**مدل‌سازی CFD اختلاط دوغاب با استفاده از همزن INTERMIG**

منا اکبری 1\*

1 بندرعباس، دانشگاه هرمزگان، دانشکده مهندسی شیمی و نفت

m\_akbari321@yahoo.com \*

**چکيده**

اختلاط جامد و مایع یکی از مهمترین عملیات‌های اختلاط است که به دلیل کاربردهای گسترده آن در بسیاری از عملیات واحد مانند کریستالیزاسیون، جذب سطحی، واکنش کاتالیزور جامد، پلیمریزاسیون سوسپانسیون و فرآیندهای لجن فعال می باشد. در این مطالعه از دینامیک سیالات محاسباتی برای بررسی عملکرد همزن در یک درام صنعتی استفاده شده است. با توجه به اینکه سوسپانسیون باید پیش از استفاده همگن باشد، زمان مورد نیاز برای اختلاط کامل در درام اثر اندازه ذرات جامد مورد ارزیابی قرار گرفته است. نتایج نشان داد که همزن INTERMIG در اختلاط جامد- مایع بسیار مؤثر است و می‌تواند در مدت زمان بسیار کوتاهی سوسپانسیون همگنی ایجاد کند.

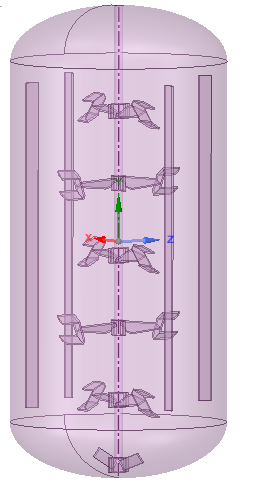
**واژگان کلیدی:**

همزن INTERMIG، دینامیک سیالات محاسباتی، سوسپانسیون جامد-مایع.

1. **مقدمه**

به فرآیند ایجاد حرکت در یک جهت خاص هم زدن گفته می‌شود. در صنایع شیمیایی، عملیات‌های بسیاری وجود دارند که نیازمند اختلاط مناسب و مؤثر سیالات هستند. با وجودی‌که همزن‌ها جزو تجهیزات مهم صنایع هستند، عدم شناخت درست آن‌ها موجب شده است که مشکلات زیادی در اختلاط سیالات وجود داشته باشد. اکثر همزن‌ها باعث ایجاد گرداب در مرکز مایع می‌شوند که سازندگان را مجبور می‌کند تا بافل‌ها را در داخل مخازن همزن قرار دهند. علاوه بر این، همزن کلاسیک حباب‌هایی را در داخل گاز ایجاد می‌کند که در مایعات با نقطه اشتعال پایین ممنوع است. هم زدن با اهداف متفاوتی انجام می‌شود مانند سوسپانسیون جامدات، مخلوط کردن مایعات قابل اختلاط، پراکنده کردن گاز در یک مایع به شکل حباب‌های کوچک، پراکندگی مایع دوم غیر قابل امتزاج با اولی، برای تشکیل امولسیون یا سوسپانسیون قطرات ریز و ترویج انتقال حرارت بین مایع و سیم‌پیچ یا ژاکت [1-7]. درام موردنظر در این مطالعه درامی صنعتی با یک همزن کف مخزن و 5 همزن مدل INTERMIG است. شکل 1 درام مورد نظر را نشان داده است. شکل خاص همزن باعث حرکت‌های چرخشی در تمام درام شده و سرعت اختلاط را بسیار بالا می‌برد.

در این مقاله سعی شده است که با استفاده از دینامیک سیالات محاسباتی (CFD) عملکرد همزن در یک درام صنعتی مورد مطالعه قرار گیرد. درام مورد نظر سوسپانسیونی حاوی جامدات با اندازه‌های مختلف بوده و هدف این بررسی، تعیین زمان تقریبی مورد نیاز برای رسیدن به اختلاط کامل بوده است.



شکل 1. درام و همزن‌های آن.

1. **مدل‌سازی CFD**

برای مدل‌سازی جریان در دوغاب در ابتدا باید معادلات و قواعد حاکم بر سیستم به صورت کامل بررسی شوند تا بتوان به نتایج مناسبی برای طراحی سیستم دست پیدا کرد. برای مدل‌سازی جریان دوغابی از دیدگاه اولرین استفاده شده است؛ زیرا در این مدل، معادلات مومنتوم، انرژی و موازنه اجزا برای هر فاز بصورت جداگانه حل شده و تصویری دقیق‌تر ارائه می‌دهد. با توجه به درخواست شرکت مورد نظر برای بررسی تمامی اندازه ذرات، سه اندازه مختلف (5، 10 و 70 میکرومتر) برای ذرات درنظر گرفته شده است. مشخصات سیال و جامد براساس اطلاعات واحد صنعتی مربوطه قرار داده شده است. در این درام سرعت همزن rpm 20 است که منجر به ایجاد آشفتگی در درام می‌شود. بنابراین از مدل k-ε RNG نیز برای درنظر گرفتن آشفتگی استفاده شده است.

برای اطمینان از مدل‌سازی و صرفه‌جویی در زمان و هزینه‌ها از مطالعه مش استفاده شده است. مطالعه مش با بررسی پراکندگی انرژی آشفتگی و انرژی سینتیکی آشفتگی در قطاعی افقی از مخزن انجام شده است. از سوی دیگر، نتایج مربوط به توان مورد نیاز برای همزن در مدلسازی (kW 21/3)، با توان همزن صنعتی (kW 25/3) مقایسه شد. این موضوع اعتبار مدل را نشان داده است. شکل 2 مش‌بندی انتخابی را نشان می‌دهد. مش در اطراف دیواره و در نزدیکی همزن ریزتر درنظر گرفته شد تا دقت نتایج را بالا ببرد. با توجه به اینکه تنها 40 درصد از مخزن صنعتی اصلی با سوسپانسیون پرشده بود، محدوده محاسباتی مورد نظر نیز 40 درصد شکل اصلی درنظر گرفته شده است. تعداد مش‌های مورد نظر حدود 5/1 میلیون درنظر گرفته شد.

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

شکل 2. مش‌بندی انتخاب شده برای درام.

1. **نتایج و بحث**

شکل 3 بردارهای سرعت بدست آمده را نشان می‌دهد. دو قطاع افقی در اطراف همزن INTERMIG درنظر گرفته شده تا جریان حال از آن را نشان دهد. این همزن دارای حرکت شعاعی و محوری است که می‌تواند در همگن کردن سوسپانسیون مؤثر باشد. به دلیل شکل خاص همزن، جریان در نزدیکی محور همزن به سمت پایین و در نزدیکی دیواره‌ها به سمت بالاست. اتلاف انرژی ناشی از وجود بافل‌ها در مخزن به شکل کاهش سرعت نشان دهنده‌ی ممانعت از ایجاد جریان مماسی در اطراف همزن است.

|  |
| --- |
|  |
|  |
|  |
| شکل 3. بردارهای سرعت در دو سطح افقی. |

شکل 4 کانتورهای سرعت بدست آمده برای هر سه اندازه ذرات و مایع را نشان می‌دهد. اولین لحظه زمان روشن شدن همزن را نشان می‌دهد. جامدات با اندازه کوچک با حرکت همزن به سرعت در مایع پخش می‌شوند. سرعت پخش شدن جامد با اندازه بزرگ‌تر به زمان بیشتری برای اختلاط در درام نیاز دارند. با توجه به اینکه اختلاط بیشتر از 95 درصد به عنوان اختلاط کامل درنظر گرفته می‌شود، می‌توان فرض کرد که پس از 90 ثانیه، سوسپانسیون در داخل درام همگن است.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | جامد با اندازه 5 میکرون | جامد با اندازه 10 میکرون | جامد با اندازه 70 میکرون | مایع |
| الف) 5 ثانیه |  | | | |
|  |
| ب) 20 ثانیه |
| ج) 40 ثانیه |
| د)60 ثانیه |
| ه) 90 ثانیه |

شکل 4. کانتورهای کسر حجمی جامد و مایع.

1. **نتیجه‌گیری**

در این مطالعه سعی بر آن بوده است که زمان مورد نیاز برای اختلاط کامل سوسپانسیون در یک درام صنعتی بوده است. همزن مورد استفاده در این مطالعه از جدیدترین انواع همزن‌هاست که هندسه خاص آن به اختلاط جامد در مایع در مدت زمان بسیار کم کمک می‌کند. زمان مورد نیاز برای اختلاط در این سیستم 90 ثانیه بدست آمده است. با توجه به اینکه دانسیته جامد و مایع خیلی به هم نزدیک هستند (دانسیته جامد kg/m3 780 و دانسیته مایع kg/m3 620) سرعت اختلاط و همگن شدن جامد در سیستم بالاست و پس از این مدت زمان، سوسپانسیون آماده استفاده و بهره‌برداری در واحد صنعتی است.

**منابع**

[1] Chen, J. G., D. Y. Luan, S. J. Zhou, and S. Y. Chen, 2011. Numerical Simulation of Solid-Liquid Suspension Performance with a Four-Pitched-Blade Punched Turbine, Petroleum Chemistry Equipment, 40, 29–32.

[2] Dohi, N., T. Takahashi, K. Minekawa, and Y. Kawase, 2004. Power Consumption and Solid Suspension Performance of Large-Scale Impellers in Gas-Liquid-Solid Three-Phase Stirred Tank Reactors, Chemical Engineering Journal, 97, 103–14.

[3] Gu, D. Y., Z. H. Liu, Z. H. Qiu, C. L. Xu, Z. M. Xie, J. Li, C. Y. Tao, and Y. D. Wang, 2017a. Solid-Liquid Suspension Behavior Intensified by Punched Rigid-Flexible Impeller, CIESC Journal, 68, 4556–64.

[4] Gu, D. Y., Z. H. Liu, Z. H. Qiu, J. Li, C. Y. Tao, and Y. D. Wang, 2017b. Design of Impeller Blades for Efficient Homogeneity of Solid-Liquid Suspension in a Stirred Tank Reactor, Advanced Power Technology, 28, 2514–3.

[5] Hosseini, S., D. Patel, F. Ein-Mozaffari, and M. Mehrvar, 2010. Study of Solid-Liquid Mixing in Agitated Tanks Through Computational Fluid Dynamics Modeling, Industrial & Engineering Chemistry Research, 49, 4426–35.

[6] Ibrahim, S., S. D. Wong, I. F. Baker, Z. Zamzam, M. Sato, and Y. Kato, 2015. Influence of Geometry and Slurry Properties on Fine Particles Suspension at High Loadings in a Stirred Vessel, Chemical Engineering Research and Design, 94, 324–36.

[7] Kasat, G. R., A. R. Khopkar, V. V. Ranade, and A. B. Pandit, 2008. CFD Simulation of Liquid-Phase Mixing in Solid-Liquid Stirred Reactor, Chemical Engineering Science, 63, 3877–85.

**CFD modeling of suspension mixing using an INTERMIG agitator**

**M.Akbari1\***

**1Department of Chemical Engineering, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran.**

**Abstract**

Solid-liquid mixing is one of the most important mixing operations due to its vast applications in many unit operations such as crystallization, adsorption, solid-catalyzed reaction, suspension polymerization, and activated sludge processes. In this paper, computational fluid dynamic was used to investigate the performance of an agitator in an industrial drum. Since the suspension must be homogeneous before usage, the required time for a complete mixing in drum and the effect of particle size has been evaluated. Results showed that INTERMIG agitator is very effective in solid-liquid mixing and can make a homogenous suspension in a short time.

**Keywords:** INTERMIG Agitator, Computational Fluid Dynamic, Solid-Liquid Suspension.