۰ سال طول می‌کشد که در اقتصاد طرح یک کاستی محسوب می‌شود.

جدول ۱- دسته‌بندی عملیات واحدهای تهیه‌ی کاتالیزگر با توجه به مشکلات افزایش مقیاس [۴]

بدون مشکل در افزایش مقیاس	با مشکل در افزایش مقیاس
عملیات هیدروترمال یا پیر سازی	خلوص مواد اولیه
باز یافت جامد (صاف کردن، ته‌نشینی، ...)	هم‌زدن (گرادیان‌های دما و غلظت، کنترل pH)
شستشو	متصاعد شدن گرما (کنترل اتمسفر)
خشک کردن	شکل دهی
فعال سازی	مسموم یا پیر شدن

۳- انتقال فناوری و مشکلات آن

فناوری ساخت کاتالیزگر دانش محور است. لذا به همراه مواردی از دانش آشکاری که در این علم وجود دارد، دانش ضمنی و نهفته نیز موجود است که در هیچ کجا نوشته نشده ولی بسیار کلیدی و مورد

از تجربه و دانش حاصل که در تولید موفق کاتالیزگر اهمیت کلیدی دارد به شدت محافظت می‌شود. به همین دلیل دانش فنی مربوط تنها در دست چند شرکت بین‌المللی تولید کاتالیزگر قرار دارد.

برای دستیابی به دانش فنی تولید کاتالیزگر در کشور دو روش به صورت موازی به کار گرفته شده است: توسعه فناوری در داخل کشور و انتقال فناوری از خارج کشور. روش‌های ترکیبی نیز مورد توجه قرار گرفته‌اند که هیچ کدام تاکنون موفقیت آمیز نبوده‌اند.

در این مقاله ساخت کاتالیزگر از آزمایشگاه تا صنعت به همراه مشکلات موجود در راه تجاری‌سازی آن مورد بررسی قرار خواهد گرفت و از تجارب موفق دیگر کشورها در این زمینه استفاده خواهد شد تا راهکاری مناسب برای بومی سازی تولید کاتالیزگر در ایران ارائه گردد.

۲- تولید کاتالیزگر از مقیاس آزمایشگاهی تا صنعتی

روش تهیه کاتالیزگر را می‌توان به شماری از مراحل مقدماتی یا عملیات واحد تقسیم کرد. این عملیات بسته به نوع کاتالیزگر شامل رسوب‌گیری، تشکیل ژل، صاف کردن، شستن، تلقیح، خشک کردن، تکلیس، شکل دهی و فعال سازی می‌باشند [۲].

فناوری تولید کاتالیزگر ذاتاً مهارتی است و به تعامل نزدیک با دارندگان فناوری نیاز دارد. به دلیل رقابتی و محرمانه بودن شدید اطلاعات مربوط به ساخت کاتالیزگرها و نبود اطلاعات کافی در منابع علمی و پاتنت (اختراع ثبت شده)، دستیابی به دانش فنی تولید کاتالیزگر بسیار دشوار است. دستور کار ساخت کاتالیزگر معمولاً به روش تجربی و با صرف هزینه‌ی زیاد به دست می‌آید. هر تغییر جزئی در روش ساخت ممکن است تاثیر بزرگی بر کارایی کاتالیزگر مورد نظر داشته باشد. جزئیات روش تهیه‌ی کاتالیزگر معمولاً در دسترس افراد خارج از مجموعه‌ی تولیدی قرار داده نمی‌شود. بنابراین، تهیه‌ی کاتالیزگرهای با کارایی خوب صنعتی ممکن است حتی برای پژوهشگران کاتالیزگر، اگر به شیوه‌ی تولید وارد نباشند مشکلات حل نشدنی ایجاد کند.

نخستین مساله‌ای که در تولید تجاری کاتالیزگر باید مورد مطالعه قرار گیرد خلوص مواد اولیه است؛ زیرا در مقیاس آزمایشگاهی مواد اولیه‌ی خالص به کار برده می‌شوند، ولی در مقیاس تجاری این گونه نیست. مورد دیگری که معمولاً در دستور کارهای آزمایشگاهی مورد توجه قرار نمی‌گیرد ولی در مقیاس تجاری مهم است مصرف انرژی و

نیاز جهت تولید کاتالیزگر می‌باشد. به همین خاطر برای انتقال فناوری نباید تنها به گرفتن مستندات اکتفا نمود و باید با فرستادن محققین و دانشمندان به مراکز تحقیقاتی شرکت انتقال‌دهنده‌ی فناوری، سعی کرد تا از این طریق دانش را به صورت حضوری و رو در رو فرا گرفت.

روابط سیاسی بین دو کشور مهم‌ترین پارامتر است. امکان انتقال فناوری از کشوری که با آن هیچ‌گونه رابطه‌ی سیاسی نداریم وجود ندارد. هم‌چنین زمینه‌ی همکاری بین دو کشور باید طوری باشد که منعی برای انتقال فناوری نباشد. برای مثال، چون در صنعت فولادسازی دانش فنی در حال حاضر ارزشی ندارد، انتقال فناوری آن در خاورمیانه به راحتی انجام می‌شود. ولی در مورد انتقال دانش فنی ساخت کاتالیزگر این‌گونه نیست. زیرا این دانش رمز و رموز دارد و تولید کننده می‌خواهد آن را برای خودش حفظ کند مگر آن‌که همکاری به صورت مشترک^۱ باشد و منافع طرفین حفظ شود.

جذب فناوری بدون پشتیبانی بخش تحقیق و توسعه امکان‌پذیر نیست، چون باید کسانی باشند که متخصص باشند و کار را ادامه دهند. معمولاً تحقیق و توسعه از کشور میزبان انتخاب می‌شود. اگر شرکت خارجی بخواهد بخش تحقیق و توسعه را هم بیاورد، هزینه‌ی تمام شده‌ی کاتالیزگر بسیار بالا می‌رود که مقرون به صرفه نیست.

۴- برزیل کشوری موفق در بومی سازی تولید کاتالیزگر

کشور برزیل یکی از نمونه‌های موفق در زمینه‌ی همکاری بین المللی برای انتقال فناوری تولید کاتالیزگر است. ریشه‌ی این همکاری به سال ۱۹۸۲ و بروز جنگ فاکلند برمی‌گردد. در آن زمان برزیل با تحریم کشورهای امریکا و انگلیس و تعداد دیگری از کشورها مواجه شد. لذا در تامین برخی کالاهای استراتژیک خود دچار مشکل گردید. از جمله این موارد کاتالیزگر کراکینگ بود. جدای از عوامل سیاسی و توجه ویژه به موضوع حاکمیت ملی که ممکن بود تامین کاتالیزگر را به خطر بیندازد، سیاست اقتصادی دولت، جای‌گزینی واردات را با تولید ملی تشویق می‌کرد [۵].

پس از انجام مطالعات امکان سنجی بر اساس دلایلی همچون امکان دستیابی به فناوری‌های تولید، وجود مواد خام داخلی، برگشت

سرمایه‌ی ارز خارجی در یک سال و برگشت کلی سرمایه طی شش سال به این نتیجه رسیدند که ایجاد یک واحد کاتالیزگر داخلی امکان پذیر است. اما این شرکت نیاز به یک همکار خارجی داشت تا بتواند این واحد را ایجاد کند. انتخاب یک شرکت جهت انتقال دانش فنی باید براساس تعهد طرفین به اشتراک گذاشتن فناوری پژوهش و توسعه، و نه تنها بر اساس نوع فناوری تولید، موجود باشد.

برای انتخاب شرکت خارجی باید ظرفیت پژوهش، تنوع محصولات و تمایل برای انتقال فناوری را مد نظر قرار داد. شرکت نفت دولتی برزیل (Petrobrás) به شرکت‌های علاقه‌مند به همکاری در کانال‌های خوب ارتباط با دولت و کانال‌های توزیع موثر محصول داخل کشور، یک واحد پالایشگاهی بزرگ برای آزمون‌های کارایی محصول و تجربه در به کار بردن کاتالیزگر را در مقابل انتقال فناوری از طرف مقابل پیشنهاد داد. هم‌چنین ضمانت داده شد که تامین کاتالیزگرهای پالایشگاه‌های Petrobrás به صورت انحصاری از شرکت برگزیده انجام شود. شرکت Akzo بهترین شرایط را برای همکاری مشترک ارائه کرده بود؛ زیرا با ارائه دانش فناوری به صورت کلی و دائمی و به صورت باز موافقت کرد. هم‌چنین دانش و فناوری آزمون Petrobrás با پژوهش و توسعه و فناوری تولید Akzo مشابه و سازگار ارزیابی شد. نهایتاً در سال ۱۹۸۶ موافقت‌نامه‌ای میان Petrobrás و شرکت Akzo هلند در زمینه‌ی انتقال فناوری کاتالیزگر کراکینگ به امضای طرفین رسید. در طرف برزیلی دو زیرمجموعه آن، Petroquisa و Oxiten do Nordeste قرار داشتند. موضوع توافق، ایجاد شرکت FCCSA برای تولید، تجاری سازی و صادر کردن کاتالیزگرهای کراکینگ در برزیل و خارج آن بود. در این میان، Petroquisa و Akzo هر کدام ۴۰٪ سهم FCCSA را داشتند، در حالی که Oxiten ۲۰٪ سهم را داشت. جدول (۲) بیانگر آورده‌ها و دستاوردهای هر یک از سه طرف در این همکاری مشترک است. هم‌اکنون به جز برزیل، این شرکت کاتالیزگرهای خود را به آرژانتین، اوروگوئه، کلمبیا و شیلی صادر می‌کند. FCCSA مجاز نیست در بازاری که در رقابت مستقیم با Akzo باشد، رقابت کند (یعنی هر کجا به جز کشورهای آمریکای لاتین). با وجود این، FCCSA برخی از نیازهای مشتری‌های Akzo در ژاپن و ایتالیا را تامین کرده است.

1. Joint Venture

جدول ۲- مشخصات توافق نامه FCCSA برای هر یک از طرفین [۵]

نام شرکت	آوردها	دستاوردها
Petrobrás (Petroquisa)	- دسترسی گسترده به بازار با توجه به این واقعیت که Petrobrás یک شرکت مادر و انحصاری در حوزه نفت و مشتقات آن در منطقه خودش است.	- بومی سازی تولید یک کالای استراتژیک وارداتی
	- پشتیبانی تکنولوژیک و کمک محققان	- مشکلات فناوری در بدست آوردن بازارهای بین المللی
	- تجربه در کاربردهای کاتالیزگر	
Oxiteno NE	- تجربه در بازار داخلی کاتالیزگر	- تنوع تولیدات - تجربیات فنی
Akzo	- پشتیبانی فنی توسط مرکز تحقیق و توسعه	- فناوری مناسبتر برای بازار محلی
	- تجربه‌ی صنعتی	- تضمین بازار برزیل
	- تجربه‌ی تجاری سازی در بازار جهانی	- دسترسی به بازارهای امریکای لاتین

۵- بومی سازی تولید کاتالیزگر در ایران

جهت انتخاب نهایی فناوری مورد همکاری، لازم است تا همانند برزیل، امکان سنجی دقیقی صورت گیرد و با توجه به تحلیل‌های اقتصادی و سیاسی، فناوری مورد همکاری انتخاب شود. نوع همکاری پیشنهادی، سرمایه‌گذاری مشترک است. با عنایت به این که در این نوع همکاری هر یک از طرفین آورده‌ای باید داشته باشد، در ازای آورده‌ی دانش فنی فناوری طرف مقابل، می‌توان مزایای نسبی ایران را که همانا بازار خوب، وجود مجتمع‌های پالایشگاهی و پتروشیمی متعدد و نیروی انسانی ارزان می‌باشد ارائه کرد. همچنین در مراحل میانی همکاری از امکان آزمون کاتالیزگر در حال توسعه در واحدهای صنعتی ایران نیز می‌توان به عنوان آورده بهره برد. رویکرد توسعه‌ی فناوری مناسب برای همکاری در ایران رویکرد توسعه‌ی صادرات است. بدیهی است که ورود به بازار رقابت جهانی نیازمند تضمین کیفیت و قیمت پایین نسبت به رقبا می‌باشد. با توجه به قصد ایران در پیوستن به سازمان تجارت جهانی و همچنین شکست تجربه‌ی رویکرد جایگزینی واردات فناوری کاتالیزگر در ایران، رویکرد جای‌گزینی واردات به هیچ وجه پیشنهاد نمی‌شود. اما با توجه به شرایط محیطی و جغرافیایی سیاسی کشور ایران، این مرحله می‌تواند به عنوان مرحله‌ی میانی در نظر گرفته شود ولی هدف نهایی توسعه صادرات باشد (مشابه برزیل). از طرفی ایران

دارای بازار بسیار خوبی برای انواع کاتالیزگر نظیر کاتالیزگرهای گاز سنتز، متانول، آمونیاک و زیگلر-ناتا است. لذا از این اهرم می‌توان به عنوان آورده‌ی همکاری استفاده کرد و شرایط انتقال دانش ضمنی فناوری به داخل کشور را فراهم نمود. زمینه‌ی همکاری مطلوب در ایران با توجه به دو عنصر باید تعیین گردد: اولاً چشم‌انداز و اهداف کلان صنعت چيست و ثانياً محدودیت‌های پتانسیل فعالیت داخل کشور چه می‌باشد. لذا لازم است هدفی بلندپایه و با توجه به توانمندی‌های داخل در مدنظر قرار گیرد. در مجموع زمینه‌ی همکاری مطلوب در فناوری‌های در حال رشد برای کشور مناسب‌تر خواهد بود.

باید خاطرنشان شود که همکاری انتخابی باید همکاری بلندمدت و استراتژیک باشد تا بتوان از طریق فرایند تعاملی و پیوسته به انتقال فناوری و توسعه و به‌کارگیری آن در ایران دست یافت.

۶- نتیجه‌گیری

در مورد توسعه‌ی دانش فنی ساخت کاتالیزگر در ایران، به دلیل نبود دانش و تجربه‌ی لازم، عدم استقبال و عدم اطمینان مصرف‌کنندگان نهایی، نتایج، معمولاً تا حد آزمایشگاهی باقی مانده است و در مواردی حتی از مقیاس پایلوت بالاتر نرفته است. در مورد انتقال فناوری، موارد معدودی اجرا شده و به دلایلی از جمله عدم اجرای

- صحیح فرایند انتقال و جذب فناوری و انتخاب نامناسب دارنده امتیاز با شکست مواجه شده‌اند. برای رفع این مشکل موارد زیر به عنوان راهکار پیشنهاد می‌شوند:
- استفاده کنندگان نهایی بالقوه در مراحل توسعه‌ی کاتالیزگر شراکت و نظارت داشته باشند تا ضمن اعمال نظر و انتظارات خود، اطمینان متقابل حاصل شود.
 - ضمانت مناسب جهت تامین خسارت احتمالی در صورت مناسب نبودن عملکرد کاتالیزگر (دست کم در مورد اجراهای اول) داده شود. دولت و شرکت‌های بیمه می‌توانند در این مورد مساعدت کنند.
 - زیرساخت‌های لازم جهت ساخت و آزمون کاتالیزگر از جمله آزمایشگاه‌های پژوهشی و دستگاه‌های پایلوت فراهم یا تجهیز شوند.
 - همکاری چند جانبه میان صنعت-دانشگاه- دولت-بخش خصوصی جهت تامین هزینه‌های مربوط انجام شود.
 - جهت پر کردن خلاء اطلاعاتی و تسریع در حصول نتیجه، استخدام کارشناسان خارجی مورد توجه قرار گیرد.
 - قبل از آغاز هر گونه پژوهش باید کاتالیزگر هدف بر اساس بررسی فنی و توجیه اقتصادی مشخص شود. پارامترهای موثر در گزینش کاتالیزگر هدف پیچیدگی تولید، میزان مصرف و امکان انعطاف خط تولید برای کاتالیزگرهای با فرمولاسیون مشابه است.
- با توجه به ساختار دولتی اکثر شرکت‌های فعال در ایران، و همچنین آغاز روند خصوصی‌سازی به نظر می‌رسد که ساختار پیشنهادی برزیل، ساختار مناسبی برای پیاده‌سازی این نوع همکاری در ایران باشد. وظیفه‌ی شرکت خصوصی در این میان بازاریابی است که کم‌تر از عهده‌ی شرکت‌های دولتی در کشورهایی همچون ایران بر می‌آید.

مراجع

- [1] M. Campanati, G. Fornasari, A. Vaccari, "Fundamentals in the preparation of heterogeneous catalysts", *Catalysis Today*, 77, 299-314, (2003).
- [2] E. Gallei, E. Schwab, "Development of technical catalysts", *Catalysis Today*, 51, 535-546, (1999).
- [3] B. E. Leach, "Catalysis, Industrial, in A. Robert Meyers", (ed.) *Encyclopedia of Physical Science and Technology*, Tarzana, 3rd edn, 491-500, (2004).
- [4] N. Pernicone, "Scale-up of catalyst production", *Catalysis Today*, Vol, 34, 535-547, (1997).
- [5] A. M. S. Antunes, "The Brazilian FCC Catalyst Plant: An Example of a Successful Joint Venture between Petrobrás and Akzo Bringing about Technological Innovation", *The Journal of Technology Transfer*, 25, 37-42, (2000).