室蘭工業大学
学術資源アーカイブ
Muroran Institute of Technology Academic Resources Archive

先端ロケット燃焼室の製造方法の研究 特にNi合金電鋳素材について：研究成果報告（室蘭工業大学21世紀科学研究）

メタデータ	言語: Japanese 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: 東野, 和幸, 駒崎, 慎一 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10258/00008695

先端ロケット燃焼室の製造方法の研究　特にNi合金電鋳素材について
ー 研究成果報告（室蘭工業大学21世紀科学研究）

○　東野 和幸（航空宇宙機システム研究センター 教育研究等支援機構 教授）
駒崎 慎一（材料物性工学科 准教授）

1. 研究概要・目的

ロケットエンジンの主構成機器である燃焼室製造においては高強度で耐蝕性を持つニッケル電鋳が採用されている．これは異種金属（銅系）との密着性が高くかつ界面強度は素材以上に高いことによる．しかしロケット燃焼室はその製造過程でマニホールド取付が必要であり，その接合時にニッケル電鋳製外筒にロー付けやＥＢＷなどの工程時の熱負荷がかかる．一般的にニッケル電鋳は 400℃以上で焼鈍すると，結晶粒子の粗大化，及び不純物の偏析が起こり，組織や物理的機械的性質も変化を示す．その結果，熱の影響により溶接方向に亀裂が生じたりし，これは高温によるひずみが低いための熱応力と高温による脆化が重なることで引き起こされる．

これに対して解決手段として，ニッケル電鋳中に発生するアゾジスルホン酸のイオウ成分とニッケルイオンの共折した硫化ニッケルの発生防止が有効であると考える．図１に合金電鋳の熱処理温度と機械的性質を示す．合金ニッケル電鋳の高温時での引張強度であるが，マンガンを含有した合金電鋳は高温強度が高いことがわかる．これは，ニッケルと共折したマンガンが高温に際し優先的に硫黄と結合し，硫化ニッケルの脆い結晶粒界の形成を防いでいると考えられる．本研究は熱負荷に対し，ニッケル・マンガンの合金電鋳について一般の鍛造ニッケルと同様に溶接することが可能で，機械的・物理的性質もよいものを試作し検証して，近未来のロケットエンジン燃焼室の製造方法に適用可能かを立証する．

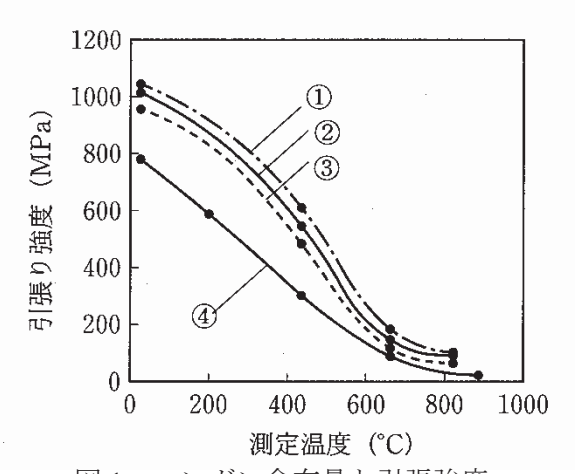


図１　マンガン含有量と引張強度

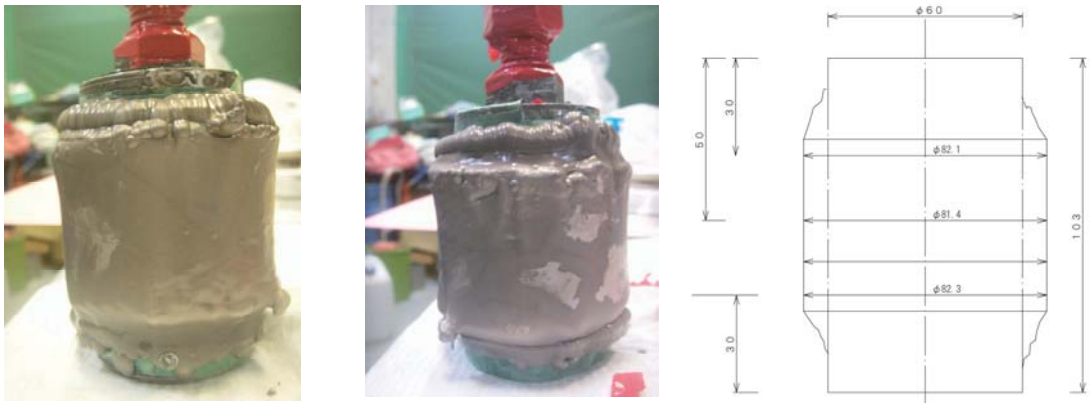
2. 試験内容と結果

2.1 合金電鋳の選定

再生冷却式燃焼室製造のために求められる電鋳の条件より合金電鋳候補を模索した結果，ニッケルタングステン，ニッケルマンガン電鋳が候補として考えられた．そこでニッケルタングステン浴，ニッケルマンガン浴をそれぞれ建浴し，スパイラル応力計により内部応力を測定した．その結果，ニッケルタングステン電鋳は膨れや剥がれを生じ，厚付けが困難と考えられた．そこで本研究では合金電柱としてニッケルマンガン電鋳を採用した．

2.2 厚付け電鋳（8mm 以上）の成立性確認

上記合金電鋳の選定において，ニッケルマンガン電鋳は圧付け電鋳を実施できる可能性が見出された．そこで実際にニッケルマンガン電鋳の厚付けを実施し，厚付け可能かを判断した．図 2 にニッケルマンガン電鋳の厚付けテストピースを示す．同図からわかるように，ニッケルマンガン電鋳は十分に厚付け可能であることがわかった．



(a)ニッケルマンガン電鋳厚付け結果　　(b)テストピース寸法

図 2　ニッケルマンガン電鋳厚付け結果

2.3 引張破断試験

引張破断試験結果一覧を表 1 に示す．また，図 2 にニッケルマンガン電鋳試験片について行った応力－歪み線図を示す．引張破断試験結果より，ニッケルマンガン電鋳素材の引張応力は試験片厚みが小さい場合でも 743MPa 程度あり，ニッケル電鋳材の引張応力 416MPa をはるかに凌ぐ結果が得られた．

表 1　引張破断試験結果一覧

試験片番号	厚さ	幅	最大点荷重	最大点応力	最大点伸び	最大点伸び
	mm	mm	N	MPa	mm	%
11	0.55	5.8	2672.4	837.7	2.78	13.9
12	0.55	5.8	2370.4	743.1	4.60	23.0
21	0.75	5.8	4439.3	1020.5	1.91	9.6
22	0.75	5.8	4292.9	986.9	2.31	11.6
31	1.25	5.8	8366.3	1154.0	3.13	15.7
32	1.25	5.8	8244.3	1137.1	3.19	15.9

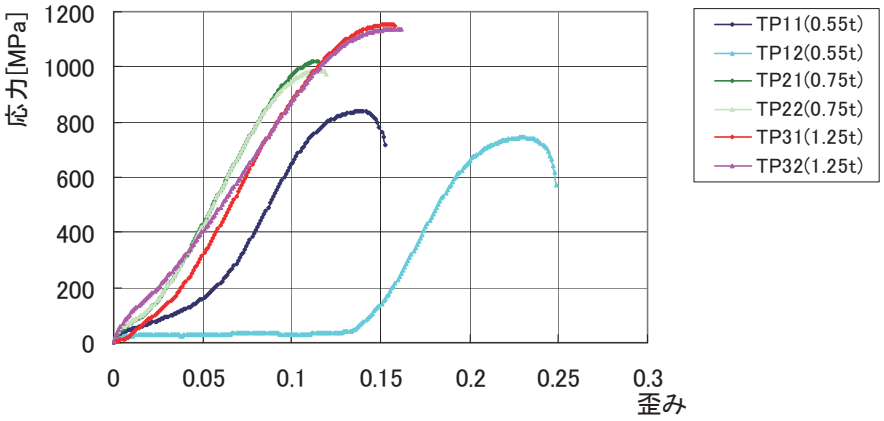
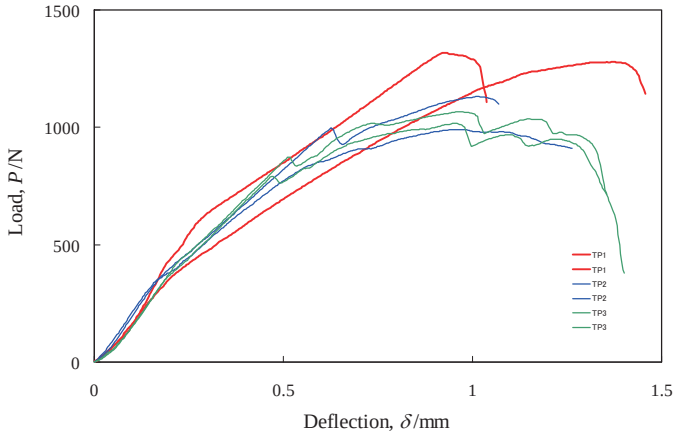
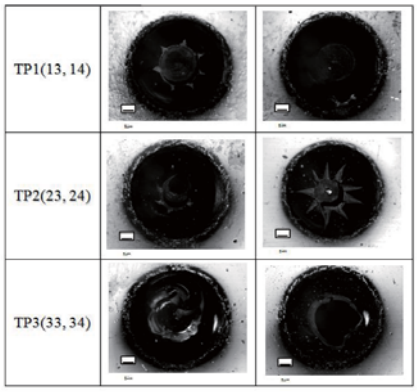


図 3　ニッケルマンガン電鋳　応力－歪み線図



(a)荷重－荷重線上変位曲線



(b)SP 試験後光学顕微鏡写真

図 4　SP 試験結果

2.4　SP 試験結果

図 4 に SP 試験結果を示す．同図より，ニッケルマンガン電鋳材は SP 試験で引張破断試験相当の特性が見られ，更に EPMA 分析を実施した結果からマンガンの部分的濃化が観察されないため，成分の均一性が確認された．

3. まとめ

張破断試験・硬度測定結果より，ニッケルマンガン電鋳は非常に高強度で伸びもある合金電鋳であることがわかった．また，EPMA 分析により元素分析を実施し，電鋳液組成と合金電鋳組織の相関関係を調査した．その結果，電鋳組成の均一化が確認された．ただし，今回電鋳槽は循環槽を設けず自己循環で行っており，定量ポンプを導入した液補充設備を装備することで，組織が均一である合金電鋳の再現性確保が期待される．今後，製造方法（マンガンの補給方法）の確立，他の金属との溶接性や母材金属との密着性確認試験，高温強度のデータ取得を経ることで，ニッケルマンガン電鋳材は今までにない高温強度の高い新素材合金を生み出す技術の確立を目指す．

謝辞

本供試体製造に（株）ＮＥＧＥＮＴ　石橋利幸様，渡邊昭彦様より多大なるご協力とご尽力をたまわりました．深く感謝いたします．