

یادداشتی بر مقاله

## شبیه سازی دیفیوژن گاز در لوله های مویینه و جامدات متخلخل [۱]

محمدچالکش امیری\*

ضمن تشکر از نویسندگان محترم مقاله فوق توجه ایشان را به نکات زیر جلب می کنم:

۱- در شکل ۱ حرکت گاز از محیط تحت فشار به خلاء و مکانیسم متفاوت انجام می پذیرد [۲]:

الف) مکانیسم هیدرودینامیکی: به دلیل وجود اختلاف فشار جریان گاز از داخل لوله های مویینه برقرار می شود که بستگی به عدد رینولدز<sup>۱</sup> دارد و برای جریان آرام شار جریان از قانون پوایسله<sup>۲</sup>، تبعیت می کند.

ب) مکانیسم دیفیوژن مولکولی: اگر  $\frac{I}{\lambda} > 20$  باشد دیفیوژن ملکولی داریم ولی اگر  $\frac{I}{\lambda} < 0.1$  باشد رابطه نودسن<sup>۳</sup> برقرار است.

---

\* استادیار دانشکده مهندسی شیمی - دانشگاه صنعتی اصفهان

1. Reynolds

2. Poiseuille's Law

3. Nudsen's Law

با توجه به اینکه مکانیسم دیفیوژن ملکولی وقتی به تنهایی حاکم است که اختلاف فشار کل در دو طرف صفحه جامد نداشته باشیم و فقط فشار جزئی فرق کند باید در عبارت "نودسن توانست به روش تحلیلی رابطه ای برای شار ذرات یک گاز از درون یک لوله به شعاع  $r$  در اثر اختلاف فشار بین دو انتهای لوله بدست آورد" اختلاف فشار جزئی مورد نظر باشد نه اختلاف فشار کل.

۲- شکل ۱ از دید انعکاس ملکولهای گاز درست نیست زیرا هنگامی که گاز به داخل حفره نفوذ کند (بویژه برای حفره هایی با  $\frac{r}{\lambda} < 0.1$  و بنابراین با قطر کمتر از میکرون) طبق قانون کلونین [۳] می تواند به صورت مایع در آید و بنابراین نفوذ گاز در حفره هایی با قطر کمتر از میکرون و بازگشت آن به فاز گاز مقدور نیست. انعکاس گاز از آن جهت امکان پذیر است که در برخورد به سطح متخلخل، کسری از ملکولها موفق به نفوذ داخل حفره ها نشده، به فاز گازی بر می گردد.

۳- موازنه ارائه شده برای شار دیفیوژن در حالت یکنواخت (صفحه ۷۶) فقط در سطح کاتالیزور صادق بوده و باید به فرم زیر اصلاح شود:

$$-D_x \frac{dc}{dx} \Big|_{x=0} = f P (2\pi mkT)^{-0.5}$$

۴- در مقاله برای نیل به رابطه (۲) شرط  $\lambda \gg L \gg r$  اعمال شده است. ضرورت برقراری  $L \gg \lambda$  مورد تردید بوده، به احتمال خیلی زیاد شرط درست بصورت  $\frac{r}{L} \gg \lambda$  می باشد.

۵- برای رسیدن به رابطه (۳) شرط  $\lambda \rightarrow \infty$  اعمال شده است در حالیکه  $\lambda$  محدود بوده از رابطه

$$\lambda = \frac{3.2\mu}{P_t} \left( \frac{kT}{2\pi m} \right)^{0.5}$$

بدست می آید و حتی امکان بزرگ شدن تا چند متر هم برای  $\lambda$  وجود ندارد. در واقع برای نیل به رابطه (۳) اعمال  $\frac{r}{\lambda} \rightarrow 0$  کفایت می نماید که خود مستلزم کوچک بودن کامل قطر حفره هاست.

۶- در ذیل رابطه (۳)، بدون اقامه دلیل، ذکر شده است که  $D$  با ضریب  $(1 - \frac{3r}{2L})$  از  $D_k$  کمتر است. احتمالاً دلیل این امر برقراری رابطه نودسن فقط برای حفره های بسیار بسیار ریز است. برای حفره های بزرگتر از میکرون، نفوذ ملکولی هم نقش داشته سهمی معادل  $\frac{3r}{2L} \times 100$  درصد از

شار را به خود اختصاص می دهد. به این ترتیب، انتخاب  $\frac{r}{L} = \frac{1}{3}$  در رابطه (۸) نامعقول می نماید، چه در این روابط نسبت  $\frac{r}{L}$  بطور ضمنی خیلی کوچک فرض شده است. در غیر اینصورت مثلاً برای  $\frac{r}{L} = \frac{2}{3}$  مقدار  $D$  صفر می شود و برای  $\frac{r}{L} > \frac{2}{3}$  ضریب دیفیوژن منفی خواهد شد. نتایج شبیه سازی هم این امر را تأیید می کند که منحنی  $f$  در  $\frac{r}{L} = \frac{1}{3}$ ، ماکزیمم نداشته، تابعی صعودی است. این پدیده نیز معقول است زیرا  $\frac{r}{L}$  خیلی بزرگ مبین کاهش مقاومت در برابر نفوذ گاز در جسم متخلخل (شکل ۱۳) بوده و برای حفره های بزرگ کسر گاز نفوذ کرده ( $f$ ) باید بیشتر شود.

## مراجع

۱. آریانپور، غ و عباسی، م.ح.، "شبییه سازی دیفیوژن گاز در لوله های موینه و جامدات متخلخل"، استقلال - فنی و مهندسی، دانشگاه صنعتی اصفهان، شماره ۱۲، صفحات ۹۳-۷۳، ۱۳۷۱:
2. Treybal, R.E., *Mass Transfer Operations*, 3rd ed. McGraw-Hill, New York 1980.
3. Adamson, W., *Physical Chemistry of Surfaces*, 3rd ed., John Wiley, New York, 1976.