



European Patent Office



(11)

EP 0 893 172 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(51) Int. Cl.⁶: **B21D 26/02**

(21) Anmeldenummer: 98112423.3

(22) Anmeldetag: 04.07.1998

(71) Anmelder:
DAIMLER-BENZ AKTIENGESELLSCHAFT
70567 Stuttgart (DE)

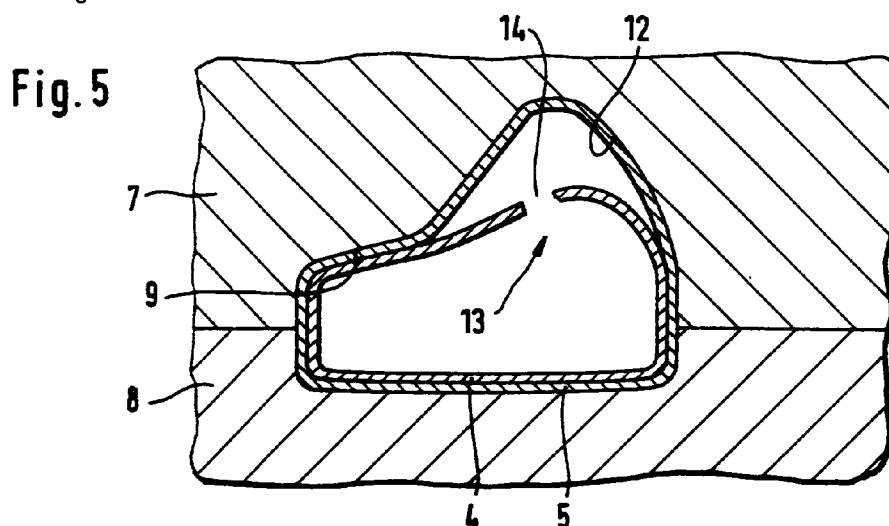
**(72) Erfinder: Birkert, Arndt
74626 Bretzfeld (DE)**

(30) Priorität: 16.07.1997 DE 19730481

(54) Verfahren zur Herstellung eines hohlprofilförmigen Bauteils

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines hohlprofilförmigen Bauteils (1), wobei ein Hohlprofil (4) aus Leichtmetall mittels Innenhochdruckumformen aufgeweitet wird. Um in einfacher Weise hohlprofilförmige Bauteile auf Leichtmetallbasis auch mit hohen Umformgraden prozeßsicher herstellen zu können, wird vorgeschlagen, daß auf das Hohlprofil eine Hülse (5) aus einem Material mit größerer Duktilität als Leichtmetall, insbesondere aus einem Stahlwerkstoff, geschoben wird und auf dem Hohlprofil derart angeordnet wird, daß ein beim späteren Aufweiten mit hohen, die Dehnfähigkeit des Leichtmetalls überstei-

genden Umformgraden umzuformender Bereich (13) des Hohlprofils abgedeckt wird, und daß in einer Aufweitung mittels Innenhochdruck das Hohlprofil innerhalb dieses Bereiches bis über die Berstgrenze hinaus aufgeweitet wird, wonach die Hülse über die geborstene Stelle des fertigumgeformten Hohlprofils direkt mit Innenhochdruck beaufschlagt allein aufgeweitet wird, bis die Endform des Bauteils in dem von der an beiden Enden (10,11) im Preßsitz auf dem Hohlprofil gehaltenen Hülse abgedeckten Bereich erreicht ist.



EP 0 893 172 A1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines hohlprofilförmigen Bauteils gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruches 1.

Ein gattungsgemäßes Verfahren ist aus der DE 195 06 160 A1 bekannt. Hierbei werden hohlprofilförmige Bauteile einer Kraftfahrzeugkarosserie aus Aluminium, insbesondere Knotenelemente in der Rahmenkonstruktion mittels Innenhochdruckumformen hergestellt. Die Herstellung von anderen Leichtmetallbauteilen, bei denen wesentlich höhere Umformgrade als die zur Erzeugung der Endkontur von Knotenelementen erforderlichen Umformgrade auftreten, ist mit üblichen Innenhochdruckumformverfahren jedoch nicht möglich, da aufgrund der im Vergleich zu beispielsweise Stahlwerkstoffen erheblich geringeren Bruchdehnung von Leichtmetallen die Berstgrenze der Hohlprofile sehr schnell erreicht ist, so daß ein Versagen des Werkstoffes eintritt, bevor das Hohlprofil an der Werkzeugkontur zur Erreichung der gewünschten Endform zur Anlage kommt. Dadurch werden mit hoher Wahrscheinlichkeit Ausschussteile produziert.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein gattungsgemäßes Verfahren dahingehend weiterzuentwickeln, daß in einfacher Weise hohlprofilförmige Bauteile auf Leichtmetallbasis oder auf Basis anderer Werkstoffe mit geringer Bruchdehnung auch mit hohen Umformgraden prozeßsicher hergestellt werden können.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merkmale des Patentanspruches 1 gelöst.

Durch das in einfacher Weise erfolgende Aufschieben einer als Massenware erhältlichen Hülse aus einem bezüglich Leichtmetall duktileren Werkstoff auf das Leichtmetallhohlprofil kann der von der Hülse abgedeckte Bereich des Hohlprofiles über dessen Berstgrenze hinaus - also gerade so weit, daß das Hohlprofil birst - aufgeweitet werden, wonach die Hülse nach dem Bersten des Hohlprofiles zur weiteren Aufweitung an dessen Stelle in diesem Bereich tritt und dort nach abgeschlossener Aufweitung den Formverlauf der gewünschten Kontur des Bauteiles bildet. Die Hülse läßt sich dabei aufgrund ihres duktileren Werkstoffes vom Innenhochdruck um ein Vielfaches mehr dehnen als das Hohlprofil ohne daß ein Versagen durch Reißbildung auftritt. Somit kann ein Bauteil auf Leichtmetallbasis prozeßsicher hergestellt werden, das aufgrund seiner Ausformung sehr hohe Umformgrade erfordert. Weder das Hohlprofil noch die Hülse müssen besonderen Qualitätsanforderungen genügen, so daß die Herstellung kostengünstig ist. Außerdem besteht bei der Herstellung kein wesentlicher apparativer Mehraufwand. Undichtigkeiten an den Enden der Hülse können beim erfindungsgemäßen Verfahren im übrigen nicht auftreten, da diese infolge der außerhalb des Berstbereiches bestehenden Anlage an der Werkzeuggravur durch den Aufweitdruck am Hohlprofil in einem Preßsitz gehalten wird.

Zweckmäßige Ausgestaltungen der Erfindung können den Unteransprüchen entnommen werden; im übrigen ist die Erfindung anhand eines in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispiels nachfolgend näher erläutert; dabei zeigt:

Fig. 1 abschnittsweise in einer perspektivischen Darstellung einen vorderen nach dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellten Dachrahmen eines Kraftfahrzeuges,

Fig. 2 in einer perspektivischen Darstellung eine auf ein längliches Hohlprofil aufgeschobene Hülse,

Fig. 3 in einem Querschnitt ein erfindungsgemäß herzustellendes Bauteil mit einem Hohlprofil und einer auf dieses aufgeschobenen Hülse vor dem Aufweitvorgang innerhalb eines Innenhochdruck-Umformwerkzeuges,

Fig. 4 in einem Querschnitt das Bauteil von Fig. 3 in gemeinsam aufgeweitetem Zustand von Hohlprofil und Hülse in Endform des Hohlprofiles,

Fig. 5 in einem Querschnitt das fertigungsgestaltete Bauteil von Fig. 3 mit geborstenem Hohlprofil.

In Fig. 1 ist ein hohlprofilförmiges Bauteil 1 in Form eines vorderen Dachrahmens eines Kraftfahrzeuges dargestellt, welcher etwa mittig eine Konsole 2 aufweist, an der ein Innenspiegel 3 angebracht ist. Das Bauteil 1 besteht, wie dessen Ausgangsform in Fig. 2 zeigt, aus einem Hohlprofil 4 aus einem Leichtmetall, vorzugsweise aus einem Aluminium-Strangpreßprofil, oder aus einem anderen Material mit geringer Bruchdehnung wie beispielsweise hochfeste Stähle, insbesondere ZStE-Stähle und einer Hülse 5 aus einem Stahlwerkstoff, vorzugsweise St 14 oder Edelstahl, welche die Form der späteren Konsole 2 bildet und auf das Hohlprofil 4 in die vorbestimmte Position der Konsole 2 mit Spiel aufgeschoben ist. In dieser Lage umschließt die Hülse 5 formgetreu das Hohlprofil 4. Nach dem Aufschieben der Hülse 5 auf das Hohlprofil 4 wird das so entstandene Verbundprofil in ein geteiltes Innenhochdruckwerkzeug 6 eingelegt, das ein Oberwerkzeug 7 und ein Unterwerkzeug 8 beinhaltet (Fig. 3). Die Gravur 9 des Umformwerkzeuges 6 ist entsprechend der Kontur und den Abmessungen des Verbundprofiles im wesentlichen rechteckig ausgebildet, weist jedoch (hier: im Oberwerkzeug 7 des Umformwerkzeuges 6) im Bereich der Lage der Hülse 5 zwischen deren Enden 10, 11 eine bauchige Aussparung 12 auf, die formnegativ zur Kontur der späteren Konsole 2 ausgebildet ist.

Nach Schließen des Umformwerkzeuges 6 wird in das Aluminium-Hohlprofil 4 ein Druckfluid eingeleitet, welches unter Hochdruck gesetzt wird. Hohlprofil 4 und Hülse 5 werden dabei durch die Einwirkung des Innenhochdruckes gemeinsam aufgeweitet, wobei sich der

Aufweitungsbereich allein auf den Bereich 13 zwischen den beiden Enden 10,11 der Hülse 5 beschränkt. Diese liegen in jeweils einer Ringnut, die in die Gravur 9 eingearbeitet ist und zur Aussparung 12 hin axial geöffnet ist. In dieser Lage schließt die Innenseite der Hülseenden 10,11 mit der restlichen Kontur der Gravur 9 außerhalb des Bereiches 13 bündig ab. Durch die Anlage der Enden 10,11 an der Gravur 9 des Umformwerkzeuges 6 einerseits und durch den Aufweitdruck andererseits wird die Hülse 5 dichtend eingeklemmt und erhält die Hülse 5 infolge des Aufweitdruckes, der das Hohlprofil 4 an die Hülse 5 preßt, einen sehr strammen Preßsitz. Der Bereich 13 baucht sich nun gemäß Fig. 4 zur Kontur der Aussparung 12 hin aus. Es ist vorab immer darauf zu achten, daß die Hülse 5 in ihren Abmessungen so dimensioniert wird, daß sie den Aufweitungsbereich 13, in dem hohe Umformgrade auftreten, vollständig abdeckt.

Da bis zum theoretischen - wegen der Umschließung der Hülse 5 - mittelbaren Anlegen des Hohlprofils 4 an die Kontur der Aussparung 12 sehr hohe Umformgrade erforderlich sind, ist die Bruchdehnungsgrenze, bzw. die Berstgrenze des Hohlprofils 4 aufgrund der geringen Duktilität von Aluminium in der in Fig. 4 gezeigten ausgebauchten Form des Hohlprofils 4 schon weit vor der Anlage an der Aussparungskontur erreicht und wird überstiegen. Hierauf birst das Hohlprofil 4 in dem Aufweitungsbereich 13, wonach die Hülse 5 über den dabei entstandenen Riß 14 direkt mit dem Druckfluid beaufschlagt wird (Fig. 5). Für das Hohlprofil 4 entsteht im Aufweitungsbereich 13 Druckausgleich, so daß keine weitere Aufweitung des Hohlprofils 4 dort stattfindet. Die mit Innenhochdruck allein beaufschlagte Hülse 5 weitet sich aufgrund der höheren Dehnfähigkeit, bzw. Duktilität seines Stahlwerkstoffes auf ohne zu reißen und legt sich an die Kontur der Aussparung 12 der Gravur 9 konturgerecht an. In diesem Moment ist die Endform des Bauteils 1 erreicht. Das Druckfluid wird nun entspannt und nach Öffnen des Umformwerkzeuges 6 das Bauteil 1 entnommen.

Im Rahmen der Erfindung ist es denkbar, daß auch die außerhalb des mit hohen Umformgraden umzuformenden Bereiches 13 liegenden Profilabschnitte 15,16 mittels Innenhochdruck in eine Endform gebracht werden.

Um hierbei eine qualitativ hochwertige Ausbildung dieser Profilabschnitte 15,16 zu erreichen, werden nach Einlegen des Hohlprofils 4 in eine entsprechend angepaßte Gravur 9 des Umformwerkzeuges 6 zunächst durch eine erste Aufweitung des Hohlprofils 4 mittels Innenhochdruck dessen Profilabschnitte 15 und 16 aufgeweitet und kalibriert. Erst danach wird die Hülse 5 über die fertigungsgestalteten Profilabschnitte 15,16 hinweg auf die Stelle des mit hohen Umformgraden umzuformenden Bereiches 13 des Hohlprofils 4 geschoben, wonach dort durch eine weitere Aufweitung mittels Innenhochdruck das Hohlprofil 4 innerhalb dieses Bereiches 13 über die Berstgrenze hinaus aufgeweitet

wird. Dabei ist denkbar, für die erste Aufweitung ein bezüglich der weiteren Aufweitung gesondertes Innenhochdruck-Umformwerkzeug 6 zu verwenden. In diesem Falle werden für eine Umformung mit hohen Umformgraden ungünstige Spannungsverhältnisse im Bereich 13, die sich ansonsten aufgrund einer vor der weiteren Aufweitung erfolgenden Kaltverfestigung in der Hülse 5 und dem abgedeckten Bereich 13 ergeben, vermieden. Außerdem ergibt sich dadurch werkzeugtechnisch vorteilhaft ein sehr einfacher Gravurverlauf, sowohl bei dem Umformwerkzeug für die erste als auch bei dem Umformwerkzeug für die weitere Aufweitung. Bei Verwendung des gleichen Werkzeuges für beide Aufweitungen - was natürlich auch möglich wäre - müßte die zur Umformung mit hohen Umformgraden ausgebildete Aussparung 12 der Gravur 9 für die erste Aufweitung von einem Einlegestück oder einem Schieber abgedeckt sein, wodurch zwar im Vergleich zur vorigen Ausführung ein Umformwerkzeug entfällt, sich jedoch ein durch den Schieber oder das Einlegestück begründeter apparativer Zusatzaufwand ergibt. Die Abdeckung der Aussparung 12 ist dabei deshalb notwendig, weil die Profilabschnitte 15,16 nur dann in eine qualitativ hochwertige Endform umgeformt werden können, wenn sich noch kein Versagen des Hohlprofils 4 im Bereich 13 eingestellt hat.

Auch könnte sonst die Hülse 5 nicht nachträglich auf das Hohlprofil 4 aufgeschoben werden, da das Hohlprofil 4 gerade im Bereich 13, über den hinweg die Hülse 5 positioniert werden soll, bei Innenhochdruckbeaufschlagung sich in die Aussparung 12 ausbaucht.

Alternativ ist es möglich, die Hülse 5 vor dem ersten Aufweitvorgang auf das Hohlprofil 4 in den von der Hülse 5 abzudeckenden Bereich 13 zu schieben. Die Profilabschnitte 15,16 werden in einem einzigen Umformwerkzeug 6 mit entsprechend ausgebildeter Gravur 9 in die Fertigform des Bauteils 1 durch Aufweiten mittels Innenhochdruck gebracht, wobei die lose aufgeschobene Hülse 5 einen Preßsitz auf dem Hohlprofil 4 erhält. Aufgrund der schon vor dem Aufweiten aufgeschobenen Hülse 5 kann auf einen im Bereich 13 angeordneten Schieber verzichtet werden, wodurch das Umformwerkzeug 6 vereinfacht wird, da beim Reißen des Hohlprofils 4 beim Aufweiten über die Berstgrenze hinaus es aufgrund der abdichtenden Hülse 5 zu keinem Druckabfall kommt und somit eine Kalibrierung der Profilabschnitte 15,16 in die Endform des Bauteils 1 ermöglicht wird. In dieser Verfahrensausführung kann auf ein zwischenzeitliches Öffnen des Umformwerkzeuges 6 und Entnehmen des Hohlprofils 4 für das nach dem ersten Aufweiten zu erfolgende Aufschieben der Hülse 5 verzichtet werden, wodurch Prozeßzeit gewonnen wird. Die Hülse 5 sollte im übrigen so gestaltet sein, daß deren beide Enden 10,11 den engsten Querschnitt über den gesamten Verlauf der Hülseform aufweisen, so daß beim weiteren Aufweiten die Dichtigkeit der Hülse 5 durch den Preßsitz gegeben ist. Zwischen den beiden Enden 10,11 kann die Hülse 5 im Rahmen des

auszubauchenden Aufweitvolumens und der Geometrie der Endform des Bauteils 1 im Bereich 13 jede denkbare Ausgangsform besitzen.

Es ist zusätzlich vorteilhaft, wenn die Hülse 5 über ihre gesamte Länge hinweg im Schiebesitz bzw. Preßsitz am Hohlprofil 4 anliegt, da dadurch beim weiteren Aufweiten Hülse 5 und Hohlprofil 4 gemeinsam aufgeweitet werden und die Hülse 5 aus ihrer Umformbewegung infolge des Aufweitens des Hohlprofils 4 heraus beim Bersten des Hohlprofils 4 quasi in fließendem Übergang prozeßsicher und nicht schlagartig direkt mit dem Innenhochdruck beaufschlagt wird und dabei selbst reißt. Die gesamte Umformung der Hülse erfolgt somit - auch bei der Reißbildung des Hohlprofils 4 - in einer einzigen kontinuierlichen Umformbewegung.

Des weiteren ist es zweckmäßig, daß das Hohlprofil 4 in dem über die Berstgrenze hinausgehenden Aufweitvorgang mittels Innenhochdruck in dem mit hohen Umformgraden umzuformenden Bereich 13 des Hohlprofils 4 lokal konzentriert und gezielt mittels Innenhochdruck aufgerissen wird, so daß an vorbestimmter Stelle, an der die mechanische Belastung des fertigungsgestalteten Bauteiles 1 nicht sehr groß ist und an der somit die Kerbwirkung des am Hohlprofil 4 entstandenen Risses 14 nicht oder nur in für die Stabilität des Bauteiles 1 unschädlichem begrenzten Maße stattfindet, die Reißbildung festgelegt wird. Das gezielte Aufreißen wird durch eine Einprägung in das Hohlprofil 4 im Bereich 13 an der gewünschten Stelle erreicht, wobei diese Stelle eine zur Umgebung vergleichsweise geringere Wandstärke aufweist. Diese Sollbruchstelle kann punktuell oder linienförmig sein.

Schließlich ist bei der Einrichtung einer Sollbruchstelle sehr vorteilhaft, diese in Form einer in sich geschlossenen Kurve auszubilden. Dadurch wird aus dem Hohlprofil 4 in dem über die Berstgrenze hinausgehenden Aufweitvorgang mittels Innenhochdruck quasi ein Butzen herausgerissen, wobei aufgrund des Fehlens einer Reißrichtung infolge der in sich geschlossenen Reißkurve eine bei einer mechanischen Belastung des Bauteils 1 etwaig auftretende Kerbwirkung von vornherein unterbunden wird.

Das erfindungsgemäß hergestellte Bauteil 1 kann im übrigen nicht nur als Dachrahmen ausgebildet werden, sondern kann auch einen Fahrwerksträger oder Achsen darstellen. Selbstverständlich sind auch andere Verwendungen im Kraftfahrzeugbau und in anderen technischen nichtfahrzeugbezogenen Bereichen denkbar.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines hohlprofilförmigen Bauteils, wobei ein Hohlprofil aus Leichtmetall oder aus anderen Werkstoffen mit geringer Bruchdehnung mittels Innenhochdruckumformen aufgeweitet wird,
dadurch gekennzeichnet,

daß auf das Hohlprofil (4) eine Hülse (5) aus einem Material mit größerer Duktilität als Leichtmetall, insbesondere aus einem Stahlwerkstoff, geschoben wird und auf dem Hohlprofil (4) derart angeordnet wird, daß ein beim späteren Aufweiten mit hohen, die Dehnfähigkeit des Leichtmetalls übersteigenden Umformgraden umzuformender Bereich (13) des Hohlprofils (4) abgedeckt wird, und daß in einer Aufweitung mittels Innenhochdruck das Hohlprofil (4) innerhalb dieses Bereiches (13) bis über die Berstgrenze hinaus aufgeweitet wird, wonach die Hülse (5) über die geborstene Stelle des fertigungsgestalteten Hohlprofils (4) direkt mit Innenhochdruck beaufschlagt allein aufgeweitet wird, bis die Endform des Bauteils (1) in dem von der an beiden Enden (10,11) im Preßsitz auf dem Hohlprofil (4) gehaltenen Hülse (5) abgedeckten Bereich (13) erreicht ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
daß durch eine erste Aufweitung des Hohlprofils (4) mittels Innenhochdruck dessen außerhalb des mit hohen Umformgraden umzuformenden Bereiches (13) liegende Profilabschnitte (15,16) in die dortige Endform des Bauteils (1) gebracht werden und daß erst danach in einer weiteren Aufweitung mittels Innenhochdruck das Hohlprofil (4) innerhalb dieses Bereiches (13) über die Berstgrenze hinaus aufgeweitet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2,
dadurch gekennzeichnet,
daß vor dem Aufschieben der Hülse (5) die außerhalb des mit hohen Umformgraden umzuformenden Bereiches (13) liegenden Profilabschnitte (15,16) des Hohlprofils (4) durch Aufweiten mittels Innenhochdruck in die dortige Endform des Bauteils (1) gebracht werden.
4. Verfahren nach Anspruch 2,
dadurch gekennzeichnet,
daß die außerhalb des mit hohen Umformgraden umzuformenden Bereiches (13) liegenden Profilabschnitte (15,16) des Hohlprofils (4) nach dem Aufschieben der Hülse (5) durch den ersten Aufweitvorgang mittels Innenhochdruck in die dortige Endform des Bauteils (1) gebracht werden, und daß beim ersten Aufweitvorgang zumindest an beiden Enden (10,11) der Hülse (5) ein Preßsitz am Hohlprofil (4) ausgebildet wird.
5. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
daß das Hohlprofil (4) und die aufgeschobene Hülse (5) bis zum Erreichen der Berstgrenze des Hohlprofils (4) in dem mit hohen Umformgraden umzuformenden Bereich (13) gemeinsam aufge-

weitert werden.

6. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
daß am Hohlprofil (4) in dem über die Berstgrenze 5
hinausgehenden Aufweitvorgang mittels Innen-
hochdruck in dem mit hohen Umformgraden umzu-
formenden Bereich (13) eine Sollbruchstelle
ausgebildet wird, an der das Hohlprofil (4) beim
Aufweiten über die Berstgrenze lokal konzentriert 10
aufgerissen wird.
7. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
daß am Hohlprofil (4) in dem über die Berstgrenze 15
hinausgehenden Aufweitvorgang mittels Innen-
hochdruck in dem mit hohen Umformgraden umzu-
formenden Bereich (13) eine Sollbruchstelle
ausgebildet wird, an der das Hohlprofil (4) entlang
einer in sich geschlossenen Kurve aufgerissen 20
wird.

25

30

35

40

45

50

55

Fig. 1

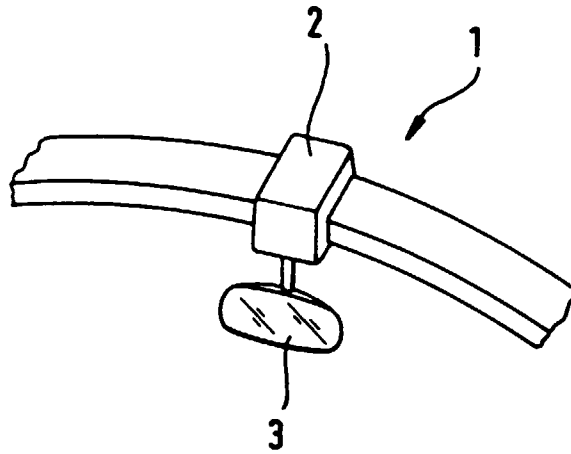


Fig. 2

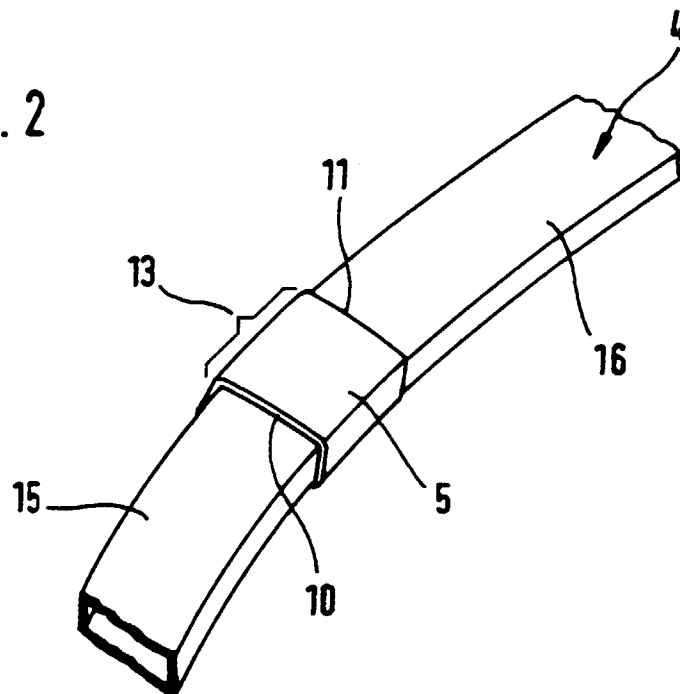


Fig. 3

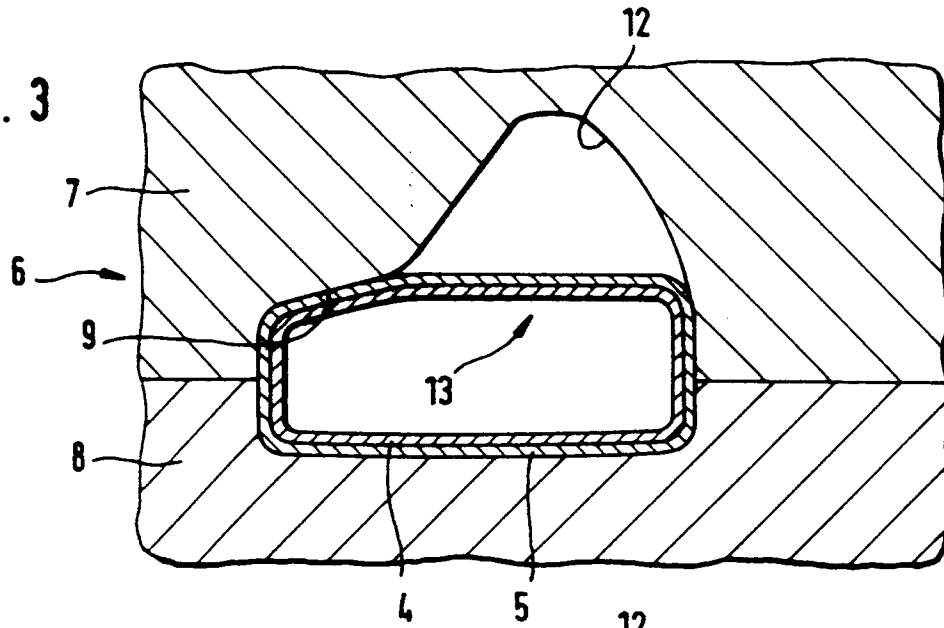


Fig. 4

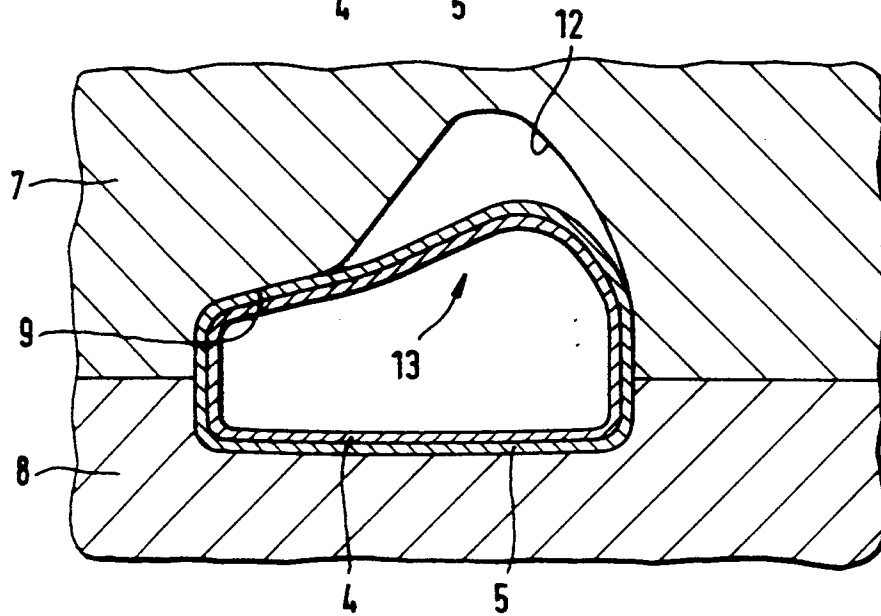
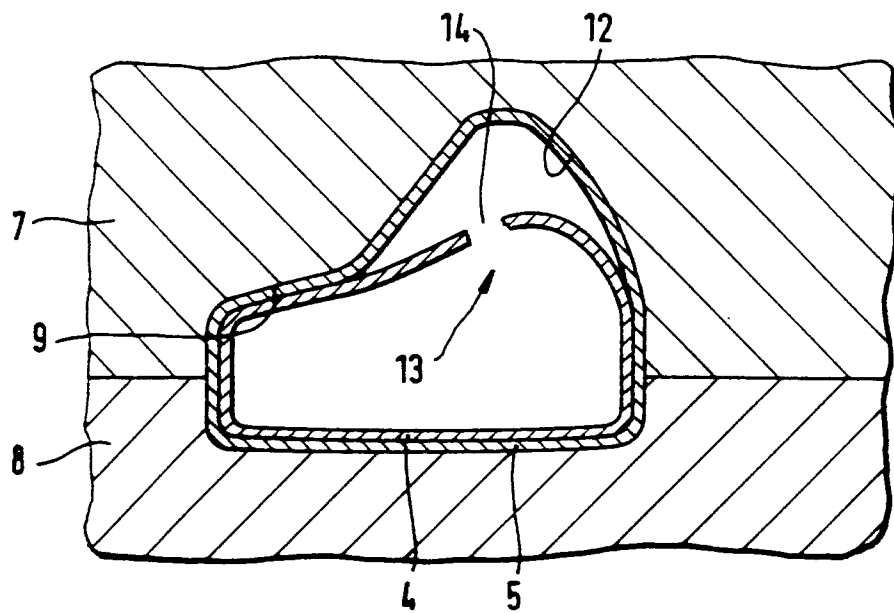


Fig. 5





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 98 11 2423

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
D, A	DE 195 06 160 A (OPEL ADAM AG) 29. August 1996 * das ganze Dokument *	1	B21D26/02
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 097, no. 010, 31. Oktober 1997 & JP 09 155478 A (KOBE STEEL LTD), 17. Juni 1997 * Zusammenfassung *	1	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.6)
			B21D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 26. Oktober 1998	Prüfer Ris, M
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03 82 (P04C03)