

12 **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

21 Anmeldenummer: 87110379.2

51 Int. Cl.4: **B21J 5/00**

22 Anmeldetag: 17.07.87

30 Priorität: 30.07.86 DE 3625835

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
10.02.88 Patentblatt 88/06

64 Benannte Vertragsstaaten:
AT DE ES FR GB IT SE

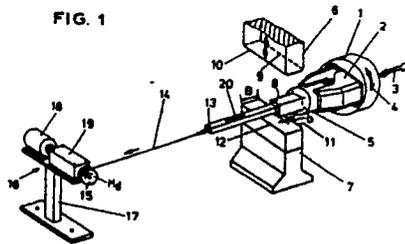
71 Anmelder: **SMS HASENCLEVER**
Maschinenfabrik GmbH
Witzelstrasse 55
D-4000 Düsseldorf 1(DE)

72 Erfinder: **Kopp, Reiner, Prof. Dr.-Ing.**
Kelmiser Strasse 13
D-5100 Aachen(DE)
Erfinder: **Baldner, Klaus-Rainer, Dr.-Ing.**
Schurzeiter Strasse 486
D-5100 Aachen(DE)
Erfinder: **Siemer, Ekhard, Dipl.-Ing.**
Hauptstrasse 40
D-5100 Aachen(DE)
Erfinder: **Nieschwitz, Paul-Josef, Dipl.-Ing.**
Horbacher Strasse 1
D-5100 Aachen(DE)

74 Vertreter: **Pollmeier, Felix et al**
Patentanwälte
HEMMERICH-MÜLLER-GROSSE-POLLMEIER---
MEY Eduard-Schloemann-Strasse 47
D-4000 Düsseldorf 1(DE)

54 **Verfahren und Vorrichtung zum Recken eines metallischen Werkstückes.**

57 Beim Recken eines metallischen Werkstückes in einer Schmiedepresse bereitet eine möglichst homogene Durchschmiedung des Werkstückes erhebliche Schwierigkeiten. Eine Durchschmiedung ist erwünscht, da sie die Qualität des Schmiedeproduktes sehr maßgeblich beeinflusst. Beim Reckprozeß des Werkstückes kommt es darüberhinaus sehr häufig auch zu Ribildungen an der Oberfläche des Schmiedestückes oder gar zu Kantenrissen, so daß die fertigen Schmiedeprodukte auf Grund dieser Mängel bzw. Schäden als Ausschuß verworfen werden müssen. Gemäß der Erfindung werden jedoch alle diese Nachteile dadurch vermieden, daß das Werkstück (5) vor der jeweiligen Reckung bzw. dem Biß zwischen dem Obersattel (6) und dem Untersattel (7) der Schmiedepresse in Werkstückstreckrichtung (20) unter Einbeziehung der während der Verformung gemessenen Längung des Werkstücks (5) jeweils nur so weit versetzt bzw. verschoben wird, daß der Bißrand (8) des jeweils vorhergehenden Bisses innerhalb der Sattleränder (9, 10) und (11, 12) zu liegen kommt. Die Reckgradmessung erfolgt bevorzugt kontinuierlich mechanisch-elektrisch oder optoelektronisch.



Xerox Copy Centre

Verfahren und Vorrichtung zum Recken eines metallischen Werkstückes

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Recken eines metallischen Werkstückes in einer Schmiedepresse, insbesondere in einer Freiformschmiedepresse, wobei das Werkstück zwischen dem Obersattel und dem Untersattel der Schmiedepresse - in Streckrichtung bzw. in Längsrichtung des Werkstückes gesehen - jeweils um einen Biß versetzt bzw. verschoben und gegebenenfalls um die Längsachse gedreht wird.

Bekanntlich ist das älteste Verfahren zur Formgebung und zum Recken von metallischen Werkstücken das Freiformschmieden, welches sich durch eine Reihe von Vorteilen auszeichnet. Einer dieser Vorteile des Freiformschmiedens ist in der großen Flexibilität zu sehen, da mit relativ einfachen Schmiedewerkzeugen vielfältige Produktformen unterschiedlichster Größenordnung aus metallischen Werkstücken sehr exakt hergestellt werden können. Auch lassen sich bei richtiger Wahl der Umformparameter in Verbindung mit einer geeigneten Wärmebehandlung des Werkstückes deutliche Verbesserungen der durch den Gießprozeß bedingten Werkstoffeigenschaften erreichen. Eine wichtige Forderung an die Qualität eines Schmiedeproduktes ist eine gleichmäßig gute Durchschmiedung des Werkstückkerns, um Lunker und sonstige qualitätsmindernde Einschlüsse im Werkstück zu beseitigen. In der bisherigen Praxis wird ein Werkstück zunächst ausgeschmiedet bzw. verformt und erst anschließend auf Fehlerfreiheit untersucht. Stellt sich nun bei der anschließenden Prüfung des ausgeschmiedeten und verformten Werkstückes heraus, daß die vom Gießprozeß des Werkstückes herrührenden Lunker und sonstigen Einschlüsse durch den Schmiedeprozess nicht beseitigt werden konnten, so muß das Schmiedestück als Ausschuß verworfen werden, was mit hohen Material- und Energiekosten verbunden ist.

Ferner weisen die oberflächennahen Zonen des Werkstückes beim Verformen bzw. Strecken aufgrund der Wärmeabgabe an das Schmiedepreßwerkzeug und die Umgebung eine höhere Fließspannung auf als die darunterliegenden Zonen. Dies hat zur Folge, daß die oberflächennahen Zonen des Werkstücks aufgrund ihrer erhöhten Fließspannung einer plastischen Verformung viel stärker entgegenwirken als die inneren Zonen, was sehr leicht zu Ribbildungen an der Oberfläche und den oberflächennahen Zonen des fertig geschmiedeten Werkstückes führen kann.

Die Gefahr von Ribbildungen und Rissen in den oberflächennahen Zonen des fertig geformten und gestreckten Schmiedewerkstückes ist insbesondere dann sehr groß, wenn das Werkstück in einer Schmiedepresse, wie sie beispielsweise in der deutschen Auslegeschrift 19 26 638 beschrieben und dargestellt ist, beim Strecken jeweils um eine ganze Bißbreite versetzt bzw. verschoben wird. Insbesondere die Fig. 3 dieser Druckschrift zeigt, daß die äußeren Kanten des Ober- und Untersattels genau über die jeweils vorhergehenden Bißränder bzw. Bißkanten gefahren werden, wobei dann an diesen Stellen, wo die Kanten der Schmiedewerkzeuge mit den Bißrändern des jeweils vorhergehenden Bisses bei der Streckung des Werkstückes zusammentreffen, bei sensiblen und/oder hochlegierten Werkstoffen auf Grund des hohen Spannungs- und Formänderungszustandes leicht Risse auftreten können. Darüberhinaus kann mit diesem bekannten Freiformschmiedeprozess, bei dem das Werkstück jeweils um eine ganze Bißbreite versetzt bzw. verschoben wird, die für die Qualität des Schmiedeproduktes jeweils geforderte, gleichmäßig gute Durchschmiedung des Werkstückkerns nicht erreicht und Lunker wie auch sonstige qualitätsmindernde Einschlüsse im Schmiedestück nicht ausreichend beseitigt werden.

Soweit bereits im Stand der Technik mit Bißversatz bzw. insbesondere kleinen Vorschüben gearbeitet wurde, ergaben sich Qualitätsverbesserungen nur zufällig, da der Bißversatz nicht gezielt eingesetzt und in keinem Fall die sich beim Verformungsprozeß ergebende Längung bzw. Streckung des Werkstückes berücksichtigt wurde.

Die Aufgabe der Erfindung besteht daher darin, ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Recken eines metallischen Werkstückes in einer Schmiedepresse zu schaffen, wodurch nicht nur in einfacher Weise Ribbildungen und Risse in den oberflächennahen Zonen am Werkstück vermieden werden, sondern wodurch auch eine besonders gute und gleichmäßige Durchschmiedung des Werkstückes erreicht wird, insbesondere auch des Werkstückkerns.

Die Aufgabe wird mit der Erfindung dadurch gelöst, daß das Werkstück vor der jeweiligen Reckung bzw. dem Biß zwischen dem Obersattel und dem Untersattel der Schmiedepresse in Werkstückstreckrichtung unter Einbeziehung der während der Verformung gemessenen Längung des Werkstückes jeweils nur so weit versetzt bzw. verschoben wird, daß der Bißrand des jeweils vorhergehenden Bisses am Werkstück innerhalb der Sattleränder zu liegen kommt. Durch diese Maßnahme wird sehr vorteilhaft ein sogenanntes Überschmieden der vorangegangenen Bißbreite und damit des jeweils vorhergehenden Bißrandes erreicht. Durch dieses Überschmieden des jeweils vorhergehenden Bißrandes werden Ribbildungen oder gar Brüche in den Bereichen der Bißränder bzw. am ganzen Werkstück mit Sicherheit

vermieden. Gleichzeitig wird durch das Überschmieden des jeweils vorherigen Bißrandes gemäß der Erfindung auch sehr vorteilhaft eine gleichmäßige und besonders homogene Durchschmiedung, insbesondere auch des Werkstückkerns erreicht und dabei Lunker und sonstige qualitätsmindernde Einschlüsse im Schmiedeprodukt verschlossen bzw. beseitigt. Die nach dem Verfahren der Erfindung hergestellten Schmiedeprodukte weisen daher eine hohe Qualität auf, und es fallen keine Schmiedeprodukte mehr an, die als Ausschub verworfen werden müßten.

Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung wird das Werkstück vor der Reckung zwischen dem Obersattel und dem Untersattel in Werkstückstreckrichtung jeweils soweit versetzt bzw. verschoben, daß der Bißrand des jeweils vorhergehenden Bisses etwa in der Mitte zwischen den Sattelrändern zu liegen kommt. Wie praktische Versuche gezeigt haben, handelt es sich bei diesen erfindungsgemäßen Maßnahmen, insbesondere hinsichtlich der Qualität und der pro Zeiteinheit hergestellten Freiformschmiedeprodukte um einen optimalen Bißversatz.

Mit großem Vorteil wird nur bei jeder zweiten Überschmiedung mit exakt positioniertem Bißversatz gearbeitet, wobei vorzugsweise die exakte Positionierung darin besteht, daß der neue Bißrand auf die Mitte des vorherigen Bisses gelegt wird.

Ferner ist vorgesehen, daß der Bißrand nach viermaliger Versetzung des Werkstückes in Streckrichtung die Sattelränder erreicht und dabei eine viermalige Überschmiedung erfährt, wobei vorzugsweise die Werkstückbißbreite (b) etwa 25 % von der Werkzeugflächenbißbreite (B) beträgt.

Nach einer weiteren vorteilhaften Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens erfolgt der Schmiedeprozess, insbesondere die Ausschmiedung bzw. Überschmiedung des Werkstückes, mittels einer vollautomatischen Schmiedeprozess-Steuerung mit Prozeßrechner, der über ein adaptives Modell des Schmiedeprozesses die für die Steuerung der Schmiedepresse erforderlichen Steuerwerte (Sollwerte) für jeweils eine Überschmiedung des Werkstückes berechnet, wobei das Modell des Schmiedeprozesses mit Hilfe der über die Meßwerterfassung gewonnenen Istwerte, insbesondere der Werkstückstreckung je Überschmiedung über eine Parameteradaptation während des Schmiedeprozessverlaufes (online) korrigiert wird. Eine derartige vollautomatische Schmiedeprozess-Steuerung mit Prozeßrechner ermöglicht es, den Schmiedeprozess während der Fertigung des Werkstückes hinsichtlich der Schmiedewirkung, insbesondere hinsichtlich der Wirkung jedes einzelnen Bisses, laufend und genau zu verfolgen. Auf diese Weise können die sich auf die Güte bzw. Qualität des Schmiedestückes auswirkenden Umformparameter während des Schmiedeprozesses praktisch ohne Zeitverzögerung erfaßt und daraus die nötigen Schmiedeparameter abgeleitet werden, um die jeweils geforderten Werkstückseigenschaften am Ende der Schmiedung zu garantieren.

Für die Vorrichtung wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß eine vollautomatische Schmiedeprozesssteuerung mit Prozeßrechner vorgesehen ist, sowie ein Reckgradmesser zur exakten Messung der Streckung bzw. Längung des Werkstückes in Streckrichtung während der Verformung. Die kontinuierliche Messung erfolgt dabei besonders betriebssicher und störunanfällig mittels eines mechanisch-elektrischen Reckgradmessers, der mit einem, am freien Ende des Werkstückes lösbar angebrachten Meßseil verbunden ist. Darüberhinaus kann der Reckgradmesser aber auch als berührungsloses Meßsystem, vorzugsweise opto-elektronisch ausgebildet sein. Berührungslose optische Meßverfahren, die sich auf moderne opto-elektronische Halbleiterbauelemente stützen, arbeiten vorteilhaft völlig verschleißfrei und mit äußerst geringen Meßzeiten.

Weitere Einzelheiten, Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Erläuterung einer schematisch dargestellten Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens gemäß der Erfindung sowie verschiedenen weiteren graphischen Darstellungen.

Es zeigen:

Fig. 1 einen Manipulator einer Freiformschmiedepresse mit Werkstück und Reckgradmesser in perspektivischer Darstellung,

Fig. 2 ein Werkstück mit in der Bißmitte der Schmiedepreßwerkzeuge positioniertem Bißrand in perspektivischer Darstellung,

Fig. 3 ein Blockschaltbild einer Schmiedeprozesssteuerung mit Prozeßrechner,

Fig. 4 und 5 Verteilungen der örtlichen Reckgrade eines Schmiedeblockes ohne und mit Bißversatz,

Fig. 6 und 7 Formänderungsverteilungen eines Schmiedeblockes mit und ohne Bißversatzsteuerung nach mehrfacher Überschmiedung,

Fig. 8 die Verteilung der Vergleichsformänderung für die Mittellinie eines Schmiedeblockes mit gezieltem Bißversatz bei jeder zweiten Überschmiedung.

Eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens gemäß der Erfindung besteht nach Figur 1 aus einem Manipulator (1) mit Zangenträger (2), der in einer in der Zeichnung nicht näher dargestellten Schmiedepresse, insbesondere Freiformschmiedepresse, in Achslängsrichtung (Pfeil 3) versetzbar und um die Längsachse drehbar (Pfeil 4) angeordnet ist. Im Zangenträger (2) befindet sich ein Werkstück (5), das zwischen dem Obersattel (6) und dem Untersattel (7) der Schmiedepresse so angeordnet ist, daß der Bißrand (8) des vorhergehenden Bisses innerhalb der Sattelränder (9, 10) und (11, 12) zu liegen kommt. Am freien Ende (13) ist das Werkstück (5) über ein Meßseil (14) zur Bestimmung des Reckgrades mit der Seilspule (15) eines Reckgradmessers (16) lösbar verbunden, der aus einem höhenverstellbaren Ständer (17) mit darauf angeordnetem Antriebsmotor (18) als Drehgeber und einem Drehmomentenregler (19) zur Konstanthaltung des Drehmomentes besteht.

Mit Hilfe Reckgradmessers (16) kann sehr vorteilhaft der jeweilige Reckgrad, und zwar anhand der jeweils veränderten Länge des Meßseils (14) vor und nach der Überschmiedung des Werkstückes genau erfaßt und über den Manipulator (1) zur Steuerung des Bißversatzes herangezogen werden. Wesentlich ist hierbei die Aufrechterhaltung einer konstanten Spannung des Meßseils (14), die mit Hilfe des Drehmomentreglers (19) und der daran angeschlossenen Seilspule (15) erreicht wird. Zur Messung der Meßseillänge dient der als Drehgeber ausgebildete Antriebsmotor (18).

Das Werkstück (5) wird vor jeder Reckung bzw. vor jedem Biß zwischen dem Obersattel (6) und dem Untersattel (7) in Werkstücklängsrichtung mit Hilfe des Manipulators (1) nur so weit versetzt, daß der Bißrand (8) des vorhergehenden Bisses innerhalb der Sattelränder (9, 10) und (11, 12) zu liegen kommt. Der Bißrand (8) des Werkstückes (5) befindet sich in der in Fig. 1 dargestellten Lage - in Streckrichtung (20) des Werkstückes (5) gesehen - etwa im ersten Viertel der von den Sattelrändern (11, 12) begrenzten Werkzeugflächenbißbreite (B), so daß die Werkstückbißbreite (b) etwa 25 % der Sattelbißbreite (B) beträgt, und der Bißrand (8) erst nach viermaliger Versetzung des Werkstückes (5) in Streckrichtung (20) den Sattelrand (12) erreicht und dabei eine viermalige Überschmiedung erfährt. Durch diese viermalige Überschmiedung des jeweils vorhergehenden Bißrandes (8) gemäß der Erfindung werden nicht nur Ribildungen oder Brüche am Schmiedeprodukt mit Sicherheit vermieden, sondern es wird auf diese Weise auch sehr vorteilhaft eine besonders gleichmäßige Durchschmiedung des Werkstückes erreicht, durch die eine ausschlußfreie Herstellung eines Schmiedeproduktes hoher Qualität gewährleistet wird.

Bei dem in Figur 1 dargestellten Werkstück (5) handelt es sich um die Herstellung eines im Querschnitt rechteckförmigen Metallstabes. Es ist daher verständlich, daß das noch ungeformte Werkstück (5) vor jeder Versetzung um die Bißbreite (b) einer zweimaligen Reckung bzw. Verformung durch die Sattelwerkzeuge (6) und (7) der Schmiedepresse untergezogen werden muß, wobei das Werkstück vom Manipulator (1) jeweils um 90 Grad um die Längsachse gedreht wird. Die Herstellung von flachen oder längsorientierten Schmiedeprodukten erfordert dagegen keine Drehung des Werkstückes.

Wie Figur 2 zeigt, kann das Werkstück (21) vor der Reckung zwischen dem Obersattel (6) und dem Untersattel (7) der Schmiedepresse in Werkstücklängsrichtung auch jeweils so weit versetzt werden, daß die Bißränder (22) des jeweils vorhergehenden Bisses am Werkstück (21) etwa in der Mitte zwischen den Sattelrändern (23, 24) zu liegen kommen. Die Bißbreite (b) am Werkstück (21) und damit der Bißversatz beträgt somit 50 % der Sattelbißbreite (B), das heißt, daß vor jeder zweiten Überschmiedung des Werkstückes (21) die Bißränder (22) auf die Bißmitte der vorangegangenen Überschmiedung positioniert werden. Mit (b') ist die gestreckte Bißbreite am Werkstück (21) nach der vorhergegangenen Überschmiedung des Werkstückes (21) gekennzeichnet. Die oberhalb der Zeichnung in Fig. 2 angeführten Rechenformeln beziehen sich auf die Höhenabnahme, die Breite und den Reckgrad des Werkstückes (21) sowie auf das Bißverhältnis bei dem dargestellten Bißversatz von 50 %. Durch diesen aufgezeigten Bißversatz von 50 % der Sattelbißbreite (B) werden einerseits sehr vorteilhaft Kantenrisse vermieden, und andererseits wird hierdurch auch hinsichtlich der Durchschmiedung des Werkstückes, insbesondere des Kernes sowie im Hinblick auf die Ausstoßmenge an fertigen Schmiedeprodukten pro Zeiteinheit eine Optimierung erzielt. Im übrigen handelt es sich bei diesem in Fig. 2 dargestellten Ausführungsbeispiel um die Herstellung eines flachen Schmiedeproduktes ohne Drehung des Werkstückes.

Um einen vollautomatischen Ablauf des Schmiedeprozesses zu gewährleisten, ist gemäß der Erfindung eine Schmiedeprozesssteuerung mit Prozeßrechner vorgesehen. Der Schmiedeprozess, insbesondere die Ausschmiedung und Überschmiedung des Werkstückes erfolgt mittels einer vollautomatischen Schmiedeprozess-Steuerung mit Prozeßrechner nach dem in Figur 3 schematisch dargestellten Blockschaltbild. Wie aus diesem Blockschaltbild zu ersehen ist, werden vom Prozeßrechner über ein adaptives Modell des Schmiedeprozesses die für die Steuerung der Schmiedepresse erforderlichen Steuerwerte (Sollwerte) für jeweils eine Überschmiedung errechnet, wobei das Modell des Schmiedeprozesses mit Hilfe der über die Meßwerterfassung aus der Werkzeuggeschwindigkeit, der Preßkraft, der Obersattelposition, der Manipulatorposition, den Werkstückdaten, der Werkstofftemperatur, des Stoffflusses und der Werkstückstreckung

gewonnenen Istwerte über eine Parameteradaption während des Schmiedeprozessablaufes (on-line) korrigiert wird. Es handelt sich bei dieser vollautomatischen Schmiedeprozesssteuerung gemäß der Erfindung um einen im Prinzip bekannten meßtechnischen Vergleich zwischen den Istwertparametern und den vorgegebenen bzw. vorprogrammierten Sollwertparametern, wobei jede Abweichung des jeweiligen Istwertes vom vorgegebenen Sollwert erfaßt wird und in Abhängigkeit der Abweichung vom Sollwert eine entsprechende Korrektur des Schmiedeprozessablaufes erfolgt. Die genaue Erfassung des Werkstückreckgrades mit Hilfe des Reckgradmessers (vgl. Fig. 1, Ziffer 16) und die Einbeziehung des jeweils vom Reckgradmesser erfaßten Reckgrades in die Schmiedeprozesssteuerung gemäß der Erfindung ist jedoch völlig neu und liefert die für die Optimierung des Schmiedeprozesses erforderlichen Meß- und Steuerwerte. Durch diese erfindungsgemäße Schmiedeprozesssteuerung kann der Bißversatz jeweils optimal auf das in der Schmiedepresse zu verformende metallische Werkstück eingestellt werden, wodurch im Vergleich zu den bisher bekannten Schmiedeprozesssteuerungen eine erhebliche Verbesserung der Güte und Qualität des jeweiligen Schmiedeendproduktes erreicht wird

In den Figuren 4 und 5 wurden die Ergebnisse von praktisch durchgeführten Reckversuchen an zwei Blöcken (25, 26) aus Kohlenstoffstahl der Qualität "C 45" in einer Freiformschmiedepresse ausgewertet und graphisch dargestellt. Das graphische Schaubild gemäß Fig. 4 zeigt die Verteilung und den Verlauf der örtlichen Reckgrade (λ_R) in Form einer Kurve (27) auf der Kontaktfläche Werkzeug-Werkstück, und zwar gemessen auf der Symmetrieachse der Kontaktfläche in Längsrichtung beim Schmieden des abgesetzten Blockes (25) ohne Bißversatz, d. h. ohne erfindungsgemäß gesteuerte Überschmiedung. Das graphische Schaubild gemäß Fig. 5 dagegen zeigt die Verteilung und den Verlauf der örtlichen Reckgrade (λ_R) in Form einer Kurve (28) entlang der Kontaktfläche Werkzeug-Werkstück beim Schmieden des abgesetzten Blockes (26) mit Bißversatz, d. h. mit Überschmiedung gemäß der Erfindung.

Wie aus der Darstellung der Versuchsergebnisse in den Figuren 4 und 5 klar zu ersehen ist, traten beim Schmieden ohne Bißversatz des Stahlblockes (25) extrem große örtliche Reckgrade ($\lambda_R = 6$ - Verlauf der Kurve (27) gemäß Fig. 4) auf, während beim Schmieden des Stahlblockes (26) mit Bißversatz nur örtliche Reckgrade von maximal $\lambda_R = 2$ (Verlauf der Kurve (28) in Fig. 5) auftraten. Während die im graphischen Schaubild gemäß Fig. 4 extrem hohen Reckgrade beim Freiformschmieden von metallischen Werkstücken ohne Bißversatz, insbesondere beim Schmieden hochlegierter Stahlblöcke, sehr leicht zu Oberflächen- und Kantenrissen führen können, werden dagegen durch die sehr niedrigen Reckgrade gemäß Fig. 5 beim Schmieden von beliebigen metallischen Werkstücken mit Bißversatz jegliche Oberflächen- und Kantenrisse mit Sicherheit vermieden.

Die in den Figuren 6 und 7 dargestellten Schaubilder zeigen die Formänderungsverteilung im Kern eines metallischen Werkstückes nach einer ein- bis zehnmaligen Überschmiedung, bezogen auf die auf 100 % normierte Blocklängsachse, und zwar einmal mit Bißversatzsteuerung gemäß der Erfindung (Fig. 6) und einmal ohne Bißversatzsteuerung (Fig. 7). Wie ein Vergleich der Figuren eindeutig erkennen läßt, wird durch die erfindungsgemäße Bißversatzsteuerung bei der Überschmiedung eine sehr gleichmäßig verlaufende, homogene Formänderungsverteilung des Werkstückkerns erreicht (Fig. 6, Ziffer 29), wohingegen die Überschmiedung des Werkstückes ohne Bißversatzsteuerung zu einer sehr ungleichmäßig verlaufenden Formänderungsverteilung der Werkstückkerne (Fig. 7, Ziffer 30) führt.

Figur 8 zeigt eine schematische Darstellung der Vergleichsformänderung (ϕ_v) für die Mittellinie eines Schmiedeblocks mit einem Bißversatz um $s_B / 2$. Die Vergleichsformänderung ist ein Maß für die erzielte lokale Umformung, mit

$$\phi_v = \sum_{i=1}^n \phi_{nKi} \quad \text{und} \quad \phi_{hKi} = |\ln h_0 / h_1|$$

Es bedeuten ferner h_0, h_1 = Anfangs- bzw. Endhöhe; l_0, l_1 = Anfangs- bzw. Endlänge; b_0, b_1 = Anfangs- bzw. Endbreite; s_B = Bißbreite; $\lambda_R = l_1 / l_0$ = Reckgrad

Beim Rechteckstich (2. Überschmiedung) wird der Querschnitt des Schmiedeblocks auf ein Quadrat zurückgeschmiedet. Bei dieser Überschmiedung wird zugleich der gewünschte Bißversatz, also eine Verschiebung der gedrückten Flächen gegenüber der vorangegangenen 1. Überschmiedung, eingestellt. Der Versatz wird erreicht, wenn ein dem Bißversatz entsprechender Prozentsatz der gestreckten Bißbreite (hier etwa 50 %) der vorangegangenen Überschmiedung nicht mehr bearbeitet wird. Zugleich muß bei dieser Überschmiedung die Bißbreite gleich der gestreckten Bißbreite des vorangegangenen Stiches gewählt

werden. In dem darauf folgenden Quadratstich (3. Überschmiedung) wird entsprechend den geforderten Schmiedeparametern ein "normaler" Schmiedezyklus durchgeführt. Ein Bißversatz in jeder Überschmiedung ist nicht immer realisierbar, da die Bißbreite entsprechend der Streckung des Schmiedeblocks ständig anwachsen müßte und somit nach wenigen Überschmiedungen als Grenze die verfügbare Sattelbreite oder die maximale Preßkraft erreicht würde. Desweiteren läßt sich durch diese Vorgehensweise die Forderung nach einem konstanten Bißverhältnis während des gesamten Schmiedeablaufs nicht erfüllen. Eine Qualitätsoptimierung im Sinne einer homogenen Kernverschmiedung und einer weitgehenden Vermeidung von Oberflächenrissen im Wirkungsbereich der Sattelradien wird aber bereits durch das oben beschriebene Verfahren eines Bißversatzes in jeder zweiten Überschmiedung erreicht. Die Konsequenz des Bißversatzes ist ein einseitig fallender gestufter Schmiedeblock.

Am folgenden Zahlenbeispiel gemäß der schematischen Darstellung in Figur 8 werden die erfindungsgemäßen Maßnahmen näher erläutert.

1. Überschmiedung (Ausgangslage, Quadrat)

15 $h_0 = 200 \text{ mm}$, $l_0 = 700 \text{ mm}$, $s_B = 100 \text{ mm}$
 $b_0 = 200 \text{ mm}$
 $h_1 = 160 \text{ mm}$, $l_1 = 807 \text{ mm}$
 $\lambda_R = l_1 / l_0 = 1,15$

2. Überschmiedung (90 Grad gedreht)

20 $h_0 = 217 \text{ mm}$, $l_0 = (809 - 1/2 \cdot 1,15 \cdot 100) \text{ mm} = 750 \text{ mm}$
 $b_0 = 160 \text{ mm}$
 $h_1 = 174 \text{ mm}$, $s_B = 100 \cdot 1,15 \text{ mm} = 115 \text{ mm}$, $l_1 = 863 \text{ mm}$
 $\lambda_R = 1,15$

25 (Bißversatz: $1/2 \cdot s_B$ der vorhergehenden Überschmiedung $1/2 \cdot \lambda_R \cdot s_B = 57 \text{ mm}$)

3. Überschmiedung (90 Grad gedreht, kein Bißversatz)

30 $h_0 = 174 \text{ mm}$, $l_0 = 863 \text{ mm}$, $s_B = 87 \text{ mm}$
 $b_0 = 174 \text{ mm}$
 $h_1 = 140 \text{ mm}$, $l_1 = 991 \text{ mm}$
 $\lambda_R = 1,15$

4. Überschmiedung (90 Grad gedreht, mit Bißversatz)

35 $h_0 = 188 \text{ mm}$, $l_0 = (991 - 1/2 \cdot 1,145 \cdot 87) = 941 \text{ mm}$
 $h_0 = 140 \text{ mm}$, $s_B = 87 \cdot 1,15 = 100 \text{ mm}$
 $h_1 = 150 \text{ mm}$, $l_1 = \dots \text{ usw}$

(Bißversatz: $1/2 \cdot 87 \cdot 1,15 = 50 \text{ mm}$)

40 Durch die Bißversatzsteuerung gemäß der Erfindung wird eine besonders gleichmäßige Durchschmiedung des metallischen Werkstückes bewirkt, was zu einer erheblichen Verbesserung der Qualität des jeweils hergestellten Schmiedeproduktes beiträgt. Im übrigen kann sowohl das Verfahren als auch die Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens gemäß der Erfindung zum Recken von metallischen Werkstücken sowohl bei Kaltschmiedeprozessen als auch bei Warmschmiedeprozessen mit Vorteil angewandt werden.

Ansprüche

50 1. Verfahren zum Recken eines metallischen Werkstückes in einer Schmiedepresse, insbesondere in einer Freiformschmiedepresse, wobei das Werkstück zwischen dem Obersattel und dem Untersattel der Schmiedepresse - in Streckrichtung bzw. Längsrichtung des Werkstückes gesehen - jeweils um einen Biß versetzt bzw. verschoben und gegebenenfalls um die Längsachse gedreht wird, dadurch gekennzeichnet, daß das Werkstück vor der jeweiligen Reckung bzw. dem Biß zwischen dem Obersattel und dem
 55 Untersattel der Schmiedepresse in Werkstückstreckrichtung unter Einbeziehung der während der Verformung gemessenen Längung des Werkstückes jeweils nur so weit versetzt bzw. verschoben wird, daß der Bißrand des jeweils vorhergehenden Bisses am Werkstück innerhalb der Sattelränder zu liegen kommt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Werkstück vor der Reckung zwischen dem Obersattel und dem Untersattel in Werkstückstreckrichtung jeweils so weit versetzt bzw. verschoben wird, daß der Bißrand des jeweils vorhergehenden Bisses etwa in der Mitte zwischen den Sattelrändern zu liegen kommt.

5 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß nur bei jeder zweiten Überschmiedung mit exakt positioniertem Bißversatz gearbeitet wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Bißrand nach viermaliger Versetzung des Werkstückes in Streckrichtung die Sattelränder erreicht und dabei eine viermalige Überschmiedung erfährt, wobei vorzugsweise die Werkstückbißbreite (b) etwa 25 % von der Werkzeugflächenbißbreite (B) beträgt.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Schmiedeprozess, insbesondere die Ausschmiedung bzw. Überschmiedung des Werkstückes, mittels einer vollautomatischen Schmiedeprozess-Steuerung mit Prozeßrechner erfolgt, der über ein adaptives Modell des Schmiedeprozesses die für die Steuerung der Schmiedepresse erforderlichen Steuerwerte (Sollwerte) für jeweils eine Überschmiedung des Werkstückes berechnet, wobei das Modell des Schmiedeprozesses mit Hilfe der über die Meßwerterfassung gewonnenen Istwerte, insbesondere der Werkstückstreckung, je Überschmiedung über eine Parameteradaption während des Schmiedeprozessablaufes (online) korrigiert wird.

6. Vorrichtung zum Recken eines metallischen Werkstückes in einer Schmiedepresse, insbesondere in einer Freiformschmiedepresse, wobei das Werkstück zwischen dem Obersattel und dem Untersattel der Schmiedepresse - in Streckrichtung bzw. Längsrichtung des Werkstückes gesehen - jeweils um einen Biß versetzt bzw. verschoben und gegebenenfalls um die Längsachse gedreht wird, mit einem in Achslängsrichtung versetzbaren bzw. verschiebbaren und um die Längsachse drehbaren Manipulator mit Zangenträger für das Werkstück, zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch eine vollautomatische Schmiedeprozesssteuerung mit Prozeßrechner, sowie durch einen Reckgradmesser zur exakten Messung der Streckung bzw. Längung des Werkstücks (5, 21) in Streckrichtung (20) während der Verformung.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Reckgradmesser (16) über ein am freien Ende (13) des Werkstückes (5) lösbar angeordnetes Meßseil (14) mit dem Werkstück (5) verbunden ist.

8. Vorrichtung nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Reckgradmesser (16) aus einem höhenverstellbaren Ständer (17) mit darauf angeordnetem Antriebsmotor (18) als Drehgeber und einem Drehmomentregler (19) mit Seilspule (15) besteht.

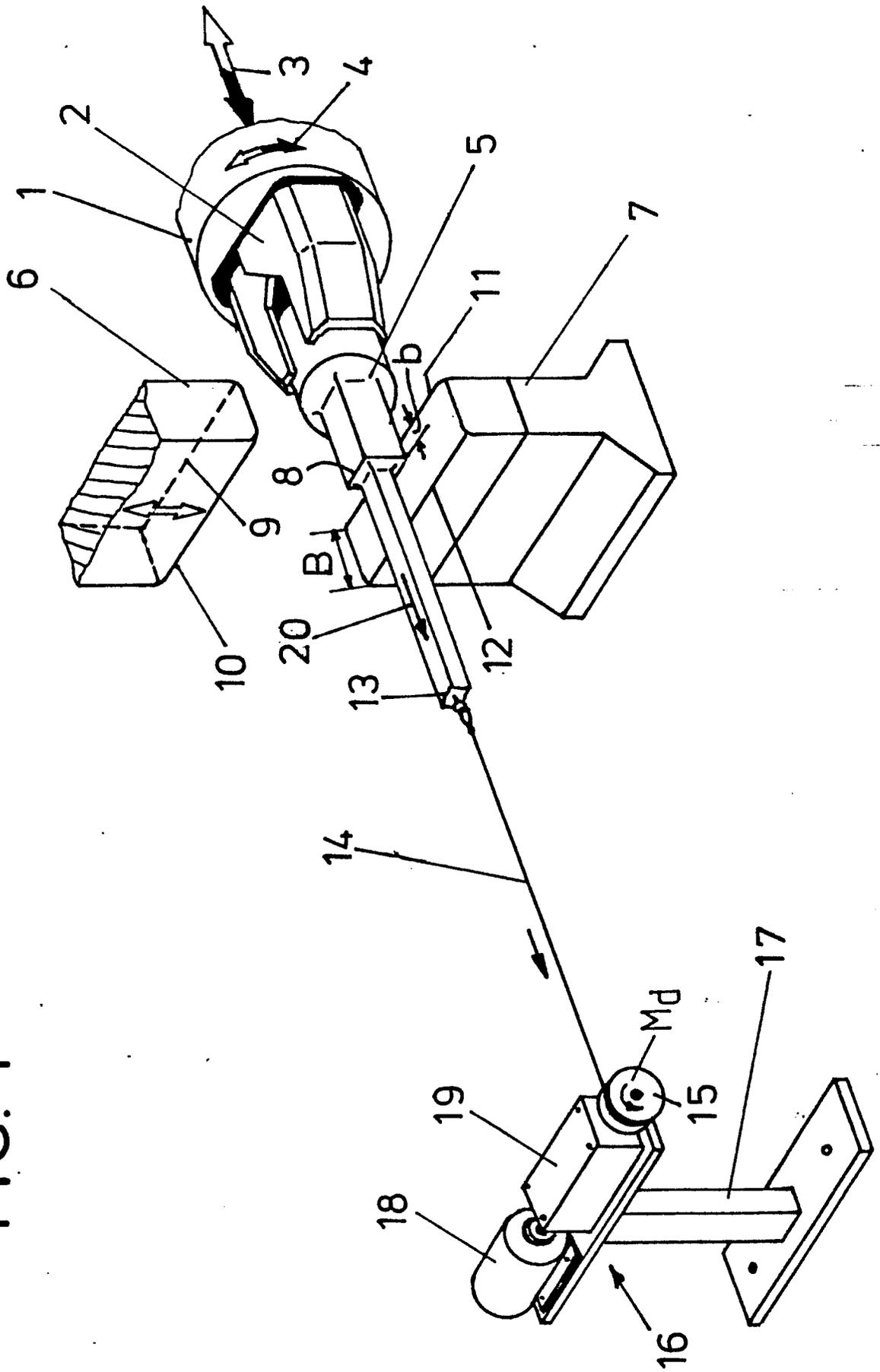
40

45

50

55

FIG. 1



Bezogene Höhenabnahme $\xi_h = \left| \frac{h_1 - h_0}{h_0} \right|$ Breitung $\beta = \frac{b_1}{b_0}$

Reckgrad $\lambda = \frac{b_0 \times h_0}{b_1 \times h_1} = \frac{l_1}{l_0}$

Bißverhältnis s_B/h_0

FIG. 2

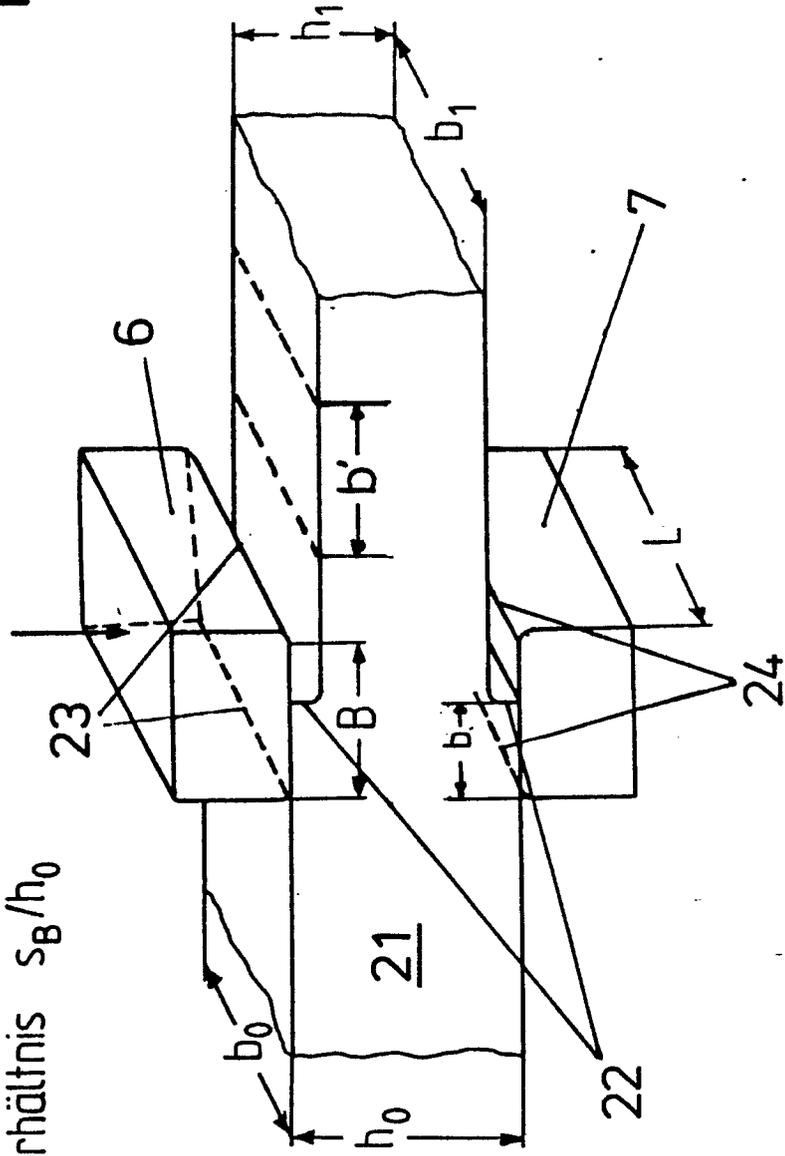


FIG. 3

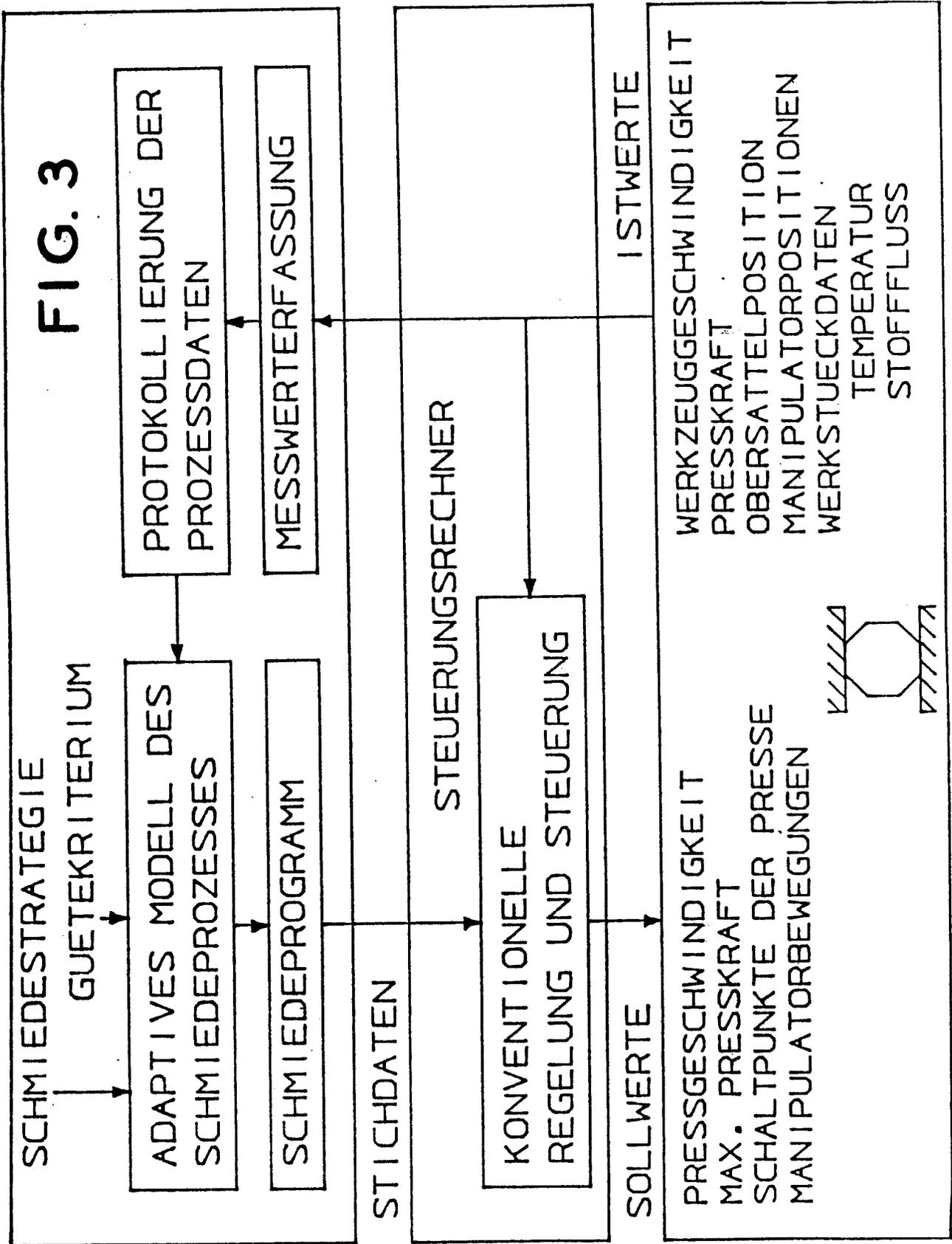


FIG. 4

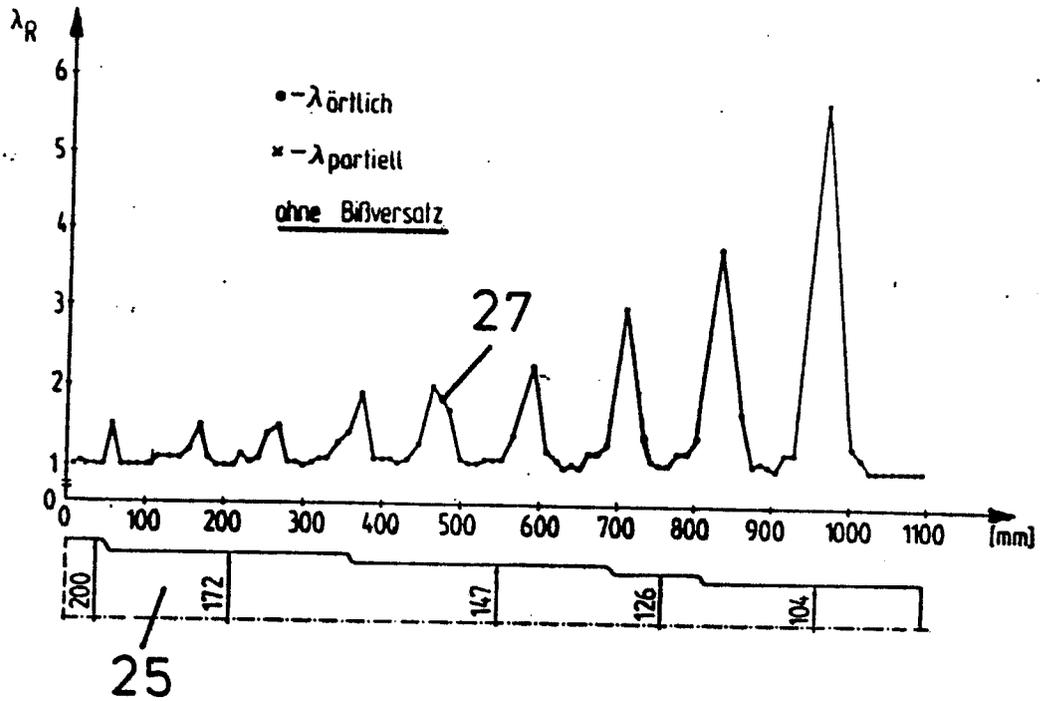


FIG. 5

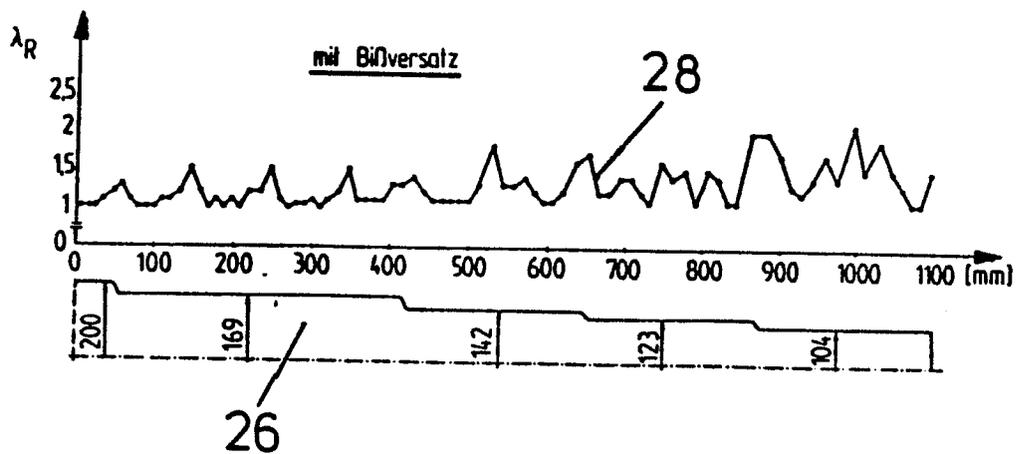


FIG. 6

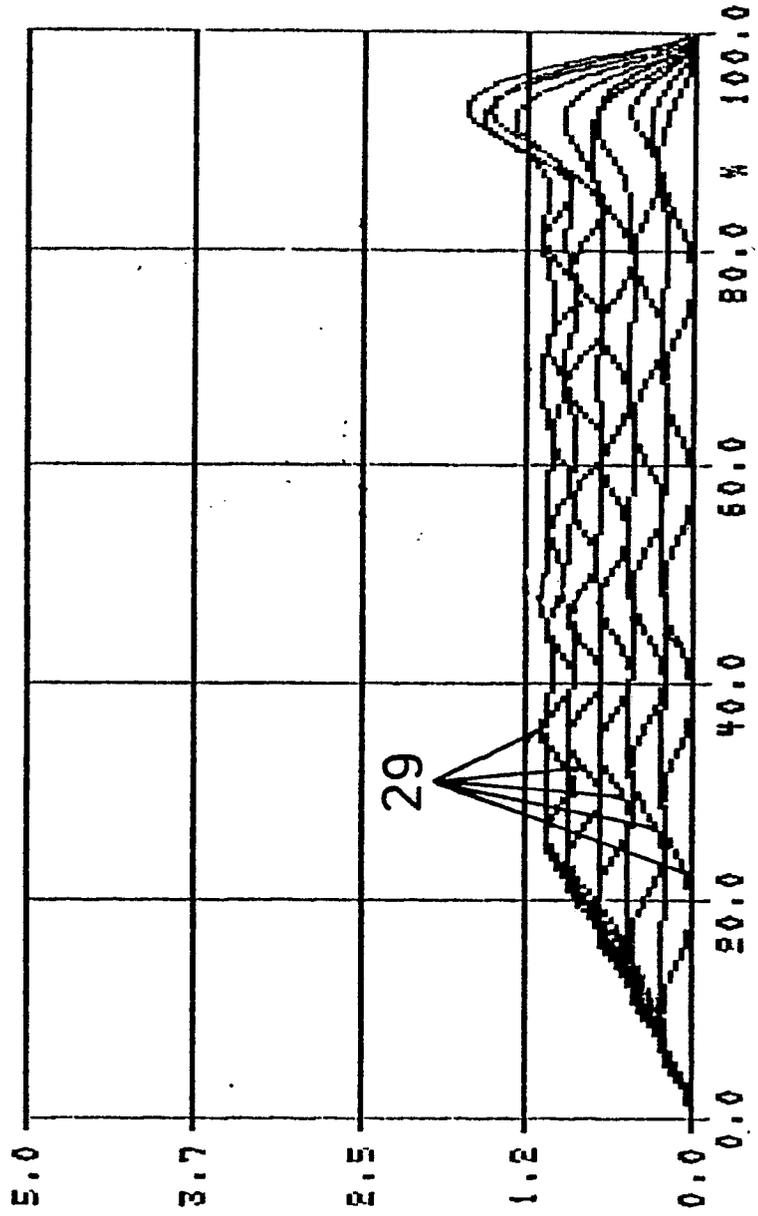


FIG. 7

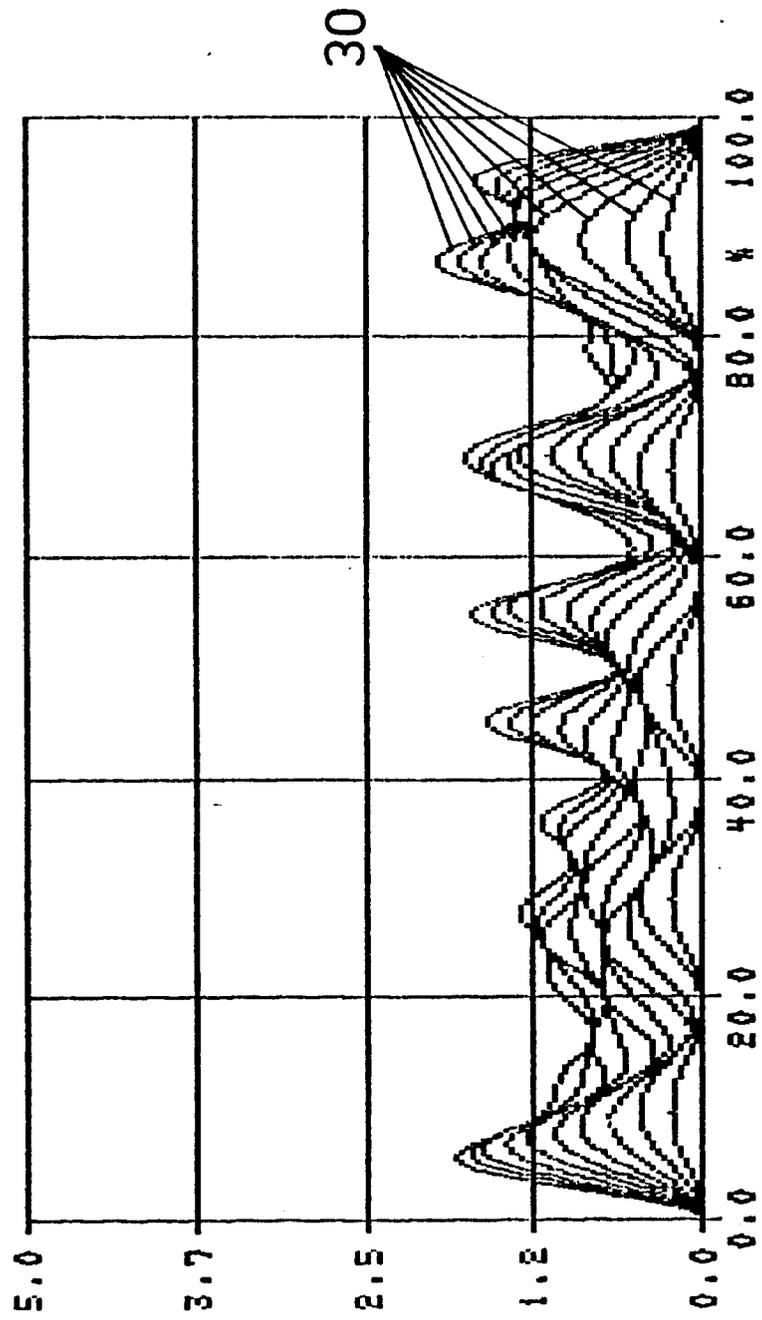


FIG. 8

