

明 細 書

発明の名称：ハンマー

技術分野

[0001] 本発明はハンマーに関する。

背景技術

[0002] シリコン塊を整形加工するハンマーが従来技術として知られている。このようなハンマーとして、例えば、特許文献1に開示されている低汚染衝撃工具が挙げられる。この低汚染衝撃工具は、ハンドル部とヘッド部とを形成するコア（芯材）からなり、そのヘッド部はタングステン・カーバイド合金打撃要素と接触して固定されている。そのコアは合成樹脂に封入される。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：日本国公開特許公報「特開平6－218677号公報（1994年8月9日公開）」

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] しかしながら、特許文献1に開示されている低汚染衝撃工具は、コアが合成樹脂で被膜された構造であるため、コアと合成樹脂との間にシリコン塊の欠片が入り込む場合がある。したがって、コアと合成樹脂との間にシリコン塊の欠片が入り込むことにより、コア及び合成樹脂が削られる。特に、シーメンス法により製造された多結晶シリコンロッドを粗割りすることにより得られたシリコン塊は、その表面に複雑な凹凸形状を有している。このため、シリコン塊を整形加工する場合には、鋭角的な凸部を有する欠片が発生しやすく、この欠片はコアと合成樹脂との間に入り込み、コア及び合成樹脂が削られる原因になりやすい。よって、前記低汚染衝撃工具では、コア及び合成樹脂が削られることにより生じた不純物が、シリコン塊を整形加工して得られるシリコン片に入り込む虞があるという問題がある。

[0005] 本発明の一態様は、柄にシリコン塊の欠片が入り込むことがなく、シリコン塊を整形加工して得られるシリコン片に不純物が入り込むことを防ぐことを目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] 前記の課題を解決するために、本発明の一態様に係るシリコン塊の整形加工用ハンマーは、シリコン塊を破碎し、前記シリコン塊を整形加工するためのハンマーであって、樹脂からなる柄と、前記柄に固定されたハンマーヘッドとを備える。

発明の効果

[0007] 本発明の一態様によれば、柄にシリコン塊の欠片が入り込むことがなく、シリコン塊を整形加工して得られるシリコン片に不純物が入り込むことを防ぐことができる。

図面の簡単な説明

[0008] [図1] (a) ~ (e) は、本発明の実施形態 1 に係るハンマーの構成を示す図である。

[図2] (a) 及び (b) は、本発明の実施形態 1 に係るハンマーが備える柄の構成を示す図である。

[図3] (a) ~ (c) は、本発明の実施形態 1 に係るハンマーが備えるハンマーヘッドのヘッド部の構成を示す図である。

[図4] (a) ~ (d) は、本発明の実施形態 2 に係るハンマーの構成を示す図である。

[図5] (a) 及び (b) は、本発明の実施形態 2 に係るハンマーが備える柄の構成を示す図である。

[図6] (a) 及び (b) は、本発明の実施形態 2 に係るハンマーが備えるハンマーヘッドのヘッド部の構成を示す図である。

発明を実施するための形態

[0009] [実施形態 1]

(多結晶シリコンの製造方法)

本発明の一態様に係るハンマーは、多結晶シリコンの製造方法にて用いられる。多結晶シリコンの製造方法は特に限定されないが、例えば、クロロシラン化合物と水素とを反応器中で反応させて多結晶シリコンを析出させるシリコン析出工程を含む製造方法が挙げられる。シリコンを析出させる方法としてシーメンス法が知られている。シーメンス法では、鐘型（ベルジャー型）反応器内でトリクロロシランと水素とを反応させる。そして、反応器内部に立設した多結晶シリコン析出用芯棒の表面に多結晶シリコンを析出させ、成長した多結晶シリコンロッドを得る。

[0010] 前記多結晶シリコンの製造方法は、シリコン析出工程によって得られた多結晶シリコンロッドを破碎する工程を含む。前記多結晶シリコンロッドを破碎する工程では、シリコンロッドを破碎装置または大型ハンマーにより粗割りし、粗割りすることによって得られたシリコン塊をハンマーで小割り及び整形加工し、ナゲットまたはチップ状のシリコン片を得る。本発明の一態様に係るハンマーは、前記多結晶シリコンロッドを破碎する工程において、シリコンロッドを粗割りすることによって得られたシリコン塊を小割り及び整形加工する際に使用される。また、前記多結晶シリコンの製造方法は、破碎された多結晶シリコンを分級する工程、及び多結晶シリコンを洗浄する工程を含んでいてもよい。

[0011] (ハンマー 1 の構成)

図 1 の (a) ~ (e) は、本発明の実施形態 1 に係るハンマー 1 の構成を示す図である。具体的には、図 1 の (a) は、ハンマー 1 の正面図であり、図 1 の (b) は、ハンマー 1 の断面図であり、図 1 の (c) は、ハンマー 1 の左側面図である。図 1 の (d) は、ハンマー 1 の平面図であり、図 1 の (e) は、ハンマー 1 の底面図である。ハンマー 1 の背面図は、図 1 の (a) に示すハンマー 1 の正面図と同一に表れるため省略する。ハンマー 1 の右側面図は、図 1 の (c) に示すハンマー 1 の左側面図と同一に表れるため省略する。

[0012] 図2の(a)及び(b)は、本発明の実施形態1に係るハンマー1が備える柄10の構成を示す図である。具体的には、図2の(a)は、柄10の正面図であり、図2の(b)は、柄10の平面図である。また、図3の(a)～(c)は、本発明の実施形態1に係るハンマー1が備えるハンマーヘッド20のヘッド部210の構成を示す図である。具体的には、図3の(a)は、ヘッド部210の正面図であり、図3の(b)は、ヘッド部210の左側面図であり、図3の(c)は、ヘッド部210の平面図である。

[0013] 図1の(a)～(e)に示すように、ハンマー1は、シリコン塊の整形加工用ハンマーであり、柄10と、柄10に固定されたハンマーヘッド20とを備える。ハンマー1は、シリコン塊を破碎し、シリコン塊を整形加工するために用いられるものである。具体的には、ハンマー1を用いることにより、シリコン塊のサイズを調整したり、シリコン塊をはつることができる。このシリコン塊としては、例えば、多結晶シリコン（ポリシリコン）塊を挙げることができ、特に、シーメンス法により製造された多結晶シリコンロッドを粗割りすることにより得られたシリコン塊を挙げることができる。ここで、ハンマー1において、ハンマーヘッド20の側を上方、柄10の側を下方と称する。

[0014] (柄10の構成)

図1の(a)～(c)及び図2の(a)に示すように、柄10は、上から、上部110、傾斜部111、中心部112、傾斜部113、底部114、及び傾斜部115から構成される。上部110、中心部112、及び底部114は、円筒の形状を有しており、上部110の断面の径と底部114の断面の径とが同一である。中心部112の断面の径は、上部110の断面の径より小さい。ここで、断面の径とは、柄10の長手方向と垂直な断面の径である。

[0015] 上部110と中心部112との間に形成される傾斜部111は、上部110に向かうにつれて、傾斜部111の断面の径が大きくなるような形状を有する。中心部112と底部114との間に形成される傾斜部113は、底部

114に向かうにつれて、傾斜部113の断面の径が大きくなるような形状を有する。底部114の傾斜部113側とは反対側に形成される傾斜部115は、底部114に向かうにつれて、傾斜部115の断面の径が大きくなるような形状を有する。

[0016] 図2の(a)及び(b)に示すように、柄10の上面119には、角柱形状の凸部120が形成されている。ここでは、凸部120は、直方体から、側方にある角部を切り取ったような形状を有する。凸部120には、穴118が形成されており、穴118には、雌ネジが形成された、金属製でコイル状のヘリサート117が装着されている。穴118は上部110に形成されている。

[0017] 柄10の重量は、好ましくは60g以上170g以下であり、さらに好ましくは70g以上150g以下である。これにより、ハンマー1の操作性及び安全性を向上させることができ、シリコン塊の精密な整形加工を容易に行うことができる。

[0018] また、柄10は、樹脂からなる。「樹脂からなる」とは、必ずしも樹脂のみからなることを示しているのではなく、樹脂に加え、樹脂に付带的に設けられる構成要素を含んだものからなってもよいことを示している。

[0019] 樹脂に付带的に設けられる構成要素とは、例えば、樹脂を硬化させるための材料、または柄10に形成された穴118に装着されたヘリサート117等である。つまり、「樹脂からなる」とは、柄10を構成する主要の材料が樹脂であることを示している。「樹脂からなる」構成には、例えば、金属または木材からなる芯材の周囲を樹脂で覆う構成は含まれない。

[0020] 柄10の弾性率は、2000MPa以上5000MPa以下であることが好ましい。より好ましくは、柄10の弾性率は、2500MPa以上4500MPa以下である。ここで、柄10の弾性率は、ASTM D790に準拠して測定された値である。

[0021] 柄10の弾性率が5000MPa以下であることにより、柄10に過度なたわみが生じることを防止しつつ、ハンマー1の打撃時に柄10がしなるこ

とによってシリコン塊の整形加工の作業性をより向上させることができる。
また、ハンマー１でシリコン塊を破碎するとき、柄１０に伝わる衝撃を十分に低減させることができ、ハンマー１の使用者に伝わる衝撃を低減することができる。また、ハンマー１でシリコン塊を破碎するときに、柄１０に衝撃が伝わっても柄１０が折れにくくなる。

[0022] 柄１０の弾性率が２０００ＭＰa以上であることにより、柄１０の強度を十分に確保することができ、柄１０が変形することを低減することができる。また、柄１０の弾性率が２０００ＭＰa以上５０００ＭＰa以下であるため、シリコン塊の表面の凸部に、ハンマーヘッド２０の打撃面２１１の中心から少しずれた箇所が当たったとしても、柄１０がしなることにより追従補正することができる。追従補正とは、シリコン塊の表面の凸部に打撃面２１１の中心が追従することである。よって、ハンマー１の破碎効果の低下を抑え、シリコン塊の整形加工の作業性を向上させることができる。

[0023] なお、柄１０のロックウェル硬度は、Ｒ９０以上Ｒ１３０以下であることが好ましい。より好ましくは、柄１０のロックウェル硬度は、Ｒ１１０以上Ｒ１３０以下である。さらに好ましくは、柄１０のロックウェル硬度は、Ｒ１１５以上Ｒ１２９以下である。ここで、柄１０のロックウェル硬度は、ＡＳＴＭ Ｄ７８５に準拠して測定された値である。

[0024] 柄１０のロックウェル硬度がＲ９０以上、特にＲ１１０以上であることにより、柄１０の表面が一定の固さを呈するものになる。これにより、シリコン塊の破碎時に、柄１０とシリコン塊の鋭角的な凸部とが接触しても、柄１０の表面に裂断が生じにくくなり、柄１０の表面が割れにくくなる。柄１０のロックウェル硬度がＲ１３０以下であることにより、柄１０が耐衝撃性等を備えたものになる。これにより、シリコン塊の破碎時に、柄１０に衝撃が伝わっても、柄１０が割れにくくなり、かつ、柄１０が折れにくくなる。

[0025] また、柄１０を構成する樹脂は、非晶性樹脂であることが好ましい。柄１０を構成する樹脂が非晶性樹脂であることにより、樹脂の弾性率は適度な値となる。このため、柄１０は適度な剛性を有することになり、ハンマー１の

打撃時に柄１０がしなることによってシリコン塊の整形加工の作業性をより向上させることができる。

[0026] 前記非晶性樹脂としては、例えば、ポリアリレート、ポリスルホン、ポリエーテルスルホン、ポリエーテルイミド、及びポリアミドイミド等を挙げることができ、この中でもポリエーテルイミドが特に好ましい。

[0027] さらに、柄１０を構成する樹脂は、無機フィラー非含有の樹脂であることがより好ましい。これにより、無機フィラーが含有されている樹脂と比べて、シリコン塊を整形加工して得られるシリコン片の金属濃度を低くすることができる。これは、柄１０を構成する樹脂が無機フィラー非含有の樹脂であることにより、無機フィラーによる金属がシリコン片の表面に付着することがないためである。

[0028] 機械的強度の向上のために無機フィラーとして樹脂に配合される無機化合物は、無機顔料または無機造核剤等の他の微量配合成分として樹脂に配合されるものもある。したがって、本発明の一態様において、無機フィラー非含有とは、こうした無機フィラーとして配合される無機化合物が全く含有されていない態様だけでなく、前記他の目的で微量配合成分等として配合された状態は許容される。具体的には、含有される無機化合物が１０００ppm以下、より好ましくは８００ppm以下であれば、無機フィラー非含有の範疇として許容される。

[0029] 無機フィラー非含有の樹脂としては、例えば、ポリアリレート、ポリスルホン、ポリエーテルスルホン、ポリエーテルイミド、及びポリアミドイミド等を挙げることができ、この中でもポリエーテルイミドが特に好ましい。これらの樹脂においては、樹脂に無機フィラーが含有されていなくても、前述した柄１０のロックウェル硬度を十分に実現することができる。無機フィラーとしては、例えば、酸化チタン、タルク、マイカ、シリカ、及びガラスフィラー等が挙げられる。

[0030] 一方、SCM440（クロムモリブデン鋼）等の金属からなる柄を有するハンマーでは、シリコン塊を整形加工して得られるシリコン片の金属濃度が

高くなる。また、無機フィラーとして酸化チタンが添加されたポリプロピレン、並びに無機フィラーとしてガラス繊維またはカーボン繊維等が添加されたFRP（Fiber Reinforced Plastic：繊維強化プラスチック）のような樹脂からなる柄を有するハンマーの場合であっても、無機フィラーによる金属がシリコン片の表面に付着してシリコン塊を整形加工して得られるシリコン片の金属濃度が高くなってしまう。

[0031] （シリコン塊の整形加工用ハンマーの評価）

シリコン塊の整形加工用の様々な種類のハンマーを、「表面金属汚染」、「方向制御性」、「衝撃緩和効果」、及び「欠けの有無」の4つの項目で評価した。「表面金属汚染」については、柄を構成する材料が互いに異なるハンマーを用いて13t（トン）のシリコン塊を破砕することにより評価を行った。5mm以上60mm以下のサイズのシリコン片90gをフッ硝酸混合溶液50mlに15分間浸漬させ、そのシリコン片の表面の酸化層をフッ硝酸混合溶液で分解除去し、抽出液を得た。

[0032] その抽出液中において、サンプルとしてのシリコン片の表面の各種金属元素を誘導結合プラズマ質量分析（ICP-MS）で分析し、誘導結合プラズマ質量分析での測定値を90gで除することにより、シリコンの重量あたりの含有量（ppbw）を定量した。なお、ハンマーの使用においてハンマーの柄に微細なひび割れが生じることがある。このため、「表面金属汚染」について評価される各ハンマーとの比較の対象として、柄の表面に芯材まで到達する長さ10mmの傷が5箇所付けられたハンマーを用いて「表面金属汚染」の評価を行った。

[0033] シリコン片の表面について各種金属元素の含有量を定量した結果を以下の表1に示す。各種金属元素は、Fe（鉄）、Cr（クロム）、Ni（ニッケル）、Al（アルミニウム）、Ca（カルシウム）、Ti（チタン）、Co（コバルト）、及びW（タングステン）である。また、表1には、ハンマーの柄の弾性率及びロックウェル硬度も示す。

[0034]

[表1]

ハンマーの柄を構成する材料	弾性率	ロックウェル 硬度	Fe	Cr	Ni	Al	Ca	Ti	Co	W	計
	MPa		ppbw	ppbw	ppbw	ppbw	ppbw	ppbw	ppbw	ppbw	ppbw
ポリエーテルイミド	3300	R127	0.72	0.13	0.08	0.09	0.11	0.14	1.31	5.18	7.76
ポリアミドイミド	3600	R127	0.83	0.14	0.11	0.18	0.23	0.14	1.52	5.23	8.38
クロムモリブデン鋼 (SCM440)	8100	—	4.34	0.41	0.32	0.29	1.18	0.53	3.14	6.74	16.95
ポリプロピレン	1500	R90	2.16	0.22	0.21	0.23	0.78	1.21	2.28	5.82	12.91
FRP (不飽和ポリエステル)	12000	R122	2.78	0.28	0.23	1.62	2.17	0.59	1.87	5.21	14.75
ポリウレタンで被覆したステンレス鋼	—	—	1.58	0.38	0.22	1.23	1.87	2.54	1.61	5.11	14.54
ポリウレタンで被覆したステンレス鋼 (傷つけ品)	—	—	3.12	1.02	0.66	1.78	2.02	3.31	1.49	5.01	18.41

表1において、ポリプロピレンの樹脂からなるハンマーの柄は、酸化チタンを含有するものである。FRP (不飽和ポリエステル) は、ガラス繊維を用いたものであり、Al及びCa (ガラス繊維に微量含まれる不純物金属元

素)を含有している。なお、表1において、ハンマーの柄を構成する材料が金属である場合のロックウェル硬度を省略している。これは、一般的に樹脂の硬度が金属の硬度と異なり、温度及び湿度の影響を受け易く、樹脂が歪等の回復を示す粘弾性特性及びクリープ特性を有することから、樹脂の硬度と金属の硬度とを比較することが困難であるためである。

[0035] 表1に示すように、ハンマーの柄を構成する材料がポリエーテルイミドである場合の各種金属元素の含有量の合計は、7.76 (ppbw)であった。ハンマーの柄を構成する材料がポリアミドイミドである場合の各種金属元素の含有量の合計は、8.38 (ppbw)であった。

[0036] また、ハンマーの柄を構成する材料がクロムモリブデン鋼 (SCM440)である場合の各種金属元素の含有量の合計は、16.95 (ppbw)であり、ハンマーの柄を構成する材料がポリプロピレンである場合の各種金属元素の含有量の合計は、12.91 (ppbw)であった。ハンマーの柄を構成する材料がFRPである場合の各種金属元素の含有量の合計は、14.75 (ppbw)であった。

[0037] ハンマーの柄を構成する材料がポリウレタンで被覆したステンレス鋼である場合の各種金属元素の含有量の合計は、14.54 (ppbw)であった。ハンマーの柄を構成する材料がポリウレタンで被覆したステンレス鋼(傷つけ品)である場合の各種金属元素の含有量の合計は、18.41 (ppbw)であった。

[0038] このように、ハンマーの柄を構成する材料がポリエーテルイミドまたはポリアミドイミドである場合の各種金属元素の含有量は、ハンマーの柄を構成する材料が他の材料である場合の各種金属元素の含有量と比べてかなり少なくなった。よって、ポリエーテルイミド及びポリアミドイミドのような無機フィラー非含有の樹脂から構成される柄10を備える本発明の一態様に係るハンマー1を用いることにより、シリコン塊を整形加工して得られるシリコン片の金属濃度を低減することができる。

[0039] さらに、ハンマーの柄を構成する材料がポリエーテルイミドである場合の

ハンマーの柄のロックウェル硬度はR 1 2 7であり、ハンマーの柄を構成する材料がポリアミドイミドである場合のハンマーの柄のロックウェル硬度はR 1 2 7であった。また、ハンマーの柄を構成する材料がポリプロピレンである場合のハンマーの柄のロックウェル硬度はR 9 0であり、ハンマーの柄を構成する材料がF R Pである場合のハンマーの柄のロックウェル硬度はR 1 2 2であった。よって、ポリエーテルイミド、ポリアミドイミド、ポリプロピレン、及びF R Pの樹脂においては、前述した柄1 0のロックウェル硬度を十分に実現することができる。

[0040] 「方向制御性」については、ハンマーヘッドの重量に対する柄の重量の比率が互いに異なるハンマーを用いて、片面に感圧紙が貼り付けられた超硬金属板（5 c m×5 c m×1 c m）に対して打撃を1 0回行った。具体的には、超硬金属板が手の上に置かれた状態で、感圧紙の中心を狙って感圧紙との距離が2 0 c mである位置からハンマーを振り降ろして打撃を1 0回行った。超硬金属板から感圧紙を剥がし、感圧紙が発色した打点位置を解析した。その打点位置と感圧紙の中心との距離を算出し、各ハンマーについて1 0回の打撃での当該距離の合計値を比較した。打撃を行った結果を以下の表2に示す。

[0041] [表2]

ハンマーヘッドの重量に対する 柄の重量の比率	0.4	0.1	1.2
打点位置と感圧紙の中心との 距離 (mm)	21	51	60

表2に示すように、ハンマーヘッドの重量に対する柄の重量の比率が0.4である場合、打点位置と感圧紙の中心との距離は2 1 m mであった。ハンマーヘッドの重量に対する柄の重量の比率が0.1である場合、打点位置と感圧紙の中心との距離は5 1 m mであった。ハンマーヘッドの重量に対する柄の重量の比率が1.2である場合、打点位置と感圧紙の中心との距離は6 0 m mであった。

[0042] このように、ハンマーヘッドの重量に対する柄の重量の比率が0.4である場合、ハンマーヘッドの重量に対する柄の重量の比率が0.1及び1.2である場合と比べて、打点位置と感圧紙の中心との距離を小さくすることができた。よって、ハンマーの操作性及び安全性を向上させるためには、後述する通り、ハンマーヘッド20の重量に対する柄10の重量の比率は、0.15以上1.00以下であることが好ましく、0.2以上0.7以下であることがさらに好ましい。

[0043] 「衝撃緩和効果」については、柄を構成する材料が互いに異なるハンマーを用いて13tのシリコン塊を破碎することにより評価を行った。具体的には、10名のハンマーの使用者によるアンケート調査を実施した。ハンマーを使用したときの衝撃の大きさに応じて1点～5点の間でハンマーの使用者に採点してもらった。

[0044] この場合、ハンマーを使用したときの衝撃が小さくなるにつれて点が大きくなるように、ハンマーの使用者に採点してもらった。5点では「衝撃が少ない」とし、1点では「衝撃が大きい」とした。各ハンマーについて作業経験が3ヶ月以上である作業者（ハンマーの使用者）による採点結果の平均値を比較した。

[0045] ハンマーの柄の弾性率、ハンマーの使用者による採点結果の平均値、及びハンマーの柄の外観を表3に示す。ハンマーの柄の外観は、ハンマーを使用する前のハンマーの柄の外観と、ハンマーを使用した後のハンマーの柄の外観とを比較した場合において、ハンマーを使用した後のハンマーの柄の外観を示すものである。

[0046]

[表3]

ハンマーの柄を構成する材料	ポリエーテルイミド	ポリプロピレン	クロムモリブデン鋼 (SCM440)	ポリベンゾイミダゾール
柄の弾性率 (Mpa)	3300	1500	8100	6500
採点結果の平均値	4.2	4.8	1.8	3.0
柄の外観	変化なし	若干の曲がりがある程度	変化なし	クラックあり

表3に示すように、ハンマーの柄を構成する材料がポリエーテルイミドである場合、ハンマーの柄の弾性率は3300MPaであり、ハンマーの使用による採点結果の平均値は4.2点であり、ハンマーの柄の外観は「変化なし」であった。ハンマーの柄を構成する材料がポリプロピレンである場合

、ハンマーの柄の弾性率は1500MPaであり、ハンマーの使用者による採点結果の平均値は4.8点であり、ハンマーの柄の外観は「若干の曲がりがある程度」であった。

[0047] ハンマーの柄を構成する材料がクロムモリブデン鋼である場合、ハンマーの柄の弾性率は8100MPaであり、ハンマーの使用者による採点結果の平均値は1.8点であり、ハンマーの柄の外観は「変化なし」であった。ハンマーの柄を構成する材料がポリベンゾイミダゾールである場合、ハンマーの柄の弾性率は6500MPaであり、ハンマーの使用者による採点結果の平均値は3.0点であり、ハンマーの柄の外観は「クラックあり」であった。

[0048] このように、ハンマーの柄を構成する材料がポリエーテルイミドまたはポリプロピレンである場合、他の場合と比べて、ハンマーの使用者による採点結果の平均値が高く、ハンマーの柄の外観が良好であった。よって、ポリエーテルイミドまたはポリプロピレンのような樹脂から構成される柄10を備える本発明の一態様に係るハンマー1を用いることにより、ハンマー1の使用者に伝わる衝撃を低減することができる。また、ハンマー1でシリコン塊を破碎するとき、柄10に衝撃が伝わっても柄の外観を良好に維持することができる。さらに、これらの樹脂においては、前述した柄10の弾性率を十分に実現することができる。

[0049] 「欠けの有無」については、ハンマーヘッドの打撃面に係る角部の曲率半径が互いに異なるハンマーを用いて13tのシリコン塊を破碎することにより評価を行った。各ハンマーについてハンマーヘッドの欠けの有無及び微粉発生量を比較した。また、各ハンマーについて、ハンマーヘッドの打撃面の直径を15mmに固定して、打撃面の角部の曲率半径を変えて、ハンマーヘッドの欠けの有無を検証した。ハンマーヘッドの欠けの有無を検証した結果を表4に示す。

[0050]

[表4]

曲率半径	1mm	なし	6mm
欠けの有無	なし	エッジ部に欠けあり	なし
2mm未満の微粉発生量 (wt%)	1	1	5

表4に示すように、ハンマーヘッドの打撃面に係る角部の曲率半径が1mmである場合、ハンマーヘッドについては「欠けなし」であり、2mm未満の大きさの微粉の発生量は1wt%であった。ハンマーヘッドの打撃面に係る角部の曲率半径なし、つまり、ハンマーヘッドの打撃面に係る角部がR加工されていないものである場合、ハンマーヘッドについては「エッジ部に欠けあり」であり、2mm未満の大きさの微粉の発生量は1wt%であった。ハンマーヘッドの打撃面に係る角部の曲率半径が6mmである場合、ハンマーヘッドについては「欠けなし」であり、2mm未満の大きさの微粉の発生量は5wt%であった。

[0051] このように、ハンマーヘッドの打撃面に係る角部の曲率半径が1mmである場合、他の場合と比べて、ハンマーヘッドについては「欠けなし」であり、かつ、2mm未満の大きさの微粉の発生量を低減することができる。よって、ハンマーヘッドに欠けが生じず、かつ、微粉の発生を低減するためには、後述する通り、ハンマーヘッド20の打撃面211の角部の曲率半径は、1mm以上5mm以下であることが好ましい。

[0052] なお、柄10は、樹脂のみからなってもよい。「樹脂のみからなる」とは、樹脂に付带的に設けられる構成要素を含まないものからなることを示している。この場合、柄10とハンマーヘッド20との接続箇所において、通常、金属製のネジと樹脂からなる柄10とが直接接触する。ハンマーの使用時には、この接続箇所には強い衝撃がかかるため、柄10が樹脂のみからなる構成では、樹脂のネジ溝に破損が生じる虞がある。このため、柄10にヘリサート117を設ける態様の方がより好ましい。

[0053] 柄10は、単一の樹脂層からなる。つまり、柄10は、例えば、金属また

は木材からなる芯材と樹脂の層とから構成される２層構造ではなく、互いに異なるまたは互いに同一の２つの樹脂の層から構成される２層構造でもなく、１つの樹脂からなる。

[0054] 仮に、ハンマーの柄が、複数の樹脂層からなる場合、ハンマーでシリコン塊を破碎するとき、層と層とがこすれることにより不純物が生じ、シリコン塊の欠片が層と層との間に入り込むことにより各々の層が削られる等により不純物が生じる。よって、これらの不純物がシリコン塊を整形加工して得られるシリコン片に入り込む虞が生じる。

[0055] 一方、柄１０のように、柄が単一の樹脂層からなる場合、このような不純物が生じることがない。よって、シリコン塊を整形加工して得られるシリコン片に不純物が入り込むことを防ぐことができる。

[0056] (ハンマーヘッド２０の構成)

図１の（ａ）～（ｄ）に示すように、ハンマーヘッド２０は、ヘッド部２１０と、押圧ネジ２２０とを備える。図３の（ａ）～（ｃ）に示すように、ヘッド部２１０は、円筒の形状を有しており、ヘッド部２１０の上面２１５には凹部２１２が形成されており、ヘッド部２１０の下面２１６には凹部２１３が形成されている。凹部２１２の中心から凹部２１３の中心に亘って穴２１４が形成されている。ヘッド部２１０は、左右両端に打撃面２１１を形成している。なお、ヘッド部２１０は、例えば、超硬合金からなっていることが好ましい。

[0057] 図３の（ｂ）に示すように、打撃面２１１は、円の形状を有しており、打撃面２１１の直径Ｒ１は、１ｃｍ以上３ｃｍ以下であることが好ましい。これにより、シリコン塊の小割り及び整形加工を行うのに適した小型のハンマー１において、ハンマー１の操作性を向上させることができるという効果を顕著に発揮させることができる。

[0058] また、図３の（ａ）及び（ｃ）に示すように、打撃面２１１の角部は、Ｒ加工されていることが好ましい。これにより、ハンマー１の打撃時に、衝撃によりハンマーヘッド２０の打撃面２１１の角部が欠けることを防ぐことが

できるため、打撃面 2 1 1 の角部の欠片がシリコン塊を整形加工して得られるシリコン片に入り込むことを防ぐことができる。

[0059] なお、打撃面 2 1 1 の角部の曲率半径は、1 mm 以上 5 mm 以下であることが好ましい。これにより、ハンマーヘッド 2 0 の打撃面 2 1 1 の角部が欠けることを高度に防止することができる。

[0060] 図 1 の (a) ~ (d) に示すように、押圧ネジ 2 2 0 は、当接部 2 2 1 と、ネジ部 2 2 2 と、突出部 2 2 3 とを備える。押圧ネジ 2 2 0 は、ヘッド部 2 1 0 を貫通して、柄 1 0 に固定される。

[0061] ネジ部 2 2 2 は、当接部 2 2 1 に固定され、突出部 2 2 3 はネジ部 2 2 2 と共に一体となっている。ネジ部 2 2 2 は、ヘッド部 2 1 0 に形成された穴 2 1 4 を通過し、柄 1 0 に形成された穴 1 1 8 に装着されたヘリサート 1 1 7 に螺合される。突出部 2 2 3 は、柄 1 0 に形成された穴 1 1 8 に嵌合される。これにより、当接部 2 2 1 は、ヘッド部 2 1 0 に形成された凹部 2 1 2 の底面に当接する。よって、押圧ネジ 2 2 0 は、ヘッド部 2 1 0 を柄 1 0 に向かって押圧する。このようにして、ハンマーヘッド 2 0 は、柄 1 0 に固定される。なお、凹部 2 1 2 の底面は平面である。

[0062] ヘッド部 2 1 0 に凹部 2 1 2 が形成されていることにより、当接部 2 2 1 が凹部 2 1 2 の底面に当接されるため、柄 1 0 にハンマーヘッド 2 0 を強固に固定することができる。なお、当接部 2 2 1 は、例えばポリアミドから成っていることが好ましく、ネジ部 2 2 2 及び突出部 2 2 3 は、例えば SUS (Steel Use Stainless) からなっていることが好ましい。

[0063] また、図 1 の (a) ~ (c) に示すように、ハンマーヘッド 2 0 に形成された凹部 2 1 3 と柄 1 0 に形成された角柱形状の凸部 1 2 0 とが嵌合することにより、柄 1 0 がハンマーヘッド 2 0 に固定される。ハンマーヘッド 2 0 の凹部 2 1 3 に嵌合される柄 1 0 の凸部 1 2 0 が角柱形状であるため、ハンマーヘッド 2 0 が柄 1 0 に対して回転することを防ぐことができ、ハンマー 1 の操作性及び安全性を向上させることができる。

[0064] ハンマーヘッド 2 0 の重量は、好ましくは、170 g 以上 400 g 以下で

あり、さらに好ましくは215 g以上340 g以下である。これにより、ハンマー1の操作性及び安全性を向上させることができ、シリコン塊の精密な整形加工を容易に行うことができる。また、ハンマーヘッド20の重量に対する柄10の重量の比率は、好ましくは0.15以上1.00以下であり、さらに好ましくは0.2以上0.7以下である。これにより、ハンマー1の操作性及び安全性を向上させることができる。なお、ハンマーヘッド20の重量とは、ヘッド部210の重量と押圧ネジ220の重量との合計である。

[0065] また、柄10は半透明であるため、図1の(a)及び(c)に示すように、柄10の内部に入っている押圧ネジ220のネジ部222及び突出部223を外部から見る事ができる。また、図2の(a)に示すように、柄10の正面から見た場合、柄10に形成された穴118、及び穴118に装着されたヘリサート117を外部から見る事ができる。また、図1の(e)に示すように、ハンマー1を下から見た場合、柄10の底面116から凸部120、ネジ部222、及び突出部223を見ることができる。

[0066] さらに、図1の(a)～(e)に示すように、柄10は、ハンマーヘッド20の中心に固定されていることが好ましい。柄10がハンマーヘッド20の中心に固定されているため、ハンマーヘッド20の重心を通り、かつ、ハンマー1の長手方向に沿った軸上に柄10がある。このため、ハンマーヘッド20を様々な方向に移動させやすくなる。よって、ハンマー1による細かい動作が可能となり、シリコン塊を様々な方向から整形加工しやすくなる。

[0067] また、ハンマーについて、仮に、柄の構造が、芯材が樹脂で被覆された構造である場合、この樹脂によって芯材の全面が被覆されていれば、芯材の表面は外部に露出しない。しかし、ハンマーを長期間使用することで樹脂の表面に破断が生じたとき、芯材の表面が露出することがある。この場合、芯材の表面が露出すれば、芯材から生じた不純物が、シリコン塊を整形加工して得られるシリコン片に入り込む虞が生じる。

[0068] また、ハンマーでシリコン塊を破碎するとき、芯材と樹脂とがこすれることにより不純物が生じ、シリコン塊の欠片が芯材と樹脂との間に入り込むこ

とにより芯材及び樹脂が削られる等により不純物が生じる。よって、これらの不純物がシリコン塊を整形加工して得られるシリコン片に入り込む虞が生じる。

[0069] 一方、本発明の一態様のハンマー１のように、柄１０が樹脂からなる場合、柄１０の内部に芯材が存在しないため、このような不純物が生じることがない。よって、シリコン塊を整形加工して得られるシリコン片に不純物が入り込むことを防ぐことができる。

[0070] また、シリコンロッドを粗割りすることにより得られたシリコン塊の表面は、複雑な凹凸形状を有している。柄１０が樹脂からなる場合、ハンマー１は軽量になり、ハンマー１の操作性を向上させることができる。したがって、シリコン塊の小割り及び整形加工では、シリコン塊の表面にハンマーヘッド２０の打撃面２１１を容易に合わせることができ、シリコン塊を円滑に加工することができる。

[0071] 〔実施形態２〕

本発明の他の実施形態について、図４～図６に基づいて以下に説明する。なお、説明の便宜上、前記実施形態にて説明した部材と同じ機能を有する部材については、同じ符号を付記し、その説明を繰り返さない。

[0072] 図４の（ａ）～（ｄ）は、本発明の実施形態２に係るハンマー２の構成を示す図である。具体的には、図４の（ａ）は、ハンマー２の正面図であり、図４の（ｂ）は、ハンマー２の断面図であり、図４の（ｃ）は、ハンマー２の左側面図である。図４の（ｄ）は、ハンマー２の平面図であり、図４の（ｅ）は、ハンマー２の底面図である。ハンマー２の背面図は、図４の（ａ）に示すハンマー２の正面図と同一に表れるため省略する。ハンマー２の右側面図は、図４の（ｃ）に示すハンマー２の左側面図と同一に表れるため省略する。ハンマー２の平面図は、図１の（ｄ）に示すハンマー１の平面図と同一に表れるため省略する。

[0073] 図５の（ａ）及び（ｂ）は、本発明の実施形態２に係るハンマー２が備える柄１０ａの構成を示す図である。具体的には、図５の（ａ）は、柄１０ａ

の正面図であり、図5の(b)は、柄10aの平面図である。また、図6の(a)及び(b)は、本発明の実施形態2に係るハンマー2が備えるハンマーヘッド20aのヘッド部210aの構成を示す図である。具体的には、図6の(a)は、ヘッド部210aの正面図であり、図6の(b)は、ヘッド部210aの左側面図である。

[0074] 図4の(a)～(d)に示すように、ハンマー2は、ハンマー1と比べて、柄10が柄10aに変更されている点、及びハンマーヘッド20がハンマーヘッド20aに変更されている点が異なる。図5の(a)及び(b)に示すように、柄10aの上面119には、凹部121が形成されている。凹部121には、穴118が形成されている。

[0075] 図6の(a)及び(b)に示すように、ハンマーヘッド20aの下面216には、角柱形状の凸部217が形成されている。ここでは、凸部217は、直方体から、側方にある角部を切り取ったような形状を有する。凹部212の中心から凸部217の中心に亘って穴214が形成されている。

[0076] また、図4の(a)～(c)に示すように、ハンマーヘッド20aに形成された凸部217と柄10aに形成された凹部121とが嵌合することにより、柄10aがハンマーヘッド20aに固定される。これにより、柄10aの凹部121に嵌合されるハンマーヘッド20aの凸部217が角柱形状であるため、ハンマーヘッド20aが柄10aに対して回転することを防ぐことができる。これにより、ハンマー2の操作性及び安全性を向上させることができる。

[0077] さらに、柄10aは半透明であるため、図4の(d)に示すように、ハンマー2を下から見た場合、柄10aの底面116から凸部217、ネジ部222、及び突出部223を見ることができる。

[0078] 本発明は上述した各実施形態に限定されるものではなく、請求項に示した範囲で種々の変更が可能であり、異なる実施形態にそれぞれ開示された技術的手段を適宜組み合わせて得られる実施形態についても本発明の技術的範囲に含まれる。

[0079] (まとめ)

本発明の一態様に係るシリコン塊の整形加工用ハンマーは、シリコン塊を破碎し、前記シリコン塊を整形加工するためのハンマーであって、樹脂からなる柄と、前記柄に固定されたハンマーヘッドとを備える。

[0080] 柄の構造が、芯材が樹脂で被覆された構造である場合、この樹脂によって芯材の全面が被覆されていれば、芯材の表面は外部に露出しない。しかし、ハンマーを長期間使用することで樹脂の表面に破断が生じたとき、芯材の表面が露出することがある。この場合、芯材の表面が露出すれば、芯材から生じた不純物が、シリコン塊を整形加工して得られるシリコン片に入り込む虞が生じる。

[0081] また、ハンマーでシリコン塊を破碎するとき、芯材と樹脂とがこすれることにより不純物が生じ、シリコン塊の欠片が芯材と樹脂との間に入り込むことにより芯材及び樹脂が削られる等により不純物が生じる。よって、これらの不純物がシリコン塊を整形加工して得られるシリコン片に入り込む虞が生じる。

[0082] 一方、前記構成のように、柄が樹脂のみからなる場合、柄の内部に芯材が存在しないため、このような不純物が生じることがない。よって、シリコン塊を整形加工して得られるシリコン片に不純物が入り込むことを防ぐことができる。

[0083] また、シリコンロッドを粗割りすることにより得られたシリコン塊の表面は、複雑な凹凸形状を有している。柄が樹脂からなる場合、ハンマーは軽量になり、ハンマーの操作性を向上させることができる。したがって、シリコン塊の小割り及び整形加工では、シリコン塊の表面にハンマーヘッドの打撃面を容易に合わせることができ、シリコン塊を円滑に加工することができる。

[0084] 本発明の別の態様に係るシリコン塊の整形加工用ハンマーにおいて、前記柄のロックウェル硬度は、R 1 1 0 以上 R 1 3 0 以下であることが好ましい。

- [0085] 前記構成によれば、柄のロックウェル硬度がR 1 1 0以上であることにより、柄の表面が一定の固さを呈するものになる。これにより、シリコン塊の破碎時に、柄とシリコン塊の鋭角的な凸部とが接触しても、柄の表面に裂断が生じにくくなり、柄の表面が削れにくくなる。柄のロックウェル硬度がR 1 3 0以下であることにより、柄が耐衝撃性等を備えたものになる。これにより、シリコン塊の破碎時に、柄に衝撃が伝わっても、柄が割れにくくなり、かつ、柄が折れにくくなる。
- [0086] 本発明の別の態様に係るシリコン塊の整形加工用ハンマーにおいて、前記柄のロックウェル硬度は、R 1 1 5以上R 1 2 9以下であることが好ましい。
- [0087] 前記構成によれば、ロックウェル硬度がR 1 1 0以上R 1 3 0以下である場合よりも、柄の表面が削れにくくなる、柄が耐衝撃性等を備えたものになる、柄が割れにくくなり、かつ、柄が折れにくくなるといった効果をさらに向上させることができる。
- [0088] 本発明の別の態様に係るシリコン塊の整形加工用ハンマーにおいて、前記樹脂は、無機フィラー非含有の樹脂であることが好ましい。
- [0089] 前記構成によれば、無機フィラーが含有されている樹脂と比べて、シリコン塊を整形加工して得られるシリコン片の金属濃度を低くすることができる。これは、柄を構成する樹脂が無機フィラー非含有の樹脂であることにより、無機フィラーによる金属がシリコン片の表面に付着することがないためである。
- [0090] 本発明の別の態様に係るシリコン塊の整形加工用ハンマーにおいて、前記柄は、単一の樹脂層からなることが好ましい。
- [0091] 柄が、複数の樹脂層からなる場合、ハンマーでシリコン塊を破碎するとき、層と層とがこすれることにより不純物が生じ、シリコン塊の欠片が層と層との間に入り込むことにより各々の層が削られる等により不純物が生じる。よって、これらの不純物がシリコン塊を整形加工して得られるシリコン片に入り込む虞が生じる。

- [0092] 一方、前記構成のように、柄が単一の樹脂層からなる場合、このような不純物が生じることがない。よって、シリコン塊を整形加工して得られるシリコン片に不純物が入り込むことを防ぐことができる。
- [0093] 本発明の別の態様に係るシリコン塊の整形加工用ハンマーにおいて、前記柄は、前記ハンマーヘッドの中心に固定されていることが好ましい。
- [0094] 前記構成によれば、柄がハンマーヘッドの中心に固定されているため、ハンマーヘッドの重心を通り、かつ、ハンマーの長手方向に沿った軸上に柄がある。このため、ハンマーヘッドを様々な方向に移動させやすくなる。よって、ハンマーによる細かい動作が可能となり、シリコン塊を様々な方向から整形加工しやすくなる。
- [0095] 本発明の別の態様に係るシリコン塊の整形加工用ハンマーにおいて、前記ハンマーヘッドの打撃面の角部は、R加工されていることが好ましい。
- [0096] 前記構成によれば、ハンマーの打撃時に、衝撃によりハンマーヘッドの打撃面の角部が欠けることを防ぐことができるため、その打撃面の角部の欠片がシリコン塊を整形加工して得られるシリコン片に入り込むことを防ぐことができる。
- [0097] 本発明の別の態様に係るシリコン塊の整形加工用ハンマーにおいて、前記柄には、角柱形状の凸部及び凹部のうちいずれか一方が形成されており、前記ハンマーヘッドには、前記凸部及び前記凹部のうち、前記柄に形成されていない方が形成されており、前記凸部と前記凹部とが嵌合することにより、前記柄が前記ハンマーヘッドに固定されることが好ましい。
- [0098] 前記構成によれば、ハンマーヘッドの凹部に嵌合される柄の凸部が角柱形状である、または柄の凹部に嵌合されるハンマーヘッドの凸部が角柱形状であるため、ハンマーヘッドが柄に対して回転することを防ぐことができる。これにより、ハンマーの操作性及び安全性を向上させることができる。
- [0099] 本発明の別の態様に係るシリコン塊の整形加工用ハンマーにおいて、前記ハンマーヘッドの重量に対する前記柄の重量の比率は、0.15以上1.00以下であることが好ましい。

- [0100] 前記構成によれば、ハンマーの操作性及び安全性を向上させることができる。
- [0101] 本発明の別の態様に係るシリコン塊の整形加工用ハンマーにおいて、前記ハンマーヘッドの打撃面の直径は、1 cm以上3 cm以下であることが好ましい。
- [0102] 前記構成によれば、シリコン塊の小割り及び整形加工を行うのに適した小型のハンマーにおいて、ハンマーの操作性を向上させることができるという効果を顕著に発揮させることができる。
- [0103] 本発明の別の態様に係るシリコン塊の整形加工用ハンマーにおいて、前記柄の弾性率は、2000 MPa以上5000 MPa以下であることが好ましい。
- [0104] 前記構成によれば、柄の弾性率が5000 MPa以下であることにより、柄に過度なたわみが生じることを防止しつつ、ハンマーの打撃時に柄がしなることによってシリコン塊の整形加工の作業性をより向上させることができる。また、ハンマーでシリコン塊を破砕するとき、柄に伝わる衝撃を十分に低減させることができ、ハンマーの使用者に伝わる衝撃を低減することができる。また、ハンマーでシリコン塊を破砕するときに、柄に衝撃が伝わっても柄が折れにくくなる。
- [0105] 柄の弾性率が2000 MPa以上であることにより、柄の強度を十分に確保することができ、柄が変形することを低減することができる。また、柄の弾性率が2000 MPa以上5000 MPa以下であるため、シリコン塊の表面の凸部に、ハンマーヘッドの打撃面の中心から少しずれた箇所が当たったとしても、柄がしなることにより追従補正することができる。よって、ハンマーの破砕効果の低下を抑え、シリコン塊の整形加工の作業性を向上させることができる。

符号の説明

- [0106] 1、2 ハンマー
10、10a 柄

20、20a ハンマーヘッド
110 上部
111、113、115 傾斜部
112 中心部
114 底部
116 底面
117 ヘリサート
118、214 穴
119、215 上面
120、217 凸部
121、212、213 凹部
210、210a ヘッド部
211 打撃面
216 下面
220 押圧ネジ
221 当接部
222 ネジ部
223 突出部