



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



Veröffentlichungsnummer: **0 253 907 B1**

12

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

Veröffentlichungstag der Patentschrift: **06.07.94**

Int. Cl.⁵: **B24B 39/04**

Anmeldenummer: **86109930.7**

Anmeldetag: **19.07.86**

Verfahren zum Walzen von Ouerbohrungen aufweisende Zapfen.

Veröffentlichungstag der Anmeldung:
27.01.88 Patentblatt 88/04

Bekanntmachung des Hinweises auf die
Patenterteilung:
06.07.94 Patentblatt 94/27

Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB IT

Entgegenhaltungen:
DE-A- 2 146 994
DE-C- 2 920 889
FR-A- 2 491 375

**SOVIET INVENTIONS ILLUSTRATED, Derwent
Publications Ltd., Week Y 22, 1977, Zusam-
menfassung Nr. E 5758, P 61; & SU-A-521 122
(BERSHTEIN G. SH.)**

Patentinhaber: **Wilhelm Hegenscheidt Gesell-
schaft mbH**
Postfach 1408,
Bernhard-Schondorff-Platz
D-41804 Erkelenz(DE)

Erfinder: **Bernstein, Garri, Dr.-Ing.**
Charles de Gaulle-Strasse 2
D-5140 Erkelenz(DE)

Vertreter: **Liermann, Manfred**
Schillingsstrasse 335
D-52355 Düren (DE)

EP 0 253 907 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Walzen von mindestens eine Querbohrung aufweisen-
de Zapfen im Einstichverfahren mit mindestens einer Walzrolle und mindestens einer Stützrolle, wo-
bei der Durchmesser einer Querbohrung kleiner ist als die Länge des Zapfens und wobei jede Walzrolle
unter einer durch eine gewählte Walzkraft erzeugten und gewünschten spezifischen Walzkraft auf die Zapfenoberfläche während des Umlaufes
einwirkt.

Zapfen mit Querbohrungen können beispielsweise Lagerzapfen von Kurbelwellen sein. Um ganz
allgemein solche Zapfen, insbesondere von Kurbelwellen, zu walzen, sind bereits Einrichtungen und
Verfahren beispielsweise mit der DE-PS 2146994 bekannt geworden. Soweit es sich um geschlossene,
also ununterbrochene Zapfenflächen handelt, haben sich diese Einrichtungen und die mit solchen
Einrichtungen durchgeführte Verfahrensweise durchaus bewährt. Die zu solchen Einrichtungen
gehörigen Werkzeuge arbeiten üblicherweise im sogen. Einstichverfahren. Werden mit solchen
Einrichtungen und den dazu gehörigen Werkzeugen Querbohrungen überwalzt, so kommt es zu uner-
wünschten und in der Regel unzulässigen Formabweichungen.

Eine weitere Einrichtung dieser Art ist bekannt geworden durch die SO-PS 521122. Dort ist in
Figur 2 bereits ein Lagerzapfen mit Querbohrung gezeigt, der von den Walzrollen 11 gewalzt wird,
wobei die genannte Querbohrung von diesen Walzrollen 11 überrollt wird. Irgendwelche Maßnahmen
zur Verhinderung der unerwünschten und unzulässigen Formabweichung im Bereich der Querbohrung,
verursacht durch die Überwalzung, sind nicht zu erkennen.

Ausgehend vom beschriebenen Stand der Technik liegt der Erfindung somit die Aufgabe zu-
grunde, ein Verfahren der eingangs beschriebenen Art vorzuschlagen, mit welchem die Überwalzung
von Querbohrungen möglich wird, ohne daß hierbei unzulässige Formtoleranzen am Werkstück auftreten.

Ausgehend von dem eingangs beschriebenen Verfahren ist diese Aufgabe erfindungsgemäß da-
durch gelöst, daß mindestens während des Überwalzens einer Querbohrung die Walzkraft einer die
Bohrung überwalzenden Walzrolle abgesenkt wird, wobei die Walzkraft, die während des Überwalzens
einer Querbohrung auf den Zapfen einwirkt, spätestens im Bereich einer Oberflächenlängslinie, die
quer durch die Mitte der Bohrung verläuft, ein Minimum erreicht. Das Walzen solcher Zapfen im
Einstichverfahren erfolgt kraftschlüssig, damit eine bestimmte Krafteinwirkung der Walzrollen auf das
Werkstück auch tatsächlich erreicht wird. Bei form-

schlüssiger Arbeitsweise bestünde das Risiko, daß auf Grund von Maß- und Formtoleranzen des
Werkstückes die am Werkstück tatsächlich auftretende Walzkraft unzulässig klein oder groß würde.
Bei kraftschlüssigem Walzen aber wird nach der Erfindung eine Walzkraftsteuerung vorgenommen
derart, daß im Bereich der Bohrung, also dann, wenn die jeweilige Walzrolle den Bohrungsbereich
überrollt, eine kleinere Walzkraft vorliegt. Dies ist auch unschädlich, da es nicht primär auf die Walz-
kraft sondern vielmehr auf die spezifische Walzkraft ankommt. Dadurch, daß die Walzrolle in den Boh-
rungsbereich eintritt, wird die Fläche, mit der die Walzrolle am Werkstück anliegt, zunächst kleiner,
wodurch bei konstanter Walzkraft die Flächenpres-
sion und damit die Verformung des Werkstückes größer wird. Es muß nun das Bestreben sein, die
Veränderungen der spezifischen Walzkraft während der Überwalzung des Bohrungsquerschnittes so zu
begrenzen, daß unerwünschte Formabweichungen nicht mehr auftreten. Da von den Werkstücken die
notwendigen Walzparameter bekannt sind oder durch Versuche ermittelt werden können, ist es
auch möglich eine Aussage über die notwendige Walzkraft im Bohrungsbereich zu machen oder
ggfls. die richtige Walzkraft für den Bohrbereich durch Versuche zu ermitteln. Es muß also
während einer Umdrehung des Werkstückes eine Walzkraftsteuerung derart erfolgen, daß im Boh-
rungsbereich die Walzkraft gegenüber der Walzkraft im anderen Bereich niedriger liegt. Sie soll
dort ein Minimum erreichen. Hierdurch kann ein unzulässiger Anstieg der spezifischen Walzkraft am
Werkstück im Bereich neben der Querbohrung verhindert werden.

Zwar ist mit der DE-PS 3037688 bereits eine Walzmaschine für Kurbelwellenlagerzapfen bekannt
geworden, bei der eine Walzkraftsteuerung während der Umdrehung des jeweiligen Kurbelwellenla-
gerzapfens vorgenommen wird. Mit dieser Walzkraftsteuerung wird jedoch die Abbiegung der Kur-
belwellenspiegel beeinflusst. Irgendein Hinweis eines Zusammenhanges zwischen der nach dieser
Patentschrift vorgenommenen Walzkraftsteuerung und der Überwalzung von Querbohrungen an sol-
chen Lagerzapfen kann dieser Schrift nicht entnommen werden.

Nach einer Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß die Absenkung der Walzkraft nur
soweit erfolgt, bis die spezifische Walzkraft der spezifischen Walzkraft, die für das Erreichen der
geforderten Oberflächenrauigkeit erforderlich ist, entspricht. Hierdurch wird eine gute Anpassung an
den übrigen zu walzenden Bereich erreicht und es ist daher auch -wenn überhaupt- eine nur geringe
Formabweichung im Bereich der Querbohrung zu erwarten.

Es ist weiterhin vorgesehen, daß die minimale Walzkraft im gesamten Bohrungsbereich des Zapfens angewendet wird. Hierdurch kann die notwendige Walzkraftsteuerung sehr vereinfacht werden und es kann dennoch insbesondere dann, wenn es sich um Querbohrungen kleinen Durchmessers handelt, ein befriedigendes Ergebnis erzielt werden. Eine unzulässige Formabweichung kann trotz der Vereinfachung bei Querbohrungen genügend kleinen Durchmessers vermieden werden. Um festzustellen, ob der Durchmesser einer Querbohrung genügend klein für die Durchführung des vereinfachten Verfahrens ist, genügt ein einfacher Versuch. Ein solcher Versuch ist auch möglich und zumutbar, da es sich bei solchen zu walzenden Werkstücken um Massenartikel handelt.

Ausgestaltend ist nach der Erfindung vorgeschlagen, daß spätestens dann, wenn eine Walzrolle den Bereich einer Querbohrung erreicht, die Walzkraft soweit abgesenkt ist, daß sie mindestens im Bereich des größten Bohrungsquerschnittes die spezifische Walzkraft an der Zapfenoberfläche erzeugt, die der spezifischen Walzkraft, die für den übrigen Bereich der Zapfenoberfläche angewendet wird, entspricht. Auch hierdurch wird eine weitere Vereinfachung der Kraftsteuerung erreicht. Es kann die Kraftsteuerung auf eine einfache Kraftumschaltung reduziert werden, was beispielsweise über eine Hydraulik besonders einfach möglich ist.

Weiterhin ist nach der Erfindung vorgesehen, daß mindestens der Beginn der Walzkraftabsenkung innerhalb einer Umfangslänge von 0 bis 3 mm vor dem Bohrungsanfang liegt. Durch einen solchen Vorlauf kann erreicht werden, daß am gewünschten Ort eine gewünschte Absenkung tatsächlich erreicht ist. Weiterhin kann hierdurch eine unerwünschte Formabweichung infolge zu rascher Walzkraftabsenkung verhindert werden.

Es ist dann ergänzend noch vorgeschlagen, daß spätestens 3 mm in Umfangsrichtung hinter der Bohrung die maximale Walzkraft wieder erreicht ist. Auch hierdurch werden unerwünschte Formunregelmäßigkeiten aufgrund eines zu schnellen Anstiegs der Walzkraft verhindert. Gleichzeitig ist sichergestellt, daß dann, wenn die Walzrolle den Einflußbereich der Querbohrung verlassen hat, wieder die für den übrigen Bereich notwendige Walzkraft mit der dieser Walzkraft zugeordneten spezifischen Walzkraft erreicht ist.

Weiterhin ist nach der Erfindung vorgesehen, daß eine Änderung der Walzkraft nur in solcher Größe und mit solcher Geschwindigkeit erfolgt, daß einerseits im Bereich der sich ändernden Walzkraft die geforderten Formtoleranzen und andererseits die geforderten Oberflächenkennwerte eingehalten werden. Die Grenzen in denen solche Änderungen vorgenommen werden können, können durch einfache Versuche ermittelt werden. Geforderte Form-

toleranzen und Oberflächenkennwerte sind Vorgaben die einzuhalten sind. Da für die Überwalzung von Querbohrungen eine Walzkraftänderung erforderlich ist und diese Walzkraftänderung nur mit einer endlichen Geschwindigkeit erfolgen kann, müssen auch die zugeordneten Maschinenelemente von einer solchen Leistungsfähigkeit sein, daß die Kraftänderung ihrer Größe und ihrer Geschwindigkeit nach so vorgenommen werden kann, daß die notwendigen Formtoleranzen und Oberflächenkennwerte erreicht werden.

Es ist weiterhin nach der Erfindung vorgeschlagen, daß sich zu jedem beliebigen Zeitpunkt des Walzvorganges höchstens eine Walzrolle im Bereich einer Querbohrung befindet. Hierdurch können unkontrollierte Reaktionen und Kraftabläufe vermieden werden.

Auch ist nach der Erfindung noch vorgesehen, daß in Umfangsrichtung mindestens im gesamten Querbohrungsbereich des Zapfens mit einer pulsierenden Walzkraft ungleich Null gewalzt wird, während im übrigen Bereich mit einer nicht pulsierenden Walzkraft gewalzt wird, wobei die Walzkraft mit einer Frequenz von 30 - 300 Hz und einer Amplitude von 10 - 100% ihres örtlichen Minimalwertes pulsiert, wobei die Walzgeschwindigkeit so abgestimmt ist, daß die tiefsten Stellen der aus dem Maximalwert herrührenden Eindrücke der Walzrollen, soweit sie bei statischer Belastung entstehen würden, in einem Abstand aufeinander folgen, der nicht größer als die doppelte Eindruckbreite selbst ist. Da die pulsierende Walzkraft immer ungleich Null ist, liegt damit bei der pulsierenden Walzkraft eine Überlagerung einer statischen Grundwalzkraft mit einer pulsierenden Walzkraft der angegebenen Frequenz und Amplitude vor, die gegenüber einer statischen Festwalzkraft vom Maximalwert der Amplitude eine bedeutende Steigerung der Verfestigungstiefe und Mikrohärt bewirkt. Die Werkstückverformung, die von dem pulsierend belasteten Werkzeug hervorgerufen wird, liegt, soweit sie durch die Pulsierung verursacht wird, im wesentlichen im elastischen Bereich. Meßbare Oberflächenwelligkeiten entstehen hierdurch nicht. Es können vielmehr die mit bekannten Glattwalzverfahren erzielbaren Oberflächenqualitäten erreicht werden. Gleichzeitig gelingt es die statische Walzkraft bei einem mit dem übrigen Bereich des statisch gewalzten Zapfens vergleichbaren Ergebnis zurückzunehmen, so daß im Bereich der Querbohrung wieder unzulässige Formabweichungen vermieden werden können.

Schließlich ist nach der Erfindung noch vorgeschlagen, daß der Minimalwert der pulsierenden Walzkraft dem Wert zur Erzielung eines gewünschten Glattwalzergebnisses entspricht und der Maximalwert der pulsierenden Walzkraft dem Wert zur Erzielung einer gewünschten Verfestigungstiefe

und/oder dem Wert der gewünschten Mikrohärtesteigerung entspricht. Hierdurch sind Grenzdaten angegeben, die die Erreichung eines gewünschten Walzergebnisses ermöglichen.

Es ist zwar aus der DE-PS 2920889 ein Walzverfahren unter Anwendung einer in der beschriebenen Weise pulsierenden Walzkraft bekannt geworden. Es wird hierbei jedoch diese pulsierende Walzkraft während des gesamten Walzvorganges angewendet und es ist dieser Schrift kein Hinweis dahingehend zu entnehmen, daß es vorteilhaft sein könnte, im Bereich eines Umfanges eines zu walzenden Zapfens einen bestimmten Winkelbereich pulsierend und mindestens einen anderen Winkelbereich statisch zu walzen.

In den beigegeführten Zeichnungen ist in einem kartesischen Koordinatensystem der Verlauf der Walzkraft F über dem Drehwinkel ϕ als Funktion $F(\phi)$ aufgetragen. In den Figuren 1 a bis d ist hierbei ein Drehwinkelbereich ϕ von 360° aufgetragen. Der dort angegebene Kraftverlauf entspricht also dem Kraftverlauf über eine Werkstückumdrehung. In den genannten Darstellungen ist gleichzeitig ein Bereich B gekennzeichnet, in dem sich eine Querbohrung befinden soll. Nach Figur 1 a ist während einer Werkstückumdrehung von 360° die Walzkraft F im wesentlichen konstant. Lediglich im Bereich B, der dem Querschnittsbereich der Querbohrung entspricht, erfolgt eine Absenkung der Walzkraft F . Die Absenkung erfolgt nach einer Sinusfunktion bis auf einen Minimalwert $F_{\min}$. Der Minimalwert liegt hierbei mindestens angenähert im Bereich des größten Durchmessers der Bohrung. Er kann z.B. so bemessen sein, daß sich seitlich neben der Bohrung eine spezifische Walzkraft einstellt, die der spezifischen Walzkraft entspricht, die am Zapfen außerhalb des Bohrungsbereiches B auftritt oder von dieser höchsten nur so weit abweicht, daß sich am Werkstück keine unzulässigen Formabweichungen einstellen. Die Reduzierung der Kraft nach einer Sinusfunktion sorgt dabei dafür, daß entsprechend der Lage der Walzrolle über dem Bohrungsquerschnitt die spezifische Walzkraft im augenblicklich gewalzten Bereich seitlich neben der Bohrung über den gesamten Bohrungsbereich wenigstens angenähert konstant bleibt.

Es kann aber auch eine Annäherung an die Funktion der Kraft $F(\phi)$ nach Figur 1 a bereits ausreichend sein, um den gewünschten Zweck zu erzielen. Eine solche Annäherung ist dargestellt in Figur 1 b. Dort ist der Kraftverlauf der Kraft $F(\phi)$ im Bereich B der Bohrung als lineare Abnahme bis auf einen Minimalwert $F_{\min}$ und linearer Zunahme dargestellt. $F_{\min}$ liegt hierbei im Bereich des größten Durchmessers der Querbohrung. Ein solcher Verlauf der Kraft F über den Drehwinkel ϕ kann durchaus ausreichend sein, daß gewünschte Glattwalzergebnis zu erzielen, ohne unzulässige Form-

toleranzen am Werkstück zu erzeugen.

Insbesondere bei Querbohrungen kleineren Durchmessers kann eine weitere Vereinfachung des Verlaufes der Kraft $F(\phi)$ zu befriedigenden Ergebnissen führen. Ein solcher Verlauf ist dargestellt in Figur 1 c. Dort wird mit Beginn der Bereichs B der Querbohrung die Kraft F stufenartig auf den Wert $F_{\min}$ abgesenkt, der bis zum Ende des Bereiches B beibehalten wird und dort wieder stufenartig auf den ursprünglichen Wert angehoben wird.

Verschiedene äußere Randbedingungen, wie z.B. Duktilitätsgrad des zu walzenden Werkstoffes, Trägheitsgrad der Walzmaschine und der Walzmaschinensteuerung, können dazu führen, daß ein Kraftverlauf $F(\phi)$ nach Figur 1 c nicht zweckmäßig ist. Dieser Kraftverlauf kann dann vielmehr ersetzt werden durch einen Verlauf $F(\phi)$ nach Figur 1 d. Auch dort wird im Bereich B der Querbohrung die Kraft F auf den Betrag $F_{\min}$ abgesenkt. Die Absenkung geschieht jedoch mit einem gewissen Vorlauf und kann hierbei auch langsamer erfolgen. Natürlich ist es auch möglich hierbei die Kraft $F_{\min}$ bereits vor dem Bereich B zu erreichen. Nachdem der Bereich B mit der Kraft $F_{\min}$ durchwalzt ist, kann diese Kraft mit einer gewünschten Anstiegsgeschwindigkeit wieder angehoben werden auf den ursprünglichen Betrag.

Figur 2 zeigt im wesentlichen ein kartesisches Koordinatenkreuz wie die Figuren 1a - d. Es ist jedoch bei Figur 2 der Bereich B der Querbohrung vergrößert dargestellt. Gleichzeitig ist bei Figur 2 eine Kraft $F'(\phi)$ dargestellt, die in ihrem Verlauf so sein kann, wie die Kraft $F(\phi)$ nach den Figuren 1a - d. In Figur 2 ist als Beispiel ausgewählt der Kraftverlauf nach Figur 1 d. Im Bereich B und diesem Bereich benachbart als Ein- und Auslauf, ist die Kraft $F'(\phi)$ überlagert von einer pulsierenden Walzkraft F_p von der Amplitude A . Diese Amplitude kann 10 - 100% des jeweils örtlichen Minimalwertes $F'(\phi)$ betragen. Hierbei können Spitzenwerte F'_p durchaus höher liegen als die maximale Walzkraft $F'(\phi)$ im statischen Bereich. Unzulässige Formabweichungen können dennoch vermieden werden, weil die Werkstückverformung, die durch die Pulsation ausgelöst wird, im wesentlichen im elastischen Bereich erfolgt.

Da hinsichtlich eines Verfestigungsgrades die Wirkung der pulsierenden Kraft aber größer ist als die Wirkung einer statischen Walzkraft von der Größe des Maximalwertes der Amplitude, ist es durchaus möglich, im Bereich B mit dem Maximalwert der pulsierenden Walzkraft um einen Betrag C unterhalb der statischen Walzkraft zu bleiben.

Das erfindungsgemäße Verfahren kann durchaus mit den zum Stand der Technik beschriebenen Einrichtungen durchgeführt werden. Hierzu ist erforderlich, daß die Steuereinrichtungen, die den

Kraftverlauf der Walzkraft während einer Umdrehung des Werkstückes steuern, hinsichtlich ihrer Impulse so eingestellt werden, daß sie eine Kraftsteuerung entsprechend der Lage der Querbohrung zu den Walzrollen der Walzwerkzeuge durchführen. Vorteilhaft ist es darauf zu achten, daß der Walzvorgang nicht begonnen wird in einer Drehwinkellage des Werkstückes, in der die Walzrolle auf der Querbohrung liegt. Wird dieser Zustand für den Beginn des Walzprozesses vermieden, so verbessert dies die Formgenauigkeit des Werkstückes und vereinfacht die Steuerung für die Walzkraft.

Es sollte weiterhin unbedingt darauf geachtet werden, daß immer nur eine einzige Walzrolle jeweils den Bereich einer Querbohrung überwalzt. Sind in einem Walzwerkzeug mehrere Walzrollen vorhanden, so hat demzufolge deren Winkelanordnung die Winkellage der Querbohrungen des zu walzenden Werkstückes zu berücksichtigen.

Weiterhin muß bei den Walzwerkzeugen darauf geachtet werden, daß das Durchmesser Verhältnis von Walzrollen einerseits und am Werkstück anliegenden Stützrollen andererseits, derart ist, daß eine plastische Umformung des Werkstückes ausschließlich von den Walzrollen, nicht aber von den am Werkstück anliegenden Stützrollen ausgeht.

Praktische Versuche mit dem erfindungsgemäßen Verfahren haben gezeigt, daß es nunmehr insbesondere an Kurbelwellen gelingt, die mit Querbohrungen versehenen Lagerzapfen der Kurbelwelle mit befriedigendem Ergebnis glattzuwalzen, ohne gleichzeitig hierbei unzulässige Formabweichungen der Lagerzapfen im Bereich der Querbohrungen hinnehmen zu müssen.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Walzen von mindestens eine Querbohrung (B) aufweisende Zapfen im Einstichverfahren mit mindestens einer Walzrolle und mindestens einer Stützrolle, wobei der Durchmesser einer Querbohrung (B) kleiner ist als die Länge des Zapfens und wobei jede Walzrolle unter einer durch eine gewählte Walzkraft ($F(\phi)$) erzeugten und gewünschten spezifischen Walzkraft auf die Zapfenoberfläche während des Umlaufes einwirkt, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens während des Überwalzens einer Querbohrung (B) die Walzkraft ($F(\phi)$) einer die Bohrung (B) überwalzenden Walzrolle abgesenkt wird, wobei die Walzkraft (F), die während des Überwalzens einer Querbohrung (B) auf den Zapfen einwirkt, spätestens im Bereich einer Oberflächenlängslinie, die quer durch die Mitte der Bohrung (B) verläuft, ein Minimum ($F_{\min}$) erreicht.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Absenkung der Walzkraft (F) nur soweit erfolgt, bis die spezifische Walzkraft der spezifischen Walzkraft, die für das Erreichen der geforderten Oberflächenrauheit erforderlich ist, entspricht.
3. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß die minimale Walzkraft ($F_{\min}$) im gesamten Querbohrungsbereich des Zapfens angewendet wird.
4. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß spätestens dann, wenn eine Walzrolle den Bereich einer Querbohrung (B) erreicht, die Walzkraft (F) so weit abgesenkt ist, daß sie mindestens im Bereich einer Oberflächenlängslinie, die quer durch die Mitte der Bohrung (B) verläuft, die spezifische Walzkraft an der Zapfenoberfläche erzeugt, die der spezifischen Walzkraft, die für den übrigen Bereich der Zapfenoberfläche angewendet wird, entspricht.
5. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 4 dadurch gekennzeichnet, daß mindestens der Beginn der Walzkraftabsenkung innerhalb einer Umfangslänge von 0 - 3 mm vor dem Bohrungsanfang liegt.
6. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß spätestens 3 mm in Umfangsrichtung hinter der Bohrung die maximale Walzkraft wieder erreicht ist.
7. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß eine Änderung der Walzkraft nur in solcher Größe und mit solcher Geschwindigkeit erfolgt, daß einerseits im Bereich der sich ändernden Walzkraft die geforderten Formtoleranzen und andererseits die geforderten Oberflächenkennwerte eingehalten werden.
8. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß sich zu jedem beliebigen Zeitpunkt des Walzvorganges höchstens eine Walzrolle im Bereich einer Querbohrung (B) befindet.
9. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß in Umfangsrichtung mindestens im gesamten Bereich der Querbohrung (B) des Zapfens mit einer pulsierenden Walzkraft ungleich Null gewalzt wird, während im übrigen Bereich mit

einer nicht pulsierenden Walzkraft (F_p) gewalzt wird, wobei die Walzkraft mit einer Frequenz von 30 bis 300 Hz und einer Amplitude (A) von 10-100% ihres örtlichen Minimalwertes pulsiert, wobei die Walzgeschwindigkeit so abge-
 5 stimmt ist, daß die tiefsten Stellen der aus dem Maximalwert herrührenden Eindrücke der Walzrollen, soweit sie bei statischer Belastung entstehen würden, in einem Abstand aufeinander folgen, der nicht größer als die doppelte
 10 Eindruckbreite selbst ist.

Claims

1. Process for the rolling of pins having at least one cross-bore (B) by the rolling pass method using at least one smoothing roller and at least one support roller, wherein the diameter of a cross-bore (B) is less than the length of the pin, and wherein each smoothing roller acts on the pin surface during the rotation with a desired specific rolling force produced through a selected rolling force (F), characterised in that at least during the rolling over a cross-bore (B) the rolling force (F) of a smoothing roller rolling over the bore (B) is reduced, with the rolling force (F) which acts on the pin during the rolling over a cross-bore (B) reaching a minimum value (F_{min}) at the latest in the region of a lengthwise surface line which extends transversely through the centre of the bore (B).
 15
 20
 25
 30
2. Process according to claim 1, characterised in that the reduction of the rolling force (F) is only carried out until the specific rolling force corresponds to the specific rolling force which is necessary to achieve the required surface roughness.
 35
 40
3. Process according to at least one of claims 1 and 2, characterised in that the minimum rolling force (F_{min}) is applied over the whole cross-bore region of the pin.
 45
4. Process according to at least one of claims 1 to 3, characterised in that, at the latest when a smoothing roller reaches the region of a cross-bore (B), the rolling force (F) is reduced so much that, at least in the region of a lengthwise surface line which extends transversely through the centre of the bore (B), it produces the specific rolling force at the pin surface which corresponds to the specific rolling force which is utilised for the other regions of the pin surface.
 50
 55
5. Process according to at least one of claims 1 to 4, characterised in that at least the beginning of the reduction in the rolling force occurs within a circumferential length of 0 to 3 mm in advance of the onset of the bore.
6. Process according to at least one of claims 1 to 5, characterised in that the maximum rolling force is achieved again at the latest by 3 mm after the bore in a circumferential direction.
7. Process according to at least one of claims 1 to 6, characterised in that a change in the rolling force is only effected with such a magnitude and with such speed that on the one hand the required shape tolerances are maintained in the region of the changing rolling force and on the other hand the required surface characteristics are maintained.
8. Process according to at least one of claims 1 to 7, characterised in that at any point in time during the rolling process only one smoothing roller at the most is located in the region of a cross-bore (B).
9. Process according to at least one of claims 1 to 8, characterised in that in the circumferential direction, at least in the whole region of the cross-bore (B) of the pin, rolling is effected with a pulsating rolling force which is not equal to zero, while in the remaining region rolling is effected with a non-pulsating rolling force (F_p), wherein the rolling force pulsates with a frequency of 30 to 300 Hz and an amplitude (A) of 10 to 100% of its local minimum value, wherein the rolling speed is so tuned that the lowest points of the impressions of the smoothing roller due to the maximum value, so far as they have arisen with static loading, follow one another at a spacing which is not greater than twice the width of the impression.

Revendications

1. Procédé de laminage, pour tourillons présentant au moins un alésage transversal (B), suivant le procédé par passes, avec au moins un galet de laminage et au moins un galet d'appui, le diamètre d'un alésage transversal (B) étant plus petit que la longueur du tourillon, et chaque galet de laminage agissant sur la surface externe du tourillon, pendant la rotation, sous une force de laminage spécifique souhaitée et réalisée par une force de laminage ($F(\phi)$) choisie, caractérisé en ce qu'au moins pendant le laminage au-dessus d'un alésage transversal (B), la force de laminage ($F(\phi)$)

- d'un galet de laminage laminant au-dessus de l'alésage transversal (B) est diminuée, étant entendu que la force de laminage ($F(\phi)$), qui agit sur le tourillon pendant le laminage au-dessus d'un alésage (B), atteint le minimum ($F_{\min}$), au plus tard dans la zone d'une ligne longitudinale de la surface externe passant par le centre de l'alésage (B).
2. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé en ce que l'on abaisse la force de laminage (F) seulement jusqu'à ce que la force spécifique de laminage corresponde à la force spécifique de laminage qui est nécessaire pour atteindre la rugosité réclamée pour la surface externe. 10 15
 3. Procédé suivant au moins l'une des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que la force de laminage minimale ($F_{\min}$) est appliquée dans toute la zone de l'alésage transversal du tourillon. 20
 4. Procédé suivant au moins l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'au plus tard quand un galet de laminage atteint la zone d'un alésage transversal (B), la force de laminage (F) est suffisamment abaissée pour qu'au moins dans la zone d'une ligne longitudinale de la surface externe, passant par le centre de l'alésage (B), elle produise, sur la surface externe du tourillon, la force spécifique de laminage, qui correspond à la force spécifique de laminage qui est appliquée sur le reste de la zone de surface externe du tourillon. 25 30 35
 5. Procédé suivant au moins l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce qu'au moins le début d'abaissement de la force de laminage est situé à l'intérieur d'une longueur, suivant la périphérie, de 0 à 3 mm avant le début de l'alésage. 40
 6. Procédé suivant au moins l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que la force de laminage maximale est atteinte, dans le sens périphérique, au plus tard 3 mm après l'alésage. 45
 7. Procédé suivant au moins l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce qu'une modification de la force de laminage est seulement appliquée avec une grandeur telle et une vitesse telle que, d'une part, dans la zone de la force de laminage en cours de modification, les tolérances de forme exigées sont maintenues, et que, d'autre part, les caractéristiques exigées pour la surface sont maintenues. 50 55
 8. Procédé suivant au moins l'une des revendications 1 à 7, caractérisé en ce qu'à tout instant de l'opération de laminage où on le désire, au plus un galet de laminage se trouve dans la zone d'un alésage transversal (B).
 9. Procédé suivant au moins l'une des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que, dans la direction périphérique, au moins dans toute la zone de l'alésage transversal (B) du tourillon, on procède au laminage avec une force de laminage pulsée, différente de zéro, tandis que, dans la zone restante, on procède au laminage avec une force de laminage non pulsée $F(p)$, étant entendu que la force de laminage est pulsée avec une fréquence de 30 à 300 Hz et une amplitude (A) de 10 à 100 % de sa valeur minimale locale, étant entendu que la vitesse de laminage est déterminée de telle façon que les points les plus profonds de la pénétration des galets de laminage provenant de la force maximale de laminage, dans la mesure où elle correspondrait à une charge statique, se suivent les uns les autres à une distance qui n'est pas plus grande que le double de la largeur de pénétration elle-même.

Fig 1

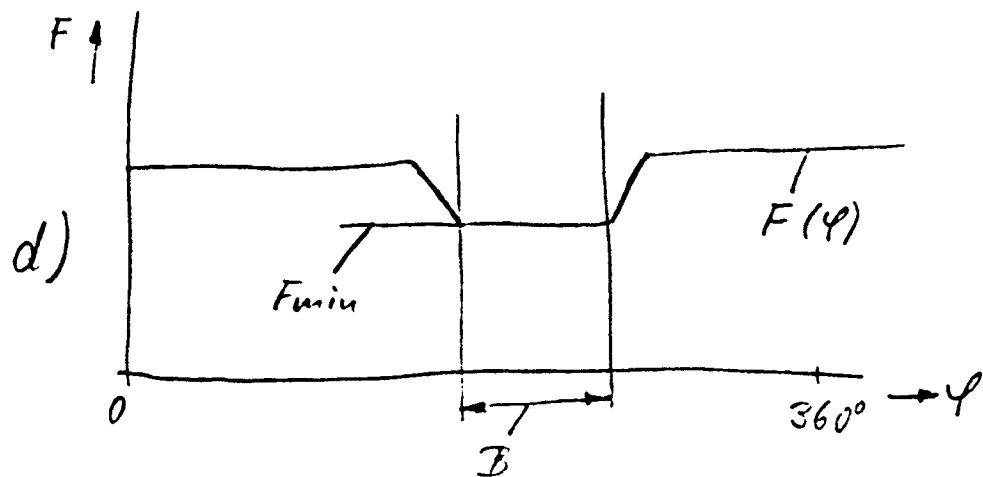
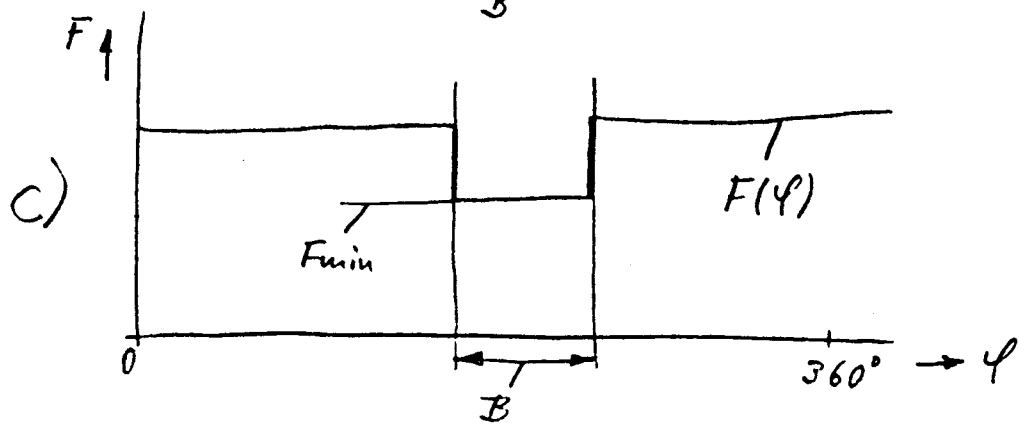
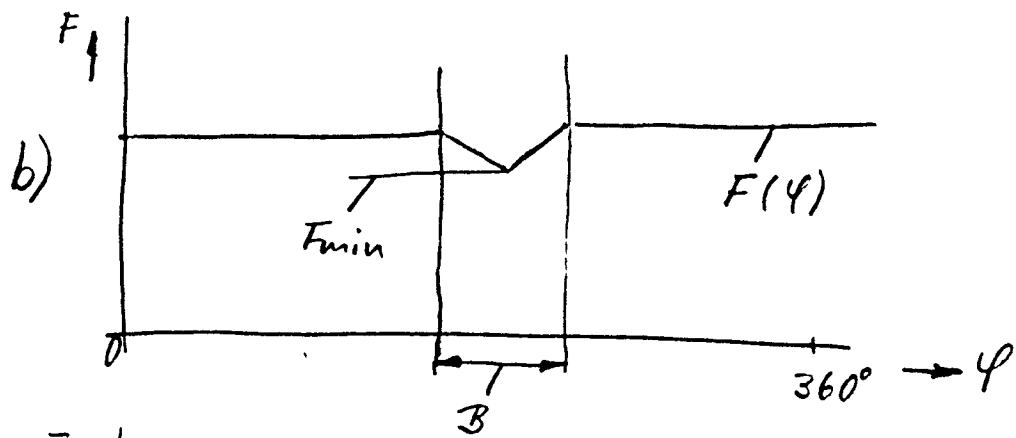
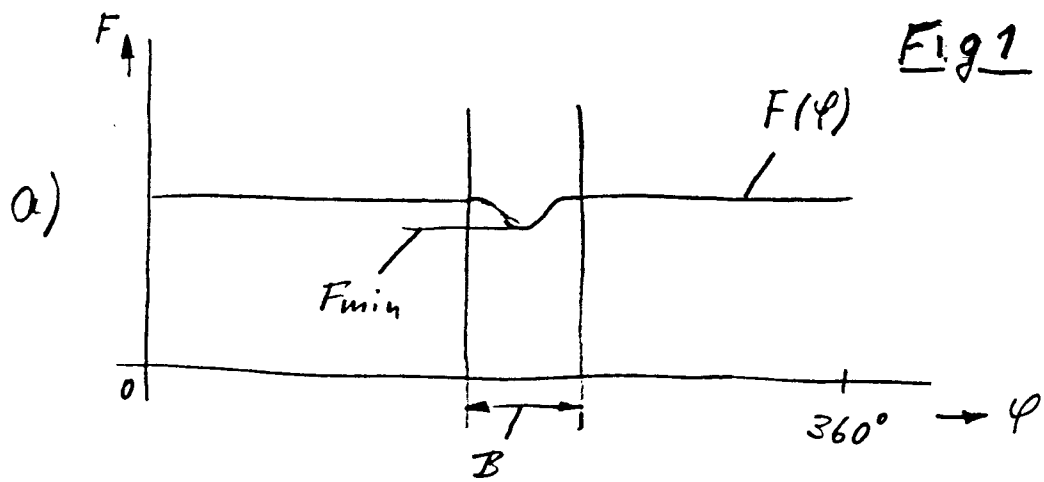


Fig 2

