

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号
特許第6367808号
(P6367808)

(45) 発行日 平成30年8月1日(2018.8.1)

(24) 登録日 平成30年7月13日(2018.7.13)

(51) Int.Cl.

B 2 1 D 5/02 (2006.01)

F I

B 2 1 D 5/02 U

B 2 1 D 5/02 P

請求項の数 21 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2015-533376 (P2015-533376)	(73) 特許権者	509296085
(86) (22) 出願日	平成25年9月25日 (2013.9.25)		トルンブ マシーネン オーストリア ゲ
(65) 公表番号	特表2015-530254 (P2015-530254A)		ゼルシャフト ミット ベシュレンクテル
(43) 公表日	平成27年10月15日 (2015.10.15)		ハフツング ウント コンパニー コマ
(86) 国際出願番号	PCT/AT2013/050195		ンディトゲゼルシャフト
(87) 国際公開番号	W02014/047669		オーストリア国, アー 4 0 6 1 パシン
(87) 国際公開日	平成26年4月3日 (2014.4.3)		ク, インダストリーパーク 2 4
審査請求日	平成28年8月15日 (2016.8.15)	(74) 代理人	100099759
(31) 優先権主張番号	A1051/2012		弁理士 青木 篤
(32) 優先日	平成24年9月26日 (2012.9.26)	(74) 代理人	100102819
(33) 優先権主張国	オーストリア (AT)		弁理士 島田 哲郎
		(74) 代理人	100123582
			弁理士 三橋 真二
		(74) 代理人	100153084
			弁理士 大橋 康史

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 工作物を曲げる方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

金属シートからなる工作物（１）を折り曲げる方法であって、その場合に曲げ工程の前、および／または、間に、形成すべき曲げエッジ（５）を含む、特に細片形状の、工作物における変形ゾーン（６）が、変形可能性を局所的に高めるために、曲げ工具装置（２）の曲げダイ（３）内に統合されている加熱装置（７）によるエネルギー投入によって、金属の溶融温度の下方の変形温度に加熱されるものにおいて、

工作物（１）が、曲げ工程の前、および／または、間、および／または、後に、変形ゾーンを加熱するために使用される同一の加熱装置（７）を時間的にずらして使用することによって、変形ゾーン（６）とは異なる少なくとも１つの加熱ゾーン（１１）内で、工作物（１）の外部からのエネルギー投入によって初期温度から始まって金属の溶融温度の下方の処理温度に加熱される、ことを特徴とする金属シートからなる工作物を折り曲げる方法。

【請求項 2】

エネルギー投入が、熱伝達、熱伝導、熱放射、対流、電磁誘導、電気抵抗加熱、レーザー放射、エネルギー豊富な電磁放射を含む群から選択された機構を利用し、あるいはそれらからなる組合せを有している、ことを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

加熱ゾーン（１１）内へのエネルギー投入が、変形ゾーン（６）から離れて実施される、ことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の方法。

【請求項 4】

2つ以上の加熱ゾーン（11）が、変形ゾーン（6）に対して実質的に対称に配置されている、ことを特徴とする請求項1から3のいずれか1項に記載の方法。

【請求項 5】

加熱ゾーン（11）の内部で、処理温度が、局所的に異なる温度値を有する予め定められた温度分布にされる、ことを特徴とする請求項1から4のいずれか1項に記載の方法。

【請求項 6】

エネルギー投入が、工作物（1）の両側から行われる、ことを特徴とする請求項1から5のいずれか1項に記載の方法。

【請求項 7】

加熱ゾーン（11）が、曲げエッジ（5）に対して平行に方向付けされて定められる、ことを特徴とする請求項1から6のいずれか1項に記載の方法。

【請求項 8】

加熱ゾーン（11）内へのエネルギー投入が、複数の互いに離隔した加熱部分（22）内で行われる、ことを特徴とする請求項1から7のいずれか1項に記載の方法。

【請求項 9】

加熱ゾーン（11）の内部で加熱部分（22）が実質的に均一に分配して定められる、ことを特徴とする請求項8に記載の方法。

【請求項 10】

少なくとも1つの加熱部分（22）内へのエネルギー投入が、実質的にライン（23）に沿って実施される、ことを特徴とする請求項8または9に記載の方法。

【請求項 11】

少なくとも1つの加熱部分（22）内へのエネルギー投入が、実質的に点（24）において実施される、ことを特徴とする請求項8または9に記載の方法。

【請求項 12】

エネルギー投入が、加熱ゾーン（11）のすべての加熱部分（22）内で同時に行われる、ことを特徴とする請求項8から11のいずれか1項に記載の方法。

【請求項 13】

エネルギー投入が、個々の加熱部分（22）内で時間的に次々に行われる、ことを特徴とする請求項8から11のいずれか1項に記載の方法。

【請求項 14】

加熱部分（22）が重なり合っている、ことを特徴とする請求項13に記載の方法。

【請求項 15】

加熱ゾーンの位置、形状、広がりまたは処理温度、エネルギー投入の分布、長さまたは強さを含む群から選択された少なくとも1つの方法パラメータが、プログラミング可能な制御装置（13）によって定められる、ことを特徴とする請求項1から14のいずれか1項に記載の方法。

【請求項 16】

方法パラメータが、有限要素法を使用して定められる、ことを特徴とする請求項15に記載の方法。

【請求項 17】

方法パラメータが、変形工程の前、および／または、後に工作物（1）の幾何学配置、および／または、温度を測定した後に定められる、ことを特徴とする請求項15または16に記載の方法。

【請求項 18】

エネルギー投入の強さと長さが、加熱ゾーン（11）、および／または、加熱部分（22）内で、実質的に工作物の厚み全体にわたって、220℃～600℃の範囲の処理温度が達成されるように、選択される、ことを特徴とする請求項1から17のいずれか1項に記載の方法。

【請求項 19】

エネルギー投入の強さと長さが、加熱ゾーン（１１）、および／または、加熱部分（２２）内で、初期温度に比較して工作物（１）の組織変化がもたらされる処理温度が得られるように、選択される、ことを特徴とする請求項１から１８のいずれか１項に記載の方法。

【請求項２０】

加熱ゾーン（１１）内へのエネルギー投入の少なくとも一部が、曲げ工程に關与する曲げ工具（３、４）によって行われる、ことを特徴とする請求項１から１９のいずれか１項に記載の方法。

【請求項２１】

請求項１から２０のいずれか１項に記載の方法を、亜鉛ベース、チタンベース、アルミニウムベースの金属シート、この種の材料を有する複合材料、からなる工作物（１）を曲げ加工するため、あるいは最小の曲げ半径とシート厚の比が１．０以下である工作物において、使用すること。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、金属シートからなる工作物を折り曲げる方法に関するものであって、その場合に曲げプロセスの前、および／または、間に、変形可能性を局所的に高めるために、工作物における形成すべき曲げエッジを含む、特に細片形状の、変形ゾーンが、金属の熔融温度の下の変形温度に加熱される。

【背景技術】

【０００２】

曲げプレスを用いて工作物を曲げることは、変形によって工作物を加工するための、しばしば用いられ、かつずっと以前から適用されている方法である。

しかし、曲げ方法の適用領域は、材料特性により、特に機械的・技術的特性によって部分的に制限されている。

すなわち、マグネシウム、チタン、ばね鋼、高強度アルミニウム合金、高強度鋼または他の、脆いことが知られている材料のような、脆い材料においては、曲げによって変形する際に、これらの材料は十分な可塑変形可能性を持たず、したがって曲げプロセスの間に破断し、あるいは変形ゾーンに沿って亀裂または他の望ましくない変形が生じるといふ、問題がある。

これに関して材料の挙動を特徴づけることができる特性量は、いわゆる伸張度、したがって変形すべき工作物が破断の発生まで最大耐えることができる、可塑変形の値である。

また、この挙動のための代替的な特性量は、いわゆる降伏点比であって、それは、明確な可塑変形の開始時において、工作物内に必要な応力を、破断負荷において工作物によって最大耐えることができる応力に対比させるものである。

【０００３】

良好に変形可能な材料からなる工作物においても、シート厚に比較して極めて小さい曲げ半径が形成される場合、例えば曲げ半径がほぼシート厚の領域内にあるか、あるいはそれより小さい場合には、変形可能性が小さすぎることがあり、それによって変形ゾーンの引っ張り側において、耐えることのできる材料負荷を上回ることがあり得る。

【０００４】

低い伸張度を有するこの種の材料ないし比較的大きいシート厚を有する工作物も、特に曲げるために、しばしば使用される、変形方法を適用しやすくする方法は、曲げるべき工作物の変形ゾーンの領域を加熱することによって、それによってこの加熱された領域内で、必要な可塑変形を得るために必要な応力を局所的に低下させることができる。

【０００５】

この種の方法の例として、特許文献１は、レーザー放射によって曲げラインに沿って工作物を選択的に加熱しながら、機械的力の作用により工作物を曲げる方法を開示しており、それにおいて、１本のレーザービームあるいは複数本のレーザービームから矩形のビームフィールドが形成され、かつビームフィールドによって工作物が、曲げラインに沿った

10

20

30

40

50

すべての点において加熱される。

【0006】

形成すべき曲げエッジを含む、工作物の変形ゾーンを局所的に限定して加熱することによって、変形は容易になり、あるいはそもそも初めて可能になるが、後に変形ゾーンが冷却された場合に、しばしば収縮応力が生じ、それが工作物に望ましくない形状変化、特に熱的な歪み、反り、波打ちまたは凹凸をもたらす、この種の工作物は使用できなくなるか、あるいは複雑な追加加工を必要とする。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

10

【特許文献1】欧州公開公報EP0993345A1

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

本発明の課題は、変形ゾーンの加熱の、上述のような好ましくない作用を回避し、あるいは少なくとも減少させる、ような曲げ方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明の課題は、特許請求項1に記載の方法によって解決される。

【0010】

20

工作物が、曲げ工程の前、および／または、間、および／または、後に、変形ゾーンとは異なる少なくとも1つの加熱ゾーン内で、工作物の外部からのエネルギー投入によって初期温度から、金属の溶融温度の下方の処理温度に加熱されることによって、変形ゾーンのみを加熱する場合に発生する収縮応力の分布が調節されて、よりソフトな応力推移が生じ、かつ発生する収縮応力が少なくとも部分的に補償されるようにすることができる。

それによって、変形ゾーンの冷却は、簡単なやり方で低速にすることができる。というのは、変形ゾーンからの熱の逃げは、隣接する加熱ゾーンの高められた温度によって減少されて、形成された曲げエッジに連続する、工作物の曲げ脚内への内部応力の広がり、減少されるからである。

【0011】

30

工作物の内部で行われる熱伝導に基づいて、方法を適用する間、主として過渡的な熱移送プロセスが行われるが、その場合に加熱ゾーン内への、あるいはまた変形ゾーン内へのエネルギー投入の方法パラメータを特別に制御する場合に、少なくとも一時的にほぼ準定常状態を形成することができる。

工作物内部の熱伝導プロセスによって、温度差はエネルギー投入後に自然に補償され、したがって変形ゾーンと加熱ゾーンという概念は、これらのゾーン内で変形温度ないし処理温度が、工作物の加熱されない部分内よりもずっと高い時点に関するものである。

【0012】

工作物における温度変化によって生じる熱応力およびそれによってもたらされる変形の計算機による見積もりは、常に改良されるシミュレーション計算、例えばFE方法によって実施することができ、さらに、計算モデルと、場合によっては方法適用の間の、従って本来の変形工程の前、および／または、間、および／または、後の、測定の利用に基づいて、必要に応じてエネルギーを投入することにより、工作物内に温度分布を形成することが可能であって、その温度分布によって、冷却工程の後も残留する好ましくない変形を減少させ、あるいは除去することができる。

40

【0013】

本来の変形ゾーンの他の付加的な加熱ゾーンによって、変形工程の前にすでに生じている熱変形と反りも、減少させることができる、というのは、工作物の内部に生じる応力勾配は、より小さいからである。

曲げダイ上に工作物を位置決めすることは、変形が少ないことにより、より容易になり

50

、ないしは妨げがより少ない。

【0014】

加熱ゾーン内へエネルギーを投入するための好ましい方法は、熱伝達、熱伝導、熱放射、対流、電磁誘導、電気抵抗加熱、レーザー放射、エネルギー豊富な電磁放射を含む群から利用され、あるいは組合せを選択することができる。

特にレーザー放射の利用が、加熱ゾーン内の温度の迅速かつ正確な上昇を可能にする、というのは、レーザー源から出る放射は、その強さにおいて、かつ放射を案内する適切な手段により、その作用場所において、フレキシブルに適合可能だからである。

【0015】

加熱ゾーン内へのエネルギー投入は、変形ゾーンから離れて実施することができ、その場合に間隔がより大きいことによって、エネルギー投入のために使用される手段を選択する場合には、多くの可能性が提供される。

それによって変形ゾーンと加熱ゾーンを同時に加熱することが容易になる。

【0016】

曲げエッジの両側に等しい寸法を有する部分が連続している工作物において、2つ以上の加熱ゾーンが変形ゾーンに対して実質的に対称に形成され、それに伴って非対称の収縮応力によってもたらされる変形が回避されると、効果的である。

【0017】

熱伝導によってもたらされる、温度推移の時間的展開を考慮しながら、エネルギー投入が終了した場合に、加熱ゾーンの内部において処理温度が、異なる温度値を有する予め定められた温度分布を有していると、効果的であり得る。

【0018】

加熱ゾーン内で工作物を加熱するために必要な時間を短縮するために、エネルギー投入は、好ましくはシートの両側から行うことができる。

特にシートが比較的厚い場合に、それによって加熱時間を節約することができる。シートの両側からエネルギー投入することによって、より多くの面が提供され、エネルギー投入の強さが代わらない場合に、加熱出力を増大させることができる。

それによって、シートの熔融温度に達するまでの、局所的な過熱の危険は、低く抑えることができる。

【0019】

簡単、かつ、場合によっては、計算機により、計画可能ないし決定可能な、工作物内の温度分布は、加熱ゾーンが曲げエッジないし変形ゾーンに対して平行に方向付けされて定められる場合に、もたらすことができる。

【0020】

曲げエッジに対して平行な方向における加熱ゾーンの長さが、曲げエッジ長さよりも短い場合に、エネルギー投入によって直接加熱されない、曲げエッジの端部近傍の端縁ゾーンは、隣接する変形ゾーンおよび加熱ゾーンよりも少ない伸張と収縮を受け、したがってここでは応力推移において、熱的に影響を受けない工作物部分へのよりソフトな移行が与えられている。

【0021】

工作物内で行われる熱伝導によって、加熱ゾーン内部で所定の処理温度を得るために、加熱ゾーン全体内で均一にエネルギー投入を行う必要はなく、加熱ゾーンへのエネルギー投入を複数の互いに隔離した加熱部分内で実施することも、可能である。

このことが、加熱ゾーンを加熱するために、全面的に作用する熱源を使用する代わりに、1つまたは複数の局所的に作用する熱源を使用することを可能にする。

例えば、それによって平面的に添接する抵抗加熱素子を、制御可能なレーザービームに代えることができる。

【0022】

多くの場合において、加熱ゾーン内部の均一な処理温度が望ましいので、加熱ゾーン内部の加熱部分が実質的に均一に分配して定められると、効果的である。

これは、空間的な分布と広がりを含むだけでなく、加熱部分へのほぼ同一のエネルギー投入も行うことができる。

【0023】

簡単かつ場合によっては計算機により計画可能ないし決定可能な工作物内の温度分布は、少なくとも1つの加熱部分内のエネルギー投入が、実質的にラインに沿って、あるいはその代わりに点において実施される場合に、もたらすことができる。

【0024】

均一な温度分布と良好に見積もり可能または計算可能な時間的溫度推移は、加熱ゾーンの内部分でエネルギー投入が加熱ゾーンのすべての加熱部分内で同時に行われる場合に、得られる。

10

それによって、エネルギー投入を定めるために、場合によっては使用される計算モデルは、簡略化することができる。

【0025】

それに対して代替的に、エネルギー投入は、個々の加熱部分内で時間的に次々に行うことができ、それによって空間的に局所的に作用するエネルギー源により、平面的な加熱ゾーンを加熱することができる。

【0026】

加熱部分が時間的に次々に加熱される場合でも、できる限り均一な温度分布を得ることができるようにするために、重なり合った加熱部分を定めることが、可能である。

【0027】

20

変形ゾーンを変形温度に加熱することは、さらに、必要な変形温度がそれによって得られる場合には、加熱ゾーンへのエネルギー投入とそれによってもたらされる、工作物内部の熱伝導によって行うことができ、それによって変形ゾーンのための専用の加熱装置を省くことができる。

【0028】

方法を実施するための機械的な手間と費用を減少させるために、変形ゾーンを加熱するために使用されるエネルギー源を、時間的にずらして、加熱ゾーン内へのエネルギー投入にも使用すると、効果的である。

変形ゾーンと加熱ゾーンを加熱する場合に、比較可能な要請が存在するので、多くの場合にこれを適用することができる。

30

【0029】

周囲空気に接して極めて急速に冷却することができる、薄いシートにおいては、加熱ゾーンと変形ゾーンをそれぞれ別体のエネルギー源によって加熱することが、有益な場合がある。

【0030】

すでに説明したように、望ましくない工作物変形を最小限に抑えるために、加熱ゾーンの位置、形状、広がり、処理温度または温度分布、エネルギー投入の分布、長さまたは強さを含む群から選択された、少なくとも1つの方法パラメータを、プログラミング可能な制御装置によって定めることが、効果的であり得る。

そのために、制御装置内に冷却挙動とそれに関連する熱応力ないし熱的に誘導される変形のためのモデルが格納されており、そのモデルがそれぞれの適用場合に適合される。

40

【0031】

特に、この種の方法パラメータは、有限要素法を使用しながら定めることができる。

【0032】

方法の他の展開において、方法パラメータを、変形工程の前、および／または、間、および／または、後に、工作物の幾何学配置、および／または、温度の測定後に定めることができ、それによって制御量のフィードバックにより方法結果を最適化することができる。

したがって方法は、ある程度、工作物の冷却後に熱的に誘導される望ましくない変形が最小限に抑えられるように、制御される。

50

【0033】

工作物における形状欠陥を効果的に最小限に抑えることは、エネルギー投入の強さと長さが加熱ゾーン、および／または、加熱部分内で、シートの厚み全体にわたって220℃～600℃の範囲の処理温度が得られるように、選択される場合に、得ることができる。

【0034】

さらに、エネルギー投入の強さと長さを、加熱ゾーン、および／または、加熱部分内で初期温度に比較して薄板の組織変化がもたらされる処理温度が達成されるように、選択することが可能である。

この種の組織変化は、工作物における形状欠陥の絶対値が減少されるように、工作物内部の応力分布を調節することができる。

10

例えば、シート内の組織の複数の非均質性によって、収縮応力に基づいて工作物における大きな反りは形成されず、複数の小さい反りが形成されるか、あるいは、場合によっては許容される欠陥となる、軽い波打ちが生じることが、あり得る。

【0035】

方法の特に合理的な実施は、加熱ゾーン内へのエネルギー投入の少なくとも一部が、曲げ工程に参与する曲げ工具によって行われる場合に、可能になる。

すなわち、例えば、変形前に工作物が載置される曲げダイ内に、エネルギー豊富な放射、特にレーザー放射を導き出す可能性が設けられて、工作物がロボットによって流出する放射上に位置決めされ、変形ゾーン、および／または、加熱ゾーン内で定められた加熱工程が行われるようにすることができる。

20

【0036】

レーザー切断設備と折り曲げプレスをチェーン化する場合には、加熱ゾーン内へのエネルギー投入の少なくとも一部が、曲げ工程の前段に配置された、レーザー切断設備上の裁断工程内で行われることも、可能である。

【0037】

本方法の適用は、亜鉛ベース、チタンベース、アルミニウムベースの金属シートおよびこの種の構成要素を有する複合材料からなる工作物、または最小の曲げ半径とシート厚からなる比が1.0以下である工作物を曲げ加工するのに、特に効果的である。

【0038】

本発明をさらに良く理解するために、以下の図を用いて本発明を詳細に説明する。

30

【0039】

図は、著しく図式的に簡略化された表示である。

【図面の簡単な説明】

【0040】

【図1】工作物を折り曲げる方法を、変形ゾーンと加熱ゾーンを加熱する間において示している。

【図2】工作物を折り曲げる方法を、変形工程の終了において示している。

【図3】曲げ終わった工作物を図2のIII方向に見た、部分的な断面図である。

【図4】加熱ゾーンの可能な変形例を有する、曲げるべき工作部を示している。

【図5】加熱ゾーンの加熱後において、変形すべき工作物内部の可能な温度分布を示している。

40

【図6】方法を適用する場合に使用可能な曲げダイを通る断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0041】

図1と2には、以下で説明する、金属シートからなる工作物1を折り曲げる方法が示されている。その場合に工作物1は、変形工程前に曲げ工具装置2内へ挿入され、その曲げ工具装置は、例えばVダイの形状の、曲げダイ3と曲げスタンプ4を有しており、それらは、図示されていない、曲げ機械のガイドおよび駆動配置によって互いに対して移動可能であり、それによって工作物1に可塑変形により曲げエッジ5を形成する。

【0042】

50

工作物 1 の変形可能性を高めるために、後の曲げエッジ 5 を含む変形ゾーン 6 が加熱装置 7 によって、工作物 1 の金属の溶融温度の下方の変形温度に加熱される。変形ゾーン 6 のこの加熱によって、工作物 1 において、例えば室温においては、場合によっては工作物 1 が裂けたり、破断したりするので不可能であった、変形度を達成することができる。加熱によって、工作物 1 内で可塑変形が開始される応力が低下され、したがってそれぞれ最適な変形温度が使用される工作物 1 の材料に従って定められる。方法の適用は、特に、亜鉛ベース、チタンベース、アルミニウムベースの金属シートにおいて、あるいは、最小の曲げ半径とシート厚からなる比が 1.0 以下の工作物において、効果的である。

【0043】

加熱装置 7 が、工作物の変形ゾーン 6 内へエネルギーを投入し、その場合に、熱伝達、熱伝導、熱放射、対流、電磁誘導、電気抵抗加熱、レーザー放射、エネルギー豊富な電磁放射を含む群から選択された機構を利用し、あるいはそれらの組合せを有することができる。

【0044】

図 1 には、加熱装置 7 と後の曲げエッジ 5 が曲げ平面 8 内に位置決めされていることが示されており、その曲げ平面は、調節可能な曲げスタンプ 4 の移動方向とも一致する。加熱工程の終了後に、加熱装置 7 が曲げ工具装置 2 の直接的な作業領域から遠ざけられて、工作物 1 が、変形工程のために定められた位置へ移動される。

そのために、通常場合においては、工作物は曲げダイ 3 の上側 9 上に載置され、その上側は、載置平面 10 でもある。

しかしまた、変形ゾーン 6 の加熱が曲げ工具装置 2 から離れて実施されて、工作物 1 が短いルートで、変形工程に必要な位置へ移動されることも可能であって、その位置において後の曲げエッジ 5 が曲げ平面 8 内に位置する。

そのために変形ゾーン 6 の加熱は、短い位置決め後も工作物 1 に所望の増大された変形可能性が与えられているように、実施される。

そのために、加熱の終了後に生じる冷却工程を見積もることができ、かつ変形ゾーン 6 をそれに応じた高い温度に加熱することができる。

【0045】

本発明によれば、工作物 1 において、変形ゾーン 6 に加えて少なくとも 1 つの加熱ゾーン 11 も工作物 1 の外部からのエネルギー投入によって、初期温度から出発して工作物 1 の溶融温度の下方の処理温度に加熱される。

図示の実施例においては、曲げ平面 8 に関してほぼ対称に位置する 2 つの加熱ゾーン 11 が加熱される。

エネルギー投入は、ここでは加熱装置 12 によって行われ、その加熱装置は、変形ゾーン 5 のための加熱装置 7 に隣接して配置されており、かつ工作物 1 の下側へも作用するが、工作物 1 の上方に位置決めされる他の加熱装置 12 によって、加熱ゾーン 11 を工作物の両側から同時に処理温度へ加熱することも、可能である。

この場合において、エネルギー投入は、工作物 1 の両側から行われ、それによって加熱工程のための時間を削減することができる。

【0046】

加熱ゾーン 11 を加熱するための加熱装置 12 は、曲げ工具装置 2 から離して配置することもでき、工作物 1 は加熱が行われた後に、変形工程に必要な位置へ移動することができる。

【0047】

加熱装置 7、12 として、図 1 に示すように、エネルギー豊富な放射、特にレーザー放射、のための源を設けることができるが、その場合に、例えば抵抗加熱素子、赤外線放射器、集中した空気流出を有する熱風装置などのような、代替的なエネルギー源を使用することもできる。

【0048】

加熱ゾーン 11 の加熱は、そのために時間的にずらして、変形ゾーン 6 の加熱のために使用される加熱装置 7 が使用されるようにして、行うこともできる。

この場合においては、方法を実施するための構造的手間と費用が、削減される。

【0049】

加熱装置7、12は、好ましくはプログラミング可能な制御装置13によって駆動され、その制御装置によって加熱工程が必要な温度、従って変形ゾーン6内の変形温度と加熱ゾーン11内の処理温度ができる限り正確に達成ないしは維持されるように、制御される。

制御装置13は、曲げ工具装置2を含む曲げ機械の図示されていない制御装置と接続することができる、またはその構成要素とすることもできる。

【0050】

制御装置13によって、加熱ゾーン11内へのエネルギー投入が作動されて、その場合に加熱ゾーンの位置、形状、広がりまたは処理温度、あるいはまたエネルギー投入の分布、長さおよび強さを含むグループから選択されて定められる。

制御装置13は、加熱装置7、12の自動的な位置調節が行われることにより、加熱ゾーン11内へのエネルギー投入を調節することもでき、かつこの自動的な調節は、付加的に曲げ加工配置2の作業領域から加熱装置7、12を遠ざけることも含むことができる。

【0051】

制御装置13による方法パラメータの決定は、特に有限要素法を使用しながら行うこともでき、その有限要素法によって、工作物1の加熱と冷却の際に変形ゾーン6内に生じる応力が前もって評価ないし計算されて、それに基づいて加熱ゾーン11内へのエネルギー投入が変形工程後に工作物1を冷却する際に発生する、工作物内の応力が最小限に抑えられ、あるいは補償されるように、定められる。

【0052】

さらに、方法パラメータの決定が、工作物1の幾何学配置または変形ゾーン6内ないし加熱ゾーン11内の工作物1の温度の測定に基づいて行われることも、可能である。

特に加熱工程は、加熱工程の間に作動される温度測定装置、例えば非接触の放射サーモメータと閉ループ制御装置によって行うことができる。

【0053】

変形ゾーン内で、折り曲げ工程を問題なく実施するために必要な、工作物1の変形可能性が与えられているようにするために、加熱工程の最後に、変形ゾーン6内に所定の温度が必要であって、その場合に工作物1内の熱伝導と周囲への熱放出に基づいて、変形ゾーン6内の温度が低下することが、考慮されなければならない。

したがって、加熱工程の終了と変形工程の開始との間にできるだけ短い時間しか経過しないと、効果的であって、したがって曲げ工具装置の近傍または曲げ工具装置2の内部で加熱工程を実施すると、効果的である。

【0054】

また、本発明の実施形態において、変形ゾーン6を変形温度に加熱することは、加熱装置12によってもたらされる、加熱ゾーン11内へのエネルギー投入の間、あるいはその後における熱伝導によって行うことも、可能である。この場合においては、変形ゾーン6を加熱するための専用の加熱装置7は、省くことができる。

【0055】

工作物における望ましくない形状欠陥を回避するために、加熱装置7、12によるエネルギー投入の強さと長さは、加熱ゾーン11内で220℃～600℃の範囲の処理温度が達成されるように、選択される。

その場合にこの温度は、実質的に工作物1の厚み全体にわたって支配的でなければならない。

【0056】

図2には、工作物1への曲げ工具装置2の作用が示されており、その場合にここでは、例えば変形工程の完了が示されている。

この時点で、変形ゾーン6は、工作物1の加熱されない部分に対して増大された温度を有しており、続いて工作物1の内部の温度補償と周囲ないし曲げ工具装置2への熱放出が

10

20

30

40

50

続行される。

【0057】

変形工程の終了後に工作物1内に存在する温度分布が、さらなる結果として、工作物1内の収縮応力の発生とそれによって誘導される望ましくない変形を定める。

本発明によれば、この冷却工程が、変形ゾーン6とは異なる加熱ゾーン11によって効果的に調節され、その場合に加熱ゾーン11の加熱は、本来の変形工程の前、および／または、間、および／または、後に行うことができる。

【0058】

以下、図3、4および5を用いて、工作物1内に生じる収縮応力の本発明に基づく調節を説明する。

【0059】

図3は、折り曲げられた工作物1の方向IIIに基づく図を示しており、その場合に図2内の右の曲げ脚が、A-Aに沿って示されている。

すでに説明したように、種概念に基づく曲げ方法において、後の曲げエッジ5を含む変形ゾーン6は、変形工程の前、および／または、間に加熱され、それによって工作物1は、局所的に曲げエッジ5の領域内で必要な変形可能性に達する。

【0060】

細片形状の変形ゾーン6が加熱されて、温度が局所的に上昇する場合に、この領域内の材料は熱膨張を受けるが、それは隣接する、加熱され方の少ない、あるいは全く加熱されない工作物部分によって多かれ少なかれ阻止される。

それによって変形ゾーン6の領域内に圧縮応力が生じ、それは後に工作物1が冷却され、それと結びついて変形ゾーン6が収縮する場合に、再び復元される。

しかし、工作物1は、加熱された状態において変形されて、曲げエッジ5の領域内に可塑変形が発生し、その可塑変形によって曲げエッジ5の長手方向における内部応力がほぼ崩壊されるので、変形された工作物1において、変形ゾーン6の後続の冷却が、曲げエッジ5の長手方向に収縮をもたらし、それは、隣接する工作物部分によって多かれ少なかれ阻止される。

それによって、工作物1を周囲温度に冷却した後に、変形ゾーン6の領域内に、引っ張り応力（収縮応力）が生じ、それが隣接する工作物部分ないし隣接する曲げ脚14と15あるいはまた曲げエッジ5の望ましくない変形をもたらす。

図3には、この種の変形が、波打ち16として縮尺を無視して過大に示されている。

もちろん他の形状、例えば単純な湾曲または屈曲あるいは同様の望ましくない形状欠陥が発生することもあり得、それは、本発明に係る方法を用いて著しく減少され、あるいは阻止することができる。

【0061】

図4には、方法を実施する場合に可能な、工作物1の内部の温度分布が示されている。

【0062】

その場合に、後の曲げエッジ5を含む変形ゾーン6の領域内に、著しく上昇した温度Tを有する領域がある、というのは、工作物1は、変形工程の前または間に、ここでは周囲温度に対して本質的に高い、すでに上述した変形温度に加熱されるからである。

変形ゾーン6内の、この比較的狭く限定された、鋭い温度推移17は、もちろん加熱工程の終了後に、工作物1内に生じる熱伝導によって広がる。

しかし、変形工程の終了後も、この領域内に著しく高い温度が存在し、それが、上述した収縮応力と、それに関連してできあがった工作物における望ましくない形状変化をもたらす。

【0063】

本発明によれば、工作物1において、変形ゾーン6に加えて、加熱ゾーン11内で図4においては曲げエッジ4に対して対称の2つの加熱ゾーン11－工作物1が金属の溶融温度の下方の処理温度に加熱され、それによってそれぞれ絶縁して考えて、他の温度分布18が生じ、それは工作物1の冷却挙動の結果として変化する。

加熱ゾーン 1 1 におけるこの付加的な温度上昇によって、変形ゾーン 6 は変形温度に達した後ずっと緩やかに冷却され、それによって残りの工作物 1 内へ急速に熱が逃げる事が本質的に減少される。

この場合において、加熱ゾーン 1 1 が無ければずっと鋭かった最初の温度分布 1 7 は、ずっと幅広の温度分布 1 9 に代わり、それによってずっと小さい温度勾配に基づき、かつずっと小さい冷却速度に基づいて、冷却工程に基づく内部応力がずっと小さくなり、それによって曲げられた工作物 1 に生じる望ましくない熱変形もずっと小さくなる。

【0064】

図 4 には、変形ゾーン 6 内の変形温度 2 0 が、加熱ゾーン 1 1 内の加熱温度 2 1 よりもずっと高く選択されていることが、示唆されているが、処理温度 2 1 と変形温度 2 0 がほぼ等しい高さとする事、あるいはまた処理温度 2 1 を変形温度 2 0 よりも高くすることも、可能である。

10

すでに説明したように、変形ゾーン 6 がそれ自体加熱されず、加熱ゾーン 1 1 から始まる工作物 1 の内部の熱伝導によって該当する変形温度にされることも、可能である。

【0065】

図 5 には、曲げられていない工作物 1 の図において、加熱ゾーン 1 1 の可能な実施形態が示されている。その場合に曲げ平面 8 の領域内に、後の曲げエッジ 5 を含む変形ゾーン 6 が斜線で示されている。

それから離れて左側に、加熱ゾーン 1 1 が示されており、それにおいてエネルギー投入は 2 つの互いに離隔した加熱部分 2 2 によって行われる。

20

したがってエネルギー投入は、均一に、あるいは加熱ゾーン 1 1 全体において行われる必要はなく、もともと発生する熱伝導と加熱工程の終了後の温度の分布とに基づいて、複数の互いに離隔した加熱部分 2 2 において加熱を行うことができる。

この例においては、加熱部分 2 2 内へのエネルギー投入は、ライン 2 3 に沿って行われ、そのラインは曲げ平面 8 に対してほぼ平行に延びており、それによって加熱ゾーン 1 1 も曲げエッジ 5 に対してほぼ平行に方向付けされて延びている。

曲げエッジ 5 の右には、逆側の第 2 の加熱ゾーン 1 1 が示されており、それにおいて加熱部分 2 2 は一連の点 2 4 によって形成されており、その点内で実質的にエネルギー投入が行われる。

加熱ゾーン 1 1 の内部でできる限り簡単かつ計算機でも検出可能な温度分布を得るために、複数の加熱部分 2 2 が規則的な順序で、あるいは均一に配置されていると、効果的である。

30

図 5 に示す加熱ゾーン 1 1 の配置によって、大体において、図 4 を用いて説明した温度分布が発生し、それができあがった工作物 1 において望ましくない熱的変形の減少をもたらす。

【0066】

図 6 には、工作物 1 を折り曲げる方法の、他の、そして場合によってはそれ自体自立した実施形態が示されており、その場合にここでも、先行する図 1 から 5 において使用されたのと同じ部分には同一の参照符号ない構成部品名称が使用される。

不必要な繰り返しを避けるために、先行する図 1 から 5 における詳細な説明を参照するよう指示し、ないしは参照する。

40

【0067】

この実施形態において、後の曲げエッジ 5 を含む変形ゾーン 6 とその両側に配置された加熱ゾーン 1 1 の加熱は、曲げダイ 3 内に統合された加熱装置 7 によって行われ、その加熱装置は好ましくはレーザー光源 2 5 または、曲げダイ 3 の外部で発生されて、その中へ導入されたレーザー放射を分配させる手段を有している。

その場合に工作物の位置決めと操作は、手動で、あるいは図示されるようにプログラミング可能な操作装置 2 6 によって行われ、その操作装置は、例えば把持ペンチ 2 7 を有している。

その場合に、図示されるように、工作物 1 の下側が曲げダイ 3 の載置面 1 0 上に載置さ

50

れる場合に、変形は工作物 1 の自重に基づいて減少され、同時に場合によっては危険なレーザー放射の流出がほぼ阻止される。

【0068】

その場合に、変形ゾーン 6 と 2 つの加熱ゾーン 11 は、同一の加熱装置 7 によって時間的に相次いで加熱され、その場合に順序は自由に選択することができる。

変形ゾーン 6 内で、変形工程の終了まで、変形温度 20 の達成と維持を容易にするために、変形ゾーン 6 が加熱ゾーン 11 の後に初めて加熱されると、効果的である。

曲げ工具装置 2 の曲げ工具の 1 つに統合することによって、エネルギー投入は、特に、本来の変形工程の間に行うことができる。

【0069】

最後に記録しておくが、異なるように記載される実施形態において、同一の部分には同一の参照符号ないし同一の構成部分名称が設けられており、その場合に説明全体に含まれる開示は、同一の参照符号ないし同一の構成部分名称を有する同一の部分へ意味に従って移し替えることができる。

また、説明内で選択される、例えば上、下、側方などのような位置記載は、直接説明され、かつ示される図に関するものであって、この位置記載は位置が変化した場合には意味に従って新しい位置へ移し替えられる。

【0070】

実施例は、方法の可能な実施変形例を示すものであって、その場合にここで述べておくが、発明は具体的に示されたその実施変形例に限定されるものではなく、むしろ個々の実施変形例を互いに様々に組み合わせることも可能であって、これらの変形可能性は、具体的な発明による技術的に扱うための教示に基づいて、この分野で活動する当業者の裁量の範囲内にある。

従って図示され、かつ説明された実施変形例の個々の詳細を組み合わせることによって可能となるすべての考えられる実施変形例も、保護範囲に一緒に含まれる。

【0071】

最後に、形式的に指摘しておくが、方法において使用される装置を理解しやすくするために、装置ないしその構成部分は、部分的に縮尺通りではなく、かつ／または拡大、および／または、縮小して示されている。

【0072】

自立した発明的解決の基礎となる課題は、明細書から読み取ることができる。

【0073】

特に、図 1 ; 2 ; 3 ; 4 ; 5 ; 6 に示される個々の形態は、自立した発明に基づく解決を形成することができる。

これに関する発明に基づく課題と解決は、これらの図の詳細な説明から読み取ることができる。

【0074】

さらに、図示され、かつ説明された様々な実施例に基づく個別特徴または特徴の組合せも、それ自体自立した進歩的または発明に基づく解決を表すことができる。

【0075】

具体的な説明内の値領域についてのすべての記載は、その任意の部分領域とすべての部分領域を共に含むものであって、例えば記載 1 から 10 は、下限の 1 と上限の 10 から始まるすべての部分領域、すなわち下限の 1 またはそれ以上で始まり、上限の 10 またはそれ以下で終了する、例えば 1 から 1.7、または 3.2 から 8.1、あるいは 5.5 から 10 のすべての部分領域、を一緒に含んでいるものとする。

【符号の説明】

【0076】

- 1 工作物
- 2 曲げ工具装置
- 3 曲げダイ

10

20

30

40

50

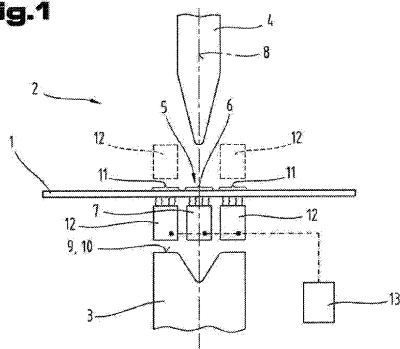
- 4 曲げスタンプ
- 5 曲げエッジ
- 6 変形ゾーン
- 7 加熱装置
- 8 曲げ平面
- 9 上側
- 10 載置平面
- 11 加熱ゾーン
- 12 加熱装置
- 13 制御装置
- 14 曲げ脚
- 15 曲げ脚
- 16 波打ち
- 17 温度分布
- 18 温度分布
- 19 温度分布
- 20 変形温度
- 21 処理温度
- 22 加熱部分
- 23 ライン
- 24 点
- 25 レーザー光源
- 26 操作装置
- 27 把持ペンチ

10

20

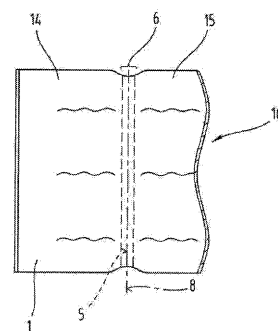
【図 1】

Fig.1



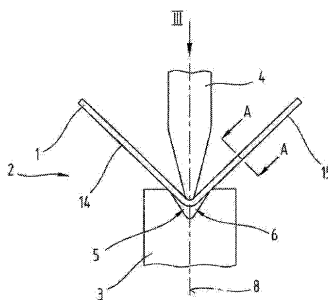
【図 3】

Fig.3



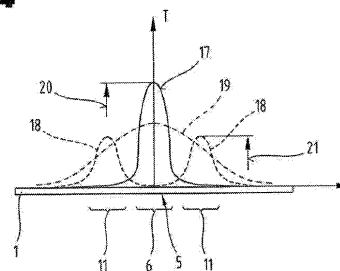
【図 2】

Fig.2



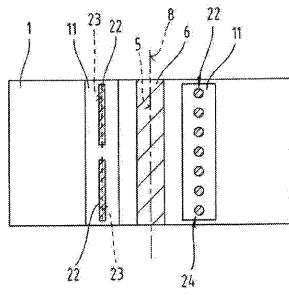
【図 4】

Fig.4



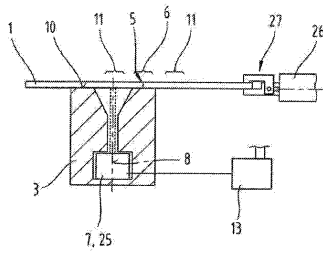
【図 5】

Fig.5



【図 6】

Fig.6



フロントページの続き

(74)代理人 100160705

弁理士 伊藤 健太郎

(74)代理人 100157211

弁理士 前島 一夫

(72)発明者 ゲーアハルト シュペラー

オーストリア国, アー-4 5 5 4 オーバーシュリーアバッハ, シュミートベルク 2 0

審査官 貞光 大樹

(56)参考文献 実開昭52-6041 (JP, U)

特開2011-183441 (JP, A)

特開2001-105029 (JP, A)

特開平7-51749 (JP, A)

米国特許出願公開第2012/0168992 (US, A1)

特開平7-116736 (JP, A)

特開昭57-109589 (JP, A)

特開平5-96329 (JP, A)

特開昭55-103290 (JP, A)

国際公開第2004/50292 (WO, A1)

特開2007-75885 (JP, A)

特開2003-311331 (JP, A)

特開2003-290832 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B21D 5/02