

(19)



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11)

EP 1 234 891 A1

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
**28.08.2002 Patentblatt 2002/35**

(51) Int Cl.<sup>7</sup>: **C21D 10/00, C22F 3/00**

(21) Anmeldenummer: **01104660.4**

(22) Anmeldetag: **24.02.2001**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU  
MC NL PT SE TR**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**AL LT LV MK RO SI**

(71) Anmelder: **Borbet GmbH  
59969 Hallenberg (DE)**

(72) Erfinder: **Völlmecke, Dipl.Ing. Franz-Josef  
35066 Frankenberg (DE)**  
(74) Vertreter: **Stenger, Watzke & Ring Patentanwälte  
Kaiser-Friedrich-Ring 70  
40547 Düsseldorf (DE)**

(54) **Verfahren zur Steigerung der statischen und/oder dynamischen Belastbarkeit eines metallischen Werkstücks**

(57) Ein Verfahren zur Steigerung der statischen und/oder dynamischen Belastbarkeit eines in eine Form gebrachten, metallischen Werkstücks wird angegeben. Um ein solches Verfahren einfach anwendbar zu gestalten und mit diesem Verfahren gezielt einzelne Bereiche eines Werkstücks behandeln zu können, wird mit der

Erfundung vorgeschlagen, daß das Werkstück nach einem Formgebungsverfahren zumindest bereichsweise einer Ultraschallbehandlung mit energiereichem Ultraschall unterzogen wird.

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Steigerung der statischen und/oder dynamischen Belastbarkeit eines in eine Form gebrachten, metallischen Werkstücks.

**[0002]** Metallische Werkstücke werden allgemein durch unterschiedlichste Formgebungstechniken in die gewünschte Form gebracht. So kann ein metallisches Werkstück beispielsweise durch Urformen, beispielsweise Gießen eines flüssigen, metallischen Ausgangsmaterials in eine der Form des zu erzielenden Werkstücks entsprechende Gießform, ausgebildet werden. Weiterhin ist es möglich, dem Werkstück die erwünschte Form durch Umformen, beispielsweise Schmieden, Pressen, Stanzen, Preßstanzen, eines Ausgangswerkstückes beizubringen.

**[0003]** Eine Grundproblematik ergibt sich bei beiden Formgebungsverfahren, da bei einem Formgebungs vorgang in dem metallischen Material des Werkstücks unerwünschte Spannungen induziert werden. So entstehen beispielsweise beim Gießen durch lokal im Werkstück unterschiedliche Abkühlvorgänge im Kristallgefüge des metallischen Werkstoffs Versetzungen, welche sich negativ auf die spätere Belastbarkeit des gegossenen Werkstücks auswirken. So bilden die Versetzungen in dem Kristallgefüge des metallischen Werkstoffs Spannungen aus, die bei später auf das Werkstück ausgeübten Belastungen zu Rißbildungen oder Ermüdungsbrüchen führen können. Auch bei durch Umformen gebildeten Werkstücken werden während des Umformvorganges aufgrund der durch die Formveränderung bedingten Veränderung des Kristallgefüges Versetzungen und damit Spannungen in dem metallischen Werkstoff induziert. Auch diese Versetzungen bzw. die daraus resultierenden Spannungen führen zu ähnlichen Problemen wie oben geschildert.

**[0004]** Im Stand der Technik ist es daher üblich, bei Werkstücken, die einer geplanten, hohen Belastung ausgesetzt werden, diese einer Nachbehandlung nach den Formgebungsverfahren zu unterziehen. Ein bekanntes, mögliches Verfahren zur Nachbehandlung eines solchen Werkstückes besteht in einer Wärmebehandlung. Die fertig geformten Werkstücke werden bei einer solchen Wärmebehandlung in speziellen, dafür vorgesehenen Temperöfen bei hohen Temperaturen getempert. Bei diesem Verfahren wandern im Material vorhandene Versetzungen und werden durch Umbildung der in dem metallischen Werkstoff vorhandenen Korngrenzen kompensiert. Der so wärmebehandelte metallische Werkstoff des Werkstücks ist verglichen mit seinem Zustand vor dem Tempern deutlich spannungsärmer und kann daher höheren Belastungen ausgesetzt werden bzw. ist vergleichsweise unanfälliger für aufgrund von Materialermüdungserscheinungen auftretende Materialfehler.

**[0005]** Nachteilig bei diesem vorbekannten Verfahren ist einerseits der hohe Energieaufwand, der zur Durch-

führung einer Temperung erforderlich ist und andererseits die fehlende Möglichkeit, dem Werkstück eine abschnittsweise differenzierte Nachbehandlung zukommen zu lassen. So ist es beim Temperverfahren nicht möglich, gezielt einzelne Bereiche eines Werkstücks, die aufgrund ihrer Geometrie oder ihrer Lage auf dem Werkstück eine besonders hohe Beanspruchung erfahren, gezielt und ausgesucht zu behandeln.

**[0006]** Eine weitere im Stand der Technik bekannte Methode einer Nachbehandlung besteht im sogenannten Auswalzen. Bei diesem Verfahren wird das fertig geformte Werkstück durch Einbringen zwischen mindestens ein Walzenpaar einem äußeren Druck unterworfen, welcher dazu beiträgt, einen Spannungsabbau in dem metallischen Werkstück und damit eine erhöhte Belastbarkeit des Werkstücks zu erreichen. Jedoch lässt sich auch dies aus dem Stand der Technik bekannte Verfahren nicht gezielt auf einzelne, kritische Bereiche des Werkstücks anwenden.

**[0007]** Schließlich ist es im Stand der Technik auch bekannt, Werkstücke aus Metall nach Formgebungsverfahren mittels Kugelstrahlen zu behandeln. Hierbei wird ein Strahl von auf eine bestimmte Geschwindigkeit beschleunigten Kugeln eines harten Materials und von kleinem Durchmesser auf die Oberfläche des Werkstücks gelenkt. Diese Kugeln übertragen die in ihnen gespeicherte kinetische Energie beim Aufprall auf die Werkstückoberfläche auf diese und bewirken eine oberflächennahe Verdichtung. Zwar können auch mit diesem Verfahren verbesserte Festigkeiten bzw. erhöhte Belastbarkeiten der so behandelten, metallischen Werkstücke festgestellt werden, jedoch erweist sich dieses Verfahren als hinsichtlich seiner Reproduzierbarkeit unsicher. Auch kann mit dem Kugelstrahlverfahren nur auf einen sehr oberflächennahen Bereich des Werkstücks eingewirkt werden. Mit anderen Worten die erreichte Verdichtung reicht nur bis in eine sehr geringe Tiefe des Werkstücks, darunterliegende Bereiche bleiben unbeeinflusst.

**[0008]** Ein besonders interessanter Bereich für derartige Nachbehandlungsverfahren stellen Räder bzw. Felgen für Räder dar, die naturgemäß im Einsatz sehr hohen Belastungen ausgesetzt sind. Diese Belastungen setzen sich zum einen zusammen aus Rotationsbelastungen und andererseits aus aufgrund von Unebenheiten der Auflage, auf der sich das Rad bewegt resultierenden Schwingbelastungen. Zusätzlich ist insbesondere im Pkw-Bereich die Nachfrage nach optisch ansprechend gestalteten Felgen gestiegen. So werden heute auch aus ästhetischen Gründen immer häufiger Felgen verlangt, die sich durch zwischen dem Felgenring, auf dem der Reifen aufsitzt und dem Felgenzentrum ausgebildete, filigrane Strukturen auszeichnen. Durch die damit einhergehenden vergleichsweise großen "Lücken" im Material lasten auf den verbleibenden Stegen besonders hohe Beanspruchungen. Eine solche Konstruktionsweise im Felgenbereich erfordert eine besonders intensive Nachbearbeitung der durch Form-

gebungsverfahren hergestellten Felgen, damit nicht aufgrund von im Material vorhandenen Spannungen Risse bzw. Ermüdungsbrüche auftreten, welche nicht zuletzt eine Gefährdung des Führers des mit den Felgen ausgestatteten Fahrzeuges bedeuten würden. Dabei ergibt sich das Erfordernis der filigranen Ausgestaltung der Felgen nicht allein aus ästhetischen Gesichtspunkten, sondern eine solche Ausgestaltung erweist sich auch hinsichtlich einer angestrebten Gewichtsreduzierung als vorteilhaft.

[0009] Ausgehend von diesem Stand der Technik ist es die **Aufgabe** der Erfindung ein Verfahren der eingangs genannten Art anzugeben, welches unter Vermeidung im Stand der Technik bekannter Nachteile einfach und kostengünstig anwendbar ist und welches eine gezielte Behandlung des metallischen Werkstücks an den Stellen erlaubt, an denen es besonders hohen Belastungen ausgesetzt ist.

[0010] Zur technischen **Lösung** dieser Aufgabe wird bei einem Verfahren der eingangs genannten Art vorgeschlagen, daß das Werkstück nach einem Formgebungsverfahren zumindest bereichsweise einer Ultraschallbehandlung mit energiereichem Ultraschall unterzogen wird.

[0011] Energiericher Ultraschall im Sinne dieser Erfindung ist ein solcher Ultraschall, dessen Energiegehalt so bestimmt ist, daß er mit dem metallischen Material des Werkstücks in Wechselwirkung treten kann, um so eine Veränderung des Kristallgefüges in dem Werkstück zu bewirken. Dabei ist das Mindestmaß der erforderlichen Energie abhängig sowohl von der Art des metallischen Werkstoffes als auch von der erforderlichen Tiefe gemessen von der Oberfläche des Werkstücks, bis zu der die erfindungsgemäße Behandlung erfolgen soll. Eine Einstellung der jeweils erforderlichen Energie erfolgt dabei über die gewählte Frequenz. Eine Einstellung der Frequenz hat dabei auch unmittelbaren Einfluß auf die Eindringtiefe des Ultraschalls in das zu behandelnde, metallische Material. Mit der erfindungsgemäß Ultraschallbehandlung ist es erstmals möglich, einzelne Bereiche des Werkstücks ganz gezielt so zu behandeln, daß diese zu erwartenden, hohen Belastungen besser standhalten.

[0012] Für die eingangs erwähnten Felgen für Fahrzeugeräder ergibt sich konkret, daß bei gezielter Ultraschallbehandlung der eingangs genannten, starken Belastungen ausgesetzten Teile eine Verbesserung der Stabilität dieser Teile erreicht werden kann, was zu einer höheren Leistung bei einer Felge gleichen Gewichts (also einer höheren, maximalen Radlast) bzw. in Folge von Designveränderungen zu einem geringeren Gewicht bei gleicher Leistung (also zu einem geringeren Radgewicht) führt.

[0013] Das erfindungsgemäße Verfahren kann mit Vorteil in Kombination mit Simulationsrechnungen bzw. praktischen Belastungstest an konkreten Werkstücken durchgeführt werden. So kann ein aufgrund von Simulationsrechnungen bzw. aufgrund eines Belastungs-

tests gewonnenes Bild einer Verteilung spezifischer Beanspruchungen über das Werkstück dazu verwendet werden, gezielt diejenigen Bereiche des Werkstücks zu erfassen, die hohen Belastungen ausgesetzt sind, um diese mit dem erfindungsgemäß Verfahren zu behandeln. Auch wenn hier die Vorteile einer lokal differenzierten Ultraschallbehandlung herausgehoben werden, ist es gleichfalls möglich und vorteilhaft, das gesamte Werkstück einer voll umfänglichen Ultraschallbehandlung zu unterziehen, um die Belastbarkeit des Werkstücks insgesamt zu verbessern.

[0014] Um das Werkstück gezielt auf zu erwartende Belastungssituationen vorzubereiten, kann es von Vorteil sein, das gesamte Werkstück bzw. einzelne Bereiche einer Mehrfachbehandlung mit Ultraschall zu unterziehen. Dabei ist es möglich, für die einzelnen Ultraschallbehandlungsstufen die verwendeten Ultraschallwellen unterschiedlich einzustellen. So kann es von Vorteil sein, das Werkstück nacheinander mit Ultraschallwellen verschiedener Frequenz und/oder unterschiedlicher Amplituden zu behandeln. Mit einer solchen Behandlung kann beispielsweise das Material des Werkstücks in verschiedenen Eindringtiefen unterschiedlich behandelt werden.

[0015] Eine weitere Verbesserung des Verfahrens kann sich ergeben, wenn, wie gemäß einem weiteren Merkmal der Erfindung vorgeschlagen, in dem Bereich des auf das Werkstück einwirkenden Ultraschalls zusätzliche Stoßkörper auf die Oberfläche des Werkstücks einwirken. Diese Stoßkörper können beispielsweise die zur Stoßbehandlung der Oberfläche erforderliche Energie aus dem Ultraschall beziehen, sie können aber auch losgelöst vom Ultraschall eigenständig mit Energie versorgt sein.

[0016] Als zu behandelnde Metalle werden mit dieser Erfindung insbesondere Stahl, Leichtmetall bzw. Leichtmetalllegierungen und im Falle letzterer insbesondere Aluminium bzw. Aluminiumlegierungen vorgeschlagen.

[0017] Mit der erfindungsgemäß Ultraschallbehandlung ist es möglich, allgemein metallische Werkstücke so zu behandeln, daß sie eine deutliche Verbesserung in ihrer Widerstandsfähigkeit gegenüber starken Belastungen aufweisen. Ein weiterer Vorteil des erfindungsgemäß Verfahrens hat sich überraschend herausgestellt. Das nach dem erfindungsgemäß Verfahren ultraschallbehandelte Material weist neben einer verbesserten Belastbarkeit zusätzlich eine verringerte Korrosionsanfälligkeit auf. Oberflächen erfindungsgemäß behandelter Werkstücke zeigen sich in den behandelten Bereichen deutlich unanfälliger gegen Korrosionseinwirkungen.

## Patentansprüche

- 55 1. Verfahren zur Steigerung der statischen und/oder dynamischen Belastbarkeit eines in eine Form gebrachten, metallischen Werkstücks,

- dadurch gekennzeichnet,**  
**daß** das Werkstück nach einem Formgebungsverfahren zumindest bereichsweise einer Ultraschallbehandlung mit energiereichem Ultraschall unterzogen wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** für die Ultraschallbehandlung ein Ultraschall mit vorgebbarer Frequenz verwendet wird.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** für die Ultraschallbehandlung ein Ultraschall mit vorgebbarer Amplitude verwendet wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Werkstück zumindest bereichsweise einer mehrfachen Ultraschallbehandlung unterzogen wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** zusätzlich zu der Ultraschallbehandlung in dem mit dem Ultraschall behandelten Bereich des Werkstückes Stoßkörper auf dessen Oberfläche gelenkt werden.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Ultraschallbehandlung in einem Bereich des Werkstückes durchgeführt wird, der bei einer späteren Verwendung des Werkstückes einer hohen Belastung ausgesetzt ist.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, daß** ein Werkstück aus Stahl ultraschallbehandelt wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, daß** ein Werkstück aus Leichtmetall oder aus einer Leichtmetalllegierung mit Ultraschall behandelt wird.
9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, daß** ein Werkstück aus Aluminium oder aus einer Aluminiumlegierung ultraschallbehandelt wird.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, daß** ein durch Gießen geformtes metallisches Werkstück ultraschallbehandelt wird.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, daß** ein durch Schmieden geformtes, metallisches Werkstück ultraschallbehandelt wird.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, daß** ein durch Preßumformen geformtes, metallisches Werkstück ultraschallbehandelt wird.
- 5    13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, daß** ein rotationssymmetrisch geformtes Werkstück ultraschallbehandelt wird.
- 10    14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, daß** ein aus Metall bestehendes Rad bzw. eine solche Felge einer Ultraschallbehandlung unterzogen wird.
- 15
- 20
- 25
- 30
- 35
- 40
- 45
- 50
- 55



Europäisches  
Patentamt

## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 01 10 4660

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betritt Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
X	DE 44 28 791 C (MOTOREN TURBINEN UNION) 1. Februar 1996 (1996-02-01) * Ansprüche; Beispiel *	1,5	C21D10/00 C22F3/00
X	BE 670 315 A (COCKERILL-OUGREE) 17. Januar 1966 (1966-01-17) * Anspruch 1 *	1	
X	L.R. FEDOROVA ET AL: "Effect of ultrasonic vibrations on microstresses in deformed steel Kh18N10T" METAL SCIENCE AND HEAT TREATMENT., Bd. 17, Nr. 3-4, März 1975 (1975-03), Seiten 262-264, XP002178716 CONSULTANTS BUREAU. NEW YORK., US ISSN: 0026-0673 * das ganze Dokument *	1	
A	DE 34 05 478 A (STOLBERGER METALLWERKE GMBH) 22. August 1985 (1985-08-22)		RECHERCHIERTE SACHGEBiete (Int.Cl.7)
A	US 3 276 918 A (BERTWIN LANGENECKER) 4. Oktober 1966 (1966-10-04)		C21D C22F
A	US 6 171 415 B1 (STATNIKOV EFIM S) 9. Januar 2001 (2001-01-09)	-/-	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer	
DEN HAAG	27. September 2001	Mollet, G	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet	T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze		
Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie	E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldeatum veröffentlicht worden ist		
A : technologischer Hintergrund	D : in der Anmeldung angeführtes Dokument		
O : nichtschriftliche Offenbarung	L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument		
P : Zwischenliteratur	& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument		



Europäisches  
Patentamt

## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 01 10 4660

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
A	ANONYMUS: "Metals Shake the Stresses Away" THE IRON AGE, Bd. 199, Nr. 26, 29. Juni 1967 (1967-06-29), Seiten 53-54, XP002178717		
RECHERCHIERTE SACHGEBiete (Int.Cl.7)			
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer	
DEN HAAG	27. September 2001	Mollet, G	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet	T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze		
Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie	E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist		
A : technologischer Hintergrund	D : in der Anmeldung angeführtes Dokument		
O : nichtschriftliche Offenbarung	L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument		
P : Zwischenliteratur	& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument		

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT  
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 01 10 4660

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am  
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

27-09-2001

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
DE 4428791	C	01-02-1996	DE	4428791 C1		01-02-1996
BE 670315	A			KEINE		
DE 3405478	A	22-08-1985	DE	3405478 A1		22-08-1985
US 3276918	A	04-10-1966		KEINE		
US 6171415	B1	09-01-2001		KEINE		

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82