

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 16 日現在

機関番号：13601

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2016

課題番号：15K12244

研究課題名(和文) 金属筐体の自己移植コールドリサイクル

研究課題名(英文) Self-transplant method for cold-recycling of metal disposal housing

研究代表者

北澤 君義 (Kitazawa, kimiyoshi)

信州大学・学術研究院工学系・教授

研究者番号：90143825

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,600,000円

研究成果の概要(和文)：廃棄金属筐体は溶解過程を経てリサイクルされ、この溶解過程に起因して温室効果ガス大量排出という課題が生じる。この課題解決のためコールドリサイクル法が開発された。この方法は4段階で構成されている。最初に被移植板の欠陥部分が除去されて円形の穴になる。次に移植板が廃棄金属筐体のスクラップ部から切り出され、この移植板から移植カップがプレス深絞り成形される。そして被移植板の円形穴の周囲へ移植カップが摩擦圧接される。最後に摩擦圧接部の鍛造を経て予肉が切削除去され、被移植板は均一板厚を有する薄板にコールドリサイクルされる。この摩擦圧接の機構が解明され、提案法によるコールドリサイクルの可能性が明らかになった。

研究成果の概要(英文)：The metal disposal housing is recycled after a melting process. This melting process causes the problem called greenhouse gas large quantities discharge. To solve the problems, a new method for cold-recycling of the housing has been developed. This method is comprised of four stages. First, in a recipient-sheet, defective part of the housing is removed so that the part becomes the circular hole. Second, a donor-sheet is cut out of the part of the scrap of the housing. The donor-sheet is formed into a donor-cup by deep drawing work. Third, friction pressure welding of the donor-cup and the portion around the circular hole of the recipient-sheet is carried out. Finally, after forging of the welding part, excess metal is removed by cutting, and then the recipient-sheet is cold-recycled to a sheet having a uniform thickness. Mechanism of the welding was clarified experimentally. Experimental results showed that the cold-recycling by the proposed method was possible.

研究分野：塑性加工学

キーワード：コールドリサイクル 自己移植 廃棄金属筐体 温室効果ガス 摩擦圧接

1. 研究開始当初の背景

固体リサイクルの先駆的研究 (M. Mabuchi, K. Kubota and K. Higashi: Mater. Trans. JIM, 36(1995), 1249-1254) では, マグネシウム合金チップを再結晶温度以上に加熱して熱間押し加工で素材に戻す固体リサイクルの可能性が報告されている. 一方, 室温状態の塑性加工 (冷間塑性加工) によるコールドリサイクル (H. Takano, K. Kitazawa, T. Goto: Int. J. Mach. Tool. Manuf., 48(2008), 477-482) について, 私たちはアルミニウム筐体曲げコーナー部を室温 (冷間) 状態でインクリメンタル平坦化し, 均一厚の板へのコールドリサイクルに成功したが, この方法は, 穴やキズなどの欠陥へは適用出来ない. しかし, 私は, 穴やキズなどを有する廃棄金属筐体について, 同一材質となる当該廃棄金属筐体のスクラップ部から切り出した板を用いると, 品位が低下しないことに気づき, 金属筐体コールドリサイクルの本命であるネジ穴やキズをもつ廃棄金属筐体を健全な同じ組成の板に戻す方法論について, 自己移植という着想に至った.

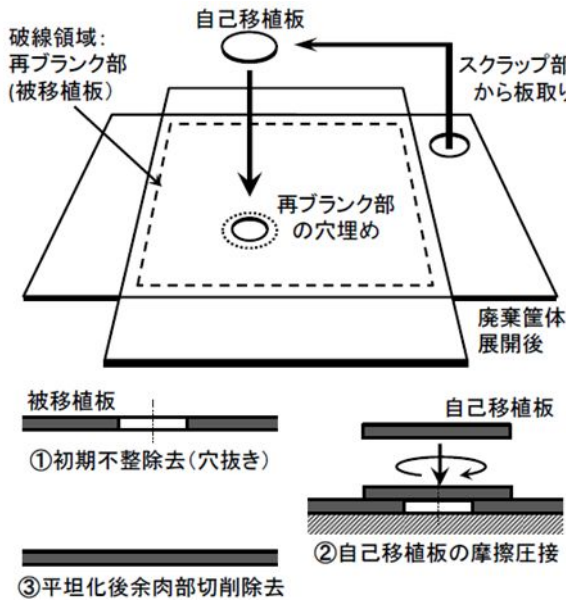


図1 廃棄金属筐体の自己移植コールドリサイクルプロセス

2. 研究の目的

本研究は, 自動車ボディーパネル・家電筐体などの廃棄金属筐体のリサイクルが有する 1) 温室効果ガス大量排出, 2) エネルギー大量消費, 3) 品位低下という課題を自己移植コールドリサイクルという新手法により解決することを目的としている. すなわち, 図1のように健全部から取り出した移植板を穴やキズなどの欠陥部に移植 (摩擦圧接) して同一組成・同一板厚の金属板へ冷間塑性加工で戻す自己移植コールドリサイクルを提案

し, この新手法によりリサイクルの課題 1)2)3)の解決を目指す.

3. 研究の方法

提案する冷間塑性加工による自己移植コールドリサイクル法は, 次の4段階で構成される.

第一段階では, 被移植板の穴や傷や凹みや腐食などの欠陥部分がプレス打ち抜きやレーザー切断などで除去され, 円形の穴になる.

次の第二段階では, 移植板が廃棄金属筐体のスクラップ部から正方形形状にシャー切断で切り出され, この移植板から図2 (a) に示すように自己移植カップがプレス深絞り成形される. この移植カップの耳を同図 (b) に示すようにホルダーに固定する. 移植カップの4か所の耳は, 移植板の正方形形状の角部であり, 角部を意図的に残すことにより, 自己移植カップの固定が容易になる.

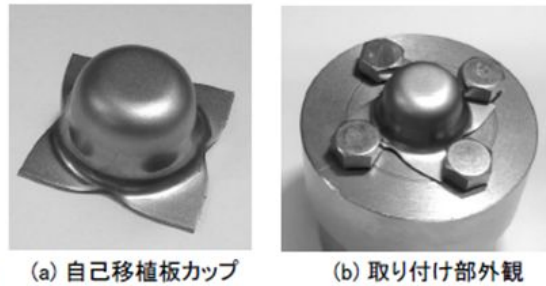


図2 自己移植カップとその取り付け方法 (重ねカップの場合は, 外カップの耳をシャー切断し, 内カップの耳をホルダーにボルト固定)

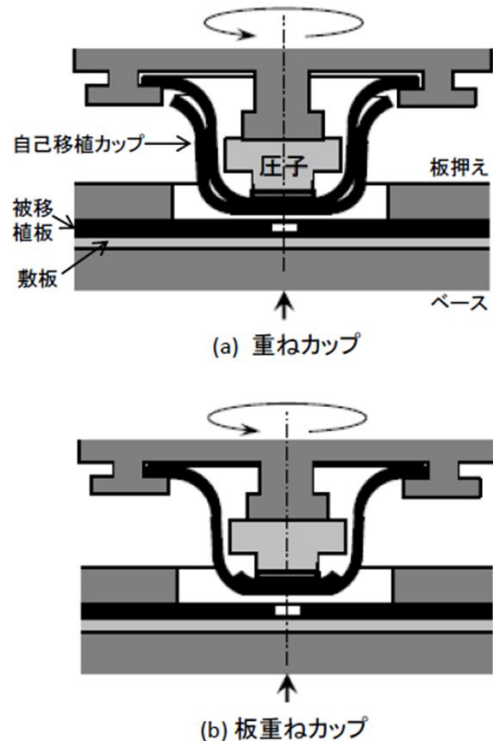


図3 被移植板の穴部周囲への自己移植カップの摩擦圧接方法 (被移植板の穴は自己移植板により閉塞)

続く第三段階では、図3に示すように、被移植板の円形穴の周囲へ自己移植カップの底面部が摩擦圧接される。同図(a)の重ねカップ方式では、被移植板の穴部周囲に自己移植カップ底面部が摩擦圧接されるが、摩擦発熱によりカップの底面部が半溶融状態で接合するため、素板の2倍の板厚の板の摩擦圧接(厚肉盛)が可能になる。このカップ底部を圧子で押しながら接合することが成功するためのポイントの一つである。同図(b)は自己移植カップ底と圧子の間に廃棄金属筐体のスクラップ部から打ち抜かれた円板を挟んであり、同図(a)と同様な厚肉化(厚肉盛)の効果がある。

摩擦圧接後の最終段階では、摩擦圧接部の板鍛造を経て、予肉が切削除去され、被移植板は均一板厚を有する薄板にコールドリサイクルされる。

従って、移植板と被移植板の摩擦圧接の可能性が本手法の成否を握る。そこで、本研究では、自己移植コールドリサイクルの可能性を実験的に明らかにするために、次のとおり、研究を進めた。

まず、金属薄板同士を摩擦圧接する実験装置を試作した。従来、摩擦圧接は棒と板あるいは棒と棒などの接合を対象としており、金属薄板同士の摩擦圧接は想定されていなかったため、薄板同士の摩擦圧接方法が無い状況であった。ポイントは、薄板の保持方法にあった。そこで、本研究では、薄板の保持方法について検討し、廃棄金属筐体のスクラップ部から切り出された薄板から円筒カップ形状に深絞り成形された移植カップ(図2参照)のフランジ部を保持して高速回転させて、移植部へ摩擦圧接する方法(図3参照)を開発した。

次に、試作装置を用いて廃棄鋼板(SPCC)筐体等の自己移植コールドリサイクルを成功させる摩擦圧接条件を実験的に明らかにした。

また、熱伝導の制御に着目した観点から、自己移植コールドリサイクルの接合メカニズムを実験的に解明した。

さらに、摩擦圧接による自己移植後、板鍛造を経て余肉除去により板厚均一な金属薄板へコールドリサイクルされるが、この余肉除去の余裕代を安定して確保するためには、自己移植時の厚肉盛が極めて重要になる。そこで、本研究では、この厚肉盛を可能にする手法として重ねカップを用いる方法を開発し、その可能性についても実験的に明らかにした。

4. 研究成果

金属薄板と金属カップの摩擦圧接は、自己移植コールドリサイクルの成否を握る。また、被移植板と自己移植カップ底が接合すると同時にカップ底面がカップ側面から切り離される一方で、被移植板が健全な状態を保ちながら、敷板と容易に分離できる必要がある。

従って、摩擦発熱で発生した熱をカップ底に集中させる必要があり、この意味で熱伝導の制御は重要になる。以下、廃棄鋼板(SPCC)筐体についての実験結果を例にして研究成果について述べる。

まず、自己移植鋼板カップ側の断熱対策として、図3に示した圧子の材質を熱伝導性の低いステンレス鋼(SUS304)とするとともに、この圧子と自己移植カップの接合面に断熱性の高い速乾セメントを薄く塗布することにより、鋼板カップ底部は摩擦発熱により半溶融状態に至った。

次に、被移植鋼板側については、被移植鋼板と敷板の界面に速乾性セメントを薄く塗布して被移植鋼板の加熱効率を高めたところ、図4に示すように、被移植鋼板が加熱され過ぎたため、セメントとの接触部が半溶融状態に至るとともに、摩擦発熱により変形抵抗が低下した被移植鋼板を貫通するねじり破壊が発生した。このため、敷板の断熱性を少し落とす目的で、セメントを塗布せずに、板厚0.6mmのチタン板(JIS第1種)の敷板を用いたが、この場合でも被移植鋼板を貫通するねじり破壊が発生した(チタン敷板は波打ち状界面となる摩擦攪拌接合状態に至り、分離不能となった)。これらの結果は、被移植鋼板については、敷板との熱伝導性を良くして加熱され過ぎないようにして変形抵抗を維持する必要性を示唆している。

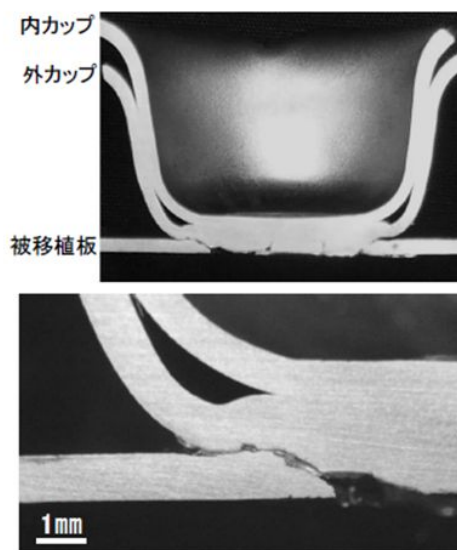


図4 被移植板(鋼板)と敷板の界面にセメントを塗布した場合に発生した被移植板貫通ねじり破壊(N=1600rpm、被移植板の直径6mm除去円孔へは円板を予め挿入。下図は上図のカップ底左側の拡大)

そこで、熱伝導性の良い板厚1mmの銅板を敷板として用いて被移植鋼板側の熱伝導性(冷却性)を高めたところ、図5に示すように被移植鋼板は健全な状態を維持する一方で、断熱性が高められているカップ側には、

底部と側面部の境界付近でねじり破壊が発生して自己移植鋼板カップの底面部が分離する(プレーキやクラッチは不要)とともに、穴抜きしたままの除去円孔の上に厚肉盛りされた自己移植状態に至った。

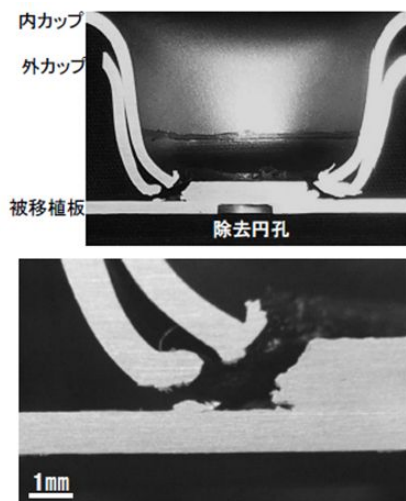


図5 鋼板筐体自己移植コールドリサイクルの成功条件(銅敷板を用いた場合のカップ底分離, N=1600rpm. 下図は上図のカップ底左側の拡大)

以上のように、熱伝導を制御することにより、被移植板の欠陥除去部(穴部)へ自己移植カップを摩擦圧接により厚肉盛することができる。この厚肉盛により、後続の板鍛造による余肉除去の見切りラインの設定代(寸法範囲)が増大し、板厚均一な金属薄板へのコールドリサイクルが容易となる。

<引用文献>

M. Mabuchi, K. Kubota and K. Higashi: New Recycling Process by Extrusion for Machined Chips of AZ91 Magnesium and Mechanical Properties of Extruded Bars, Mater. Trans. JIM, 36(1995), 1249-1254.

H. Takano, K. Kitazawa, T. Goto: Incremental forming of nonuniform sheet metal: Possibility of cold recycling process of sheet metal waste, Int. J. Mach. Tool. Manuf., 48(2008), 477-482.

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表](計1件)

北澤君義, 摩擦圧接用自己移植による板材のコールドリサイクル, 第67回塑性加工連合講演会講演論文集(2016), 179-180. 2016.10.23, 埼玉県宮代町

[産業財産権]

出願状況(計1件)

名称: 金属材の補修リサイクル方法

発明者: 北澤君義

権利者: 信州大学

種類: 特許

番号: 特願 2016 - 188962

出願年月日: 平成 28 年 9 月 28 日

国内外の別: 国内

6. 研究組織

(1) 研究代表者

北澤 君義 (KITAZAWA, Kimiyoshi)

信州大学・学術研究院工学系・教授

研究者番号: 90143825