

金属加工に関する教材研究：
異種金属間の鍛接について

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2014-05-16 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 鳩野, 憲志朗, 鷲田, 一夫, 奥野, 信一 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10098/8276

金属加工に関する教材研究 — 異種金属間の鍛接について —

福井大学大学院教育学研究科教科教育専攻 鳩野 憲志朗
福井大学教育地域科学部 鷲田 一夫
福井大学教育地域科学部 奥野 信一

技術・家庭科（技術分野）の鍛造学習を可能にするため、本研究グループによる先行研究において簡単な鍛造法と安価な木炭炉を開発した。この2つの新しい技術を利用し、異種金属間の鍛接に関する基礎研究を行った。異種金属間鍛接は一般に大がかりな設備が必要であるが、我々が先に開発した簡便な方法で実験した結果、良好な結果を得た。

キーワード：技術教育, 金属加工, 鍛造, 木炭炉, クラッド材

1. はじめに

技術・家庭科（技術分野）（以下、技術科という）の教育内容は、1958年の教科成立時に日本の主要な工業部門の中から選択されてきたという経緯があり、金属加工学習もその1つである。金属加工は技術科においては、板金加工、棒材加工を中心として実践が行われてきた。近年になり低融合金が出回るようになり鑄造学習が盛んになった^(注1)。一方、鍛造加工は鋼が対象であり、1000℃以上に金属を加熱する必要性から設備面、安全面の両面から幾つかの積極的な先行研究^{(1)~(3)}／実践^{(4)~(10)}以外に実施されていない。しかしながら、日本各地の先行研究や実践により、鍛造学習を実施する際の技能面、安全面及び設備面での諸課題が明らかになった。我々はこれまでに技能面、安全面及び設備面での諸課題を解決し、鍛造学習を実践できる新しい技術を開発した。

本稿では、我々の先行研究で行った硬鋼と軟鋼の鍛造加工を概説するとともに、開発した鍛接法と木炭炉を利用した異種金属間の鍛接を試みた結果、数種類の異種金属間で、確実に鍛接が行われたので報告する。

2. 新しい鍛接法と木炭炉の開発の概要

我々が開発した木炭炉は空き地に穴を掘り耐火煉瓦と泥で周囲を固める簡易なものである。鍛接法は廃材の軟鋼パイプ（SS400）と刃が折れ使用不可能になった木工用鋸（硬鋼：SK95）を用いるものであり、前者の木炭炉を利用して行う。これら2つの技術について、我々の先行研究⁽¹¹⁾をもとに以下に概説する。

2.1 木炭炉

開発した木炭炉の外観と木炭炉の縦断面概略図をそれぞれ図1, 2に示す。木炭炉は地面をやや掘り下げ底や周囲、天井部に耐火煉瓦を積み上げ、スコップを用いて土で覆うことで完成する。図3は製作工程を示したものである。図2中に図示されている送風パイプは図4のよ

うに先端部を閉じ、円周方向に90° 間隔、長さ方向に10mm間隔で小穴（φ3mm）を多数開ける。このように加工した送風パイプを通して送風することにより、炉内部全体に満遍なく空気を送り込むことができ、材料の取り出し口からの火の粉の飛散をなくすことができた。この木炭炉は耐火モルタル不使用のため、何度でも容易に組み直すことができ、低コスト化を実現できた。また、この木炭炉は煉瓦によって底部や周囲からの残留水分が遮断されるため、より安全に使用できる。図5は木炭炉



図1 木炭炉の外観（横側）

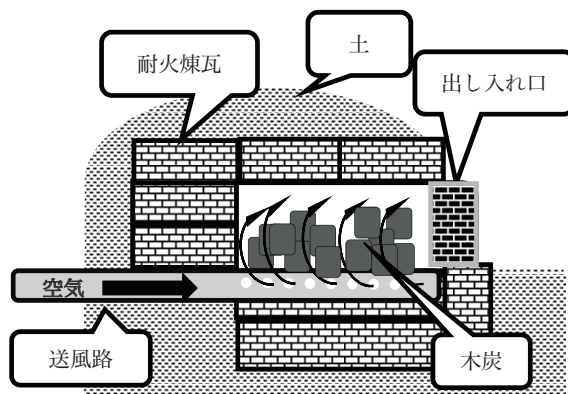


図2 木炭炉の簡略図



下地



送風路設置



送風路の固定



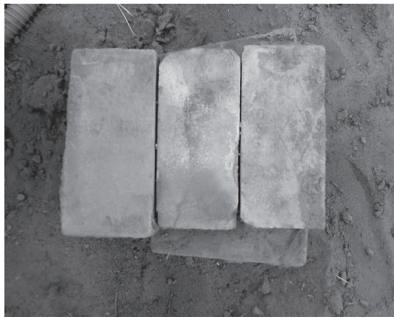
一段目正面



二段目正面



二段目上面



三段目上面



三段目正面



完成図

図3 木炭炉の製作工程

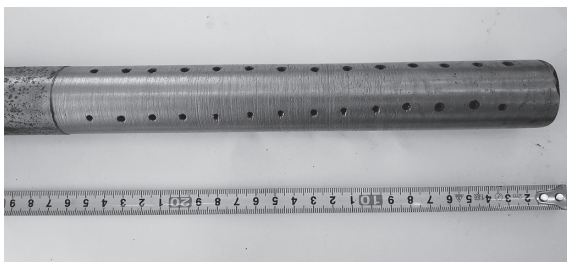


図4 加工した送風口

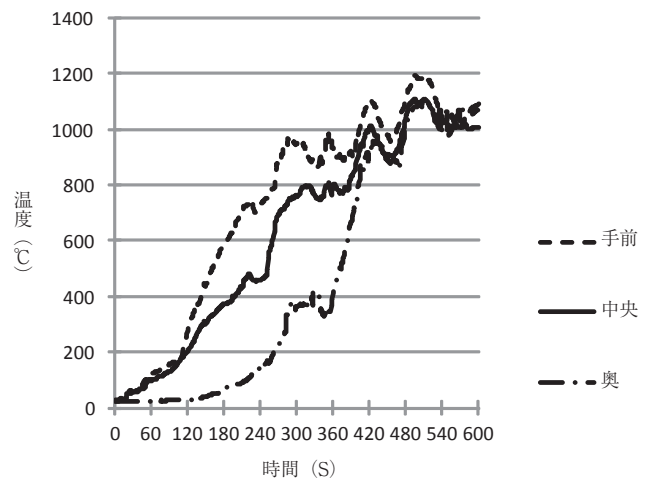


図5 常温からの地中炉の温度上昇の平均値

計測日：2013年5月7日気温22.4℃湿度22.2%
 2013年6月1日気温26.7℃湿度45.1%
 2013年6月3日気温23.3℃湿度51.0%

の温度上昇を示したものである。これは、パーソナル・コンピュータ (WL7160A : SOREC社製) 1機, データロガー (TC-08 : Pico Technology社製) 1台及びK型熱電対3本を同時に使用し, 実時間計測した結果である。図5から, 500秒程度で炉全体が鍛接適温である1000℃になることが分かる。

2.2 鍛接法

一般に, 鍛接法とは平らな軟鋼と硬鋼の間に鍛接剤(硼砂とホウ酸を適当に配合)を入れ, 1000℃程度に加熱しハンマーで叩き接合する方法である。2種類の金属をずらすことなくたたき合わせることは熟練を要し, 初心者が簡単にできる技ではない。金属がずれると正確に鍛接できなくなるばかりではなく, 危険性も大きくなる。

そこで我々は正確な鍛接と, 危険性の回避できる安価な方法, すなわち図6のように軟鋼材(パイプ)の中に破損した工具鋼を挿入し, ハンマーで叩き平らにすることで, 両鋼の鍛接面を密着させる手法を考案した。

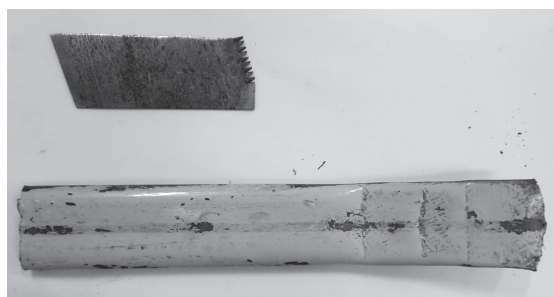


図6 軟鋼(パイプ):下,工具鋼(硬鋼):上

我々はこの方法をサンドイッチ法と名付けた。この方法では, 両刃の刃物を製作できるが, 片刃の刃物にも応用可能であり, その詳細については後日報告する。サンドイッチ法では, 挿入する硬鋼材は軟鋼パイプの1/3程度でよく, できあがった材料を前述の木炭炉に挿入し, 大凡950~1100℃(材料が黄色になる)に加熱し, ハンマーで均一に殴打することで鍛接できる。図7はこのようにして製作した材料を光学顕微鏡写真撮影したものである。図7より, 軟鋼と硬鋼の間で炭素の受け渡し(接

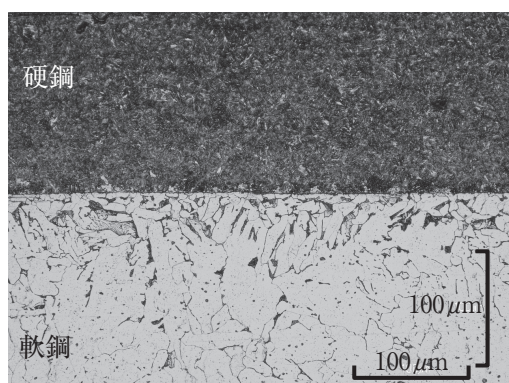


図7 鍛接面の顕微鏡写真

合境界面より約50μm軟鋼側まで薄く染まっている部分)が見られることから, 確実に鍛接できることが分かった。

この方法を用いて, 本学部附属中学生6名がナイフを試作したが, 一人平均15分程度で鍛接を終えた。

3. 異種金属間の鍛接

2種類以上の異種金属を接合した材料は, 一般にクラッド材と呼ばれている。電気コタツのサーモスタットや蛍光灯の点灯管に使用されるバイメタル (Bi-Metal) も熱膨張率の異なる2種類の金属を接合したものであり, クラッド材の一種である。クラッド材を製作するには爆着クラッドやロール圧延法があげられるが, これらの方法には大型の施設・設備を要するため, 学校現場でこれらの方法を利用することは不可能である。また, 一般に鍛接には材料接着面の研磨や溶剤となる特殊な薬品が必要である。また, 1000℃を超える炉が必要である。これらの諸課題を解決するために前述の木炭炉とサンドイッチ法を用いて, 異種金属間の鍛接を試みた。日本国内の鍛接学習に関する先行研究/実践は, 前述のように幾つかあるが, そのどれもが軟鋼と硬鋼の鍛接である。今回の我々の試みについては, 管見の限り初めてのものと思われる。

3.1 本実験に供した金属

表1は, サンドイッチ法を用いて実験に供した金属の組み合わせである。用いた金属は軟鋼, 硬鋼, 銅, 黄銅(真鍮)及びステンレスの5種類であり, これらはホームセンターあるいは廃材からも容易に入手できるものである。

表1 実験に供した金属の組み合わせ

パイプ材	挿入金属
軟鋼	銅
軟鋼	黄銅
軟鋼	ステンレス
ステンレス	硬鋼
軟鋼	硬鋼, 銅, 黄銅, ステンレス

3.2 鍛接によるクラッド材の製作実験

表1のように組み合わせた材料を木炭炉に挿入し, 材料が大凡850~1100℃(材料表面が赤色から黄色になる)に加熱し炉から取り出し, 材料の厚みが約2/3になるまで四角を描くようにハンマーで均一に殴打する。一度で鍛接することは不可能なため, 材料が冷えたら再度炉に投入し再加熱し, これを繰り返すことによって鍛接が完了する。軟鋼と硬鋼の鍛接は炭素含有量が異なるが同じ鋼のため融点にほとんど差はない。しかしながら, 銅や黄銅の融点は鋼と比べ約400℃低い。そのため, 銅や黄銅を加熱しすぎると材料が溶融する危険性が高い。仮に中の金属が溶融した状態で鍛接作業を行うと, サンド

イッチされた状態とはいうもののパイプ材の隙間から湯(溶けた金属)が吹き出す恐れがある。そのため、融点の大きく異なる異種金属間の鍛接作業では、ハンマーによる最初の一撃は弱くし、材料の状態を注意深く観察し、さらに二打、三打と叩くことが肝要である。

3.3 接合の確認方法とその結果

鍛接した5種類のクラッド材の接合状態を、福井県工業技術センターで確認した。熱を発生しない専用切断機で材料を切断し、樹脂に埋める。次に硬化した樹脂ごと材料の切断面を研磨し、エッチングを施し材料を染色する。図8～12は、研磨面の光学顕微鏡写真である。図8～12でも明らかなように、接合面の顕微鏡写真だけでは鍛接が上手くできているか否かが判断できない。それは、図7の軟鋼と硬鋼の鍛接の場合のように、炭素の受け渡しが確認できないためである。そのため、異種金属間の境界面にピンポイントで圧力を加えて、割れが生じなければ鍛接できていると判断できる。そこで、軟鋼-銅、軟鋼-黄銅、軟鋼-ステンレスの接合面にビッカース硬さ試験を行い、接合の有無を確認した。図8～10のひし形模様は、正四角錐ダイヤモンドで作られたピラミッド型圧子が材料に押し込まれた凹みである。

図8の軟鋼と銅の接合では、ビッカース硬さ試験機の圧子を同じ圧力で打ちこんだ痕の大きさが異なる。すなわち、接合面の痕が銅部分の痕よりも小さいため、接合面に拡散層が形成されたと判断できる。図9では圧子痕の大きさの大小は判断できないが、軟鋼と黄銅の接合面が剥がれていないので接合できていると判断できる。図10、11の軟鋼とステンレス及びステンレスと硬鋼の接合境界に黒色をした線が走っており、一見接合不良による隙間のようなものである。しかし、図9は図8と同様、圧子による割れが生じていないので接合できているといえる。図10では、硬鋼と黒線の間には白い線が走っているが、接合ができていない場合はこのような白い線が出現しないため、接合できていると判断できた。図12は供した金属材料全てを鍛接した断面であるが、図12の試験片の残りで刃物を試作した。結果、割れが生じてなく確実に接合ができたことを確認した。

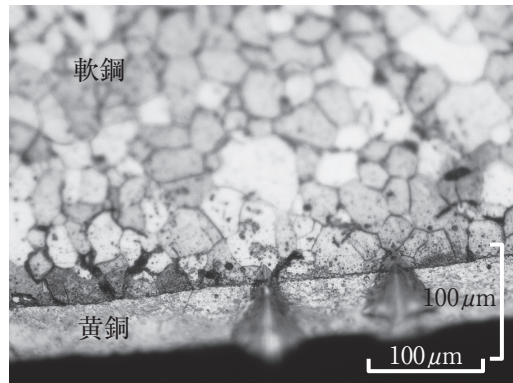


図9 軟鋼と黄銅の接合面

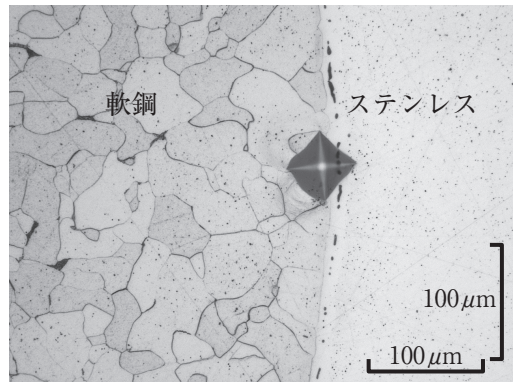


図10 軟鋼とステンレスの接合面

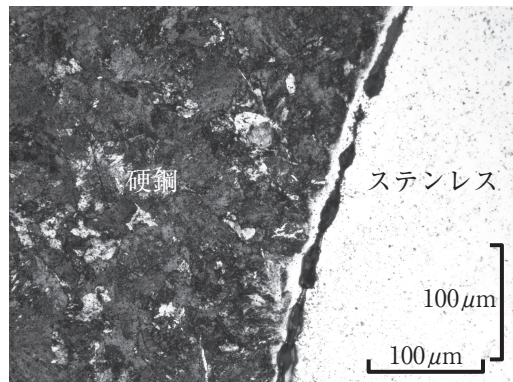


図11 ステンレスと硬鋼の接合面

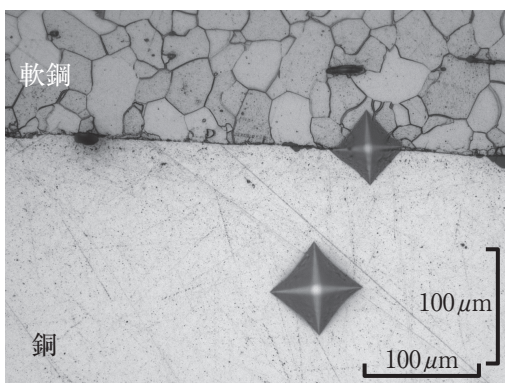


図8 軟鋼と銅の接合面

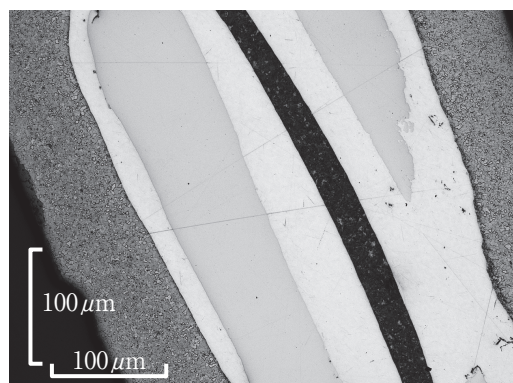


図12 他種金属の接合面

4. おわりに

クラッド材は多くの金属製品に使用されており、工業材料として重要な位置を占めている。しかしながら、クラッド材の製作には高度な技術や大規模な施設・設備が必要である。そのため、技術科のものづくり教育の中で、金属製品への招待という観点から簡単にクラッド材が製作でき、さらにクラッド材を用いた製品を製作することの意義は大きい。本研究では我々の先行研究で開発した簡単な鍛接法（サンドイッチ法）と木炭炉を利用することによって、簡単に安全にかつ鍛接剤を使用せずにクラッド材を製作できた。本研究はあくまでも鍛接学習のための基礎研究であり、本方法で製作したクラッド材を用いた教育実践については今後の課題である。

謝辞

本稿をまとめるにあたり、福井県工業技術センターの富田孝一氏に多大なご協力を頂きました。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 那須稔雄, 長岡邦夫, 成田堅悦: 地域に根ざした技術科教材の研究—金属加工領域への打刃物製作の導入の検討—, 山形大学紀要, Vol.9, No.2, pp.153-161(1987)
- 2) 畑俊明, 中村勇, 三枝茂: 鍛造学習における小刀の製作の試み—男女共学における有効性—, 日本産業技術教育学会誌, Vol.36, No.4, pp.319-325(1999)
- 3) 杵淵信, 乗松健, 榎並典昭: 刃物製作を主体としたものづくり教育の実践, 北海道教育大学教育実践総合センター紀要, No.5, pp.45-51(2004)
- 4) 福井県中学校技術・家庭科研究会金属加工部会: いきいきと取り組み教材・教具の開発とその指導—生活に生きる技術の習得をめざして—, 第26回東海・

- 北陸地区中学 校技術・家庭科研究会福井大会誌, pp.45-48(1989)
- 5) 中川淳: ぼくらの手で鉄ができた, 遊びと労働で育つ子ども, 向山玉雄編著, 青木書店, pp.132-139(1979)
 - 6) 菅原修: 鍛接の科学〈鍛冶屋の技術を教材化する〉—拡散の授業—, 技術教育研究, No.18, pp.53-67(1980)
 - 7) 松尾洋: ○○○ナイフの製作—中学校技術科におけるナイフ製作実習の報告—, 技術教育研究, No.53, pp.50-57(1999)
 - 8) 榊原文雄, 谷川清, 岡田長之, 赤川進, 加藤次郎: 金属加工2における新しい題材の開発をねらって, 第22回東海・北陸地区中学校技術・家庭科研究会石川大会誌, pp.39-42(1985)
 - 9) 西澤忠雄, 大月晴嗣: 一人ひとりが生きる技術・家庭科の学習—鉄の特性とその活用を追求する「草かき鎌」の製作, 中学校技術・家庭科 理論と実践, No.27, pp.32-35(1989)
 - 10) 中村源哉, ほんものにふれる, 一生ものの包丁づくり, 技術教室, 農山漁村文化協会, No.703, pp.58-61(2011)
 - 11) 鳩野憲志朗, 石川和彦, 鷲田一夫, 奥野信一: 新しい鍛接法と木炭炉を用いた打刃物製作に関する教材研究, 日本産業技術教育学会誌, vol.56, No.1 (印刷中)

注

- 注1) 鑄造加工に関する1959～1994年の主たる先行研究／実践に関しては、奥野信一: 中学校技術・家庭科におけるピューター金属を用いた鑄造学習の展開—ロストワックス法による—, 福井大学教育実践研究, No.22, pp.349-365(1997)の351頁に一覧がある。

A Study of Teaching Materials on Metal Working - About Forge Welding inter Metals of Various Kinds -

Kenshiro HATONO, Kazuo WASHIDA, Shin-ichi OKUNO

Key words : technology education, metal working, forge welding, charcoal furnace, clad materials