

MATERIALS and PROCESSING



Materials and Processing
Division Newsletter October 2010

NO.40



日本機械学会
機械材料・材料加工部門ニュースレター

巻頭言

接合・締結のプロセスと評価



岐阜大学
服部 敏雄

事故例からみる接合・締結部の重要性

締結・接合部は、機器・製品の信頼性を確保する上で最も重要な部位であるにも関わらず、力の流れが複雑で力学解析が難しい、力学解析・プロセス解析と広範な技術を必要とするなどの理由から、大きな研究テーマとして取り上げてこられなかったきらいがある。しかしボンバルディア機の主脚収納扉ボルト脱落のトラブルの後、チャイナ航空機のスラットヒンジボルト脱落・炎上事故を起こす。ナガシマランドジェットコースター車軸ボルト脱落事故の後、エキスポランドジェットコースター車軸破損事故を起こす。エレベータブレーキ取付ボルトの緩みによる暴走事故の後、エスカレータモータ固定ボルトの破損、暴走事故を起こす。トレラハブの事故での教訓があったにも関わらず、ゆりかもめ車軸ハブの同様な事故が繰り返された状況を見るに、これら技術早期確立は機械エンジニアの社会的責任とも考えられる。

産業界設計・製造現場での接合・締結の一体視化

締結・接合・接着等個々の分野の解析・評価技術は、研究者側から見ればそれぞれの分野の専門家によってまとめべきと思われるが、企業的设计・生産技術者から見ればどの締結・接合・接着方法を使うかは、強度・耐久性・コスト……等横並びの比較検討から選択されるものであり、この横並び比較検討用評価技術、データベースの提案が必要。

このような視点に立って、このニュースレターに特集を企画して頂いたが、ついでにこれに関連して進めさせてい

ただいている以下の分科会活動について紹介させていただく。

RC-D6「締結・接合・接着部のCAE用モデリング・解析・評価システム構築分科会」

最近では、企業的设计現場では、コンピュータを用いた、CAD, CAEシステムを活用している。これらのシステム活用の際最も苦勞するのが、締結・接合・接着部のモデル化、評価用データベースである。そこで、これらの部位も含んだ機械・構造物に対応した汎用CAE設計ツールの提案が必要となる。例えば図1中央に示す3本の梁を4種類の締結方法で組み立てたとすると、この構造物に外力が加わった場合の各梁の荷重分担は、この4種類の締結部の等価剛性が分からないと正確に構造解析できない。荷重分担が不正確では各部材の強度設計は間違えたものとなる。本分科会では、ねじ締結、接着、フレット疲労の3つのWG活動をもとに個々の締結・接合部の詳細解析、実験検証を行い、これら等価剛性等モデル化技術(プリ)、接着はく離等の強度評価技術(ポスト)としてまとめている。これらの要素技術は、ものづくり産業界の設計・生産現場で使われているCAE設計システムのモデル化、評価用データベースに落とし込む必要があり、現在図1の如く各領域での要素技術をうまく結びつけながら推進中である。

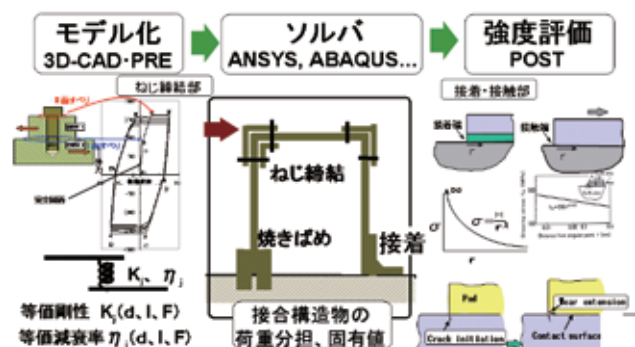


図1 一気通貫 CAE 設計システム

■特集：接合・締結のプロセスと評価

□ 特集1 軸直角方向振動を受けるねじ締結体の設計法 □

久留米工業高等専門学校
 機械工学科 准教授
 橋村 真治

1. はじめに

ねじ締結体は、欠かすことのできない重要な締結要素である。一方、ねじ締結体の信頼性は、ゆるみや疲労破壊といった問題のために決して高いとは言い難い。なぜなら、ゆるみや疲労破壊に影響を及ぼす締付け軸力の正確な管理が、現状では難しいからである。もし、適確設計が行われ、設計上要求される締付け軸力をねじ締結体が有していれば、大半の事故は防止できる。

これまで、繰返し外力を受けるねじ締結体を設計する場合、一般に繰返し外力は、図1のようにボルトの軸方向に作用するよう設計することが薦められてきた。その理由は、軸方向繰返し荷重を受けるねじ締結体の疲労設計が確立されていること、またねじ締結体にとって致命的な「回転ゆるみ」は、疲労破壊が生じるほどの大きな繰返し外力を作用させなければ生じないからである¹⁾。一方、近年の複雑な構造物におけるねじ締結体の多様な利用形態を考えると、軸方向繰返し外力のみが作用するようにねじ締結体を設計することは困難であり、軸直角方向振動が作用する設計も少なくない。しかし、ねじ締結体に軸直角方向振動が作用する場合、ねじ締結体は回転ゆるみを生じやすい上に、明確な疲労設計指針も確立されていない。

これまで著者らは、軸直角方向振動を受けるねじ締結体のゆるみと疲労破壊について研究を行い、軸直角方向振動を受けるねじ締結体の設計方法を提案した^{2,3)}。ここでは、その研究結果と設計法について紹介する。

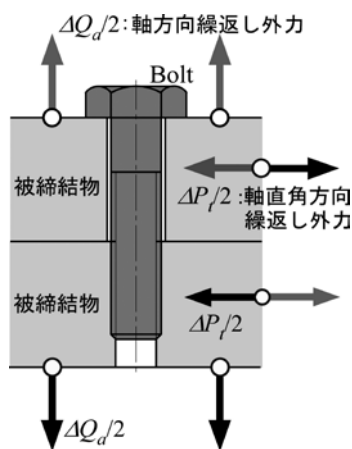


図1 ねじ締結体の外力形態

2. 軸直角方向振動を受けるねじ締結体のゆるみと疲労破壊

図2に、軸直角方向疲労試験で用いたねじ締結体を示す。この試験では、ねじ締結体において被締結物間の摩擦力の

影響を除去するために、本来は無いリニアローラを被締結物間に設置して実験を行った。

図3に、図2の軸直角方向疲労試験におけるボルトのゆるみ回転角 θ に対する締付け軸力 F の挙動を示す²⁾。図3 (a) は、初期締付け軸力 F_i を 10 kN として行った結果であり、図3 (b) は $F_i=20\text{kN}$ での結果である。なお図3 (a) は、ボルトに疲労き裂が発生しなかった結果であり、図3 (b) は疲労き裂が発生した結果である。なお図3 (a) および (b) の灰色の実線は、締付け過程における θ - F の関係を示す。図3 (a) の結果を見ると、ボルトは $N=130$ 回で即座にゆるみ、ゆるみ時の F の挙動は締付け時とほぼ同じである。その結果、締付け軸力 F の低下はボルトの回転のみで起こったことが分かる。次に図3 (b) の結果では、寿命の99%をゆるみ回転を伴わない疲労き裂の発生と進展で費やし、最後の1%でボルトは急激にゆるみ回転したことがわかる。この結果、ボルトが回転してゆるんだ場合であっても、ボルトには疲労き裂が発生している場合もあり、ボルトの再利用には十分注意を払う必要がある。

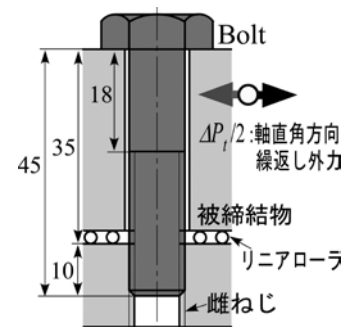


図2 ねじ締結体の軸直角方向疲労試験外力形態

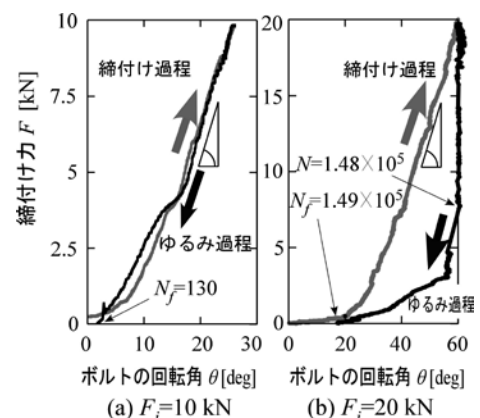


図3 ゆるみ過程におけるボルトの回転角 θ に対する締付け軸力 F の挙動

3. ねじ締結体の見かけの疲労限度とねじ単体の疲労限度

ねじ締結体の疲労強度を考える場合、ねじ単体の疲労強度とねじ締結体としての疲労強度は、分けて考える必要がある。なぜなら、ねじ締結体の疲労強度は、軸方向振動でも軸直角方向振動でも、グリップ長さ l_g （ボルト首下からねじ部が噛合い始めるまでの締付け長さ）や、はめあい長さ l_e （雄ねじと雌ねじが噛合っている長さ）が異なれば、ボルトが疲労破壊せずにボルト締結体に負荷することのできる荷重振幅の上限値（以下、見かけの疲労強度）は異なるからである。それは、ねじ締結体に作用する繰返し外力のすべてが、ねじ締結体に作用するわけではないためであり、たとえねじ単体の疲労強度を向上したとしても、ねじ締結体としての疲労強度向上を考えなければ、その効果は得られない場合もある。

図4に、4種類のボルト締結体とボルトナット締結体の見かけの疲労限度 $\Delta P_{tw}/2$ とボルト単体の軸直角方向疲労限度 σ_{tw} を示す³⁾。●印が $\Delta P_{tw}/2$ を示し、□印が σ_{tw} を示す。図4を見ると、明らかに各締結状態で $\Delta P_{tw}/2$ が異なるのに対して、 σ_{tw} はほぼ同じである。この結果、同じ呼び径で同じ強度区分のボルトを用いても、締結状態に応じてボルト締結体に負荷できる振動振幅は異なることがわかる。

ここで、軸直角方向振動を受けるねじ締結体を設計する場合、設計者としては、ねじ締結体が許容できる繰返し外力の大きさを知らなければ設計はできない。そこで次に、軸直角方向振動を受けるねじ締結体の設計法について説明する。

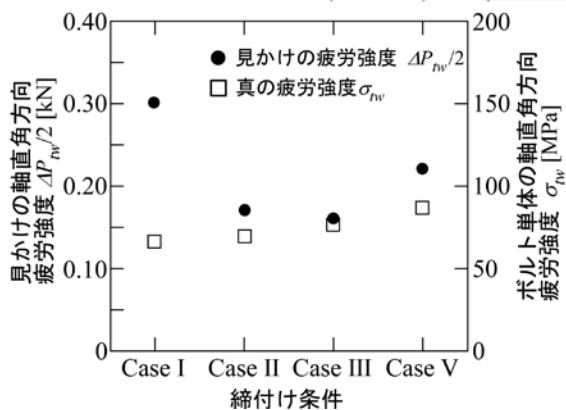
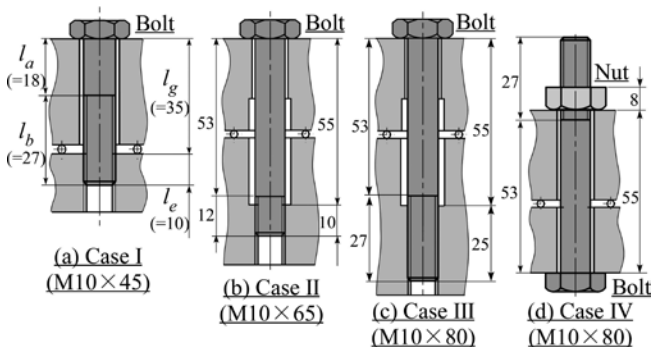


図4 締結条件の違いによるねじ締結体の見かけの疲労特性とボルト単体の疲労特性

4. 軸直角方向振動を受けるねじ締結体の設計方法

図5に、軸直角方向振動を受けるねじ締結体を設計法のフローチャートを示す⁴⁾。詳細な計算等の説明は割愛するが、この方法では、ねじ部品の平滑材の疲労強度 σ_{w0} から、見かけの軸直角方向疲労限度 $\Delta P_{tw}/2$ を算出する。

本設計法では、まずねじ部品の平滑材の疲労強度 σ_{w0} 、切欠き係数、機械的性質からねじ部品単体の軸方向疲労強度 σ_{aw} を算出する。次に、軸直角方向振動によるボルトの疲労き裂は曲げモーメントにより発生するので、曲げの疲労限度、すなわち軸直角方向疲労強度 σ_{tw} に変換する。疲労破壊の主たる起点となる第1ねじ谷底に負荷できる最大の曲げモーメント M_B を算出した後、ねじ部や座面部でのすべりや弾性変形による係数 C を実験的もしくは解析的に求めて、見かけの軸直角方向疲労限度を算出する。なお、ここまでは被締結物間の摩擦を考慮していないので、最終的に被締結物間の摩擦を考慮して、ねじ締結体に負荷することができる軸直角方向振動の大きさを知ることができる。

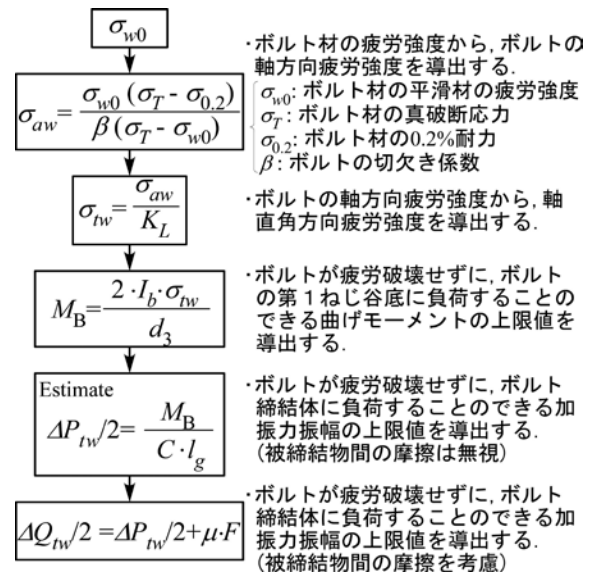


図5 軸直角方向振動を受けるねじ締結体の設計方法フローチャート

5. おわりに

ねじ締結体は、単純な機能と構造を有する機械要素であるが、考え方はある意味単純ではない。高い安全性と信頼性を確保するためには、さらなる研究が必要である。多くの研究成果が、痛ましい事故の防止につながることを心より期待している。

参考文献

- 1) 山本 晃, ねじ締結の原理と設計, 養賢堂, pp.127-131, (1995).
- 2) 橋村 真治, Darrell F. Socie, 軸直角方向振動下におけるボルト締結体のゆるみと疲労に関する研究, 日本機械学会論文集C編, 72巻, 716号, pp.1297-1304, (2006).

3) 橋村 真治, 他 2 名, ボルト締結体における軸直角方向疲労強度への締結条件の影響, 日本機械学会論文集 A 編掲載予定, (2010).

4) 倉掛 優, 橋村 真治, 軸直角方向振動下におけるボルト締結体の疲労強度予測, 日本機械学会 M&M2010 材料力学カンファレンス講演論文集, PS14, (2010).

□ 特集 2 はんだ接続部の信頼性評価 □

株式会社日立製作所機械研究所
谷江 尚史

1. はじめに

微細化が進む半導体製品では, はんだ接続部の信頼性確保が大きな課題となっている. 接続部の信頼性には, はんだの形状が大きく寄与するが, 微細な接続部では製造プロセス中にはんだが溶融して形状が大きく変化するため, 形状の予測が困難であった. また, 多くの半導体製品において, 製品寿命を支配するのは接続部のき裂発生ではなくき裂進展による断線であるため, 製品寿命を予測するには, はんだを進展するき裂の挙動を予測する必要がある.

これらのことから, 微細なはんだ接続部の寿命予測には, 製造プロセス時のはんだ形状予測手法と, 製品使用時のき裂進展解析手法が必要である.

2. はんだ形状予測手法

微細なはんだ接続部では, 溶融の前後ではんだ形状が大きく変化する. また, 隣接する接続部間の距離が短いため, 溶融時にはんだが隣接するはんだと結合や分裂といった幾何学的な位相変化を起こすことがある. さらに, 各部材表面のぬれ性もはんだ形状に大きく寄与する. 本研究では, これらの大変形, 幾何学的位相変化, ぬれ性を扱える手法として, 粒子法の一手法であるMPS法¹⁾を用いた溶融はんだ形状予測手法を開発した. MPS法は非圧縮性流れの解析を目的に開発された手法であり, 溶融はんだの挙動の表現に適した手法と考えられる.

本報では, 開発手法の詳細は省略し, TSOP (Thin small outline package) 型半導体パッケージのリード端子接続部のはんだ形状予測に適用した事例を示す. 図1に初期(製造プロセス前)のはんだ形状が同じで, 端子のぬれ性が異

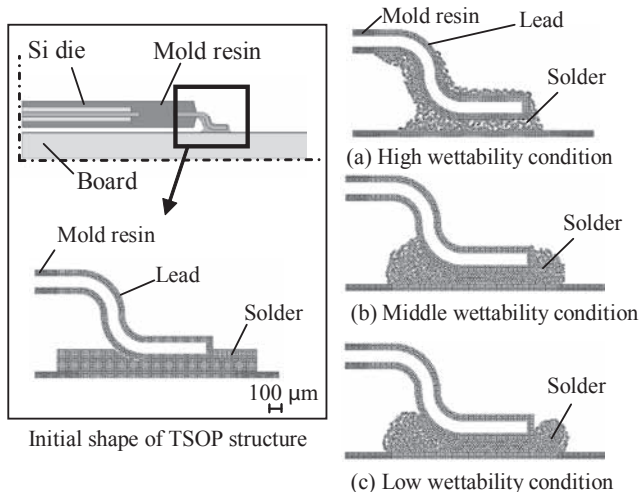


図 1 はんだ形状予測例

なる条件における, 製造プロセス後のはんだ形状を示す. 端子のぬれ性の良い条件では, 端子の根元にある樹脂近傍まではんだがぬれ上がるのに対して, 端子のぬれ性が悪い条件では, 端子をぬれ上がるはんだの量が少なくなり, ぬれ性によるはんだ形状の違いを予測できる.

3. はんだき裂進展解析手法

はんだ接続部では, き裂は接続端部で発生し, 接続界面近傍を進展する. このとき, き裂の進展挙動には, き裂が発生・進展する過程で累積する損傷が大きく寄与することが報告されている²⁾. 本研究では, はんだをボクセル状の要素に分割した有限要素解析を行い, それぞれの要素に累積する損傷を算出することで要素毎の寿命を評価するき裂進展アルゴリズムを開発し, はんだ接続部のき裂進展寿命予測に適用した.

図2に, BGA (Ball Grid Array) 型はんだ接続部に繰り返し機械的なせん断変位を付加したときのき裂進展挙動を示す. 解析で求まるき裂進展挙動は実測と良く一致することが確認できる.

4. 製造プロセスを考慮した はんだ接続部寿命評価

製造プロセス時のはんだ形状予測手法と, 製品使用時のき裂進展解析手法を組み合わせることで, 製造プロセスを考

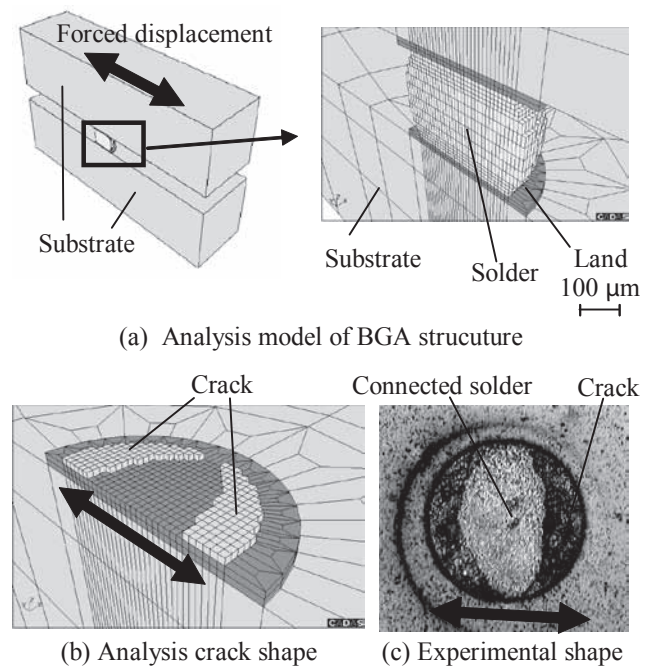


図 2 き裂進展解析例

慮したはんだ接続寿命の予測を可能にした。図3に、左右の端子のぬれ性が異なるTSOPパッケージを基板に実装した状態での温度サイクル試験 (-25℃ /125℃) 寿命評価結果を示す。

はじめにはんだ形状予測を行い、左右それぞれのはんだ形状を求める。次に、これらのはんだ形状を初期形状としてき裂進展解析を行うことで、接続部の寿命を求める。

1000サイクル時点においてぬれ性の悪い接続部（右側）はぬれ性の良い接続部（左側）よりもき裂の発生や進展が速く、3300サイクル時点においてぬれ性の悪い接続部（右側）が破断して寿命に至った。初期の形状の違いによって片側の接続部に先にき裂が発生すると、左右接続部の剛性の違いが大きくなり、剛性の小さい側の変形が大きくなって損傷の累積が加速される。その結果、左右の接続寿命に大きな違いが生じた。

開発手法を用いることで、製造プロセス（はんだ接合プロセス）から製造後の接続信頼性までの製造後の接続信頼性までの一貫した評価を可能にした。

参考文献

- 1) Koshizuka et Al., Moving-Particle Semi-implicit Method for Fragmentation of Incompressible Fluid, Nucl. Sci. Eng., Vol.123, pp.421-434 (1996)
- 2) H.Tanie et al., Transactions of the Japan Society of the Mechanical Engineers, Series A, Vol.72, No.717, (2006), pp.638-645

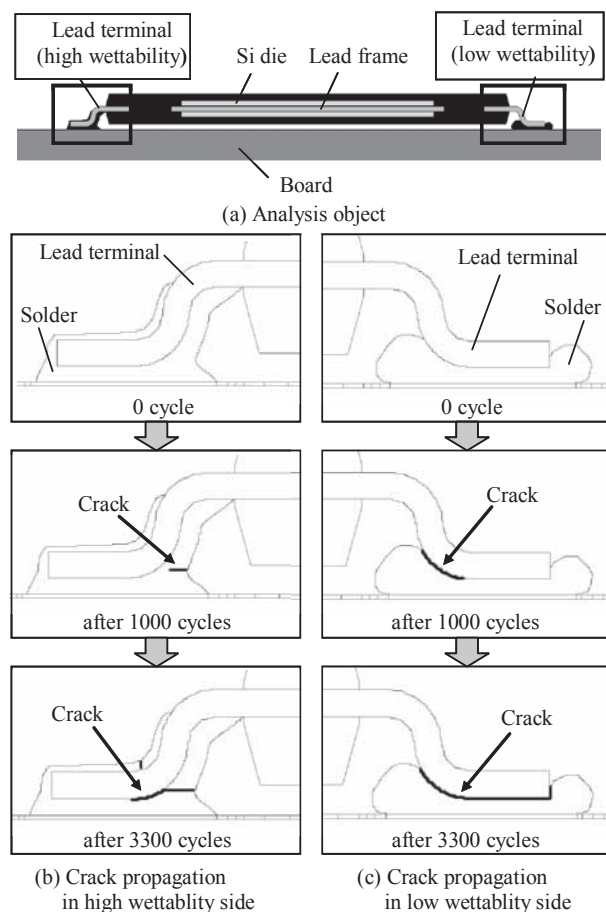


図3 製造プロセスで生じるはんだ形状ばらつきを考慮した接続寿命予測結果

□ 特集3 遮熱コーティングの試験方法に関する国際標準化活動 □

首都大学東京
高橋 智

1. はじめに

地球環境保全のための温暖化対策や低炭素社会の実現に向け、国内の主要なCO₂排出源である火力発電システムの高温・高効率化による省エネ化が積極的に進められており、ガスタービン高温部材である動翼・静翼などの使用環境は一層過酷となっている。このため、発電用および航空機用ガスタービン等の高温部材には、遮熱コーティング（以下TBC）や耐酸化金属コーティングなどの耐熱コーティングの導入が必要不可欠な状況となっている。さらに発電システムでは、長期間に及ぶ優れた安定性・安全性・耐久性が強く要求されることから、耐熱コーティングの性能を的確に把握でき、かつ導入促進を保證できる合理的な評価試験方法の確立が急務である。このような評価方法は、ドイツをはじめとする欧州各国で規格化が進められつつあるが、未だ十分に整備されていないのが現状である。したがって、優れた評価技術を有し、多数の実績を挙げている我が国が当該分野で標準化事業を推進することは、国際標準を先導

し、国際的産業競争力で優位に立つ好機となっている。

このような背景を踏まえ、経済産業省およびNEDOからの委託事業として（財）大阪科学技術センター附属ニューマテリアルセンター（OSTEC）が産学公の専門家なる委員会を組織し、1999年から耐熱コーティングの標準化調査研究およびJIS・ISO化活動を系統的に推進している。

本稿では、これら標準化活動に加え、現在ISO提案中であるTBCの温度傾斜場における繰り返し加熱試験方法および健全性評価試験方法の概略を紹介する。

2. 耐熱コーティングの各種試験方法の国際標準化活動

耐熱コーティングを実機部材へ適用する場合、一般的に①コーティング設計、②ヒーター加熱試験による材料選択、③バーナー加熱試験による寿命評価、④実機検証試験の4つの手順で研究開発・実用化が進められる。しかし、①～④まで一連の設計・評価は相当の時間を要する。このため、ガスタービン高温部材に耐熱コーティングが必要不可欠な

現状と現場ニーズの緊急性を踏まえ、標準化活動では初めに③バーナー加熱試験に関する温度傾斜場の耐熱試験方法に取組み、次に②ヒーター加熱による耐熱コーティングの健全性評価方法、そして①コーティング設計に有効な耐熱コーティングの特性評価試験方法の順に標準化を進めている。各標準化プロジェクト (PJ) の活動状況を表1に示す。いずれのPJにおいても、まず調査研究 (3年間程度) で関連文献調査や検証実験などを実施し、JIS素案を作成する。次のJIS化活動では実用的観点から規格を使うユーザー側の意見を基に素案を見直し、JIS原案に仕上げ、各審議を経てJISを制定する。

これを基にISO化活動を実施するが、ISO提案プロセス等は非常に細かく規定されている。例えば提案プロセスは、まず新業務項目の提案 (NP) と承認、次に作業原案 (WD) を作成し委員会原案 (CD) としての承認、国際規格案 (DIS) としての承認、最終国際規格案 (FDIS) としての承認、そして国際規格 (IS) 発行の承認を経て、ようやくIS発行となる。各承認には、関係国の投票による一定数以上の賛成が必要であり、さらにNP承認からIS発行承認までの期限が3年間 (通常) と定められている。このため、より完成度の高いISO原案作成に加え、プロセスの内容を十分に理解し、関係国との交渉・連携を含めた戦略的な取り組みが極めて重要である。

まず温度傾斜場の耐熱試験方法PJは、1999年から調査研究が始まり、2005年に”JIS H 7851温度傾斜場での耐熱試験方法”¹⁾を制定した。その後、ISO/TC107 (金属及び無機質皮膜) へ”Testing Method of Cycle Heating for Thermal Barrier Coatings under Temperature Gradient” (熊川彰長PJリーダー (JAXA)) としてISO提案し、現在DISとしての賛否投票に掛ける段階である²⁾。

次に耐熱コーティングの健全性評価方法PJは、2003年から調査研究が始まり、2008年に”JIS H 8451 遮熱コーティングの耐はく離性試験方法”³⁾と”JIS H 8452 耐酸化金属コーティングの耐はく離性試験方法”⁴⁾を制定した。その後、”Testing Methods for Measuring Thermal Cycle Resistance and Thermal Shock Resistance for Thermal Barrier Coatings” (高橋 智PJリーダー (首都大)) としてISO提案し⁵⁾、7月にCD承認された段階である。またJIS H

8452に関しても、本試験方法の有効性を裏付ける検証試験結果が報告され⁶⁾、来年度ISO提案予定である。

一方、耐熱コーティングの特性評価試験方法PJは、NEDO委託事業「耐熱コーティングの特性評価試験方法に関する標準化調査事業」(川崎 亮 委員長 (東北大)) として2006～2009年まで3年間実施された⁷⁾。ここでは、基材上にボンドコートやトップコートを被覆した状態で測定可能なTBCの熱伝導率測定方法やヤング率試験方法、さらにコーティング皮膜単体の線膨張係数試験方法などの素案が作成された。これらの成果に基づく3種類のJIS原案が現在審議中であり、既に一部はISO提案も準備中である。

3. ISO提案中である TBC の各種試験方法の概要

3.1 Testing Method of Cycle Heating for Thermal Barrier Coatings under Temperature Gradient²⁾

図1に試験方法の概略図を示す。この規格は、TBCを施工した試験片に規定の温度傾斜場を付与することで、試験片の表面と裏面の温度差や等価有効熱伝導率により遮熱性を評価する。また、繰り返し加熱による試験片の表面と裏面の温度差や等価有効熱伝導率の変化、あるいは試験片に生じるはく離や割れなどの損傷により耐熱サイクル性を評価するものである。

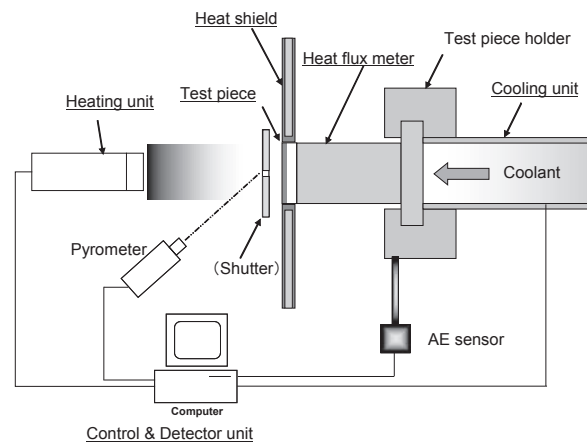


図1 温度傾斜場での耐熱試験方法の概略図

表1 耐熱コーティングの試験方法に関する国際標準化プロジェクトの活動状況

PJ \ Year	1998 (H10)	2000 (H12)	2002 (H14)	2004 (H16)	2006 (H18)	2008 (H20)	2010 (H22)	2012 (H24)
温度傾斜場の耐熱試験方法		調査研究		JIS H7851 JIS化		ISO化	NP承認	現在 DIS投票待
耐熱コーティングの健全性評価方法				調査研究	JIS H8451 JIS H8452 JIS化		ISO化	NP承認 CD承認
耐熱コーティングの特性評価試験方法					調査研究		JIS化	原案審査中 ISO化

3.2 Testing Methods for Measuring Thermal Cycle Resistance and Thermal Shock Resistance for Thermal Barrier Coatings

この規格は、熱サイクルおよび熱衝撃に対するTBCの耐久性評価試験方法を規定する。熱サイクルに対する耐久性評価方法は、ガスタービンの通常運転条件下におけるコーティング材料の選択等に有効である。試験方法は、電気炉等を用いてTBC試験片に一樣加熱・冷却の熱サイクル負荷を与え、熱サイクルの繰返し数とTBCはく離面積率との関係図(図2)を作成し、ここから”はく離繰返し数”を求め、耐久性を評価する。一方、熱衝撃に対する耐久性評価試験方法は、ガスタービンの停止、トリップなどの特殊条件下におけるTBCの損傷評価に有効であり、熱衝撃温度と残存密着強さとの変化から熱衝撃抵抗性を求め、評価する。

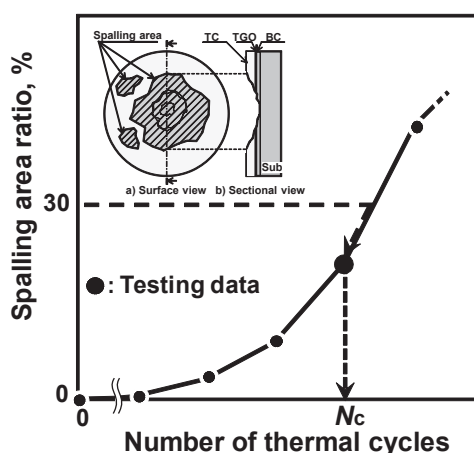


図2 熱サイクル繰返し数とTBCはく離面積率との関係図

4. おわりに

今回紹介した一連の規格化事業は、多くの方々のご支援のもとに実施されたものであり、関係各位に深く謝意を表す。国際標準化事業では、学術的及び実用的知見、ISOの専門知識、さらに関係国との交渉も必要なので、各分野の専門家が集結したチームとして戦略的に取り組むことが重要である。このため、事業推進に向けて関係者には引き続き一層のご協力をお願い申し上げます。

参考文献

- 1) JIS H 7851 温度傾斜場での耐熱試験方法, 日本規格協会 (2005).
- 2) 温度傾斜場の耐熱試験方法の国際標準化作成調査成果報告書, OSTEC (2010).
- 3) JIS H 8451 遮熱コーティングの耐はく離性試験方法, 日本規格協会 (2008).
- 4) JIS H 8452 耐酸化金属コーティングの耐はく離性試験方法, 日本規格協会 (2008).
- 5) 平成21年度NEDO委託事業 遮熱コーティングの健全性評価試験方法に関する国際標準化事業 成果報告書, OSTEC (2010).
- 6) S. Takahashi, M. Hatano, Y. Kojima, Y. Harada, A. Kawasaki, F. Ono, Thermal Cycle Resistance of Oxidation-Resistant Metallic Coatings, ITSC 2010, CD-ROM, (2010).
- 7) 平成20年度NEDO委託事業 遮熱コーティング膜の特性評価試験方法に関する標準化調査事業 成果報告書, OSTEC (2009).

□ 特集4 植込鍛接法 □

大阪大学大学院

基礎工学研究科

松本 良

1. はじめに

一般に熱間鍛造品にはピン等の棒材を取り付けることが多く、鍛造品に棒材を取り付ける場合、穴あけ、ねじ切りなど複数の工程が必要となる。特に複数の棒材を取り付ける場合、製造工程が複雑、精度の維持が困難となり、製造コストが高騰する。棒材と板材を塑性加工により接合する方法としては、高速ハンマ装置による高速せん断接合、プレス機を用いて素材をシェービングさせ異種材を結合させるシェービング接合、部材を加熱せずプレス機で押込む高強度塑性結合法などが提案されている。一部実用化されているが、材料の組み合わせによっては十分な接合強度が得られない場合や寸法精度などの問題により広くは普及しておらず、研究段階のものが多い状況である。

ここでは、鍛造品を想定したフランジ部材に棒材をプレスで押込み接合させる「植込鍛接法」について紹介する。

2. 植込鍛接法

植込鍛接法¹⁾は図1に示すようにプレス等を用いて室温の棒材を板材(鍛造直後の部材を想定)に押し込んだ後、板材が高温の場合は板材を空冷して棒材を固定する塑性流動接合法である。板材の塑性変形により生じる棒材-板材間の新生面の凝着・焼付きと板材の冷却収縮により接合面に生じる圧縮応力および残留応力を利用して、棒材と板材を接合する。植込鍛接法は鍛造品の生産工程の一工程として組み込み可能であり、穴あけ、ねじ切り等の作業工程を省略できるため、効率的な加工法と考えられる。想定する応用例として、図2に示すような複数本の棒材、複数枚の板材の接合、長尺棒材の植込み等が考えられ、共同研究先の企業とともに産業部品を想定した試作品を作製している。

3. 植込鍛接の基礎特性

図3はクロムモリブデン鋼棒材を炭素鋼板材に植込んだ場合の植込鍛接後の写真である。板材温度が750°C以下の場合(図3(a))には棒材が板材に押し込まれず、塑性変形により棒材先端部の直径が大きくなり、900°C以上の場合(図3(b))には棒材は塑性変形や座屈を生じることなく板材を貫通し、棒材直径とほぼ同じ直径の板材のせん断くずが生じた。植込鍛接では植込み圧力を棒材の降伏応力以下に抑えることが植込みの必要条件である。

次に板材温度と植込鍛接後の棒材の引抜きせん断応力の関係を図4に示す。板材温度が高いほど板材上面のだれも大きくなるにも関わらず、接合強度は高くなるのが分かる。また棒材-板材の接合強度については鋼材同士の場合、約80%が凝着・焼付き、約20%が冷却収縮による圧縮応力であることが明らかになっている。ここでは鋼材同士の植込鍛接¹⁾を説明したが、アルミニウム材同士²⁾、鋼材-ア

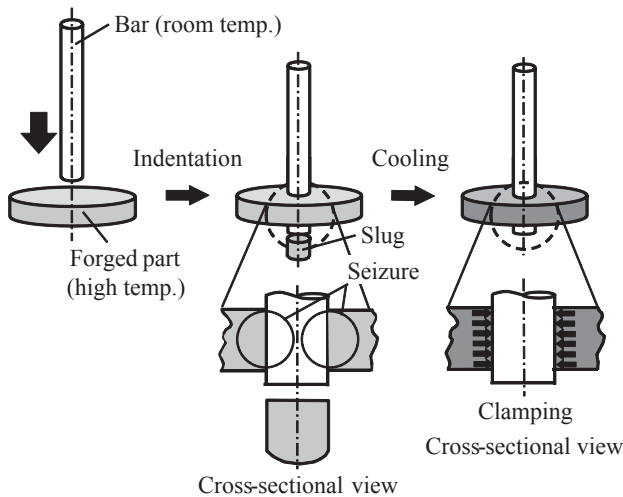


図1 植込鍛接法

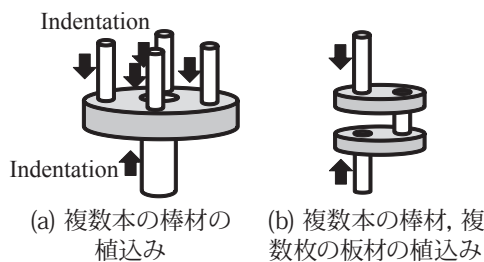


図2 植込鍛接法の応用例

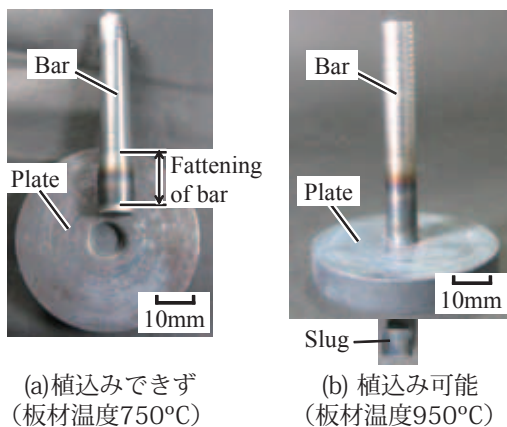


図3 鋼材同士の植込鍛接

ルミニウム材の異種材の植込鍛接³⁾ およびパイプ材の植込鍛接⁴⁾ も実施している。

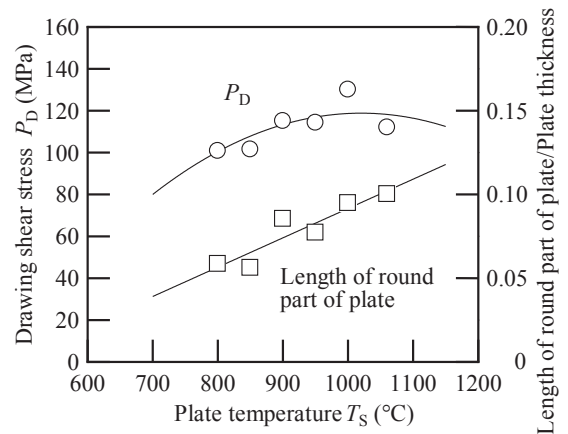


図4 鋼材同士の植込鍛接における接合強度

4. サーボプレスを用いた振動付加植込鍛接⁵⁾

最近、ACサーボプレスの活用がさまざまな塑性加工で試みられている。そこで、アルミニウム棒材と板材の植込鍛接において、ACサーボプレスを用いて棒材の植込み直後に棒材を植込み方向に振動させる振動付加植込鍛接法を提案している。図5は振動付加植込み接合における振幅と棒材-板材の接合強度の関係である。振幅0.2mmの振動を付加することで振動付加なしの場合の約1.5倍の接合強度が得られ、振幅1.0mm以上では接合強度は振動付加なしの場合に比べて若干低下することが分かった。また接合メカニズムを考察したところ、振動付加により棒材-板材接合面の凝着・焼付きの度合いは振動付加なしの場合と同程度あるいは若干低下する一方、板材の残留応力による締付け力は増加することが分かった。

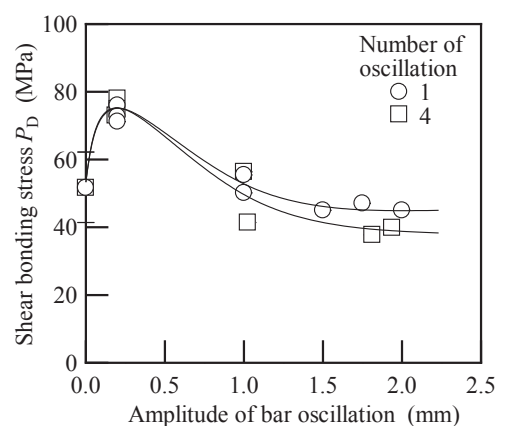


図5 アルミニウム棒材-板材の振動付加植込鍛接における振幅と接合強度の関係

5. まとめ

鍛造品を想定したフランジ部材に棒材をプレスで押し込み接合させる「植込鍛接法」について、各種金属の接合可否、接合強度、接合メカニズムおよびサーボプレスによる振動付加の効果について紹介した。今後、実用化にむけて接合

精度や接合部の疲労強度の検証を行うとともに産業部品への展開を進めていく予定である。

参考文献

1) R. Matsumoto et al.: CIRP Annals - Manufacturing Technology, 57/1 (2008), 279-282.

- 2) R. Matsumoto et al.: Journal of Solid Mechanics and Materials Engineering, 3-12 (2009), 1223-1232.
 3) 松本ほか: 塑性と加工, 50-581 (2009), 550-554.
 4) 花見ほか: 平成 20 年度塑性加工春季講演会講演論文集, (2008), 303-304.
 5) 松本ほか: 塑性と加工, 51-593 (2010), 597-601.

□ 特集 5 高張力鋼板とアルミニウム合金板の塑性接合 □

豊橋技術科学大学

森 謙一郎

1. はじめに

自動車の燃費向上を目的として自動車の軽量化が望まれており、高比強度材である高張力鋼板およびアルミ合金板の自動車部品への利用が増加している。高張力鋼板とアルミニウム合金板の両方が使用されているため、高張力鋼板とアルミニウム合金板の接合の要求が高まっている。しかしながら、一般的に板材の接合として用いられている抵抗スポット溶接では、融点が大きく異なるため、高張力鋼板とアルミニウム合金板を接合することは困難である。

摩擦攪拌接合、セルフピアシングリベット、メカニカルクリンチングなどの塑性接合法が開発されており、主にアルミニウム合金板の接合に用いられている。塑性接合では、板材を溶融しないため、異種金属板の接合も可能である。摩擦攪拌接合は摩擦熱による固相接合方法であり、高張力鋼板とアルミニウム合金板の接合も行われている。

本報告では、セルフピアシングリベットとメカニカルクリンチングによる高張力鋼板とアルミニウム合金板の接合に関して説明を行う。

2. セルフピアシングリベットによる接合

セルフピアシングリベットでは、図1に示すようにリベットを板材に直接押し込むことによって板材を接合する方法である。通常のリベットと異なって、予め穴を開ける必要がなく生産性が高い。抵抗スポット溶接とほぼ同じ構造であり、抵抗スポット溶接のような通電を必要としないが、冷間加工であるため押し込み用の油圧ユニットの容量が少しくなる。押し込まれたリベットは上板を貫通し、さらに下板に侵入しダイによって脚部が広げられて抜けなくなり接合する。セルフピアシングリベットにおける接合に必要な条件は次のようになる。

- 1) リベットによる上板の貫通
- 2) 下板内でのリベット脚部の広がり
- 3) 下板の割れなし

リベットが上板を貫通しないと上板と下板は接合しない。また、リベットは下板内で広がってリベットが下板に引っかかるインターロックを形成しないと、十分な接合強度が得られない。さらに、下板が割れると、水の浸入により板材が腐食し、接合強度が低下する危険性がある。

セルフピアスリベッティングでは、リベットが板材に押し込まれて接合されるが、板材が高強度であると上板を貫通できなかったり、下板内で広がらなかったりして、超高張力鋼板の接合は困難であった。ダイの形状を最適化することによって980MPa級超高張力鋼板とアルミニウム合金板の接合が可能となった¹⁾(図2)。

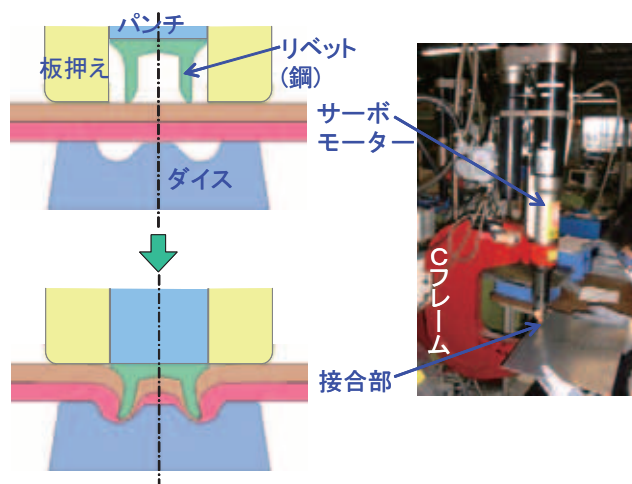


図1 セルフピアシングリベットによる板材の接合

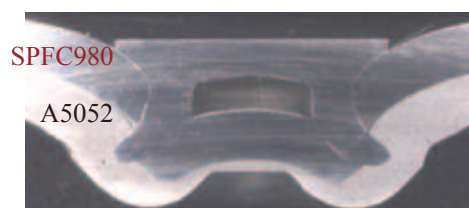


図2 セルフピアシングリベットによる 980MPa 級超高張力鋼板とアルミニウム合金板の接合結果

この他、3枚板材の接合²⁾、ダイ形状の決定法³⁾、円筒リベット⁴⁾などが報告されている。

3. メカニカルクリンチングによる接合

メカニカルクリンチングは、図3に示すようにポンチを押し込むことによって板材を局部的に折り曲げて接合するものである。メカニカルクリンチングの静的強度はセルフピ

アシングリベットの半分程度であるが、リベットを使用しないため低コストになる。メカニカルクリンチングにおける接合に必要な条件は次のようになる。

- 1) インターロックの形成
- 2) 板材の割れなし

インターロックが形成されないと十分な接合強度が得られなく、板材が割れると腐食の原因になる。

めっき鋼板の溶接はめっき層が溶融して電極に付着するため困難であり、メカニカルクリンチングによって接合された結果⁵⁾を図4に示す。板材の変形とともにめっき層も変形して薄くなるが、その減少を抑制するように金型形状を選択している。この他、高張力鋼板とアルミニウム合金板が接合されている⁶⁾。

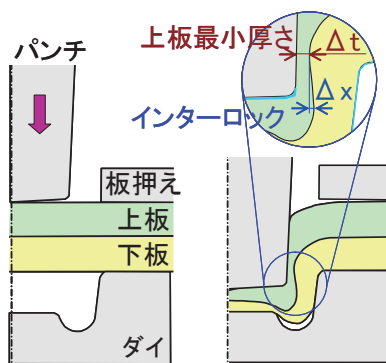


図3 メカニカルクリンチングによる板材の接合

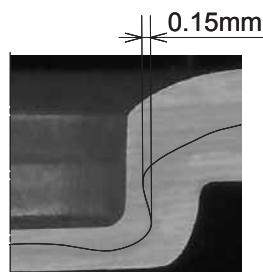


図4 メカニカルクリンチングによる590MPa級めっき鋼板の接合結果

4. おわりに

セルフピアシングリベットおよびメカニカルクエンチングは板材を冶金的に結合させるのではなく、引っかかりを作って接合しており、接合面全体が結合しているのではない。これは溶接のような完全に結合しているものよりも強度が低いように考えられるが、板材に力が作用すると接合面に若干のすべりを生じて応力の集中を緩和する働きがあり、疲労強度が溶接よりも高くなる。これらの接合法は自動車車体の製造において抵抗スポット溶接の代替として期待されている。

参考文献

- 1) 加藤亨, 安部洋平, 森謙一郎, ユヌソフ ラフジャンバク, セルフピアシングリベットによる高張力鋼板とアルミニウム合金板の接合, 自動車技術会論文集, 37-6 (2006), 219-224.
- 2) 加藤亨, 安部洋平, 森謙一郎, 酒井慎吾, セルフピアシングリベットによるアルミニウム合金板と軟鋼板の3枚接合, 塑性と加工, 48-568 (2008), 419-423
- 3) 安部洋平, 加藤亨, 森謙一郎, 酒井慎吾, 超高張力鋼板とアルミニウム合金板セルフピアスリベットティンクにおけるダイ形状の決定, 塑性と加工, 50-585 (2009), 941-945.
- 4) T. Kato, Y. Abe, K. Mori, Plastic joining of aluminium alloy sheets by aluminium alloy cylinder, Steel Research International, 81-9 (2010), 1136-1139.
- 5) 安部洋平, 岸本和也, 加藤亨, 森謙一郎, 溶融亜鉛-アルミニウム合金めっき鋼板のメカニカルクリンチング, 塑性と加工, 51-593 (2010), 592-596.
- 6) 安部洋平, 加藤亨, 松田晃, 森謙一郎, 高張力鋼板とアルミニウム合金 A5052 板のメカニカルクリンチング, 塑性と加工, 51-589 (2010), 141-145.

□ 特集6 軽量化を目指したスポット溶接の課題 □

熊本大学大学院
里中 忍

1. はじめに

スポット溶接は、鋼板やアルミニウム合金板を水冷電極で挟んで加圧しながら短時間に大電流を流し、溶接部に発生するジュール熱を被溶接材の接合に利用する溶接法である。原理的には非常にシンプルな溶接法であることから、品質の安定した、生産性のある接合法として、古くから薄板の接合に利用されてきた。現在、最も広く利用されているスポット溶接は、自動車生産ラインの溶接ロボットに登

載されているスポット溶接機であり、1台当たりのスポット溶接は3000～5000点ともいわれている。最近では、特定の溶接部位や材料の薄板溶接にレーザー溶接や摩擦攪拌点溶接(FSSW)など、新しい溶接法を適用することも多くなったが、これまでの技術の蓄積、溶接の生産性・安定性、設備などの観点から、スポット溶接は依然として薄板の接合に幅広く利用されている¹⁾。しかしながら、輸送機器などの軽量化を目的とした高張力鋼、アルミニウム合金、

マグネシウム合金の利用では、材料に適した接合法の開発、溶接部材の信頼性確保のための強度評価法や非破壊検査法など、新たな課題も生まれ、その解決が望まれている。

本稿では、これらの課題と筆者らの研究成果を紹介しながら、最近のスポット溶接の動向について述べることにする。

2. スポット溶接に関する最近の取り組み

スポット溶接における最近の研究開発は、その応用分野である輸送機器の軽量化や安全性・信頼性向上に関する取り組みが主なものである。軽量化に対しては、高張力鋼などの高強度材の薄板化による方法が採用されているが、アルミニウム合金やマグネシウム合金などの軽金属の溶接、アルミニウム合金と鋼の異材接合が課題となっている。安全性、信頼性向上に対しては、設計や生産の高度化を目指した強度やプロセスのシミュレーション技術、超音波を利用した品質管理のための非破壊検査法などが主なものとなっている。

2.1 軽金属のスポット溶接

薄鋼板のスポット溶接は、高張力鋼における組織変化や亜鉛メッキ鋼板における電極寿命などに課題も残っているが、基本的にはほぼ確立された技術であり、溶接ロボット導入による自動化も実現している。これに対し、アルミニウム合金やマグネシウム合金などの軽金属のスポット溶接では、比抵抗が低く、高い熱伝導率による熱の散逸のために、溶接には、数十kAの高い溶接電流が必要なこと、それに伴って電極寿命が短いことなどが問題となっている。また、溶接の際には溶接部にブローホールを発生することから、その対策も課題である。これに対しては、電極材料の開発や溶接条件での改善、工夫も行われているが、筆者らはカバープレートを利用したスポット溶接を提案した²⁾。

図1は、カバープレートを利用したスポット溶接の原理を示したものである。図はマグネシウム合金を例にして示しているが、この方法は被溶接材料の上下にカバープレートを置いて電極で挟み込んだ状態で電流を流し、スポット溶接を行うものである。この溶接法におけるカバープレートは、板厚1mm程度の軟鋼板で、それ自体も発熱して被溶接材への熱の供給を行うと共に、溶接部を水冷電極の冷却から保護（保温）する役目を担っている。図2は、一例として板厚1.0、1.5mmマグネシウム合金板（AZ31B）に本溶接法を適用して得られた、溶接電流と溶接部材の引張りせん断強度の関係を示している。比較のために、カバープレートを用いない通常の溶接法の結果も示しているが、12kA以下の溶接電流では接合部は形成されていない。これに対し、カバープレートを用いると、1) 溶接電流4000~5000Aから強度を持ち始め、軟鋼とほぼ同じ溶接電流条件で溶接することができ、軽金属のスポット溶接における電極寿命の問題も解決できる、2) 接合径が電極先端径に依存しないことから、引張りせん断強さや接合径は溶

接電流と共に増加する、ことなどが明らかになった。図3はマグネシウム合金スポット溶接材における接合径と引張りせん断強度の関係を示したものである。引張りせん断強さは接合径と共に増加することがわかる。図4には、代表的な接合部の断面写真を示している。軟鋼と同程度の溶接条件（溶接電流10kA、加圧力1000N、通電時間10サイクル）で得られたスポット溶接部には、図4 (a) に示すように、ブローホールが発生している。このブローホールは、溶接中に発生する散りによる溶融金属の収縮孔が主な原因で、その大きさは溶接電流と共に増加する。この対策には、加圧力を大きく（3000N）してダウンスロープ時間を長くすることが有効であり、図4 (b) のように、ブローホールのほとんどない接合部が得られることが明らかになった。図2, 3, 4の結果はカバープレートを用いたスポット溶接をマグネシウム合金に適用した例を示したが、これをアルミニウム合金に適用しても同じような効果が得られている³⁾。アルミニウム合金とマグネシウム合金で異なる点は、アルミニウム合金の溶接ではカバープレートが溶接部材に付着することで、これについてはカバープレートの材質も含めて改良の余地がある。

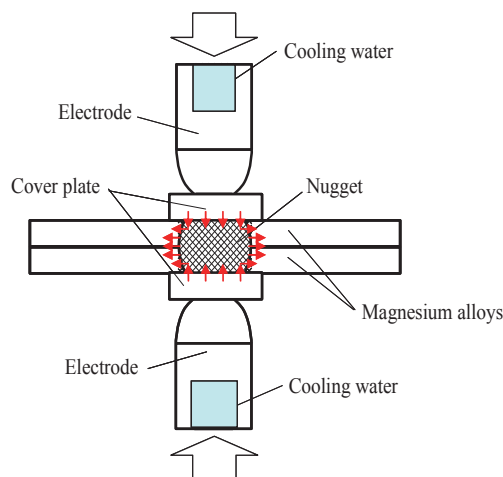


図1 カバープレートを利用したスポット溶接法

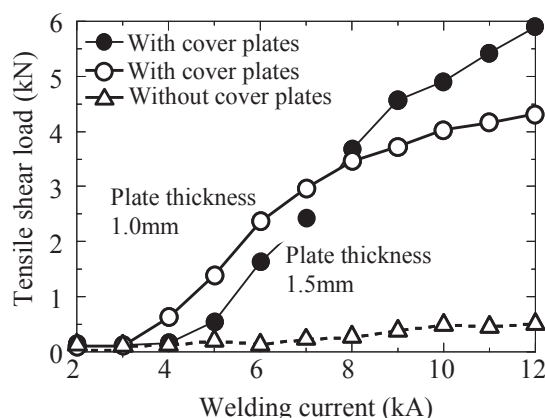


図2 溶接電流と引張りせん断強さの関係

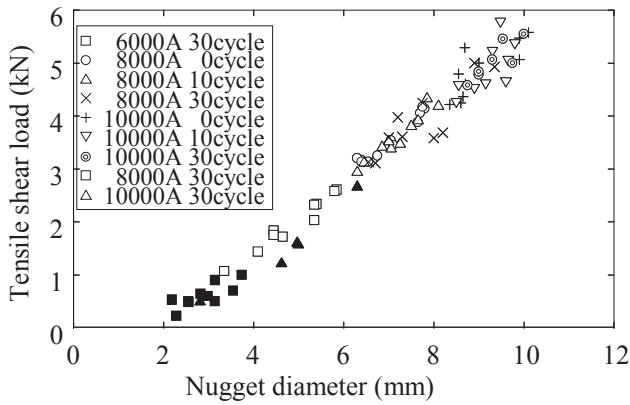


図3 接合径と引張りせん断強さの関係

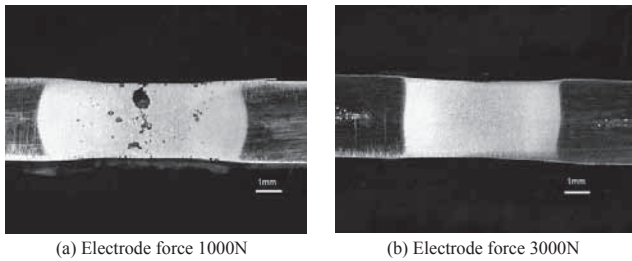


図4 スポット溶接部の断面写真

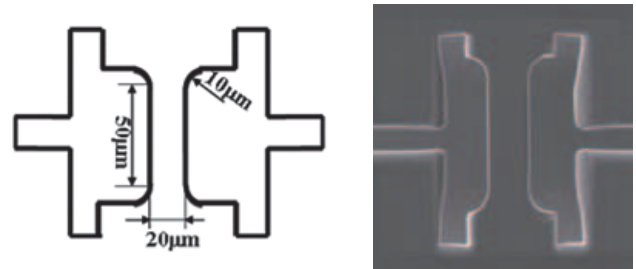


図6 マイクロスケール試験の寸法と形状

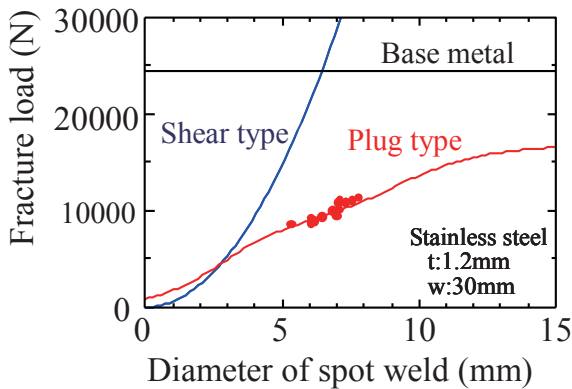


図5 引張りせん断試験における破断強度と破断モードの推定 (●実験値)

2.2 スポット溶接部の強度推定

これまでの研究から、スポット溶接の強度は、板厚、板幅、接合径、熱影響を受けた溶接部の強度、スポット溶接の配置、スポット溶接点の数、材料の種類に依存することが明らかになっている。また、これらの因子を基にした多く強度推定式が提案され、特定の材料に対しては満足できる精度で強度推定が可能になっている⁴⁾。しかしながら、高張力鋼のスポット溶接部材では、溶接部の組織変化、それに伴う強度の変化が破断様式にも影響することが明らかになってきた。図5はスポット溶接部材の引張りせん断試験で現れる三タイプ（プラグ破断、せん断（界面）破断、母材破断）の破断様式における強度推定値と実験値を比較したものである。推定強度が最も低い破断様式が実験値とよく一致することが示されている。十字引張り強度についても予測が行われているが、推定精度は低い。特に、

500~600MPa級以上の高張力鋼スポット溶接材では、母材強度の増加に連れて十字引張り強度が低下し、引張りせん断強度とは逆の傾向が観察されている。そのために、最近ではシミュレーションを用いて正確な強度推定を行うことが多くなってきた。その際的基本情報として、溶接部の力学特性が必要となってくるが、これには溶接部から切り出したマイクロスケール試験片の強度試験が利用され、高張力鋼における溶接部の力学特性が次第に明らかになりつつある。図6は、マイクロスケール試験片の一例を示している。マイクロスケール試験片による溶接部の力学的特性の情報は、高張力鋼の種類も考慮する必要があるが、これによって予測精度の向上が期待される。

3. 終わりに

スポット溶接に関する最近の話題として、軽金属のスポット溶接法と安全性、信頼性の向上を目指した強度推定や応力解析について紹介した。この他にもプロセスのシミュレーション、片面スポット溶接法の開発、異材接合、超高張力鋼のスポット溶接法など、スポット溶接に関する多くの成果が報告されている。スポット溶接部材の安全性、信頼性確保のための様々な非破壊試験法も種々試みられているが、たがね試験に代わる品質管理法はいまだに実用化されていない。また、スポット溶接の接合原理は基本的には変わっていないが、その研究開発は他の加工プロセスと同様、新素材との競争であり、素材の特性を活かす接合部をいかに実現するかが常に課題となっている。これまで、軟鋼、亜鉛メッキ鋼板、ステンレス鋼の接合を実現し、アルミニウム合金、マグネシウム合金のスポット溶接も克服しつつある。そのプロセスにおいて、新しい概念、計測制御技術の導入などで、スポット溶接も進化してきた。本稿が研究開発のトリガーになってこれからも様々なチャレンジがあることを期待したい。

参考文献

- 1) 溶接学会軽構造接合加工研究委員会編;“薄鋼板及びアルミニウム合金板の抵抗スポット溶接—抵抗溶接現象とその応用—”, 産報出版(株), 2008.
- 2) G.Murakami, Y.Matsumoto, C.Iwamoto and S.Satonaka, “Resistance Spot Welding of Magnesium Alloy Sheets with Cover Plates”, IIW Doc. No.III-1572-10 (2010) .
- 3) 里中忍, 岩本知弘, 邸然鋒, 藤岡俊治, アルミニウム

- 合金のスポット溶接とその新展開, 軽金属溶接, 44-2, pp.41-48(2005).
- 4) S.Satonaka, K.Okaieda, S.Okamoto: Prediction of Tensile-Shear Strength of Spot Welds based on Fracture Modes, Welding in the World, Vol.48, No.5/6, (2004) , pp.39-45.

機械材料・材料加工部門「部門賞・一般表彰」公募のお知らせ

機械材料・材料加工部門では、第88期部門賞および部門一般表彰候補を下記の要領で公募します。自薦他薦を問わず奮ってご応募下さい。

- *公募締切： 2010年12月3日（金）厳守
- *推薦書類： 日本機械学会・各賞推薦書に準じます。
(推薦・申請用紙を部門ホームページよりダウンロードしてお使い下さい。)
- *被推薦者資格：各賞とも日本機械学会会員であることが受賞資格となります。
- *書類提出先： 日本機械学会 機械材料・材料加工部門（担当者 石澤 章弘）
〒160-0016 東京都新宿区信濃町35 信濃町煉瓦館5階
電話 (03) 5360-3502, E-mail : ishizawa@jsme.or.jp

推薦された候補者は第3技術委員会で審査され、部門運営委員会で受賞者を決定します。結果は、今年度中に本人に連絡し、次期（2011年度）のニュースレターに掲載します。また、受賞者は、2011年度年次大会開催時に表彰する予定です。なお、本件に関するご質問・お問合せ等は、第3技術委員会委員長（三浦秀士、電話 (092) 802-3207, E-mail : miura@mech.kyushu-u.ac.jp）までお願いします。

各賞の概要

- (1) 功績賞：機械材料・材料加工分野に関する学術、教育、出版など諸般の活動において、本部門の発展と進歩に積極的な貢献または顕著な業績のあった者に授与する。
- (2) 業績賞：機械材料・材料加工分野に関する研究または技術開発において、顕著な業績のあった者に授与する。
- (3) 国際賞：機械材料・材料加工分野における学術、教育、出版などに関する国際的な活動を通し、本部門の発展と進歩に積極的な貢献または顕著な業績のあった者に授与する。
- (4) 部門表彰（優秀講演論文部門）：当該年度に開催された本部門企画、担当、主催または共催の講演会において発表された機械材料・材料加工分野の講演論文中、学術・技術の進歩発展に寄与し、特に優秀と認められる論文の著者を対象とする。
- (5) 部門表彰（新技術開発部門）：機械材料・材料加工分野において本部門企画、担当、主催または共催の集会、出版物等において発表された新技術、新製品の開発者中、工業技術の進歩発展に特に貢献した者を対象とする。
- (6) 部門表彰（優秀ポスター発表部門）：当該年度に開催された本部門企画、担当、主催または共催の講演会において発表された機械材料・材料加工分野のポスター発表中、学術・技術の進歩発展に寄与し、特に優秀と認められるポスター発表の著者を対象とする。
- (7) 部門表彰（国際貢献部門）：本部門の国際会議や国際交流に関し、特に優れた貢献のあった者を対象とする。

2010 年度年次大会「社会変革を技術で廻す機械工学」 in 名古屋の報告

第 87 期第一技術委員会 (年次大会担当)

北村 憲彦 (名古屋工業大学)

2010年度年次大会が2010年9月5日(日)～9日(水)に名古屋工業大学(名古屋市)で開催されました。機械材料・材料加工(M&P)部門でも多数の講演セッションと知的材料・構造システムに関するワークショップや基調講演が行われ、活発な討議が行われました。最終日9日は北陸から戻ってきた台風であいにくの天候でしたが、最後まで多くの議論が交わされました。また恒例の部門同好会は、6日夕方にサッポロ浩養園で行われました。ジンギスカンとビール片手に懇談し、部門に功労のあった方々の表彰では拍手が続きました。オーガナイズドセッションや特別企画などの募集から大会実施まで、皆さまのご協力のもと盛進に進めることができましたことをご報告申し上げます。

- [T1602] マイクロ・ナノ理工学：nm から mm までの表面制御とその応用
(情報・知能・精密機器部門との共同企画, 13 件)
- [J 0401] 固相粒子成膜技術とその応用
(材料力学部門との共同企画, 10 件)

- [J 0402] 超音波計測・解析法の新展開
(材料力学部門との共同企画, 16 件)
- [J 0403] 締結・接合部の力学と評価
(材料力学部門との共同企画, 19 件)
- [J 0404] 知的材料・構造システム
(材料力学部門, 機械力学・計測制御部門, 宇宙工学部門との共同企画, 38 件)
- [J 0301] 工業材料の変形特性とそのモデル化
(材料力学部門との共同企画, 10 件)
- [S 0401] 表面改質および薄膜コーティング (13 件)
- [S 0402] 粉末成形とその評価 (10 件)
- [S 0403] セラミックスおよびセラミックス系複合材料 (7 件)
- [G0400] 機械材料・材料加工部門一般講演 (14 件)

注) G: 一般講演, J: 他部門と共同企画, S: 当部門単独, T: 大会テーマ企画

ICM&P2011 開催のお知らせ

実行委員会 Program Committee 委員長
千葉大学 浅沼 博

日本機械学会 機械材料・材料加工部門では、部門主催の国際会議(ICM&P)と致しまして、これまで第1回(2002年10月, ホノルル)および第2回(2005年6月, シアトル)を米国機械学会の協力を得ながら部門単独で、第3回(2008年10月, シカゴ)を米国機械学会・製造工学部門国際会議(MSEC2008)と合同で開催し、当部門の最も重要な国際的活動として成果を残して参りました。ここでは、開催が迫って参りました第4回ICM&Pの御案内と御参加のお願いを申し上げます。

第4回JSME/ASME機械材料・材料加工技術国際会議(ICM&P, Fourth JSME/ASME 2011 International Conference on Materials and Processing)は、2011年6月13日(月)から17日(金)まで、アメリカ合衆国オレゴン州コーバリス市のオレゴン州立大学におきまして、米国機械学会(ASME)製造工学部門国際会議(MSEC, Sixth Annual ASME International Manufacturing Science and Engineering Conference)および製造技術協会(SME)北米製造技術会議(NAMRC, 39th Annual SME North American Manufacturing Research Conference)と合同で開催致します。

前回の講演論文数は400件近くを数え、材料・加工分野の研究者・技術者間の国際的交流の場として世界最大スケールの国際会議になりました。今回はそれを上回る規模、多岐にわたる内容で、材料とその製造、加工およびそれらシステムに関連する研究者と技術者の参加が見込まれ、次に示す分野を中心に、幅広い研究発表(使用言語は英語)が行われる予定です。



(S-Hoshino.com)

オレゴン州立大学

Track 1: MATERIALS

- Symposium 1-1: Polymer and Polymer Matrix Composites
- Symposium 1-2: Metal and Metal Matrix Composites
- Symposium 1-3: Ceramics and Ceramic Matrix Composites
- Symposium 1-4: Adhesion and Interface
- Symposium 1-5: Functional/Multi-Functional Materials
- Symposium 1-6: Smart Materials and Structures
- Symposium 1-7: Recycling of Composites

Track 2: PROCESSING

- Symposium 2-1: Advances in Plastic Forming of Metals and Other Materials
- Symposium 2-2: Advanced Casting and Semisolid Forming Techniques
- Symposium 2-3: Advanced Powder Processing Technique
- Symposium 2-4: Advanced Welding and Bonding Technology
- Symposium 2-5: Thermal and Cold Spray Coatings
- Symposium 2-6: Green Energy Manufacturing
- Symposium 2-7: Advances in Nontraditional/Hybrid Manufacturing
- Symposium 2-8: Manufacturing with Soft Materials
- Symposium 2-9: Advances in Biomanufacturing
- Symposium 2-10: Advances in Modeling, Analysis, and Simulation of Manufacturing Processes

Track 3: PROPERTIES, APPLICATIONS AND SYSTEMS

- Symposium 3-1: Mechanical Characterization and Measurement Techniques
- Symposium 3-2: Contact Surface Mechanics, Fracture and Reliability
- Symposium 3-3: Surface Modification Technology, Wear and Tribology
- Symposium 3-4: Dynamic Behavior of Materials and Structures
- Symposium 3-5: Monitoring, Sensing, and Control for Intelligent Machining and Inspection
- Symposium 3-6: Manufacturing Research Toward Sustainable Transportation
- Symposium 3-7: Advances in Quality and Process Control in Manufacturing Systems
- Symposium 3-8: CAD Based Information Integration in Product and Production Development
- Symposium 3-9: Advances in Pervasive Sensing and Computing for Manufacturing Systems
- Symposium 3-10: Nondestructive Testing

Symposium 3-11: Manufacturing System Operations**Track 4: MICRO AND NANO TECHNOLOGIES**

- Symposium 4-1: MEMS, NEMS and Biologic Application
- Symposium 4-2: Nanomaterials, Nanofabrication and Their Applications
- Symposium 4-3: Sustainable Nanomanufacturing
- Symposium 4-4: Advances in Traditional Nano/Micro/Meso Manufacturing Processes
- Symposium 4-5: Micro-Nano Assembly Systems and Applications
- Symposium 4-6: Laser Based Meso/Micro/Nano Manufacturing
- Symposium 4-7: Ultra-Precision and Micro/Nano Forming of Materials

本会議中は、関連するワークショップやパネルディスカッション、見学会なども行われます。この合同国際会議を通して、技術交流、共同研究などの国際的な研究ネットワークの構築につながることを期待しております。

本国際会議の概要は、http://www.jsme.or.jp/mpd/ICM&P2011/index_jp.html で御覧頂き、お申込等は<http://www.asmeconferences.org/ICMP2011/index.cfm> よりお願い申し上げます。

講演申込等に関する重要な期日は以下の通りです。

講演申込、講演原稿 (Abstract/Full-Length Draft Paper for Review) 提出締切: 2010年12月1日 (年末までの4週間程度の延長を検討中ですが、まずはアブストラクトだけでも結構ですので、先に期日までに御提出頂けますと幸いです。)

講演採択通知:	2011年2月15日
修正原稿締切:	2011年2月22日
最終原稿締切:	2011年3月15日
講演者参加申込締切:	2011年3月21日
ICM&P2011:	2011年6月13-17日

参加登録費に関しましては、早期申込の場合、会員 \$ 595、会員外 \$ 650、学生員 \$ 275、一般学生 \$ 300です。

最後に、本会議の実施体制を紹介させていただきます。

ICM&P2011 実行委員会

委員長: 武藤睦治 (長岡技術科学大学)

Advisory Committee

委員長: 大竹尚登 (東京工業大学)

委員: 村井勉 (三協立山ホールディングス), 服部敏雄 (岐阜大学), 藤本浩司 (東京大学), 京極秀樹 (近畿大学), 三浦秀士 (九州大学), 堂田邦明 (名古屋工業大学), 浅川基男 (早稲田大学), 沖善成 (三協立山ホールディングス),

川田宏之（早稲田大学），武田展雄（東京大学），小豆島明（横浜国立大学），鈴木暁男（東京工業大学），松岡信一（富山県立大学），菅泰雄（慶応義塾大学）

Scientific Committee

委員長：井原郁夫（長岡技術科学大学）

委員：金子堅司（東京理科大学），板橋正章（諏訪東京理科大学），川田宏之（早稲田大学），京極秀樹（近畿大学），佐藤千明（東京工業大学），日野隆太郎（広島大学），藤本浩司（東京大学），大津雅亮（熊本大学），北村憲彦（名古屋工業大学），村岡幹夫（秋田大学），宮下幸雄（長岡技術科学大学），岡部洋二（東京大学）

Program Committee

委員長：浅沼博（千葉大学）

副委員長：岸本哲（物質・材料研究機構）

委員：大竹尚登（東京工業大学），大津雅亮（熊本大学），松本良（大阪大学），楊明（首都大学東京），鈴木隆之（日立製作所），磯西和夫（滋賀大学），大塚年久（東京都市大学），荻原慎二（東京理科大学），中尾航（横浜国立大学），古屋泰文（弘前大学），森田昇（富山大学），渡辺義見（名古屋工業大学），前博行（本田技術研究所），糸井貴臣（千葉大学）

御質問等は下記の事務局2名宛にお願い申し上げます。

浅沼博（千葉大学大学院 工学研究科 人工システム科学専攻，Phone:043-290-3201，Fax:043-290-3039，E-mail: asanuma@faculty.chiba-u.jp）

岸本哲（物質・材料研究機構 ハイブリッド材料センター，Phone:029-859-2426，Fax:029-859-2401，E-mail: KISHIMOTO.Satoshi@nims.go.jp）

2011年度年次大会開催のご案内と特別企画のご提案のお願い

第1技術委員会委員長 東京工業大学 秦 誠一

2011年度の年次大会は、2011年9月11日(日)～15日(木)、東京工業大学 大岡山キャンパスにて開催されます。東京工業大学は、2011年に創立130周年を迎え、この記念すべき年に年次大会が開かれることは、関係者全員の大きな喜びです。機械材料・材料加工部門では、例年と同様に、以下のオーガナイズドセッションを企画しています。(10月上旬現在)

- ① 環境調和型の表面改質および薄膜コーティング
- ② 粉末成形とその評価
- ③ セラミックスおよびセラミックス系複合材料
- ④ 工業材料の変形と強度特性及びそのモデル化
- ⑤ 超音波計測・解析法の新展開
- ⑥ 知的材料・構造システム
- ⑦ 高分子基複合材料の加工と評価
- ⑧ マイクロナノ理工学：nm から mm までの表面制御とその応用

本年次大会では『機械工学が牽引するイノベーション』をキャッチフレーズとし、『「安心・安全」「エコロジー」「クオリティオブライフ」の調和ある価値の創造』をテーマとして広くセッションを募集しました。セッションの追加は、まだ可能ですので、是非ともご検討、ご提案ください。

さらに、例年通り、下記の特別企画も募集中です。特に複



数部門にまたがる部門横断企画をご検討頂ければ幸いです。

- ① 基調講演，② 先端技術フォーラム，③ ワークショップ，④ 部門同好会，⑤ 新技術開発リポート，⑥ 新企画行事
- 締切は、2010年12月17日(金)です。奮ってご提案ください。

企画のご提案と、皆様の多くのご参加をお待ちしております。ご提案やお問合せがございましたら、第一技術委員会 秦 (shata@pi.titech.ac.jp) までご連絡ください。これまでの年次大会に負けぬよう、企画（特に部門同好会！）に創意工夫を凝らしますので、講演会、同好会等々、各種の行事にぜひご参加下さるようご案内申し上げます。

編集後記

M&Pニュースレター No.40を発行するにあたり、執筆依頼から原稿提出まで短い時間であるにもかかわらず、ご多忙の中、記事の執筆をお願いいただきました先生方には心より感謝申し上げます。また、大津委員長はじめ、広報委員会委員の皆様のご支援・ご協力に深く感謝いたします。今回の特集記事は、ものづくりに不可欠な接合に注目し、様々な接合プロセスと接合体評価についての話題を集めました。多くの会員の方々にとって役立つ情報提供となりますようお願いいたしますとともに、技術や人を「接合」するきっかけとなりました幸いです。本ニュースレターに関するご意見、お問合せは、広報委員会幹事（宮下：mijayuki@mech.nagaokaut.ac.jp）までお願いいたします。

発行 発行日 2010年10月30日
〒160-0016 東京都新宿区信濃町35信濃町煉瓦館
(社)日本機械学会 機械材料・材料加工部門
第88期部門長 村井 勉
広報委員会委員長 大津 雅亮
Tel. 03-5360-3500 Fax. 03-5360-3508