



連携および共同研究

メタデータ	言語: jpn 出版者: 室蘭工業大学航空宇宙機システム研究センター 公開日: 2016-04-26 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 棚次, 亘弘, 東野, 和幸 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10258/00008722

連携および共同研究

- 棚次 亘弘(航空宇宙機システム研究センター長 特任教授)
東野 和幸(航空宇宙機システム研究センター 教授)
-

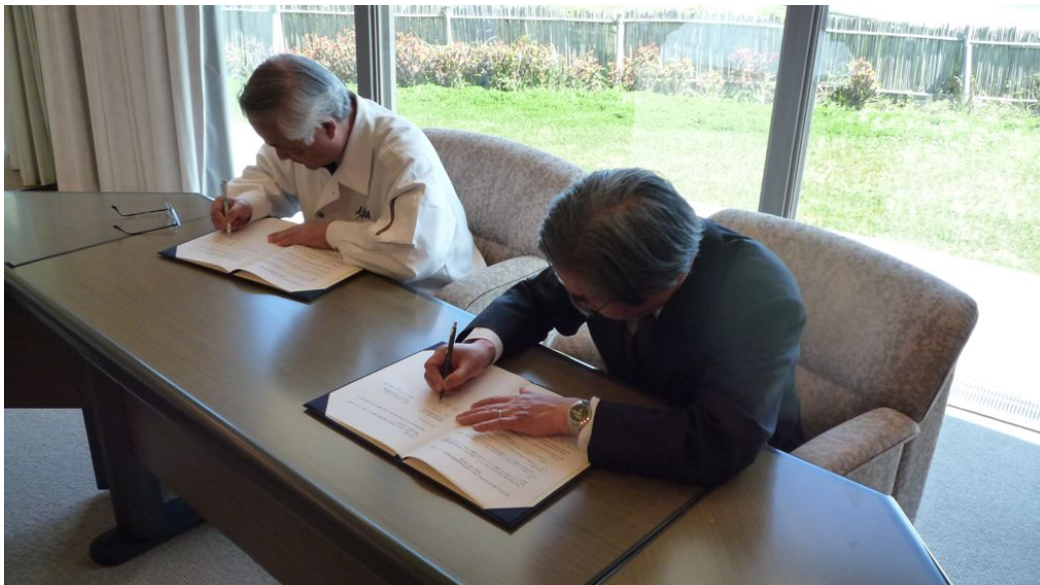
1. JAXA宇宙輸送ミッション本部との連携協力協定締結

室蘭工業大学及び(独)宇宙航空研究開発機構宇宙輸送ミッション本部(機構)がより緊密な連携及び協力により、学術研究の発展、宇宙に関する科学技術及び宇宙輸送システム研究開発の促進等に寄与することを目的として、相互の連携協力に関する協定を締結しました。

(連携協力事項)

大学及び機構は、目的を達するため、以下に定める事項について連携し、協力する。

- (1) 宇宙輸送システムの推進系及び構造系分野を中心とした共同研究等の研究協力
- (2) その他本協定の目的を達成するために大学及び機構が必要と認める事項に関すること



河内山理事(JAXA宇宙輸送ミッション本部長)と松岡学長の連携協力協定書調印

2. 平成 19—20 年度実施の共同研究・受託研究

2.1 JAXA宇宙輸送ミッション本部との共同研究の概要

2.1.1 LNG サルファアタック・コーキングに関する研究：H19年11月—H20年3月。

本研究では、LNG 再生冷却ロケットエンジンにおける、サルファアタックとコーキング特性の解明のため、試験および分析、解析を行った。サルファアタックについての知見は以下のようにまとめられる。

- (1) ガス中の H_2S は常温より金属に吸着し、本試験の流量、濃度等の範囲内では約 400K 以上に

においてガスクロマトグラフでは検出できない濃度まで吸着する。

- (2) エンジン材料の候補の試験片を、メタンと H_2S の混合ガスとともに、高温下の環境に曝したところ、試験片表面に硫黄成分が確認された。また、この硫黄成分は試験片表面で金属と反応し、硫化物を生成していた。

一方、コーキングについての知見は以下のようにまとめられる。

- (1) プロパン熱分解開始温度は Ni 触媒効果のない場合では約 800K になっており、メタン熱分解開始温度と比較して 300K 程低い。Ni 触媒効果がある場合ではプロパン熱分解開始温度はさらに約 600K まで下がった。
- (2) ラマン分析の結果より、試験片表面に析出した炭素の組成は 1000K 等温試験では無定形炭素で、1273K まで加熱した昇温試験では熱分解炭素であった。この炭素は Hastelloy-X では、金属と反応して炭化鉄を生成している。この炭化鉄の反応には、Fe 成分が大きく関与しているものと考えられる。
- (3) 1000K の等温試験では、触媒効果の大きい Inconel600 では、プロパンの濃度が 5vol%になるとコーキング深さが約 442.3 μm にも及んだ。

これらの結果は、実機においては冷却流路表面粗さの変化による圧力損失の増大や、析出物による流路の狭窄が生じる可能性を示唆するものであった。実機ではコーキングが発生する温度範囲以下で設計する必要性を示唆している。

2.1.2 再生冷却 LNG サルファアタックに関する研究(その2):H20 年 11 月—H21 年 3 月。

本研究では、LNG 再生冷却式ロケットエンジンにおける、サルファアタック解明およびサルファアタック対策としての金メッキの特性評価のため、試験および分析、解析を行った。サルファアタックについての知見は以下のようにまとめられる。

- (1) 銅系合金 (SMC, OMC), 無酸素銅 (OFHC) に生成された金属硫化物は硫化銅 (Cu_2S) であり、その深さは約 1~8 μm であった。
- (2) 引張破断試験の結果より、Inconel600 では常温での伸びが約 65%, SMC では最大引張応力が約 8%低下しており、この原因にはサルファアタックによる硫黄脆化が考えられる。
- (3) 試験片表面に金メッキを施した場合、試験後の硫化銅の深さは約 10~100nm まで減少し、伸びや最大引張応力にも変化が見られなかった。

これらの結果は、サルファアタックがエンジン構造強度を低下させる可能性を示唆するものであった。また、金メッキはサルファアタックによる金属硫化物の生成並びに構造強度低下に対する防止策として有効であることを示している。

2.2 (株)IHI, (株)IHIエアロスペースとの共同研究の概要

2.2.1 再生冷却 LNG エンジン コーキング検討と基礎試験および電鍍技術調査:H19 年 5 月—H19 年 9 月。

本研究では、メタン熱分解特性を明らかにするため、実験ならびに理論解析を実施した。また、実験データから分析を行い、メタン熱分解温度やノズル材料候補であるニッケル系金属素材 3 種

の触媒効果による析出温度、析出量への影響などを評価した。その結果、以下のことが明らかになった。

- (1) メタン転化率の挙動より、メタン単体の熱分解開始温度は約 800℃であったが、ノズル等材料候補である Inconel718, Inconel600, A286 の触媒効果での熱分解開始温度は約 650℃である。また Ni 含有量はメタン熱分解反応量増大や熱分解開始温度の低温化への触媒効果が著しいことがわかった。
- (2) EPMA 分析の結果、メタン熱分解反応により金属試料表面に炭素成分が約 2~6 μm の厚さで析出する。また、XRD 分析の結果より試料内部組成は変化しないが A286 では鉄成分と炭素成分が結合し、表面の結晶構造が変化した可能性がある。
- (3) ラマン分析の結果、析出した炭素成分は熱分解炭素と無定形炭素である。熱分解炭素は無定形炭素が加熱され結晶構造が変化し、生成されたと考えられる。
- (4) ガス成分分析の結果、本実験条件では、触媒の有無に関わらず検出されたガス成分が同じことから触媒効果の有無に関らずメタン熱分解反応機構は変化しない。
- (5) 素反応解析により求めたメタン熱分解開始温度は 800℃~900℃の間であり、実験値とほぼ一致することからメタン熱分解開始温度を理論的に示せる可能性が見出せた。

本実験範囲ではメタン熱分解反応に伴うコーキングによる冷却溝の狭窄は見られないと考えられる。しかし、金属材料の触媒効果によりメタン熱分解開始温度は約 150℃低下するため、主燃焼器やノズル設計において考慮する必要がある。

2.3 (株)IHIからの受託研究概要

2.3.1 ニッケル電鍍組織の研究:H19年11月—H20年3月

一般的にロケット燃焼室内筒の銅合金には冷却用溝があり、外筒は燃焼圧と冷却液圧を支えるニッケル (Ni) 電鍍を用いている。これに SUS 製又は Inconel 製マニホールドを溶接する。この再生冷却燃焼室における主構成要素である外筒製造方法にはニッケル電鍍を用いて、内筒素材である銅合金に厚づけする方法があり構造がシンプルなため、信頼性確保などの観点からこの形式が望ましい。本研究ではニッケル電鍍の製造面から引張特性の結晶方向依存性やマニホールド等装着に伴う溶接部の熱影響による微小クラックが発生に対しての耐熱影響の向上などの課題に関して、電鍍工程改善前後の供試体について組織分析や不純物の影響評価などを詳細に実施し、さらにその機構について考察をくわえたものであり、今後設計及び製造時の指針になりえる。ここで厚づけニッケル電鍍における工程改善点は主に以下の通りである。

- (1) 厚肉電鍍における内部応力緩和
- (2) サルファ等のコンタミ成分の削減

電鍍製造工程においてアノードから出る硫化ニッケルのスライムの硫黄成分がカソード側に混入することを防止する必要性はよく知られている。

さらに、スルファミン酸ニッケル電鍍浴の管理条件のうち、ヒーターの局部熱発生、極間距離の不適合、浴組成変動、アノードとカソードの面積比の不適合などに起因するスルファミン酸加水分解などが起こることで、浴はヒドラジンスルホン酸やアゾジスルホン酸などの酸に変化し、ひいてはこれらの酸から生じる硫化物がカソード側に付着すると推測される。

本研究では上述したように、工程改善した試験片には硫黄成分が極めて少なく、電鍍に対する

溶接の困難さを解消する見通しがたったが、その詳細要因分析と考察をくわえ、さらにスモールパンチ測定方式による評価方法の確立はかった。

詳細分析結果として、電子ビーム溶接継手の引張強度が 45°方向の引張でもっとも高くなり、これは電鍍結晶が[001]方向に大きく配向し成長しているためである。設計製造時に Ni 電鍍特性の異方性に十分注意する必要がある。また、硬度が比較的高かった改善前材の熱影響部は、スモールパンチ (SP) 試験での破断変位 δ_f が小さく、延性に乏しいことがわかった。このことが溶接時の微小クラックの原因になっていた。

溶接構造における強度、伸び向上の方法が明確になり、溶接線に対するニッケル電鍍面の角度を制御することでロケット燃焼室製造のうえで信頼性確保等に寄与できる見通しが得られた。