

TODAY

安心を支える特殊鋼の役割 一般社団法人特殊鋼倶楽部 専務理事 小島 彰

鉄鋼協会から特殊鋼倶楽部へ転じ、特殊鋼の業務に携わって1年が経過した。貴重な機会をいただいたので、特殊鋼の紹介をさせていただき、我々の生活、特に安全安心を支える地味ではあるが重要な特殊鋼をご理解していただきたい。

鉄鋼は普通鋼と特殊鋼に大別される。普通の鋼と特殊な鋼という区分であるが、成分に着目して炭素鋼と合金鋼という区分もある。英語でも Ordinary steelあるいは Carbon steel に対して Special (米国では Specialty) Steel あるいは Alloy steel と称している。

経済産業省の統計では、25年度の粗鋼生産量 11,152万トンに対して特殊鋼粗鋼生産は 2,502万トンで、構成比は 22.7%である。製法としては、転炉が 71.1%、電気炉が 28.9%である。

特殊鋼の種類、生産量は表のとおりである。これらが棒鋼、線材、鋼板、鋼帯という形状別に区分されるので詳細な区分となる。

特殊鋼の受注統計によると内需のうち用途が判明しているものが 59%あるが、この内訳としては自動車 が 58%、産業機械が 20%、家庭業務機器 2.5%、電気機械 1.5% といったところであり、残りの 41%が磨き棒鋼、軸受、ねじ、ばね、鍛鋼品等の次工程や販売業者に供給される。次工程に回る特殊鋼も加工されて部品等となる。現在、次工程に回る特殊鋼の最終用途について調査を行い、その結果が近くまとまるが、総じて自動車向け需要が 6割、産業機械が 2割であり、以下、建設、業務・電気機械と続く。機械産業、中でも自動車産業との関係が非常に高いことが特徴である。

同じ自動車でも高抗張力鋼は骨格部材などに使われるが、構造用鋼や特殊用途鋼は、トランスミッション等の動力伝達機構、軸受、懸架ばね、高温の排気パイプ、最近では高圧コモンレールシステムなど、求められる機能に従って重要保安部品に使われている。このため、特殊鋼は高機能性とあわせて高い信頼性が要求されている。このため、製錬、二次精錬、鋳造、圧延の各プロセスでの処理と欠陥を見逃さない検査システムが求められ、厳しいユーザーの要求に応じていく必要がある。

一方、特殊鋼はその機能を発揮させるため、ニッケル、クロム、マンガン、モリブデン、バナジウム等の合金成分を添加するが、これらレアメタルは以前から供給の不安定性が指

摘されており、価格変動も大きいため、安定確保とともに価格変動への対応が大きな課題である。最近ではインドネシアの鉱業政策の変更でニッケル鉱石の輸出が禁止されたり、ウクライナ情勢の影響でニッケル価格が高騰するなどの影響も現れている。

また、これは特殊鋼に限った話ではないが、最近の電力価格の上昇は電炉特殊鋼のコストに大きな影響を与えている。鉄鋼連盟によると特殊鋼電炉業の購入電力量は全国計で 43億 KWH、電力料金の値上げの影響は 69億円にも上り、企業努力で吸収できる限界を超えている。このため、安全性の確認を基本とした原子力発電の再稼働、電力価格の高位安定につながる再生可能エネルギー固定価格買取制度の見直し、電力多消費産業に対する支援施策を政策当局に要望している。

このように目に見えないところで我々の安全を確保しているのが特殊鋼である。また、多品種の特殊鋼をニーズに対応してユーザーにジャストインタイムで供給してゆくためには流通機能が重要である。高機能な特殊鋼を素材のポテンシャルを 100%発揮させていくためには素材と加工の最適化が必須であり、流通の過程で一層の付加価値を高めるため流通と材料技術、加工技術の連携を高める必要があり、こうした「技商連携活動」を高めることにより、製造、流通が一体となって特殊鋼の付加価値を高めていきたい。

その前提として特殊鋼の果たしている役割を社会にアピールしていくことが重要である。

	種類記号	合金成分	用途	25年度生産量(千トン)
構造用鋼	機械構造用炭素鋼	SXXC	機械部品、工具	4,733
	構造用合金鋼	SMn,SMnC SCr,SCM SNC,SNCM	トランスミッション、ギヤ類	3,986
工具鋼	炭素工具鋼	SK	工具	130
	合金工具鋼	SKS,SKD SKT	切削工具、金型	109
特殊用途鋼	高速度鋼	SKH	高硬度切削工具	15
	ステンレス鋼(ニッケル系)	SUS	厨房家庭器具、食品・化学プラント、原子力	1,493
	ステンレス鋼(クロム系)	SUS	厨房家庭器具、化学プラント、自動車	1,430
	ばね鋼	SUP	ばね	436
	軸受鋼	SUJ	軸受け	996
	快削鋼	SUM	自動車、機械部品	691
ピアノ線材	高抗張力鋼	SWRS	PC線	582
		引張強度 60kg/mm ² 以上	自動車、産業機械、建築、船舶	5,702
その他特殊用途鋼		耐熱鋼Ni,Cr,Mn 高マンガン鋼 Mn,C	エンジンバルブ、タービン材、鉄道クロッシング	111

革新的新構造材料等技術開発「技術動向調査分析」平成 25 年度成果概要
(1) 接合技術編

鉄鋼材料研究部 前田 尚志 松尾 充高 吉田 周平

1. はじめに

昨年度より「革新的新構造材料等技術開発」に関するプロジェクトがスタートしている。その全体概要については、JRCM NEWS2014 年 1 月号 (No.327) において、新構造材料技術研究組合 (ISMA) の岸理事長および松原研究総括代行 (現東北大学教授) よりご紹介がありました。本プロジェクトの対象となる技術・材料は、①革新的構造材料 (チタン、アルミニウム、マグネシウム、革新鋼板) の開発、②これらの構造材料の接合技術開発 (同種・異種)、③①および②に関連する戦略・基盤研究から構成されており、対象材料に関しては、平成 26 年 4 月より CFRP に関する研究開発も本プロジェクトに合流している。

JRCM では上記の③の戦略基盤研究における「技術動向の調査・分析」について、上記組合より委託されて実施している。調査対象は、1) 接合技術 (金属材料 / 金属材料)、2) 接合技術 (金属材料 / CFRP)、3) CFRP 材料 (熱可塑性、自動車用途)、4) 金属構造用材料 (チタン、アルミニウム、マグネシウム、革新鋼板) の 4 分野に大別して実施しているが、調査対象範囲は上記プロジェクトの①と②の分野の全体を網羅する範囲となっている。ここでは、本プロジェクトの初年度であった昨年度に実施した技術調査活動成果の概要について、今月と来月の 2 回に分けて紹介する。今回は上記 1) および 2) の接合技術関係、次回は上記 3) および 4) の構造材料関係に関する内容である。

2. 調査内容

調査は主として特許調査と学術・技術情報調査から構成される。特許に関しては、2010.4.1 ~ 2013.9.30 に公開された最近の国内特許を対象とし、学術・技術情報調査に関しては、2010.4.1 ~ 2013.12.31 に発行された論文、解説等の文献を対象とし、各々国内のデータベースを用いて調査を実施した。後者については、文献検索に加えて、関連学協会の講演大会、国際会議、専門家への聴き取り調査も実施した。また、特許調査および文献調査共に本プロジェクトの成果の主要な適用先である自動車用途に限定した絞り込みも行い、最近の技術動

向を把握すると共に各分野における重要技術課題を抽出した。更に、上記の 1) ~ 4) の分野に関連する学協会が所有するロードマップに関する調査も実施した。

3. 接合技術 (金属材料 / 金属材料)

特許については、鉄鋼材料、アルミニウム材料、チタン材料、マグネシウム材料を被接合材料とする金属材料同士の接合技術に関する検索を前述の条件にて実施し、構造材料に関する特許 1,019 件を抽出した。それらを接合技術手法と被接合材料に分類し、件数の規模や数値を図示した結果 (重複あり) を図 1 に示す。金属材料同士の接合技術全体においては、特にアーク溶接に関する特許が突出しており、最近ではハイテンの割合が増加している。また、抵抗溶接、レーザー溶接、機械的接合、接着接合がこれに続く。同様に自動車用途に限定した 274 件を表示した結果が図 2 である。自動車分野においては、抵抗溶接に関する特許の件数が最も多く、特に高張力鋼板のスポット溶接に関するものが顕著であった。また、異材接合においては、例えば鉄鋼材料とアルミニウム合金の接合に関し

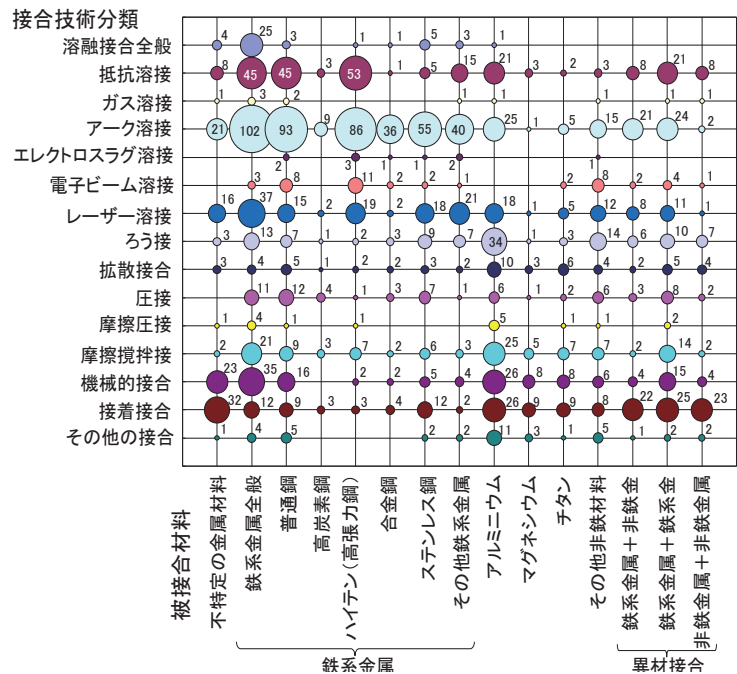


図 1 金属材料同士の接合における接合技術
—被接合材料別特許出願件数

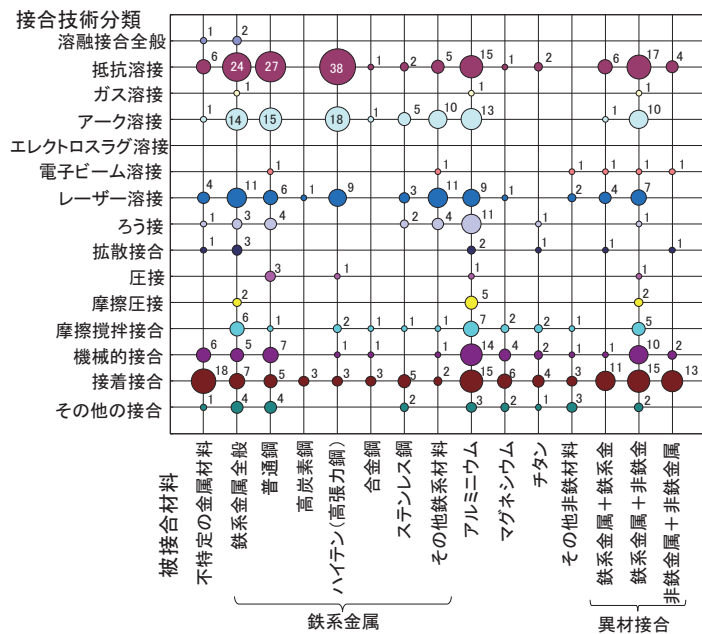


図2 金属材料同士の接合における接合技術別
被接合材料別特許出願件数(自動車分野)

ては、上記接合法に加えて接着や機械的接合、更に摩擦攪拌接合(FSW: Friction Stir Welding)やレーザー溶接に関する特許が多数出願されている。

学術・技術情報については、鉄鋼材料、アルミニウム材料、チタン材料およびマグネシウム材料を被接合材料とする接合技術に関する原著論文(論文、短報、会議報)に関して12,479件を抽出し、キーワード検索により溶接技術分類毎、被接合材料毎に発表件数を集計した結果を図3に示す。また、この内自動車への適用を想定した接合技術に限定した533件の結果を図4に示す。自動車用途においては、抵抗溶接、レーザー溶接、圧接、FSW、機械的接合、接着接合に関する発表が多い。

金属同士の接合分野において最近特に注目を集めているのはFSWである。FSWは固相接合であ

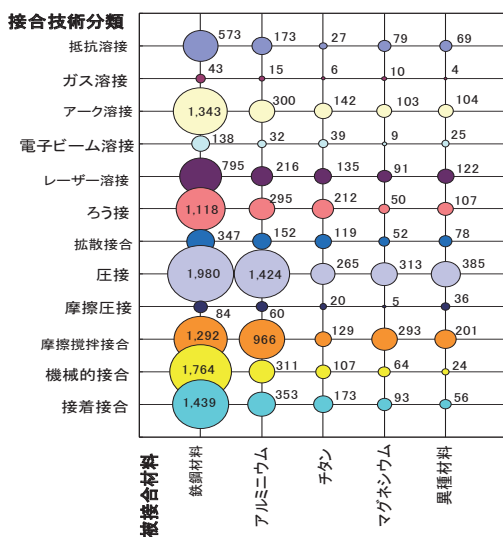


図3 金属材料同士の接合における接合法別
被接合材料別原著論文数

り、溶融金属領域が存在しないため、異種金属間の接合に適することから部材・部品のマルチマテリアル化に有利な接合方法である。FSWは、英国のTWIで開発された接合技術であり、基本特許が期間満了の時期を迎えているが、現在では突き合わせ接合、重ね合わせ接合、点接合(FSSW)など多様な接合形態での応用が自動車分野も含む様々な用途において進んでいる。2013年11月に、大阪大学接合技術研究所、TWI、オハイオ州立大学が中心となって大阪で開催されたFSWに関する第1回国際シンポジウム(International Joint Symposium on Joining and Welding)においても、約90件の発表があった。また、2013年12月に開催されたTHERMEC'13(JRCM NEWS No.328掲載の参加報告参照)では、接合のセッションから独立したFSWセッションの発表件数が前者よりも上回り、欧米を中心に精力的に研究が進められている状況にある。

FSWはアルミニウムやマグネシウムといった軽金属においては実用化がかなり進んでいるが、同種金属、異種金属の接合に関わらずチタン、鉄鋼等の高融点金属材料の接合に関してはツールの開発が大きな課題であり、成否の重要な鍵を握っている。ツールには耐摩耗性と高温強度の両方が求められ、高融点金属、セラミックス、それらの複合材料が適用されている。現在のツール用材質の代表例としてPCBNが挙げられるが、1個約60万円とかなり高価であり、コスト低減も今後の重要課題である。最近開発が精力的に進められているCo基のL12型金属間化合物が高温における強度低下が小さく、特にチタン合金のFSWに適していることが判明している。

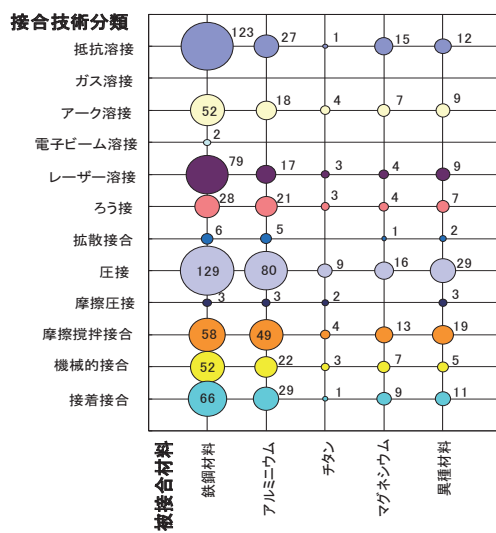


図4 金属材料同士の接合における接合技術別
被接合材料別原著論文数(自動車用途)

4. 接合技術 (金属材料 /CFRP)

特許および学術・文献調査に関しては、材料として金属材料(鉄、アルミニウム、マグネシウム、チタン)とCFRP(熱硬化性樹脂、熱可塑性樹脂:CFRTP)の接合について検索を実施した。特許では214件、学術・文献では184件が抽出されたが、表1に例を示すように、何れも接合方法としては接着が最も多く、次いでかしめ・ファスナー等の機械的締結となっている。また、自動車用途に限定すると、特許は10件以下、学術・文献は17件(重複あり)と前述の金属材料同士の接合の場合と比較すると極めて少なく、これから開発が進む技術であることが窺える。自動車に限定した場合の接合方法についても、表2に例を示すように接着が最も多く、次いでファスナーの機械的締結となっている。

また、関連する学協会11団体のロードマップを調査した結果、ロードマップを作成しているのは溶接学会および自動車技術会の2団体であった。溶接学会では中期テーマとして「CFRPのレーザー接合プロセス開発」が技術課題となっており、また、自動車技術会では中長期課題として「高信頼性接着(樹脂-金属)開発・適用」が策定されている。これら特許解析、学術文献解析およびロードマップから、今後の重要技術分野としては、①信頼性の高い接着技術が挙げられ、その一つとして接着と機械締結の併用技術が実用化に近いものとして注目される。さらに、将来技術として、②レーザー接合技術が挙げられる。

接着接合の長所は常温ということになるが、反面、衝撃・水等に弱いことから、信頼性の向上が大きな課題となっており、それを解決するための機械締結との併用技術が注目される。また、CFRPと金属の膨張差の解消や電蝕防止等の対策技術も注目される。代表例としては、トヨタ自動車(レクサス)の接着+リベット締結併用技術、BMW(i3)の感光性接着剤+ファスナー併用技術等が挙げられる。

レーザー接合技術は1980年代に自動車メーカーにより樹脂同士の接合技術として開発された。直接樹脂同士を接合する方法とインサート材を用いた方法の二つがあるが、その後、樹脂と金属との接合への応用、直近では、CFRPと金属の接合への展開が着手され出している。国内では、主にニヶ所で、CFRPと金属の直接接合は大阪大学、インサート材(エラストマー)を介した接合としては岡山

表1 文献検索結果(金属材料/CFRP接合)

接合方法軸	材料軸(M)				
	鉄	アルミ	マグネシウム	チタン	全体
溶接	13	19	6	8	28
ろう付	0	1	1	0	12
ウェルドボンド	0	0	0	1	0
溶着	1	1	3	0	1
接着	73	22	1	5	92
かしめ	0	9	0	1	10
ファスナ	15	16	0	12	38
全体	101	71	8	40	184

表2 文献検索結果(金属材料/CFRP接合:自動車用途)

接合方法軸	材料軸(M)			
	鉄	アルミ	マグネシウム	チタン
溶接	1	1	1	0
ろう付	0	0	0	0
ウェルドボンド	0	0	0	0
溶着	0	1	0	0
接着	3	4	0	0
かしめ	0	0	0	0
ファスナ	2	3	1	0

工業技術センターで取り組まれている。なお、エラストマーについては、ダイムラーより日本国内に特許が出願されている。

図5にまとめを示す。主要技術となる機械締結と接着について、それぞれの課題(機械締結:CFRPの破壊起点化、接着:信頼性)を補うため、接着+機械締結併用技術が実用化もしくは実用化に近い技術として取り組まれている。しかしながら、加工が必要なこと、硬化時間がかかること等の課題は残るため、将来技術として、低温速硬化で高強度の高信頼性接着技術の取り組みが必要となる。一方、熱可塑性CFRPの場合にはもう一つの流れとして、接着と同じ原理として溶着技術が挙げられる。接着剤が不要であること、速硬化等の優位性はあるが、熱を加えることから残留応力の課題が残るため、熱影響の小さいレーザーを用いた溶着技術(レーザー接合技術)がもう一つの重要な将来技術となると考えられる。

(以下次号に続く)

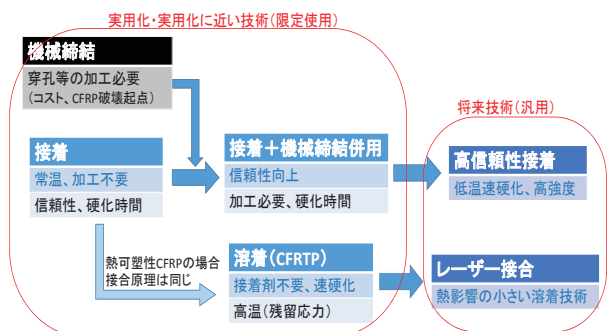


図5 金属材料とCFRP接合のまとめ

The Japan Research and Development Center for Metals

JRCM NEWS / 第334号

内容に関するご意見、ご質問はJRCM 総務企画部までお寄せください。本書の内容を無断で複写・複製・転載することを禁じます。

発行 2014年8月1日

発行人 小紫正樹

発行所 一般財団法人 金属系材料研究開発センター

〒105-0003 東京都港区西新橋一丁目5番11号 第11 東洋海事ビル6階

TEL (03)3592-1282 (代) / FAX (03)3592-1285

ホームページ URL <http://www.jrcm.or.jp/>

E-mail jrcm@oak.ocn.ne.jp