

G 方程式燃焼モデルを用いた予混合乱流燃焼場の 数値解析

Numerical Analysis of Premixed Turbulent Combustion
Using the G-equation Model

岡 秀行, 春海一佳

平成15年11月

日本マリンエンジニアリング学会誌 第38巻11号

乱流燃焼場を数値解析する場合, その解析手法として DNS (Direct Numerical Simulation), LES (Large Eddy Simulation), RANS (Reynolds Averaged Navier-Stokes Equations) が挙げられるが, 実用燃焼器における高 Reynolds 数流れを実務上解析するために, 市販の汎用流体解析ソフトでは計算コストが小さい RANS が主に用いられている. しかしその反面, RANS は物理量の時間平均値を対象とした乱流モデルであるため, 火炎の吹き飛びや消炎, 燃焼振動等の燃焼の非定常現象の解析は不可能である. また, 乱流を直接数値シミュレーションする DNS では, 乱流場のすべてのスケールの渦が計算されなければならない. 乱流が3次元非定常現象であることを考えると, 必要な格子数は $Re^{9/4}$ 程度となり, Reynolds 数 Re が一般に 10^4 を超えるような工学的な問題に適用するには無理がある. そこで, この見積もりよりも少ない格子数で解像可能な程度 (グリッドスケール:GS) まで滑らかにした近似解を対象とする乱流モデルが, 本研究において着目する LES であり, 格子サイズより小さな変動の影響はサブグリッドスケール (SGS) 応力にモデル化してまとめられる.

近年の急速な計算機能力の向上に伴い, 設計等に反映させるための実用計算において, 流れ場の非定常現象の解析が可能な LES が, 燃焼場の数値解析手法として今後主流になっていくと考えられる. そこで, 比較的簡単な形状の火炎を形成する予混合乱流燃焼場を対象とし, 燃焼モデルには flamelet 概念に基づく G 方程式を, 乱流モデルには LES を用いて数値解析を行い, 克服すべき課題として次の2点について確認した.

1. 乱流燃焼速度 S_T を予測するための決定的な関係式は現在存在しないが, G 方程式を用いた燃焼モデルでは S_T の関係式を用いる必要がある. そこで, S_T についての異なるモデル方程式を用いて比較したところ, 火炎形状に違いが生じることが分かった.

2. G 方程式モデルによる予混合乱流燃焼場の LES では, LES モデルの違いにより数値的に予測される火炎形状に大きな差異が見られることが分かった.

アルミナ摩耗面のTEM観察

TEM Observations of Wear Surface of
Alumina

川越 陽一, 高橋 千織, 古谷 典ゆき,
千田 哲也, 足立 幸志

平成15年10月

機械学会第11回機械材料・材料加工技術講演会

アルミナは化学的に安定で, かつ高硬度, 高強度という特性を持つため, 耐摩耗材料への適用が期待される. アルミナは, 同種材料の滑り摩耗において, 室温と800℃以上の高温で, 比摩耗量が $10^{-6} \text{mm}^3/(\text{N}\cdot\text{m})$ 以下という優れた耐摩耗性を示すことがある. 一方で, 荷重が高い場合には同じ室温でも亀裂を発生させて $10^{-5} \text{mm}^3/(\text{N}\cdot\text{m})$ 以上の高い比摩耗量を示すこともある. 高温では表面に微細粒子の層が観察され, 摩耗減少に寄与するとされている. 一方, 室温のマイルド摩耗状態に関しては, 水酸化アルミニウムの形成がみられるとの報告はあるが, そのメカニズムは明らかではない. そこで, 室温で同種材料同士 (A1203/A1203) のすべり摩耗試験を行い, 低摩耗現象がみられたアルミナ試料について, 摩耗面近傍の透過型電子顕微鏡 (TEM) による観察と分析を行い, 表面近傍の微細構造の変化から, 摩耗のメカニズムを考察した.

室温で摩耗試験を行ったアルミナ試料について, 摺動部を走査型電子顕微鏡 (SEM) と TEM によりそれぞれ観察した. SEM による観察では, 摺動部は一部に亀裂が見られるものの, 全体が平滑化されている. TEM 観察から, 室温において摩耗試験を行った試料は, その摺動部最表面に通常では見られなかった膜状構造が生じていることが分かった. その最表面の膜状構造の直下にはいくらかの転位が見られる領域があり, さらにその内側 (十分に表面から離れた領域) は, オリジナルの結晶から殆ど変化の見られない組織からなる領域であった. それら各領域で電子線回折像を撮影した. 最表面の膜状構造の回折スポットはリング状につながっており, この膜状構造が, アモルファスに近い極微細粒構造であることが推測される. 転位が観察された領域 (最表面の膜状構造の内側の領域) での電子線回折像では, 回折パターンにひずみがみられたが, さらに内側の十分表面から離れた領域では殆どひずみの無い結晶であった. 摩耗面に生じたこの膜状構造が何らかの潤滑作用, あるいは応力分散の働きを持ち, 結果的に摩耗量を抑える効果を持つのではないかとと思われる.