

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	A Study on Structured Microreactor for Process Intensification of Dry Reforming of Methane
著者(和文)	HAMZAHAnthony Bas
Author(English)	Anthony Basuni Hamzah
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第11613号, 授与年月日:2020年9月25日, 学位の種別:課程博士, 審査員:大川原 真一,吉川 史郎,関口 秀俊,多湖 輝興,松本 秀行
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11613号, Conferred date:2020/9/25, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

(博士課程)
Doctoral Program

論文要旨

THESIS SUMMARY

系・コース： Department of, Graduate major in	応用化学 応用化学	系 コース	申請学位 (専攻分野)： Academic Degree Requested	博士 (工学) Doctor of
学生氏名： Student's Name	Anthony Basuni Hamzah		指導教員 (主)： Academic Supervisor(main)	大川原 真一
			指導教員 (副)： Academic Supervisor(sub)	吉川 史郎

要旨 (和文 2000 字程度)

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

本論文は「A Study on Structured Microreactor for Process Intensification of Dry Reforming of Methane (メタンドライリフォーミングをプロセス強化するための構造化マイクロリアクターに関する研究)」と題し、英文で書かれ、6章から構成されている。

第1章「Introduction」では、気候変動問題を解決するためにメタンドライリフォーミング (DRM) をプロセス強化することの有用性を述べ、その手段として反応器の構造化やマイクロリアクターに関する既往研究を概観するとともにそれらの問題点を明らかにし、本研究の目的と意義を述べている。

第2章「Computational Fluid Dynamics modeling of packed bed reactor」では、充填層型反応器の Computational Fluid Dynamics (CFD) モデリング手法において壁面近傍の特異な空間率分布が運動量、熱、物質の移動におよぼす影響を考慮する必要性を述べている。既往の CFD モデリング手法として充填層を連続体近似することで計算負荷の低い Continuum CFD モデルと粒子形状を忠実に再現することで計算負荷は高いが予測精度の高い Particle-Resolved (PR) CFD モデルを概説したうえで、予測精度を高めるために連続体の支配方程式に流動抵抗、有効熱伝導度、有効拡散係数を空間率の関数として付加するの、空間率分布を壁面からの距離で相関する Correlation-based Continuum (CC) CFD モデルと高解像度の空間率分布を単純化せず直接用いる Pseudo-Particle Resolved Continuum (PPRC) CFD モデルを新たに提案している。

第3章「Implementation of CFD approaches in tubular and shaped-channel packed bed」では、第2章で提案した2つの CFD モデルを円形および正方形断面の充填層型反応器に適用し、圧力損失、壁面における Nusselt 数および Sherwood 数、充填層内温度分布などを予測している。それらの結果を、PR CFD モデルによるシミュレーション結果、既往の実験結果および相関式と比較して検証することで、提案した CC CFD モデルが充填層型反応器内の移動現象を正確に予測できることを明らかにしている。また、PPRC CFD モデルにおける高解像度空間率分布の実装手法が、充填層における空間率分布の解析および空間率相関式の導出に有用であることを示している。

第4章「Numerical and experimental validation studies of CWPMR」では、既往研究で DRM に適用されている Catalytic Wall Plate MicroReactor (CWPMR) に PR CFD モデルおよび第3章で予測精度を検証した CC CFD モデルを適用し、数値計算結果と実験結果を比較することでこれらのモデルの CWPMR への適用性を確認している。そのうえで、CWPMR の既往設計では充填層における熱と物質の移動方向の不一致および高い流動抵抗に起因して、メタンが供給される場所では熱が不十分で、逆に熱が供給される場所ではメタンが不十分となり、結果として反応器の性能が制限されていることを明らかにしている。

第5章「Structurization of CWPMR」では、第4章で熱および物質の移動に関する問題が明らかとなった既往設計 CWPMR に構造化を適用することで熱およびメタンを充填層深部に十分に移動させ、プロセス強化を試みている。CWPMR の内部空間を、反応ガス供給流路における邪魔板の有無および充填層上流端側の空洞の有無の組み合わせを変えて構造化し、PR CFD モデルおよび CC CFD モデルにより DRM 操作時の充填層における流動や、メタン濃度、反応速度、温度の分布、反応器の圧力損失などを予測して検討した。その結果、邪魔板と空洞の両方を有する構造化により、熱およびメタンの充填層への移動が改善し、その結果としてメタン転化率が著しく向上し、プロセス強化を達成できることを見出している。さらに、邪魔板の設置方法および空洞部の長さについて最適化を行っている。

第6章「Conclusions, outlook, and further direction of study」では、本研究で得られた成果を総括するとともに、今後の課題について言及している。

以上要するに、本論文は、充填層型反応器における空間率分布の影響を連続体の支配方程式に付加することで低い計算負荷と高い計算精度を同時に達成し、それゆえに反応器設計の最適化に資する新たな CFD モデルを提案し、その適用により既往設計 CWPMR の内部空間を邪魔板と空洞で構造化することで DRM のプロセス強化を達成したものであり、工学上、工業上貢献するところが大きい。よって本論文は博士 (工学) の学位論文として十分に価値あるものと認められる。

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note：Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1 copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ (T2R2) にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).

(博士課程)
Doctoral Program

論文要旨

THESIS SUMMARY

系・コース： 応用化学 系
Department of Graduate major in 応用化学 コース
学生氏名： Anthony Basuni Hamzah
Student's Name

申請学位 (専攻分野)： 博士 (工学)
Academic Degree Requested Doctor of
指導教員 (主)： 大川原 真一
Academic Supervisor(main)
指導教員 (副)： 吉川 史郎
Academic Supervisor(sub)

要旨 (英文 300 語程度)

Thesis Summary (approx.300 English Words)

Dry reforming of methane (DRM) offers a potential to overcome climate crisis by realizing carbon capture and storage or biomass-based greenhouse gas utilization and storage of intermittent renewable energy in the form of hydrogen. To address the issues of high energy requirement and coking in the DRM process, this thesis investigated the process intensification of DRM in terms of reactor structurization rather than catalyst material selection or process design. The catalytic wall-plate microreactor (CWPMR) was chosen as a base design, which consists of a blow-through channel and a micro catalytic packed bed on a plate to attain low pressure loss and higher catalyst loading, respectively.

To serve the process intensification of DRM in the CWPMR, empirical correlation-based and pseudo-particle resolved (PPR) continuum CFD approaches were newly proposed and established for packed bed modeling. The proposed CFD approaches were compared and validated using the detailed geometry-resolved CFD approach and experimental data in the literature. It was shown that the given approaches attained sufficient accuracy. It was found that directionally-averaging technique in the PPR approach can provide robust and straightforward analysis on packed bed porosity structure.

The established CFD procedure was employed to elucidate internal transport phenomena in the original design of CWPMR. Poor diffusivity of reactant in the porous packed bed catalytic layer, and resultant transport phenomena imbalances in this layer were found to severely impair the reaction performance.

The inner space of CWPMR was structurized to mitigate the severe flow stratification in the catalytic layer. Further, optimal configuration and flow structuring were achieved by the internal structure dimension parametrizations. It was shown that the proposed new design can attain a significant improvement of conversion compared to the original design of CWPMR, which was experimentally validated.

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note：Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。
Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).