



(10) **DE 10 2019 107 202 A1** 2020.09.24

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2019 107 202.6**
(22) Anmeldetag: **20.03.2019**
(43) Offenlegungstag: **24.09.2020**

(51) Int Cl.: **B29C 73/06 (2006.01)**
B29C 70/54 (2006.01)
B29C 73/08 (2006.01)

(71) Anmelder:
Airbus Operations GmbH, 21129 Hamburg, DE

(74) Vertreter:
**KASTEL Patentanwälte PartG mbB, 81669
München, DE**

(72) Erfinder:
Zastrow, Alexander, 21129 Hamburg, DE;
Kleinpeter, Roman, 21129 Hamburg, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

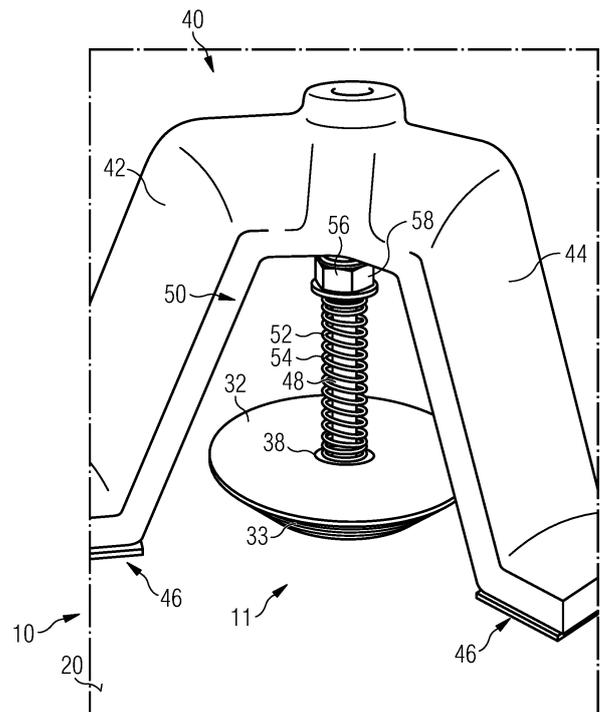
DE	40 19 744	A1
DE	10 2015 101 328	A1
US	2017 / 0 274 485	A1
US	2019 / 0 061 280	A1
US	5 190 611	A
EP	3 248 768	A1

Rechercheantrag gemäß § 43 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Bearbeitungsverfahren, Applikationswerkzeug und Bearbeitungsanordnung zum Ändern oder Reparieren einer Oberflächenstelle einer Werkstückoberfläche eines Faserverbundwerkstücks**

(57) Zusammenfassung: Um die Durchlaufzeit beim Reparieren zu tief gesenkter Bolzenöffnungen (12) oder von Oberflächenbeschädigungen in Faserverbundwerkstücken (10) zu verringern, wird vorgeschlagen, die entsprechende Oberflächenstelle (11) zu Senken um eine Kontaktfläche (30) und eine Vertiefung (33) für einen Faserverbundeinsatzkörper (32) zu erzeugen. Der Faserverbundeinsatzkörper (32) wird an die Kontaktfläche (30) angelegt und an dem Faserverbundwerkstück (10) in der Vertiefung fixiert. Im Fall einer zu tief gesenkten Bolzenöffnung (12) wird in den Faserverbundeinsatzkörper (32) eine neue Bolzenöffnung gebohrt, die anschließend auf die korrekte Senktiefe gesenkt wird. Bei dem Verfahren kann ein dreibeiniges Applikationswerkzeug (40) verwendet werden, das den Faserverbundeinsatzkörper (32) korrekt positioniert, ausrichtet und während des Aushärtens des Klebstoffs (35) an das Faserverbundwerkstück (10) andrückt.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Bearbeitungsverfahren zum Ändern oder Reparieren einer Oberflächenstelle einer Werkstückoberfläche eines Faserverbundwerkstücks. Ferner betrifft die Erfindung ein Applikationswerkzeug und eine Bearbeitungsanordnung, die jeweils in dem Bearbeitungsverfahren verwendet werden.

[0002] Während des Zusammenbauens von monolithischen Faserverbundbauteilen sind insbesondere zu tief gesenkte Löcher/Öffnungen ein häufig auftretendes Phänomen. Derzeit verwendete Reparaturmethoden haben eine lange Durchlaufzeit, können ingenieurmäßige Entscheidungen erfordern und somit in Kompromissen resultieren, die mit hohen Kosten verbunden sein können.

[0003] Gewöhnlich werden die zu tief gesenkten oder anderweitig nicht spezifikationsgemäß erstellten Löcher durch Einfügen einer Metallhülse (beispielsweise aus Titan), Aufwärmen des Reparaturbereichs und die Verwendung übergroßer Bolzen (im Vergleich zur Spezifikation) bearbeitet und repariert. Ferner werden die Löcher bislang mit Harz behandelt und repariert (Harzreparatur).

[0004] Ferner können auch während der Nutzung der Faserverbundbauteile kleinere Oberflächenbeschädigungen begrenzten Ausmaßes entstehen, beispielsweise durch Partikel-Impact.

[0005] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein verbessertes Bearbeitungsverfahren und zweckmäßige Vorrichtungen für dessen Durchführung zu schaffen.

[0006] Die Aufgabe wird durch den Gegenstand der unabhängigen Ansprüche gelöst. Bevorzugte Weiterbildungen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

[0007] Die Erfindung schafft ein Bearbeitungsverfahren zum Ändern oder Reparieren einer Oberflächenstelle einer Werkstückoberfläche eines Faserverbundwerkstücks, wobei die Oberflächenstelle zunächst einer konstruktiven Vorgabe nicht entspricht und nach dem Ändern der konstruktiven Vorgabe entspricht, mit den Schritten:

1.1 Senken der Oberflächenstelle zum Erzeugen einer Kontaktfläche und einer Vertiefung; und

1.2 Anlegen eines Faserverbundeinsatzkörpers an die Kontaktfläche und Fixieren des Faserverbundeinsatzkörpers an dem Faserverbundwerkstück in der Vertiefung

[0008] Es ist bevorzugt, dass insbesondere in Schritt 1.1 die Kontaktfläche mittels Kegelsenken erzeugt

wird, so dass die Kontaktfläche die Form einer Kegelmantelfläche aufweist.

[0009] Es ist bevorzugt, dass insbesondere in Schritt 1.1 die Kontaktfläche mittels Stufensenken erzeugt wird, so dass die Kontaktfläche die Form einer Zylindermantelfläche aufweist.

[0010] Es ist bevorzugt, dass insbesondere in Schritt 1.2 das Anlegen und/oder Fixieren derart erfolgen, dass die Oberflächenstelle eben oder bündig mit der Werkstückoberfläche ist.

[0011] Es ist bevorzugt, dass insbesondere in Schritt 1.2 der Faserverbundeinsatzkörper aufgrund des Zusammenwirkens mit der Kontaktfläche konzentrisch mit der Vertiefung positioniert wird.

[0012] Es ist bevorzugt, dass der Faserverbundeinsatzkörper kegelförmig oder kegelstumpfförmig ausgebildet ist.

[0013] Es ist bevorzugt, dass der Faserverbundeinsatzkörper zylinderrförmig ausgebildet ist.

[0014] Es ist bevorzugt, dass Schritt 1.2 das Andrücken des Faserverbundeinsatzkörpers an das Faserverbundwerkstück umfasst.

[0015] Es ist bevorzugt, dass insbesondere in Schritt 1.2 ein Reinigen der Kontaktfläche zum Erzeugen einer Klebefläche aus der Kontaktfläche erfolgt.

[0016] Es ist bevorzugt, dass Schritt 1.2 das Verkleben des Faserverbundeinsatzkörpers mit dem Faserverbundwerkstück, insbesondere an der Klebefläche, umfasst.

[0017] Es ist bevorzugt, insbesondere in Schritt 1.2 der Faserverbundeinsatzkörper in Axialrichtung der Vertiefung über die Werkstückoberfläche hinausragt.

[0018] Es ist bevorzugt, dass Schritt 1.2 das Abtragen des Faserverbundeinsatzkörpers bis dieser eben und/oder bündig mit der Werkstückoberfläche ist umfasst.

[0019] Es ist bevorzugt, dass das Abtragen derart erfolgt, dass etwaige Beschichtungen der Werkstückoberfläche, insbesondere im Umgebungsbereich der Oberflächenstelle, zwar erfasst, insbesondere aufgearbeitet, aber nicht abgetragen werden.

[0020] Es ist bevorzugt, dass insbesondere in Schritt 1.2 das Abtragen mittels Schleifen erfolgt.

[0021] Es ist bevorzugt, dass nach Schritt 1.2 und, sofern vorhanden, bevorzugt vor Schritt 1.3 eine Funktionsbeschichtung, insbesondere Blitzschutzmaterialien, wiederhergestellt werden.

[0022] Vorzugsweise umfasst das Bearbeitungsverfahren den Schritt:

- Bereitstellen des Faserverbundeinsatzkörpers mittels Ausschneiden des Faserverbundeinsatzkörpers aus einem Faserverbundkörper.

[0023] Es ist bevorzugt, dass das Ausschneiden mittels Bohren in den Faserverbundkörper erfolgt.

[0024] Es ist bevorzugt, dass beim Ausschneiden der Faserverbundeinsatzkörper als Kegelform oder Kegelstumpfform ausgeschnitten wird.

[0025] Es ist bevorzugt, dass beim Ausschneiden der Faserverbundeinsatzkörper als Zylinderform ausgeschnitten wird.

[0026] Es ist bevorzugt, dass beim Ausschneiden die Pilotöffnung erzeugt wird.

[0027] Es ist bevorzugt, dass beim Ausschneiden die Pilotöffnung gebohrt wird.

[0028] Es ist bevorzugt, dass die Oberflächenstelle eine Ausgangsbolzenöffnung ist, wobei Schritt 1.1 ein weiteres Senken der Ausgangsbolzenöffnung zum Erzeugen der Kontaktfläche enthält.

[0029] Es ist bevorzugt, dass die weiter gesenkte Ausgangsbolzenöffnung die Vertiefung bildet.

[0030] Es ist bevorzugt, dass das Bearbeitungsverfahren einen Schritt 1.3 umfasst, der ein Erzeugen einer Endbolzenöffnung in dem Faserverbundeinsatzkörper entsprechend der konstruktiven Vorgabe enthält.

[0031] Es ist bevorzugt, dass die Ausgangsbolzenöffnung eine Ausgangssenktiefe und die Endbolzenöffnung eine Endsenktiefe aufweisen, wobei die Ausgangssenktiefe und die Endsenktiefe jeweils relativ zu einer Werkstückoberfläche des Faserverbundwerkstücks definiert sind.

[0032] Es ist bevorzugt, dass das Bearbeitungsverfahren die Ausgangssenktiefe auf die Endsenktiefe ändert, insbesondere verringert.

[0033] Es ist bevorzugt, dass das Bearbeitungsverfahren einen Schritt 1.4 umfasst, der ein Senken der Endbolzenöffnung auf die Endsenktiefe enthält.

[0034] Es ist bevorzugt, dass insbesondere in Schritt 1.2 der Faserverbundeinsatzkörper aufgrund des Zusammenwirkens mit der Kontaktfläche konzentrisch mit der Ausgangsbolzenöffnung positioniert wird.

[0035] Es ist bevorzugt, dass insbesondere in Schritt 1.2 der Faserverbundeinsatzkörper eine Pilotöffnung

zum Positionieren des Faserverbundeinsatzkörpers beim Anlegen aufweist.

[0036] Es ist bevorzugt, dass insbesondere in Schritt 1.2 der Faserverbundeinsatzkörper eine Pilotöffnung zum Positionieren des Faserverbundeinsatzkörpers beim Fixieren aufweist.

[0037] Es ist bevorzugt, dass insbesondere in Schritt 1.2 der Faserverbundeinsatzkörper eine Pilotöffnung zum Ausrichten des Faserverbundeinsatzkörpers beim Anlegen aufweist.

[0038] Es ist bevorzugt, dass insbesondere in Schritt 1.2 der Faserverbundeinsatzkörper eine Pilotöffnung zum Ausrichten des Faserverbundeinsatzkörpers beim Fixieren aufweist.

[0039] Es ist bevorzugt, dass die Pilotöffnung als Durchgangsöffnung oder Durchgangsbohrung ausgebildet ist.

[0040] Es ist bevorzugt, dass die Pilotöffnung als Sackloch oder Sacklochbohrung ausgebildet ist.

[0041] Es ist bevorzugt, dass die Pilotöffnung aufgrund des Zusammenwirkens des Faserverbundeinsatzkörpers mit der Kontaktfläche konzentrisch mit der Ausgangsbolzenöffnung positioniert wird.

[0042] Es ist bevorzugt, dass die Pilotöffnung aufgrund des Zusammenwirkens des Faserverbundeinsatzkörpers mit der Kontaktfläche parallel zu der Ausgangsbolzenöffnung ausgerichtet wird.

[0043] Es ist bevorzugt, dass insbesondere in Schritt 1.3 die Endbolzenöffnung durch Vergrößern der Pilotöffnung erzeugt wird.

[0044] Es ist bevorzugt, dass insbesondere in Schritt 1.3 das Erzeugen mittels Bohren, insbesondere Aufbohren, erfolgt.

[0045] Es ist bevorzugt, dass insbesondere in Schritt 1.4 die Endsenktiefe so gewählt ist, dass ein für die Ausgangsbolzenöffnung bestimmter Bolzen, der mit der Werkstückoberfläche nicht bündig war, wenn dieser Bolzen in der Ausgangsbolzenöffnung eingesetzt war, nunmehr dieser Bolzen mit der Werkstückoberfläche, insbesondere im Rahmen der zulässigen Toleranzen, bündig ist, wenn dieser Bolzen in der Endbolzenöffnung eingesetzt ist.

[0046] Es ist bevorzugt, dass insbesondere in Schritt 1.2 der Faserverbundeinsatzkörper in Axialrichtung der Ausgangsbolzenöffnung über die Werkstückoberfläche hinausragt.

[0047] Es ist bevorzugt, dass Schritt 1.2 das Abtragen des Faserverbundeinsatzkörpers bis dieser eben

und/oder bündig mit der Werkstückoberfläche ist umfasst.

[0048] Die Erfindung schafft daher insbesondere ein Bearbeitungsverfahren zum Ändern, insbesondere Verringern, einer Ausgangssenktiefe einer Ausgangsbolzenöffnung, insbesondere für einen Rundbolzen, eines Faserverbundwerkstücks, das vorzugsweise für eine Luftfahrzeugkomponente oder ein Luftfahrzeug ausgebildet ist, auf eine Endsenktiefe einer Endbolzenöffnung, wobei die Ausgangssenktiefe und die Endsenktiefe jeweils relativ zu einer Werkstückoberfläche des Faserverbundwerkstücks definiert sind, mit den Schritten:

1.1 weiteres Senken der Ausgangsbolzenöffnung zum Erzeugen einer Kontaktfläche;

1.2 Anlegen eines Faserverbundeinsatzkörpers an die Kontaktfläche und Fixieren des Faserverbundeinsatzkörpers an dem Faserverbundwerkstück;

1.3 Erzeugen der Endbolzenöffnung wenigstens teilweise in dem Faserverbundeinsatzkörper; und

1.4 Senken der Endbolzenöffnung auf die Endsenktiefe.

[0049] Dieses Bearbeitungsverfahren kann bevorzugt eine, mehrere oder alle der zuvor beschriebenen bevorzugten Ausgestaltungen haben.

[0050] Die Erfindung schafft ein Applikationswerkzeug zum Positionieren, Ausrichten und/oder Andrücken eines Faserverbundeinsatzkörpers an eine Klebefläche einer Bolzenöffnung eines Faserverbundwerkstücks, wobei das Applikationswerkzeug einen Stützrahmen, der zum ebenen Stützen des Applikationswerkzeugs an einer Werkstückoberfläche des Faserverbundwerkstücks ausgebildet ist, einen Führungsbolzen, der zum Positionieren und Ausrichten des Faserverbundeinsatzkörpers ausgebildet ist, wenn der Führungsbolzen den Faserverbundeinsatzkörper erfasst, und eine Andruckeinrichtung umfasst, die zum Anlegen einer Andruckkraft an den Faserverbundeinsatzkörper in Richtung auf das Faserverbundwerkstück ausgebildet ist.

[0051] Die Erfindung schafft ferner eine Bearbeitungsanordnung umfassend ein bevorzugtes Applikationswerkzeug, einen Faserverbundeinsatzkörper und ein Faserverbundwerkstück mit einer Vertiefung, insbesondere einer Bolzenöffnung, die eine Klebefläche aufweist, wobei der Stützrahmen das Faserverbundwerkstück erfasst, wobei der Faserverbundeinsatzkörper von dem Führungsbolzen derart erfasst ist, dass der Faserverbundeinsatzkörper teilweise in der Vertiefung und konzentrisch mit der Vertiefung angeordnet ist, wobei der Faserverbundeinsatzkörper

per von der Andruckeinrichtung auf die Klebefläche gedrückt wird.

[0052] Das Faserverbundwerkstück wird vorzugsweise bei einer Luftfahrzeugkomponente, beispielsweise einer Rumpfkompone, eines Luftfahrzeugs verwendet.

[0053] Denkbar ist auch eine Verwendung im Boots- oder Fahrzeugbau oder im Bereich der Windenergie.

[0054] Es sollte beachtet werden, dass die hierin verwendete Nummerierung von Verfahrensschritten lediglich der einfacheren Bezugnahme dient und keine Reihenfolge impliziert.

[0055] Nachfolgend werden Vorteile und Wirkungen der hierin beschriebenen Verfahren und Vorrichtungen näher erläutert. Es sollte beachtet werden, dass die Verfahren und Vorrichtungen dadurch nicht auf diese Vorteile und Wirkungen beschränkt werden. Ferner müssen nicht alle Vorteile und Wirkungen in jeder Ausführungsart der Erfindung verwirklicht sein.

[0056] Mittels des Bearbeitungsverfahrens kann eine Korrektur von Beschädigungen eines Faserverbundwerkstücks (beispielsweise aufgrund Impact) durch Einsetzen eines Faserverbundeinsatzkörpers in die Schadensstelle nach vorherigem Senken erfolgen. Damit ist ein Faserverbundwerkstück erhältlich, das eine ebene Oberfläche ohne Loch, Bohrung und/oder Senkung aufweist.

[0057] Mit den hierin beschriebenen Maßnahmen können auch nach der Bearbeitung bzw. Reparatur der Bolzenöffnung, die nominellen für die Bolzenöffnung bestimmten Bolzen/Befestiger benutzt werden. Der Fokus ist vorliegend auf der Änderung bzw. Verringerung der Senktiefe der Bolzenöffnungen; mit anderen Worten die Korrektur einer Ausgangssenktiefe auf eine (gewünschte) Endsenktiefe. Ferner können durch dieses Verfahren Beschädigungen mittels Einbringen einer Senkung, beispielsweise Kegelsenkung oder Stufensenkung, entfernt und das defekte Material durch den Faserverbundeinsatzkörper ersetzt werden.

[0058] Das hierin beschriebene Bearbeitungsverfahren, das auch als Kegelreparaturverfahren bezeichnet wird, kann so einfach gestaltet sein, dass ein einfaches Anlernen ausreichen kann, um das Bearbeitungsverfahren zuverlässig nach den in der Luftfahrt üblichen Standards durchzuführen.

[0059] Das Faserverbundwerkstück kann beispielsweise ein Prepregmaterial sein. Der Faserverbundkörper, aus dem der Faserverbundeinsatzkörper ausgeschnitten werden kann, ist vorzugsweise ebenfalls ein Prepregmaterial.

[0060] Zum Fixieren des Faserverbundeinsatzkörpers werden bevorzugt ZweiKomponenten-Klebstoffe verwendet, die auf Epoxy basieren können. Dabei wird der Klebstoff bevorzugt so gewählt, dass ein Aushärten bei üblicher Raumtemperatur zügig erfolgen kann. Der Klebstoff kann ferner danach ausgewählt sein, dass dieser bereits in der Fertigung für andere Anbauteile, beispielsweise Verbindungsklammern von Faserverbundstrukturen verwendet wird. Hilfreich ist hier auch die standardisierte Verfügbarkeit des Klebstoffs in vorgefertigten Applikationsvorrichtungen, beispielsweise Spritzen.

[0061] Beim Ausschneiden des Faserverbundeinsatzkörpers, kann ein dezidiertes Werkzeug verwendet werden. Vorteilhaft kann es sein, den vorzugsweise plattenförmigen Faserverbundkörper zunächst auf eine Unterlage, beispielsweise aus Holz, aufzukleben und erst dann die Faserverbundeinsatzkörper auszuschneiden. Versuche der Anmelderin haben ergeben, dass mit einer derartigen Anordnung selbst bei mikroskopischer Oberflächenuntersuchung keine Schäden am Material erkennbar waren. Insbesondere waren kein Faserausbruch aus der Schnittfläche erkennbar, die lediglich kleinere Bearbeitungsspuren aufwies.

[0062] Als vorteilhaft hat sich auch eine gesonderte Reinigung des Faserverbundeinsatzkörpers, insbesondere mittels Ultraschallbad, herausgestellt.

[0063] Vor dem Bearbeitungsverfahren kann zunächst eine Abweichung in der Senktiefe erkannt werden, die dazu führt, dass ein in die Bolzenöffnung eingesetzter Bolzen zu tief unter der Werkstückoberfläche des Faserverbundwerkstücks liegt. Nach Entfernen des Bolzens kann sodann die bestehende Senktiefe vergrößert werden (vorzugsweise ab etwa 0,2 mm). Anschließend kann eine gründliche Reinigung der Schnittfläche erfolgen. Auf die gereinigte Schnittfläche wird Klebstoff aufgebracht. Der Klebstoff kann auf beide Teile, d.h. das Faserverbundwerkstück und den Faserverbundeinsatzkörper aufgetragen. Der Faserverbundeinsatzkörper wird in die Bolzenöffnung eingesetzt und positioniert/ausgerichtet. Das Aushärten des Klebstoffs erfolgt bei Raumtemperatur, d.h. ohne Applikation zusätzlicher Wärme. (je nach Klebstoffsystem kann jedoch eine lokale Wärmebehandlung bevorzugt oder notwendig sein). Der Klebstoff wird beispielsweise für 2 Stunden ausgehärtet. Die Klebstoffmenge ist bevorzugt überdimensioniert.

[0064] Der Faserverbundeinsatzkörper ist vorzugsweise überdimensioniert, so dass er über die Werkstückoberfläche hinausragt. In diesem Fall kann der Faserverbundeinsatzkörper abgeschliffen werden, bis der Faserverbundeinsatzkörper bündig mit der Werkstückoberfläche ist. Beim Schleifen wird bevorzugt darauf geachtet, etwaige Funktionsbeschich-

tungen des Faserverbundwerkstücks nicht zu beschädigen. Dazu kann ein Blitzschutzmaterial, beispielsweise in Gestalt eines Metallgeflechts, gehören.

[0065] In dem Faserverbundeinsatzkörper wird ein Loch gebohrt oder eine bereits vorgebohrte Öffnung erweitert, so dass der ursprüngliche Bolzen grundsätzlich aufgenommen werden kann. Schließlich wird das neugebohrte Loch gesenkt auf die gewünschte Senktiefe, so dass der in das Loch eingesetzte Bolzen bündig mit der Werkstückoberfläche ist.

[0066] Versuche der Anmelderin, bei denen der Zeitaufwand des hierin beschriebenen Verfahrens mit der herkömmlichen Methode verglichen wurde, haben ergeben, dass ein signifikanter Zeitvorteil von etwa 7 Stunden - nahezu ein ganzer üblicher Arbeitstag - ermöglicht wird. Wenn das hierin beschriebene Verfahren an Stelle einer Schäftreparatur verwendet wird, kann der Zeitvorteil noch weit mehr betragen.

[0067] Wahlweise können ein oder mehrere Inspektionen während der Bearbeitung durchgeführt werden.

[0068] In Bezug auf das Bearbeitungs- bzw. Applikationswerkzeug werden vorzugsweise folgende Vorteile gewünscht:

- Verbessern der Rechtwinkligkeit der Bohrachse des existierenden Zylinderlochs relative zu der Werkstückoberfläche;
- Verbessern der Rechtwinkligkeit der Pilotöffnung in dem Faserverbundeinsatzkörper bzw. Faserverbundeinsatzkegels relativ zu der Werkstückoberfläche;
- Verbessern der Positionierung des Zylinderlochbereichs zu der Pilotöffnung in dem Faserverbundeinsatzkörper bzw. Faserverbundeinsatzkegel;
- Anlegen eines gewissen Andrucks an den Faserverbundeinsatzkörper bzw. Faserverbundeinsatzkegel und die Klebstoffschicht während des Aushärtens, um eine möglichst kleine Klebeliniendicke zu erreichen und/oder Poren, insbesondere durch überdimensionierte Klebstoffmenge, zu verschließen.

[0069] Das Werkzeug kann mittels moderner additiver Fertigungsmethoden oder konventionell gefertigt werden. Vorzugsweise ist der Stützrahmen des Applikationswerkzeugs als Dreibein ausgebildet.

[0070] Es sollte beachtet werden, dass vorliegend die Idee insbesondere anhand einer Reparatur einer Bolzenöffnung erläutert wird. Die Erfindung ist jedoch nicht hierauf beschränkt. So können an Stelle von Sacklöchern auch Durchgangsöffnungen verwendet

werden und umgekehrt. Auch sind die Senkungen nicht nur auf Kegelsenkungen beschränkt; es können auch Stufensenkungen verwendet werden. Insbesondere können auch je nach Anwendungsfall geeignete Kombinationen dieser Maßnahmen verwendet werden. Alternativ oder zusätzlich zu der Bolzenöffnung kann auch eine Oberflächenbeschädigung mittels des hierin beschriebenen Verfahrens repariert werden.

[0071] Ausführungsbeispiele werden anhand der beigefügten schematischen Zeichnungen näher erläutert. Darin zeigt:

Fig. 1 eine Querschnittsansicht einer Ausgangsbolzenöffnung;

Fig. 2 eine Perspektivansicht der Ausgangsbolzenöffnung;

Fig. 3 eine Querschnittsansicht einer weiter gesenkten Ausgangsbolzenöffnung;

Fig. 4 eine Perspektivansicht der weiter gesenkten Ausgangsbolzenöffnung;

Fig. 5 eine Querschnittsansicht der Ausgangsbolzenöffnung mit Faserverbundeinsatzkörper;

Fig. 6 ein Ausführungsbeispiel eines Applikationswerkzeugs;

Fig. 7 eine Detailansicht des Faserverbundeinsatzkörpers aus **Fig. 6**;

Fig. 8 eine weitere Detailansicht des Faserverbundeinsatzkörpers aus **Fig. 6**;

Fig. 9 eine Ansicht des Faserverbundeinsatzkörpers aus **Fig. 6** von unten;

Fig. 10 eine Querschnittsansicht mit abgetragenen Faserverbundeinsatzkörper;

Fig. 11 eine Perspektivansicht eines Faserverbundwerkstücks;

Fig. 12 eine Perspektivansicht eines weiteren Faserverbundwerkstücks;

Fig. 13 eine Querschnittsansicht mit eingesetztem Bolzen;

Fig. 14 eine Perspektivansicht eines Faserverbundwerkstücks;

Fig. 15 eine Perspektivansicht eines Faserverbundwerkstücks aus **Fig. 14**;

Fig. 15 eine Perspektivansicht eines Faserverbundwerkstücks aus **Fig. 14**;

Fig. 16 eine Ansicht betreffend das Ausschneiden des Faserverbundeinsatzkörpers;

Fig. 17 eine Ansicht des in **Fig. 16** extrahierten Faserverbundeinsatzkörpers; und

Fig. 18 eine vergrößerte Ansicht der Schnittfläche des extrahierten Faserverbundeinsatzkörpers.

[0072] Es wird zunächst auf **Fig. 1** und **Fig. 2** Bezug genommen, die ein Faserverbundwerkstück **10** zeigen. Das Faserverbundwerkstück **10** kann beispielsweise Teil einer Luftfahrzeugkomponente sein, etwa eines Rumpfpannels oder eines Verkleidungselements.

[0073] Das Faserverbundwerkstück **10** weist eine zu bearbeitende Oberflächenstelle **11** auf. Die Oberflächenstelle **11** kann beispielsweise eine Ausgangsbolzenöffnung **12** sein. Die Oberflächenstelle **11** kann auch eine durch Impact entstandene Beschädigung des Faserverbundwerkstücks **10** sein. Nachfolgend werden die Beispiele anhand der Ausgangsbolzenöffnung **12** erläutert. Es ist jedoch ersichtlich, dass die hierin beschriebenen Maßnahmen auch für beschädigte Oberflächenstellen **11** geeignet sind.

[0074] Das Faserverbundwerkstück **10** weist die Ausgangsbolzenöffnung **12** für einen Bolzen **14** auf. Der Bolzen **14** ist beispielsweise ein Rundbolzen und kann ein Gewinde aufweisen.

[0075] Die Ausgangsbolzenöffnung **12** weist eine Ausgangssenkung **16**, beispielsweise in Zylinderform, auf. Die Ausgangssenkung **16** hat eine Ausgangssenktiefe **18**. Die Ausgangssenktiefe **18** wird von einer Werkstückoberfläche **20** des Faserverbundwerkstücks **10** gemessen. Die Ausgangsbolzenöffnung **12** wird hier als Sackloch dargestellt, kann aber auch ein Durchgangsloch oder eine andere Lochart sein.

[0076] Ferner weist die Ausgangsbolzenöffnung **12** einen Schaftbereich **22** zum Aufnehmen eines Bolzenschaftes **24** des Bolzens **14** auf. Der Bolzen **14** umfasst ferner einen Bolzenkopf **26**, der in der Ausgangssenkung **16** angeordnet werden kann.

[0077] Wie insbesondere in **Fig. 1** ersichtlich, ist der Bolzenkopf **26** tiefer als die Werkstückoberfläche **20** angeordnet, so dass der Bolzen **14** mit der Werkstückoberfläche **20** nicht bündig ist. Der Abstand zwischen dem Bolzen **14** und der Werkstückoberfläche **20** beträgt in der Regel weniger als 1 mm, aber mehr als die erlaubte Toleranz zulässt. Der Bolzen **14** entspricht daher nicht einer konstruktiven Vorgabe.

[0078] Um nun die Ausgangssenktiefe **18** so zu ändern, dass der Bolzen **14** bündig mit der Werkstückoberfläche **20** ist, wird das Faserverbundwerkstück **10** wie nachfolgend beschrieben bearbeitet.

[0079] Wie in **Fig. 3** und **Fig. 4** dargestellt, wird die Ausgangsbolzenöffnung **12** mittels eines Kegelsenkens weiter gesenkt, um eine Kegelsenkung **28** zu erhalten. Dabei kann die Ausgangssenkung **16** (bzw. eine Beschädigung) vollständig entfernt werden. Der Kegelwinkel beträgt vorzugsweise zwischen 90° und 130°. Insbesondere beträgt der Kegelwinkel 100°. Andere Winkel sind je nach Anwendungsfall nicht ausgeschlossen.

[0080] Das Kegelsenken schafft zudem eine Kontaktfläche **30** für einen, vorzugsweise kegelförmig bzw. kegelstumpfförmig ausgebildeten, Faserverbundeinsatzkörper **32**. Vorzugsweise wird die Kontaktfläche **30** gereinigt, um eine Klebefläche **34** zu erhalten.

[0081] Ferner schafft das Kegelsenken eine Vertiefung **33** für den Faserverbundeinsatzkörper **32**.

[0082] Sodann wird Harzmaterial als Klebstoff **35** auf die Klebefläche **34** und eine Mantelfläche **36** des Faserverbundeinsatzkörpers **32** aufgebracht. Die Menge des Klebstoffs **35** ist bevorzugt überdimensioniert, um etwaige Poren an der Klebefläche **34** bzw. der Mantelfläche **36** zu verschließen. Ferner können damit eingeschlossene Luftblasen aus dem Klebebereich heraus befördert werden.

[0083] Der Faserverbundeinsatzkörper **32** wird, wie in **Fig. 5** bis **Fig. 7** näher dargestellt, in die Ausgangsbolzenöffnung **12** eingesetzt und an die Kontaktfläche **30**, insbesondere die Klebefläche **34**, angelegt. Der Faserverbundeinsatzkörper **32** kann eine Pilotöffnung **38** zum Positionieren und Ausrichten aufweisen. Hierfür kann ein Applikationswerkzeug **40** verwendet werden.

[0084] Das Applikationswerkzeug **40** weist einen Stützrahmen **42** auf. Der Stützrahmen **42** ist vorzugsweise als Dreibein **44** ausgebildet und kann an dem Faserverbundwerkstück **10** lösbar befestigt werden, beispielsweise mittels lösbarer Klebeverbindungen **46**. Es können auch Vakuumsaugnäpfe oder Magnete für das lösbare Befestigen verwendet werden.

[0085] Das Applikationswerkzeug **40** umfasst ferner einen Führungsbolzen **48**, der vertikal verschiebbar an dem Stützrahmen **40** gestützt ist. Der Führungsbolzen **48** kann den Faserverbundeinsatzkörper **32** erfassen und insbesondere in die Pilotöffnung **38** eingreifen, um den Faserverbundeinsatzkörper **32** konzentrisch zu der Ausgangsbolzenöffnung **12** zu positionieren und/oder parallel zu der Ausgangsbolzenöffnung **12** auszurichten.

[0086] Das Applikationswerkzeug **40** kann zudem eine Andruckeinrichtung **50** aufweisen, mittels der eine Kraft in Axialrichtung des Faserverbundeinsatzkörpers **32** in Richtung auf das Faserverbundwerk-

stück **10** ausgeübt werden kann. Die Andruckeinrichtung **50** umfasst vorliegend ein elastisches Element **52**, beispielsweise eine Spiralfeder **54**, deren ausgeübte Kraft durch ein Einstellelement **56**, zum Beispiel eine Mutter **58**, eingestellt werden kann.

[0087] Insbesondere aufgrund des Zusammenwirkens des Faserverbundeinsatzkörpers **32** mit der Kontaktfläche **30**, gegebenenfalls unter Zuhilfenahme des Applikationswerkzeugs **40**, kann der Faserverbundeinsatzkörper **32** konzentrisch mit und/oder parallel zu der Ausgangsbolzenöffnung **12** positioniert bzw. ausgerichtet werden.

[0088] Das Resultat dieses Schrittes ist insbesondere in **Fig. 8** und **Fig. 9** ersichtlich. Der Faserverbundeinsatzkörper **32** ist vorzugsweise so ausgebildet, dass er in Axialrichtung der Ausgangsbolzenöffnung **12** die Werkstückoberfläche **20** überragt. Ferner ist die übergroße Menge Klebstoff **35** ersichtlich.

[0089] Der Faserverbundeinsatzkörper **32** wird, wie in **Fig. 10** bis **Fig. 12** dargestellt, abgetragen, insbesondere abgeschliffen, bis der Faserverbundeinsatzkörper **32** bündig mit der Werkstückoberfläche **20** ist. Dabei wird darauf geachtet, dass beim Abtragen eine etwaige Funktionsbeschichtung **60** nicht entfernt wird. Die Faserverbundeinsatzkörper **32** werden gegebenenfalls mit der Funktionsbeschichtung **60** versehen und somit integriert. Beispiel für eine Funktionsbeschichtung **60** ist etwa Blitzschutzmaterial.

[0090] Wie in **Fig. 13** bis **Fig. 15** dargestellt, wird die Pilotöffnung **38** erweitert, insbesondere aufgebohrt, um eine Endbolzenöffnung **62** zu schaffen. Aufgrund der zuvor vorgenommenen Positionierung und Ausrichtung, ist auch die Endbolzenöffnung **62** konzentrisch und parallel zu der Ausgangsbolzenöffnung **12**. Es sollte beachtet werden, dass dies grundsätzlich auch ohne die Pilotöffnung **38** möglich ist, jedoch etwa mehr Geschick erfordern kann.

[0091] Die Endbolzenöffnung **62** wird nunmehr gesenkt, um eine Endsenkung **64** zu erhalten. Die Endsenkung **64** weist eine Endsenkentiefe **66** auf, die so ausgebildet ist, dass der Bolzen **14**, wenn er in die Endbolzenöffnung eingesetzt ist, bündig mit der Werkstückoberfläche **20** ist.

[0092] Nachfolgend wird anhand **Fig. 16** bis **Fig. 18** näher erläutert, wie der Faserverbundeinsatzkörper **32** hergestellt werden kann.

[0093] Zunächst kann ein Faserverbundkörper **68** bereitgestellt werden, der vorzugsweise aus demselben Material hergestellt ist, wie das Faserverbundwerkstück **10**.

[0094] Ein Faserverbundschneidwerkzeug **70** wird verwendet, um den Faserverbundeinsatzkörper **32**

aus dem Faserverbundkörper **68** auszuschneiden. Das Faserverbundschneidwerkzeug **70** weist bevorzugt einen zentralen Bohrerabschnitt **72** und einen Schneidenkopf **74**. Der Bohrerabschnitt **72** formt beim Ausschneiden die Pilotöffnung **38**, während der Schneidenkopf **74** die Mantelfläche **36** des Faserverbundeinsatzkörpers **32** formt.

[0095] Der Faserverbundeinsatzkörper **32** kann mittels eines Ultraschallbades gereinigt und anschließend verwendet werden.

[0096] In Fig. **18** ist die Schnittfläche bzw. Mantelfläche **36** näher dargestellt. Wie ersichtlich, ragen keine Fasern aus der Schnittfläche heraus und lediglich kleinere Bearbeitungsspuren sind erkennbar.

[0097] Es wird daher vorgeschlagen, um die Durchlaufzeit beim Reparieren zu tief gesenkter Bolzenöffnungen in Faserverbundwerkstücken zu verringern, in die zu tief gesenkte Bolzenöffnung einen Faserverbundeinsatzkörper aus Faserverbundmaterial einzufügen. Der Einsatzkörper wird mit dem Faserverbundwerkstück verklebt. In den Einsatz wird eine neue Bolzenöffnung gebohrt, die anschließend auf die korrekte Senktiefe gesenkt wird. Bei dem Verfahren kann ein dreibeiniges Applikationswerkzeug verwendet werden, das den Faserverbundeinsatzkörper korrekt positioniert, ausrichtet und während des Aushärtens des Klebstoffs an das Faserverbundwerkstück andrückt.

[0098] Mit den hierin Beschriebenen Maßnahmen kann die Durchlaufzeit der Bearbeitung bzw. Reparatur von zu tief gesenkten Bolzenöffnungen in Faserverbundwerkstücken deutlich - um fast bis zu **7** Stunden pro Bolzenöffnung - reduziert werden. Ferner kann das Verfahren einfach angelernt und daher von mehr Arbeitern als bisher zuverlässig durchgeführt werden.

Bezugszeichenliste

10	Faserverbundwerkstück
11	Oberflächenstelle
12	Ausgangsbolzenöffnung
14	Bolzen
16	Ausgangssenkung
18	Ausgangssenktiefe
20	Werkstückoberfläche
22	Schaftbereich
24	Bolzenschaft
26	Bolzenkopf
28	Kegelsenkung
30	Kontaktfläche

32	Faserverbundeinsatzkörper
33	Vertiefung
34	Klebefläche
35	Klebstoff
36	Mantelfläche
38	Pilotöffnung
40	Applikationswerkzeug
42	Stützrahmen
44	Dreibein
46	Klebeverbindung
48	Führungsbolzen
50	Andruckeinrichtung
52	elastisches Element
54	Spiralfeder
56	Einstellelement
58	Mutter
60	Funktionsbeschichtung
62	Endbolzenöffnung
64	Endsenkung
66	Endsenktiefe
68	Faserverbundkörper
70	Faserverbundschneidwerkzeug
72	Bohrerabschnitt
74	Schneidenkopf

Patentansprüche

1. Bearbeitungsverfahren zum Ändern oder Reparieren einer Oberflächenstelle (11) einer Werkstückoberfläche (20) eines Faserverbundwerkstücks (10), wobei die Oberflächenstelle (11) zunächst einer konstruktiven Vorgabe nicht entspricht und nach dem Ändern der konstruktiven Vorgabe entspricht, mit den Schritten:

1.1 Senken der Oberflächenstelle (11) zum Erzeugen einer Kontaktfläche (30) und einer Vertiefung (33); und

1.2 Anlegen eines Faserverbundeinsatzkörpers (32) an die Kontaktfläche (30) und Fixieren des Faserverbundeinsatzkörpers (32) an dem Faserverbundwerkstück (10) in der Vertiefung (33).

2. Bearbeitungsverfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass in Schritt 1.2 der Faserverbundeinsatzkörper (32) aufgrund des Zusammenwirkens mit der Kontaktfläche (30) konzentrisch mit der Vertiefung (33) positioniert wird.

3. Bearbeitungsverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass Schritt 1.2

- das Andrücken des Faserverbundeinsatzkörpers (32) an das Faserverbundwerkstück (10); und/oder
- das Verkleben des Faserverbundeinsatzkörpers (32) mit dem Faserverbundwerkstück (10) umfasst.

4. Bearbeitungsverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass in Schritt 1.2 der Faserverbundeinsatzkörper (32) in Axialrichtung der Vertiefung (33) über die Werkstückoberfläche (20) hinausragt, wobei Schritt 1.2 das Abtragen des Faserverbundeinsatzkörpers (32) bis dieser eben und/oder bündig mit der Werkstückoberfläche (20) ist umfasst.

5. Bearbeitungsverfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Abtragen derart erfolgt, dass etwaige Beschichtungen (60) der Werkstückoberfläche (20) zwar erfasst, insbesondere aufgeraut, aber nicht abgetragen werden.

6. Bearbeitungsverfahren nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass in Schritt 1.2 das Abtragen mittels Schleifen erfolgt.

7. Bearbeitungsverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dass nach Schritt 1.2 und, sofern vorhanden, bevorzugt vor Schritt 1.3 eine Funktionsbeschichtung (60), insbesondere Blitzschutzmaterialien, wiederhergestellt werden.

8. Bearbeitungsverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** den Schritt:

- Bereitstellen des Faserverbundeinsatzkörpers (32) mittels Ausschneiden oder mittels Ausbohren des Faserverbundeinsatzkörpers (32) aus einem Faserverbundkörper (68).

9. Bearbeitungsverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Oberflächenstelle (11) eine Ausgangsbolzenöffnung (12) ist, wobei Schritt 1.1 ein weiteres Senken der Ausgangsbolzenöffnung (12) zum Erzeugen der Kontaktfläche (30) enthält, wobei das Bearbeitungsverfahren einen Schritt 1.3 umfasst, der ein Erzeugen einer Endbolzenöffnung (62) in dem Faserverbundeinsatzkörper (32) entsprechend der konstruktiven Vorgabe enthält.

10. Bearbeitungsverfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass in Schritt 1.2

- der Faserverbundeinsatzkörper (32) aufgrund des Zusammenwirkens mit der Kontaktfläche (30) konzentrisch mit der Ausgangsbolzenöffnung (12) positioniert wird; und/oder
- dass der Faserverbundeinsatzkörper (32) eine Pilotöffnung (38) zum Positionieren und/oder Ausrichten

des Faserverbundeinsatzkörpers (32) beim Anlegen und/oder Fixieren aufweist, wobei die Pilotöffnung (38) aufgrund des Zusammenwirkens des Faserverbundeinsatzkörpers (32) mit der Kontaktfläche (30) konzentrisch mit der Ausgangsbolzenöffnung (12) positioniert wird und/oder parallel zu der Ausgangsbolzenöffnung (12) ausgerichtet wird; und/oder

- dass der Faserverbundeinsatzkörper (32) in Axialrichtung der Ausgangsbolzenöffnung (12) über die Werkstückoberfläche (20) hinausragt, wobei Schritt 1.2 das Abtragen des Faserverbundeinsatzkörpers (32) bis dieser bündig mit der Werkstückoberfläche (20) ist umfasst.

11. Bearbeitungsverfahren nach Anspruch 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass in Schritt 1.3

- die Endbolzenöffnung (62) durch Vergrößern der Pilotöffnung (38) erzeugt wird; und/oder
- das Erzeugen mittels Bohren, insbesondere Aufbohren, erfolgt.

12. Bearbeitungsverfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Ausgangsbolzenöffnung (12) eine Ausgangssenkentiefe (18) und die Endbolzenöffnung (62) eine Endsenkentiefe (66) aufweisen, wobei die Ausgangssenkentiefe (18) und die Endsenkentiefe (66) jeweils relativ zu einer Werkstückoberfläche (20) des Faserverbundwerkstücks (10) definiert sind, wobei das Bearbeitungsverfahren die Ausgangssenkentiefe (18) auf die Endsenkentiefe (66) ändert, insbesondere verringert, und einen Schritt 1.4 umfasst, der ein Senken der Endbolzenöffnung (62) auf die Endsenkentiefe (66) enthält.

13. Bearbeitungsverfahren nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass in Schritt 1.4 die Endsenkentiefe (66) so gewählt ist, dass ein für die Ausgangsbolzenöffnung (12) bestimmter Bolzen (14), der mit der Werkstückoberfläche (20) nicht bündig war, wenn dieser Bolzen (14) in der Ausgangsbolzenöffnung (12) eingesetzt war, nunmehr dieser Bolzen (14) mit der Werkstückoberfläche (20) bündig ist, wenn dieser Bolzen (14) in der Endbolzenöffnung (62) eingesetzt ist.

14. Applikationswerkzeug (40), insbesondere zur Verwendung in einem Bearbeitungsverfahren, nach einem der vorhergehenden Ansprüche, zum Positionieren, Ausrichten und/oder Andrücken eines Faserverbundeinsatzkörpers (32) an eine Klebefläche (34) einer Bolzenöffnung (12) eines Faserverbundwerkstücks (10), wobei das Applikationswerkzeug (40) einen Stützrahmen (42), der zum Abstützen des Applikationswerkzeugs (40) an einer Werkstückoberfläche (20) des Faserverbundwerkstücks (10) ausgebildet ist, einen Führungsbolzen (48), der zum Positionieren und Ausrichten des Faserverbundeinsatzkörpers (32) ausgebildet ist, und eine Andruckeinrich-

tung (50) umfasst, die zum Anlegen einer Andruckkraft an den Faserverbundeinsatzkörper (32) in Richtung auf das Faserverbundwerkstück (10) ausgebildet ist.

15. Bearbeitungsanordnung umfassend ein Applikationswerkzeug (40) nach Anspruch 14, einen Faserverbundeinsatzkörper (32) und ein Faserverbundwerkstück (10) mit einer Bolzenöffnung (12), die eine Klebefläche (34) aufweist, wobei der Stützrahmen (42) das Faserverbundwerkstück (10) erfasst, wobei der Faserverbundeinsatzkörper (32) von dem Führungsbolzen (48) derart erfasst ist, dass der Faserverbundeinsatzkörper (32) teilweise in der Bolzenöffnung (12) und konzentrisch mit der Bolzenöffnung (12) angeordnet ist, wobei der Faserverbundeinsatzkörper (32) von der Andruckeinrichtung (50) auf die Klebefläche (34) gedrückt wird.

Es folgen 12 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG 1

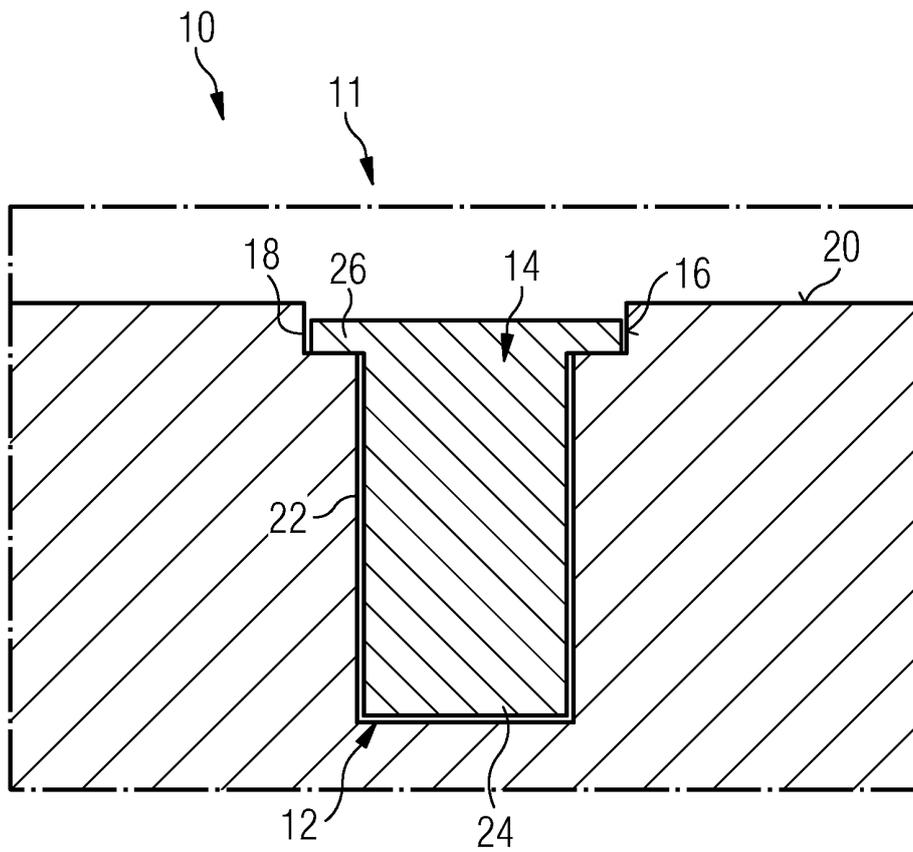


FIG 2

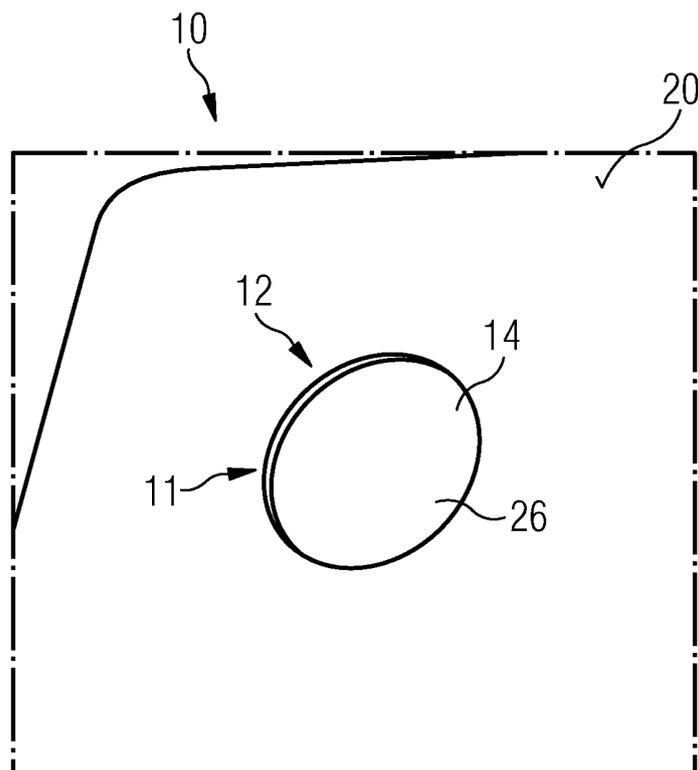


FIG 3

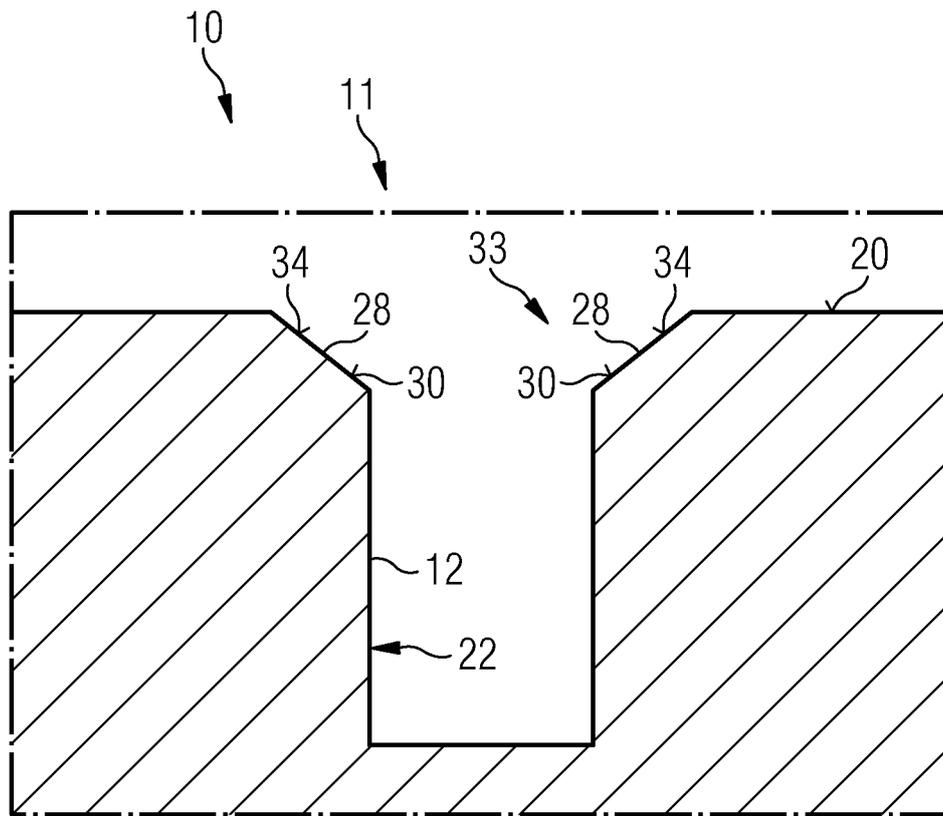


FIG 4

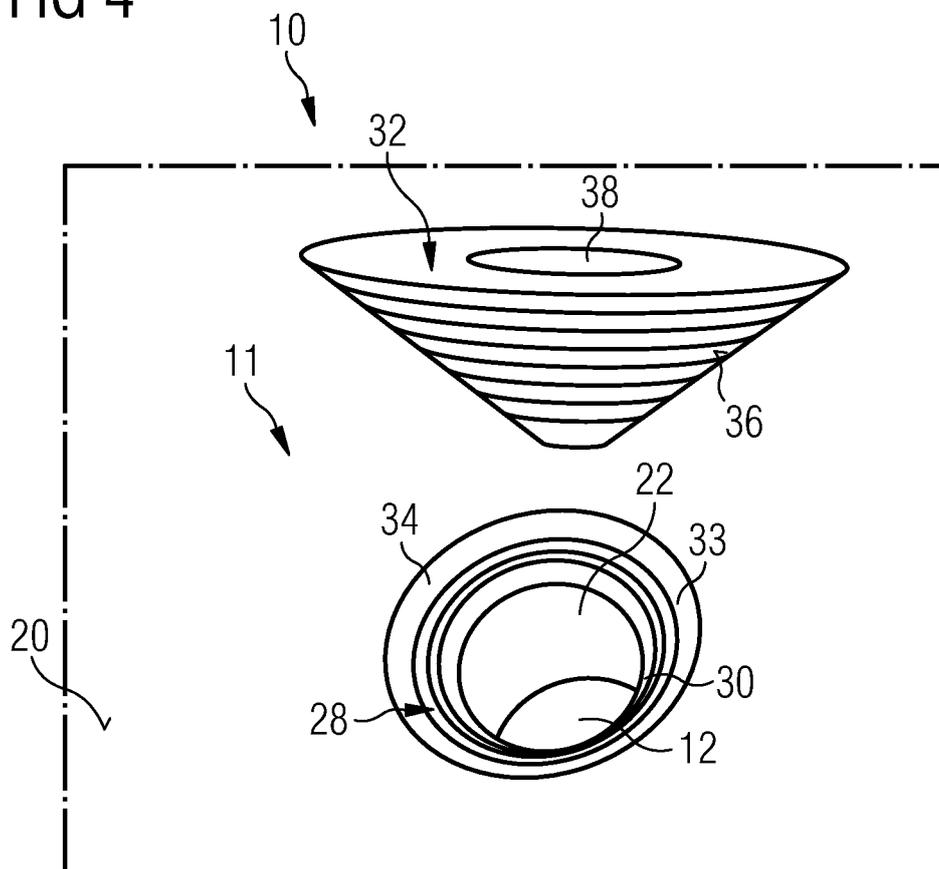


FIG 5

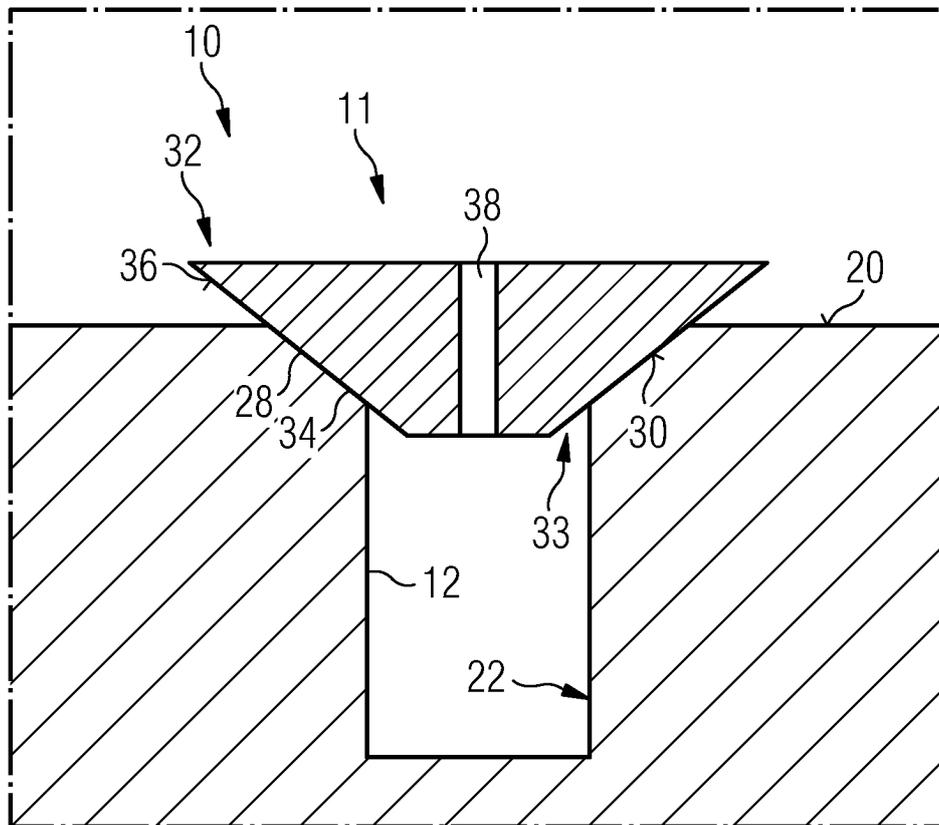


FIG 6

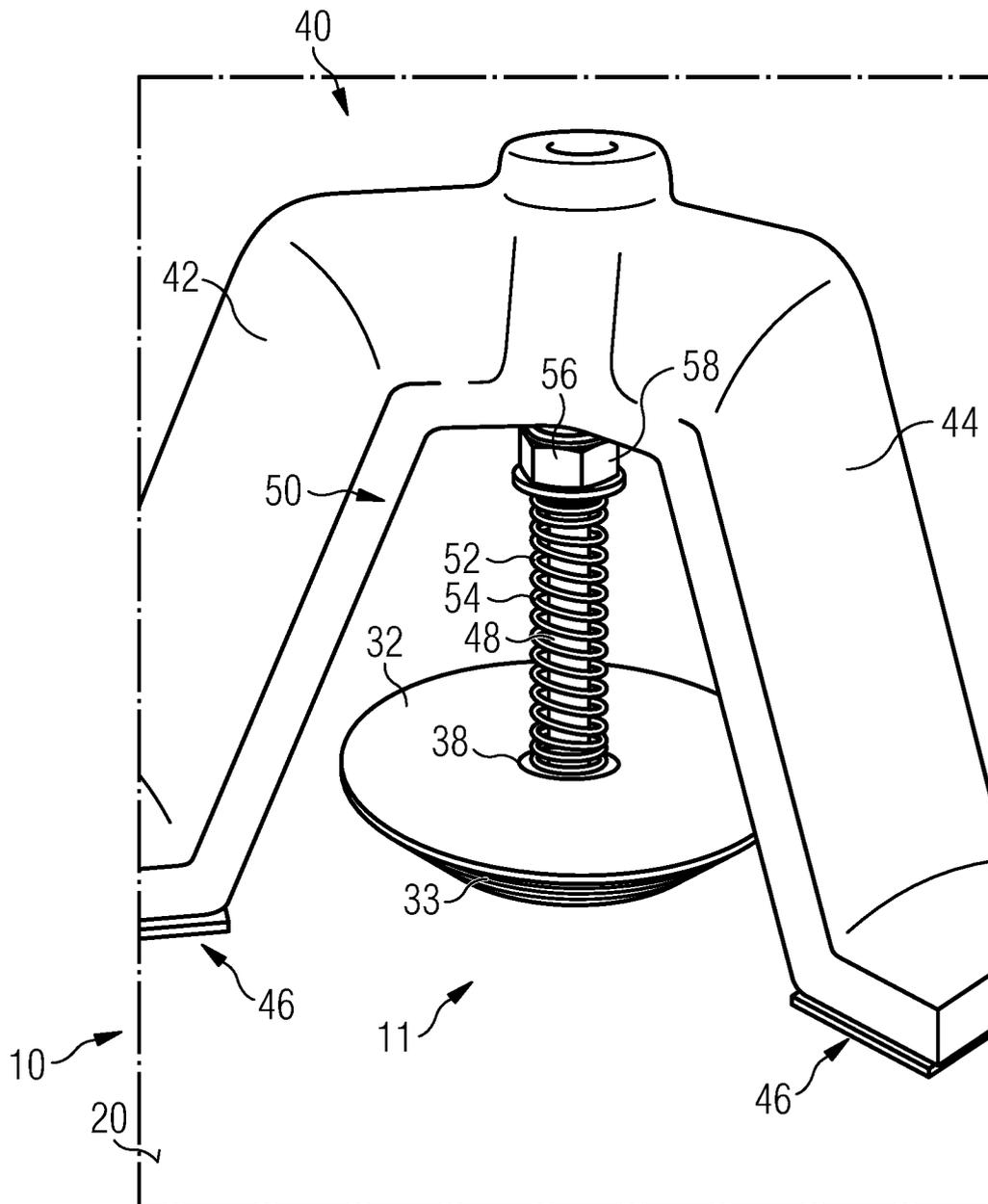


FIG 7

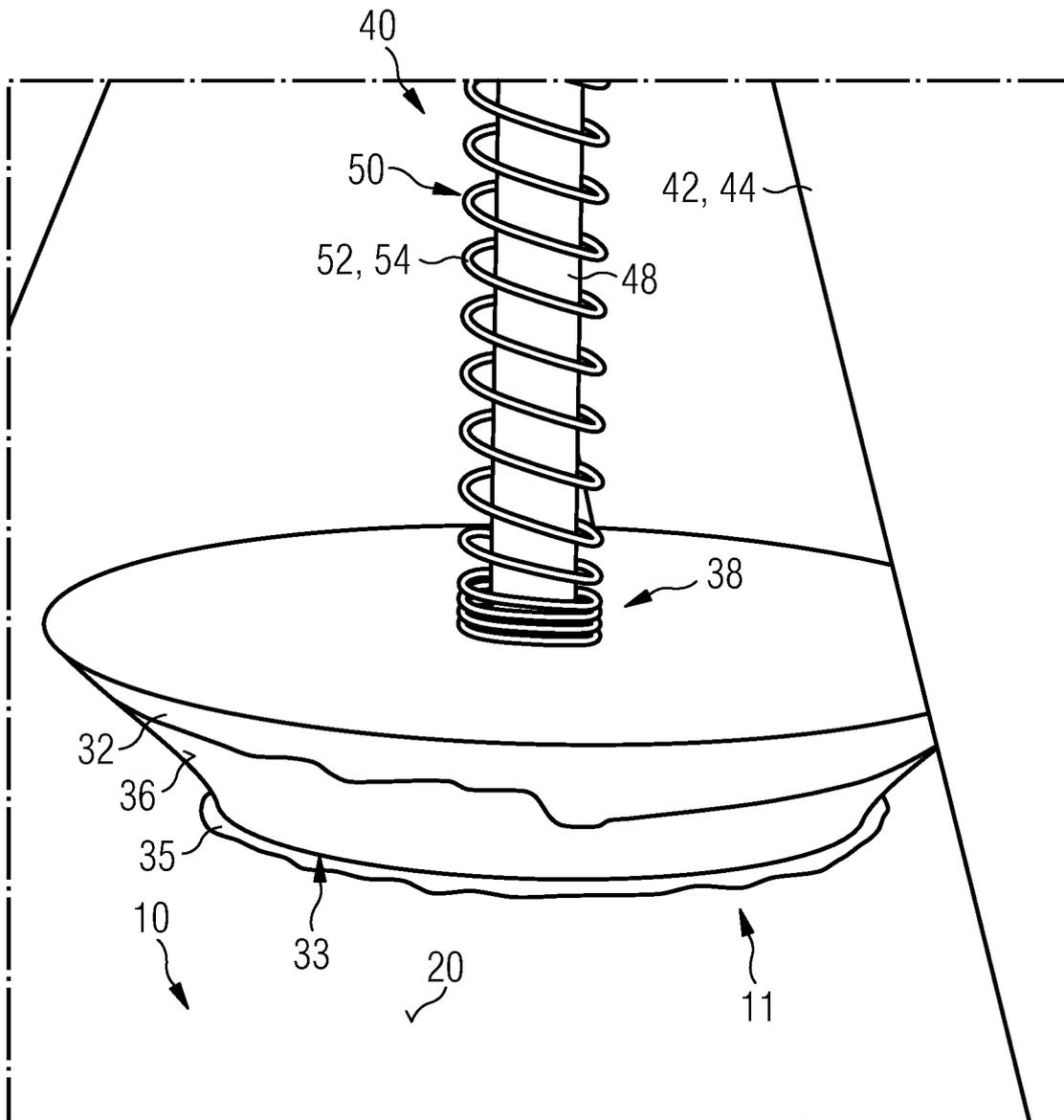


FIG 8

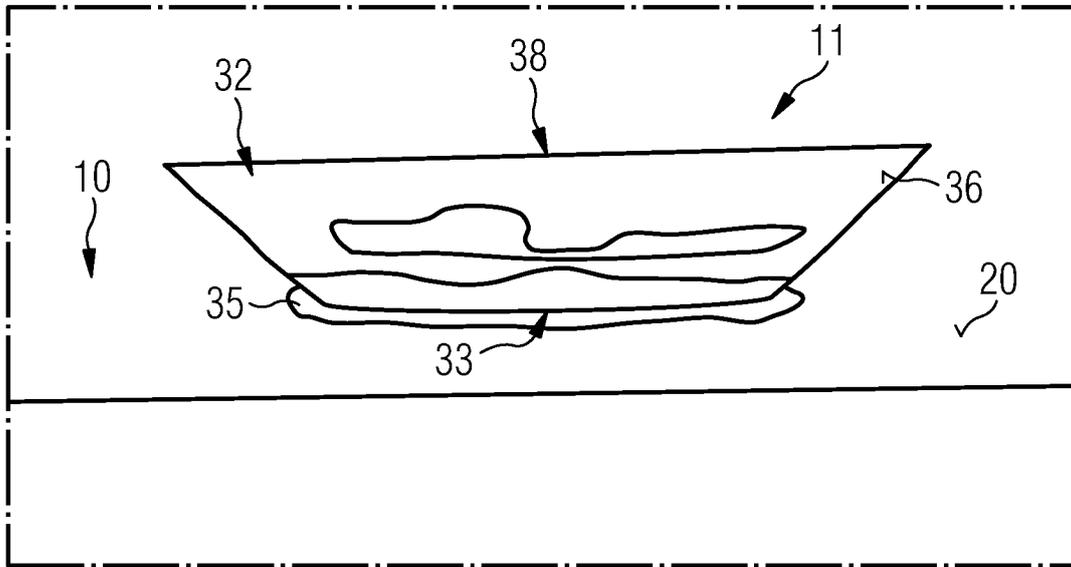


FIG 9

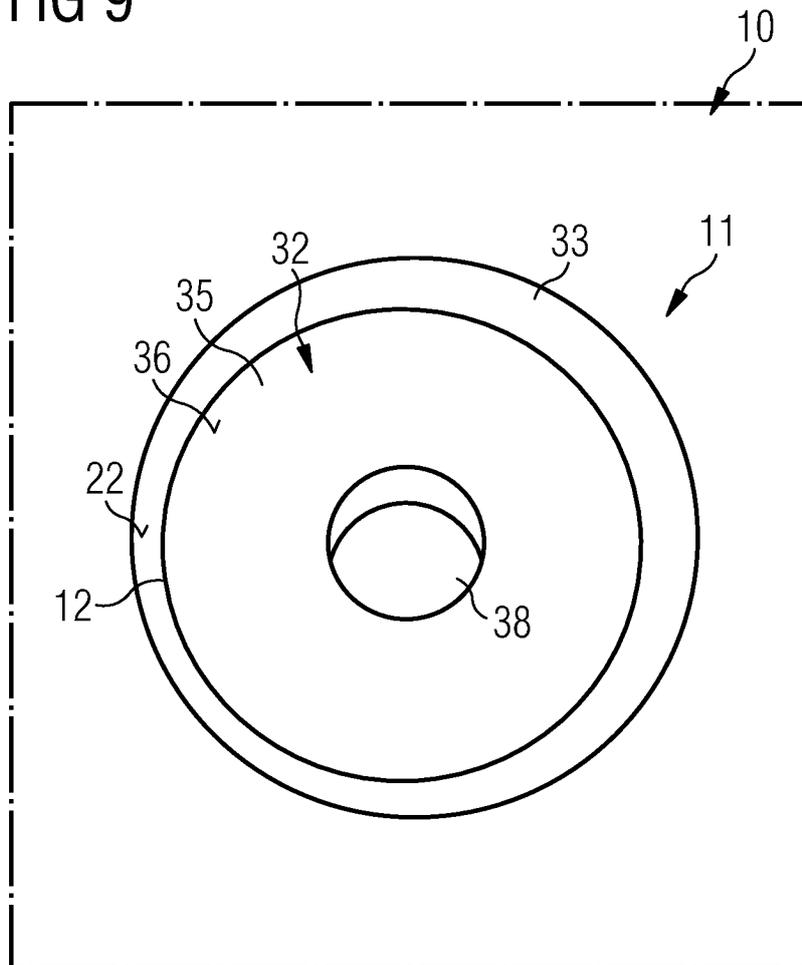


FIG 10

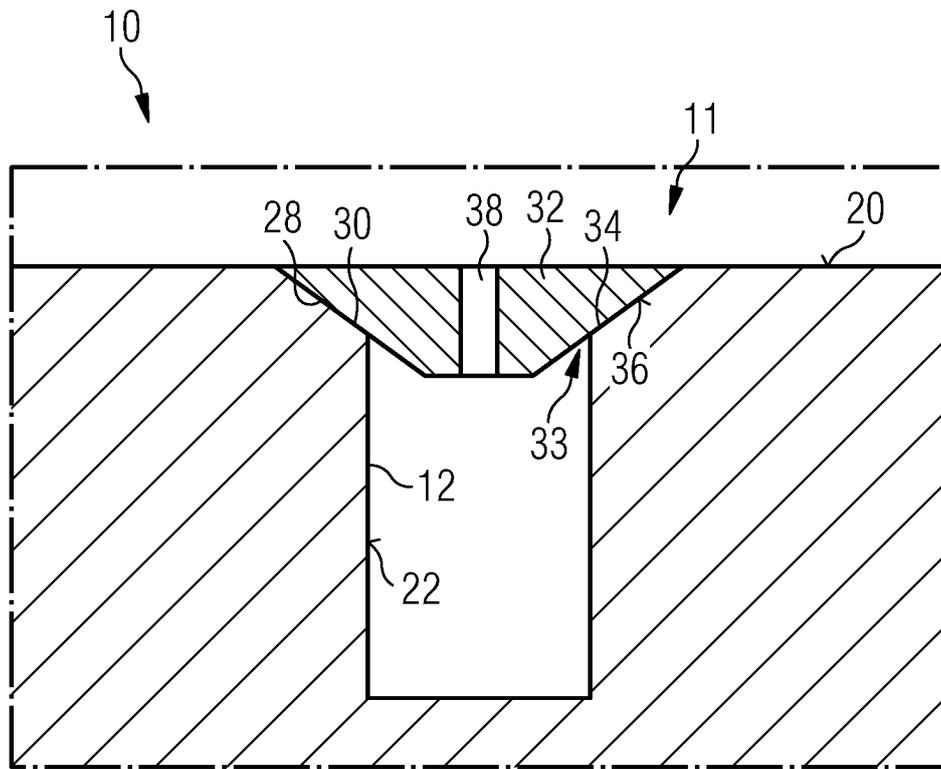


FIG 11

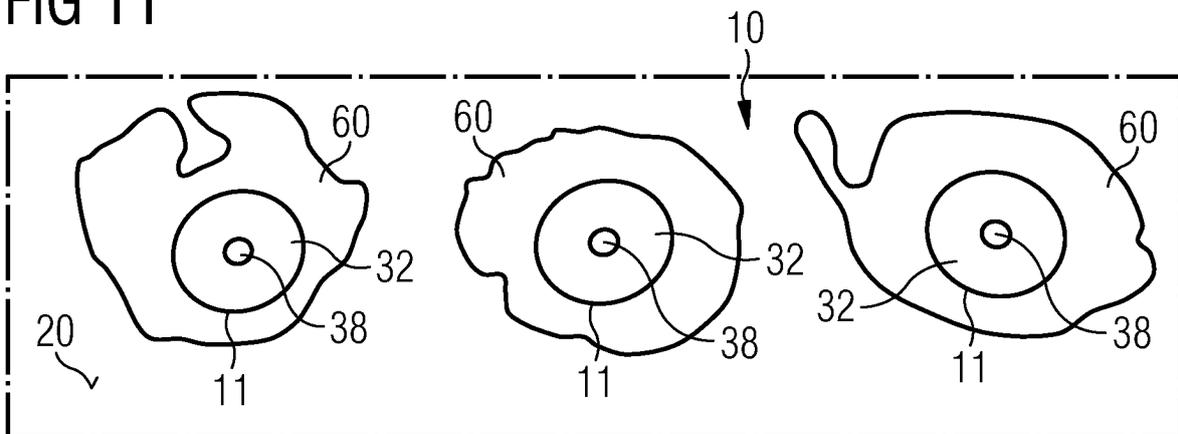


FIG 12

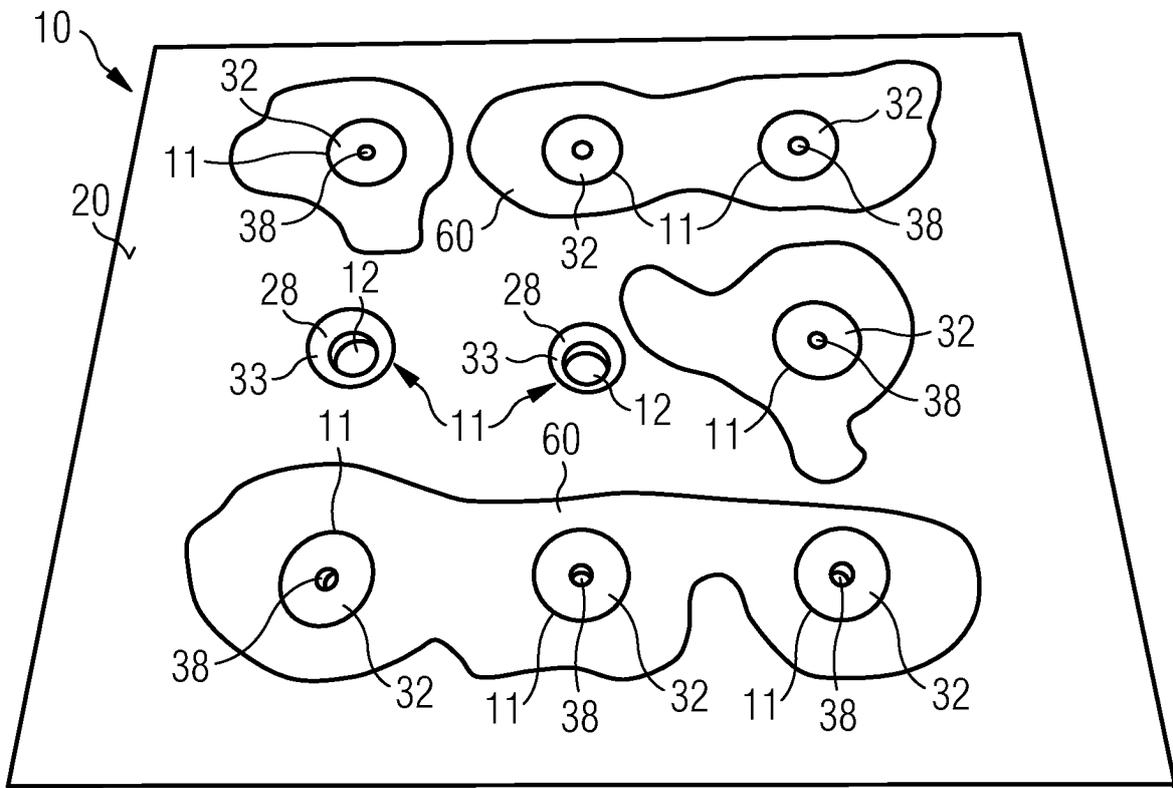


FIG 13

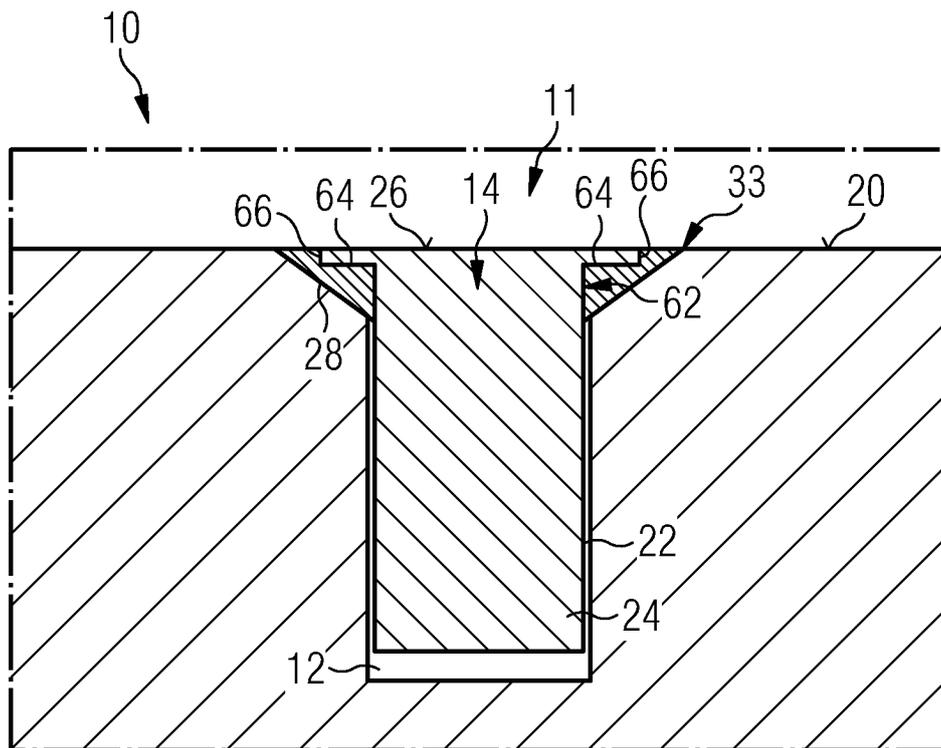


FIG 14

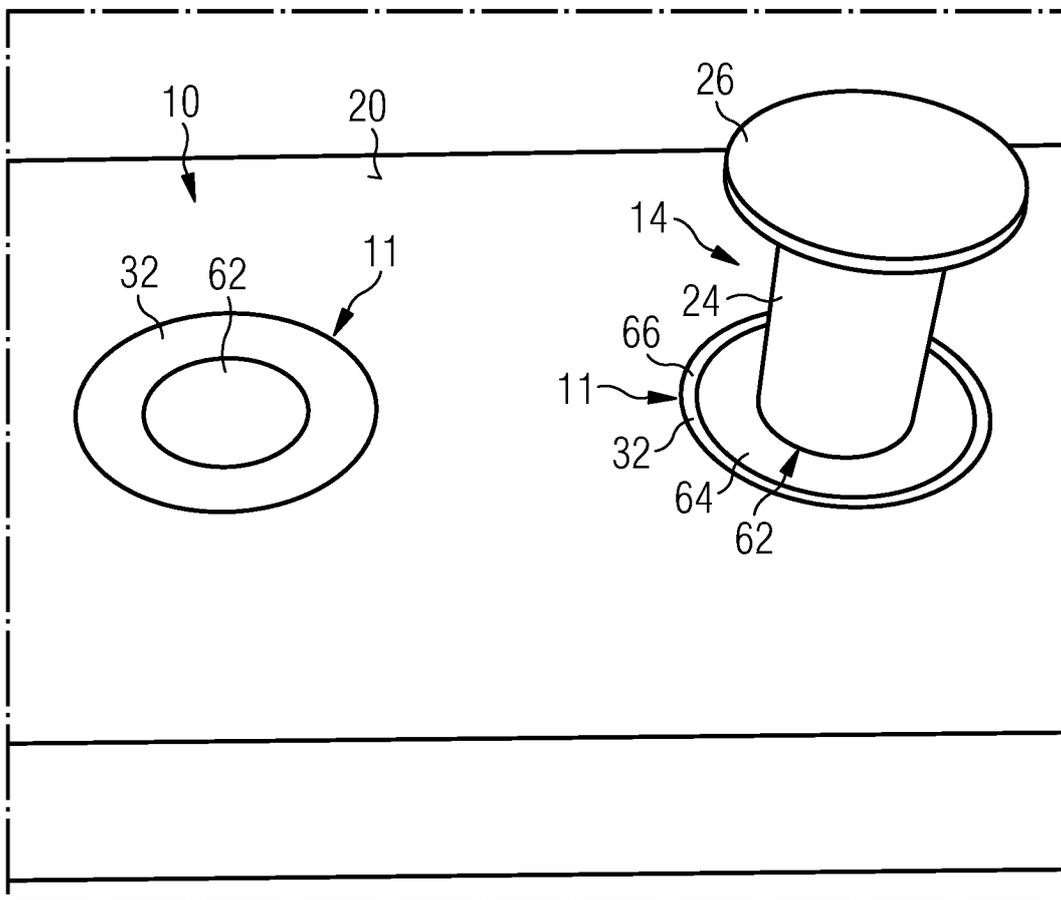


FIG 15

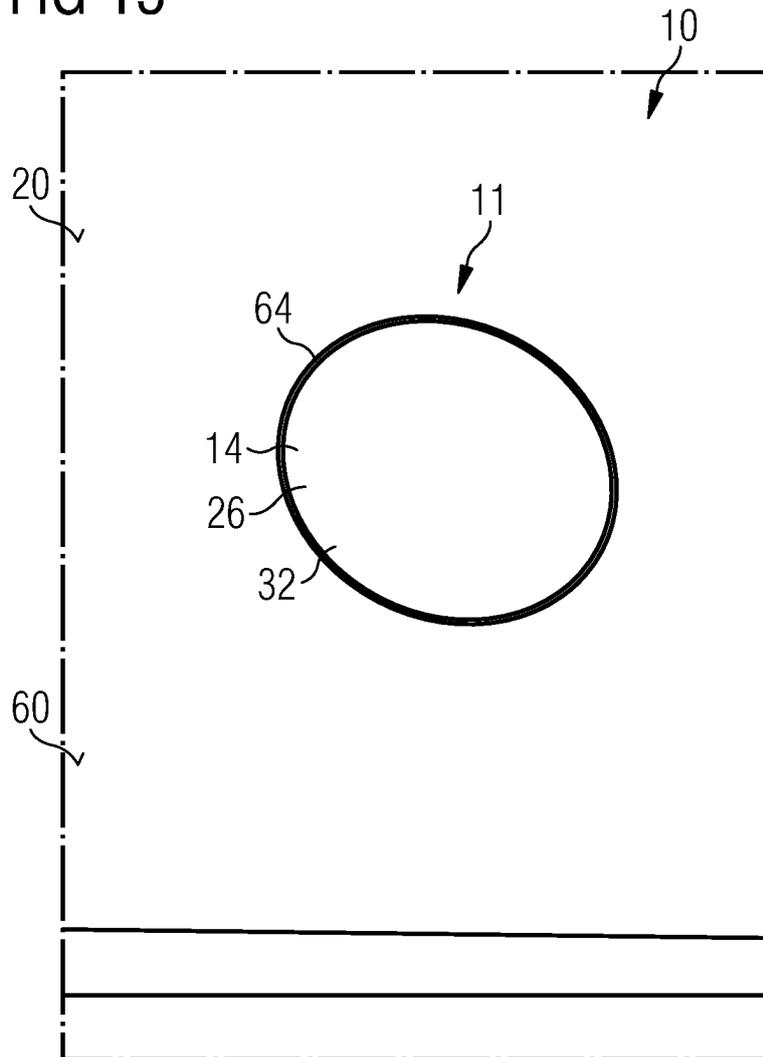


FIG 16

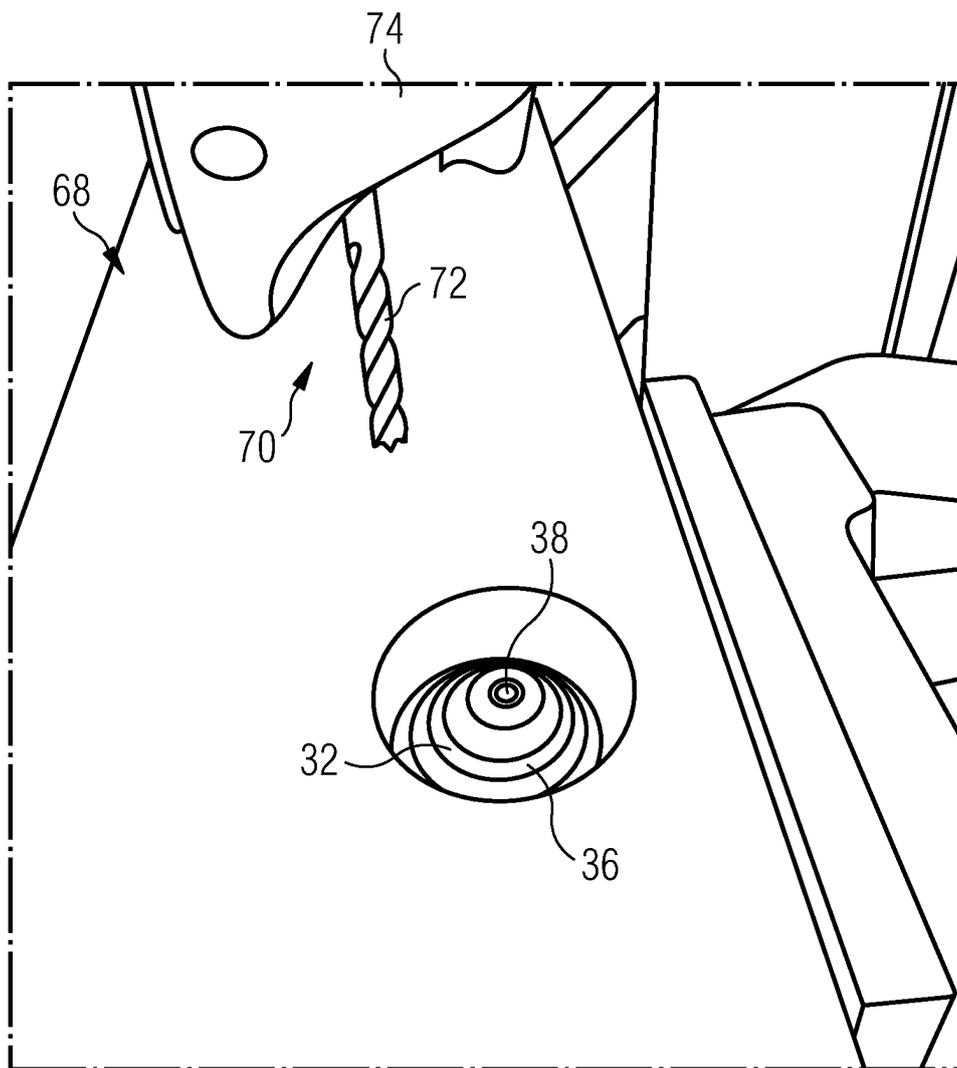


FIG 17

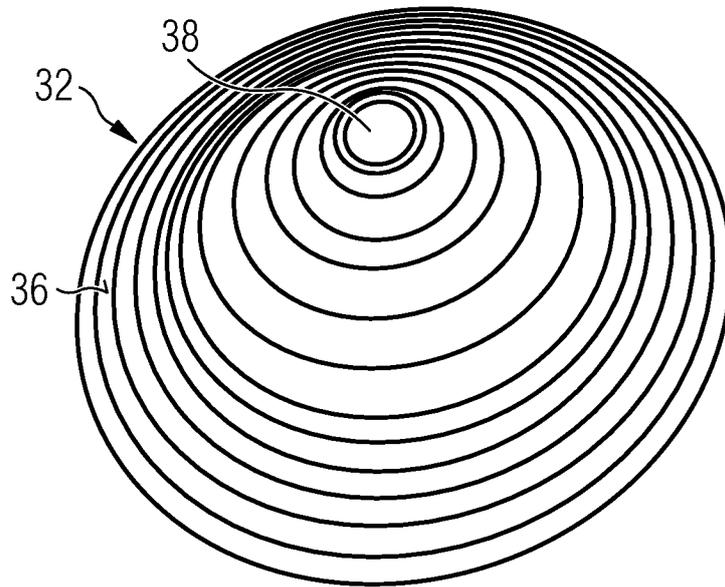


FIG 18

