



CH 689 448 A5



SCHWEIZERISCHE Eidgenossenschaft  
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

11 CH 689 448 A5

51 Int. Cl.<sup>6</sup>: B 22 D 017/00  
B 22 D 017/14

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein  
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

12 PATENTSCHRIFT A5

21 Gesuchsnummer: 00797/95

22 Anmeldungsdatum: 21.03.1995

24 Patent erteilt: 30.04.1999

45 Patentschrift veröffentlicht: 30.04.1999

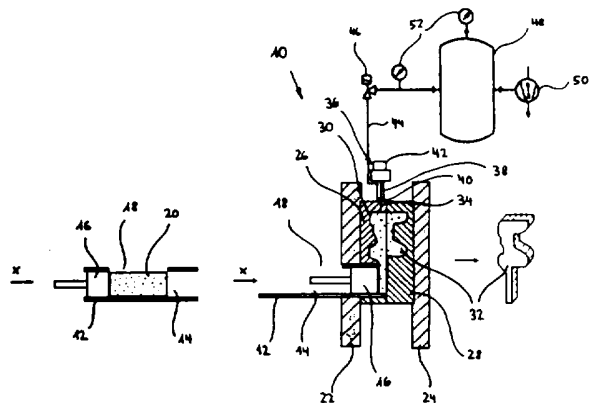
73 Inhaber:  
Alusuisse Technology & Management AG,  
Badische Bahnhofstrasse 16,  
Neuhausen am Rheinfall (CH)

72 Erfinder:  
Hans Thurner, Ligusterweg 4, 85598 Baldham (DE)  
Jean-Pierre Gabathuler, Friedhofweg 2d,  
8226 Schleithem (CH)  
Erich Röllin, Langrietstrasse 16,  
8212 Neuhausen am Rheinfall (CH)  
Hansjörg Huber, Echostrasse 30,  
8212 Neuhausen am Rheinfall (CH)  
Helmut Schelling, Kirchbergstrasse 21,  
8207 Schaffhausen (CH)

54 Verfahren und Vorrichtung zur Herstellung von Formteilen aus Metall.

57 Bei einem Verfahren zur Herstellung von Formteilen (32) aus Metall durch Einpressen eines aus thixotropem Metall bestehenden Bolzens (20) mit einem Kolben (16) aus einer Füllkammer (12) in einen Formhohlraum (30) wird der Formhohlraum (30) zumindest bis zum Zeitpunkt des Eintritts des Metalls in den Formhohlraum (30) zwangsventilert. Bei einer entsprechenden Thixofforming-Anlage steht der Formhohlraum (30) mit einem Vakuumbehälter (48) in Verbindung.

Mit dem Verfahren können Formteile mit weiter verminderter Gasporosität hergestellt werden.



CH 689 448 A5

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Formteilen aus Metall durch Einpressen eines aus thixotropem Metall bestehenden Bolzens mit einem Kolben aus einer Füllkammer in einen Formhohlraum. Im Rahmen der Erfindung liegt weiter eine zur Durchführung des erfindungsgemässen Verfahrens geeignete Thixoforming-Anlage.

Das Verfahren zur Herstellung von Formteilen aus thixotropen, d.h. teilstfesten/teilflüssigen, Metallbolzen wird als Thixoformen bezeichnet. Als Metallbolzen kommen dabei alle Bolzen aus einem in einen thixotropen Zustand überführbaren Metall in Frage. Insbesondere können die Metallbolzen aus Aluminium, Magnesium oder Zink und deren Legierungen bestehen.

Das Thixoformen thixotroper Metallegierungen ist an sich bekannt. Bei diesem Verfahren werden die thixotropen Eigenschaften teilflüssiger bzw. teilstfester Metallegierungen ausgenützt. Unter thixotropem Verhalten einer Metallegierung wird verstanden, das ein entsprechend vorbereitetes Metall sich unbelastet wie ein Festkörper verhält, unter Scherbeanspruchung seine Viskosität jedoch soweit verringert, dass es sich ähnlich einer Metallschmelze verhält. Dazu ist ein Aufheizen der Legierung in das Erstarrungsintervall zwischen Liquidus- und Solidustemperatur erforderlich. Die Temperatur ist dabei so einzustellen, dass beispielsweise ein Gefügeanteil von 20 bis 80 Gew.% aufgeschmolzen wird, der Rest jedoch in fester Form verbleibt. Beim Thixoformen wird teilstfestes/teilflüssiges Metall in der Form eines thixotropen Metallbolzens in eine üblicherweise horizontal angeordnete Füllkammer gegeben und durch Druckbeaufschlagung mittels eines Kolbens in einen Formhohlraum eingebracht bzw. eingeschossen, in welchem die thixotrope Metallegierung erstarrt.

Die Formfüllung mit dem teilstfesten/teilflüssigen Metall erfolgt beim Thixoformen als weitgehend laminare Strömung. Das Metall bildet eine geschlossene Metallfront, die die Luft in Richtung der Entlüftungskanäle vor sich herschiebt. Über diese Kanäle kann die Luft entweichen. Obwohl die Formfüllung verhältnismässig langsam erfolgt, können Luft und/oder andere Gasbestandteile im Formteil eingeschlossen werden, was insbesondere nach einer Wärmebehandlung zu Porosität und Blasen führen kann. Auch können die Entlüftungskanäle mit der Zeit zumindest teilweise durch sich ablagerndes Trennmittel verstopft werden. Dies führt zu erhöhten Gasdrücken vor der Metallfront und somit zu einer erhöhten Gasaufnahme im Formteil. Je nach Verschmutzungsgrad der Form kann demzufolge die Gasporosität in den Formteilen variieren.

Bei der Herstellung von Formteilen mit speziellen Ausbildungsformen wie beispielsweise Augen ist es unvermeidlich, dass sich zwei oder mehr Metallfronten bilden, deren Zusammentreffen zu einem lokalen Einschluss von Gasen zwischen den Fronten führen kann. Dies tritt insbesondere dann auf, wenn am Ort des Zusammentreffens der Metallfronten keine Entlüftung vorgesehen oder möglich ist, was zwangsläufig zu systematischen Fehlern führt.

Angesichts dieser Gegebenheiten haben sich die Erfinder die Aufgabe gestellt, ein Verfahren der eingangs erwähnten Art zu schaffen, mit welchem die Gasporosität in den Formteilen weiter vermindert werden kann. Des weiteren soll eine zur Durchführung des Verfahrens geeignete Thixoforming-Anlage bereitgestellt werden.

Zur erfindungsgemässen Lösung der Aufgabe führt, dass der Formhohlraum zumindest bis zum Zeitpunkt des Eintritts des Metalls in den Formhohlraum zwangsventilert wird.

Spezielle und weiterbildende Ausführungsformen der Erfindung sind Gegenstand von abhängigen Patentansprüchen.

Mit dem erfindungsgemässen Verfahren lassen sich durch Thixoformen Formteile herstellen, die gegenüber Formteilen, welche nach dem Stand der Technik hergestellt werden, eine weiter verminderte Gasporosität aufweisen. Untersuchungen haben zwar gezeigt, dass der Gasgehalt in Thixoforming-Teilen im allgemeinen ein bereits sehr tiefes Niveau aufweist und somit keine Probleme bezüglich Porosität auftreten sollten. Trotzdem kann bei bestimmten Teilen und bei sehr hohen qualitativen Anforderungen der Gasgehalt in gewissen Formteilbereichen zu hoch sein. Ein Grund für eine lokal erhöhte Gasporosität liegt beispielsweise darin, dass bei dünnwandigen Teilen die Füllgeschwindigkeit so hoch gewählt werden muss, dass die Metallfront nicht mehr kompakt ist. Darüber hinaus ist es bei bestimmten Formteilgeometrien praktisch unmöglich, Gase aus bestimmten nicht entlüftbaren Bereichen abzuleiten. Solange keine vollständige Lösungsglühlung notwendig ist, bleiben die Gase in Lösung bzw. unter sehr hohem Druck komprimiert, was keine besonderen Probleme bereitet. Wenn nun aber sehr hohe mechanische Eigenschaften erforderlich sind und somit eine Wärmebehandlung vorgenommen werden muss, können selbst kleine Mengen von Gasen, die an einer bestimmten Stelle konzentriert sind, zu Problemen führen. Die erfindungsgemäss angewendete Zwangsventilierung des Formhohlraums schafft hier Abhilfe.

Besonders gute Resultate lassen sich erzielen, wenn die Zwangsventilierung bis zur praktisch vollständigen Formfüllung aufrechterhalten wird.

Bei einer vorteilhaften Weiterbildung des Verfahrens ist die Füllkammer wärmeisolierend ausgestaltet und/oder sie wird beheizt. Mit diesen Massnahmen wird der Wärmeentzug aus dem Metallbolzen reduziert und das Metall erstarrt weniger rasch, so dass auch die Evakuierzeit verlängert werden kann.

Durch die Zwangsventilierung bzw. Evakuierung des Formhohlraums kann die Kolbenvorschubgeschwindigkeit nach dem Zeitpunkt des Eintritts des Metalls in den Formhohlraum erhöht und damit die Formfüllung beschleunigt werden, was die Herstellung von dünnwandigen Teilen ermöglicht.

Eine zur Durchführung des erfindungsgemässen Verfahrens geeignete Thixoforming-Anlage weist eine Füllkammer zur Aufnahme eines aus thixotropem Metall bestehenden Bolzens, einen an die Füllkammer anschliessenden Formhohlraum sowie einen Kolben zum Einpressen des Metallbolzens aus der Füllkammer in den Formhohlraum auf. Er-

findungsgemäss steht der Formhohlraum mit einem Vakuumbehälter in Verbindung.

Zweckmässigerweise ist zwischen dem Formhohlraum und dem Vakuumbehälter ein Stellorgan zum Öffnen und Schliessen der Verbindung zwischen dem Formhohlraum und dem Vakuumbehälter angeordnet.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform der Thixoforming-Anlage weist das Stellorgan einen Steuerungsbolzen mit einem Verschlusskopf auf, wobei der Verschlusskopf dem Öffnen und Schliessen eines unmittelbar an den Formhohlraum anschliessenden Entlüftungskanals dient.

Zur Erzielung einer guten Wärmeisolation kann die Füllkammer aus einem keramischen Werkstoff, insbesondere aus  $\text{Si}_3\text{N}_4$ , bestehen. Es ist auch möglich, die Füllkammer mit Heizeinrichtungen zu versehen. Diese Heizeinrichtungen können beispielsweise als Heizstäbe oder als Bohrungen, in welchen ein geheiztes Medium wie z.B. Öl fliesst, in der Wandung der Füllkammer angeordnet sein.

Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung eines bevorzugten Ausführungsbeispiels sowie anhand der Zeichnung; diese zeigt schematisch in

Fig. 1 einen Längsschnitt durch eine Thixoforming-Anlage mit Zwangsentlüftung;

Fig. 2 einen typischen Ablauf einer Formfüllung beim Thixoformen.

Eine in Fig. 1 dargestellte Thixoforming-Anlage 10 weist eine horizontal liegende zylinderförmige Füllkammer 12 mit einem Füllkammerhohlraum 14 auf. Eine Öffnung 18 in der Füllkammer 12 dient der Einführung eines aus thixotropem Metall bestehenden Bolzens 20 in den Füllkammerhohlraum 14. Die Verschiebung des Metallbolzens 20 innerhalb des Füllkammerhohlraums 14 erfolgt mittels eines in der Füllkammer 12 angeordneten Kolbens 16, der in Richtung der Füllkammerachse x bewegt werden kann.

Die Füllkammer 12 endet in einer festen Formplatte 22, welcher eine bewegliche Formplatte 24 gegenüber steht. Die beiden Formplatten 22, 24 nehmen je eine Formhälfte 26, 28 auf, welche im geschlossenen Zustand einen Formhohlraum 30 bilden, in welchem nach dem Erstarren des Metalls das Formteil 32 entsteht.

Der Formhohlraum 30 weist einen oder mehrere Entlüftungskanäle 34 auf, die ggf. zu einem Sammelkanal zusammengefasst sind. In der beweglichen Formplatte 24 ist ein Steuerungseinsatz 36 mit einem Steuerungsbolzen 38 angeordnet. Der Steuerungsbolzen 38 weist einen Verschlusskopf 40 zum Öffnen bzw. Schliessen des Entlüftungskanals 34 auf. Die Verschiebung des Steuerungsbolzens 38 erfolgt über einen auf der Aussenseite der beweglichen Formplatte 24 angeflanschten Betätigungszylinder 42. Mit dieser Anordnung kann die Zwangsentlüftung bis zur vollständigen Formfüllung aufrechterhalten werden. Erst bei erfolgter Formfüllung wird über den Verschlusskopf 40 des Steue-

rungsbolzens 38 der Entlüftungskanal 34 am Ende des Formhohlraums 30 verschlossen.

An den Steuerungseinsatz 36 schliesst eine Vakuumleitung 44 an, die über ein Ventil 46 mit einem Vakuumbehälter 48 verbunden ist. Der Vakuumbehälter 48 wird mit einer Vakuumpumpe 50 evakuiert und auf Unterdruck gehalten. Zur Druckkontrolle sind Manometer 52 vorgesehen.

Der als Ventil wirkende Verschlusskopf 40 des Steuerungsbolzens 38 hat mehrere Aufgaben:

– Vor der Formfüllung ist das Ventil geschlossen und die Vakuumpumpe 50 baut im Vakuumbehälter 48 einen Unterdruck auf.

– Während einer ersten Füllphase erfolgt ein gesteuertes Öffnen des Ventils und damit der Beginn der Zwangsentlüftung.

– Bei erfolgter Formfüllung wird das Ventil geschlossen, damit kein Metall in den Vakuumteil der Anlage eintritt. Das Schliessen des Ventils ist auch notwendig, damit die Formhälften 26, 28 getrennt und damit die Form geöffnet und auch der Unterdruck im Vakuumbehälter 48 wieder aufgebaut werden kann.

Das Zwangsentlüften beginnt frühestens, wenn der Kolben 16 die Öffnung 18 in der Füllkammer 12 geschlossen hat und endet spätestens, wenn das Werkzeug durch Trennung der Formhälften 26, 28 wieder geöffnet wird. Vorteilhaft und zweckmässig endet das Zwangsentlüften, sobald die Formfüllung abgeschlossen ist, d.h. der Kolben 16 sich nicht mehr bewegt. Die Zwangsentlüftung kann selbstverständlich auch früher enden. Die Ein- und Ausschaltpunkte für die Zwangsentlüftung können mittels auf der Kolbenstange angeordneter Wegaufnehmer bestimmt werden. Das Ein- bzw. Ausschalten kann aber auch zeit-, geschwindigkeit- bzw. druckgesteuert erfolgen. Eine weitere Möglichkeit ist der Einsatz von Metallfrontsensoren, die eine Schaltung auslösen, wenn die Metallfront eine bestimmte Stelle erreicht.

In Fig. 2 ist ein typischer Füllvorgang bei einer Thixoforming-Anlage mit Zwangsentlüftung dargestellt. Während einer ersten Füllphase führt der Kolben das Metall bis zum Anschnitt, während einer zweiten Füllphase, die mit dem Zeitpunkt  $t_E$  des Eintritts des Metalls in den Formhohlraum beginnt, wird der Formhohlraum mit Metall gefüllt. Typischerweise sind beim Thixoformen die beiden Füllphasen etwa gleich lang und betragen beispielsweise je 0,5 sec. Die Evakuierzeit beträgt somit weniger als 1 sec. Das Absaugen der Gase kann erst beginnen, wenn der Kolben die Einfüllöffnung geschlossen hat. Andererseits kann die Vorschubgeschwindigkeit des Kolbens nicht beliebig reduziert werden, da sonst zuviel Metall in der Füllkammer erstarren würde.

Die Aufrechterhaltung eines sehr tiefen Vakuums ist nicht erforderlich. Es genügt, die im Formhohlraum vorhandenen Gase vor und während der Formfüllung abzusaugen, damit wenig bis keine Gegendrucke durch diese Gase aufgebaut werden. Durch Versuche konnte bestätigt werden, dass zur Erzielung ausserordentlich guter Resultate bezüglich Porosität ein sehr tiefes Vakuum nicht zwingend notwendig ist.

## Patentansprüche

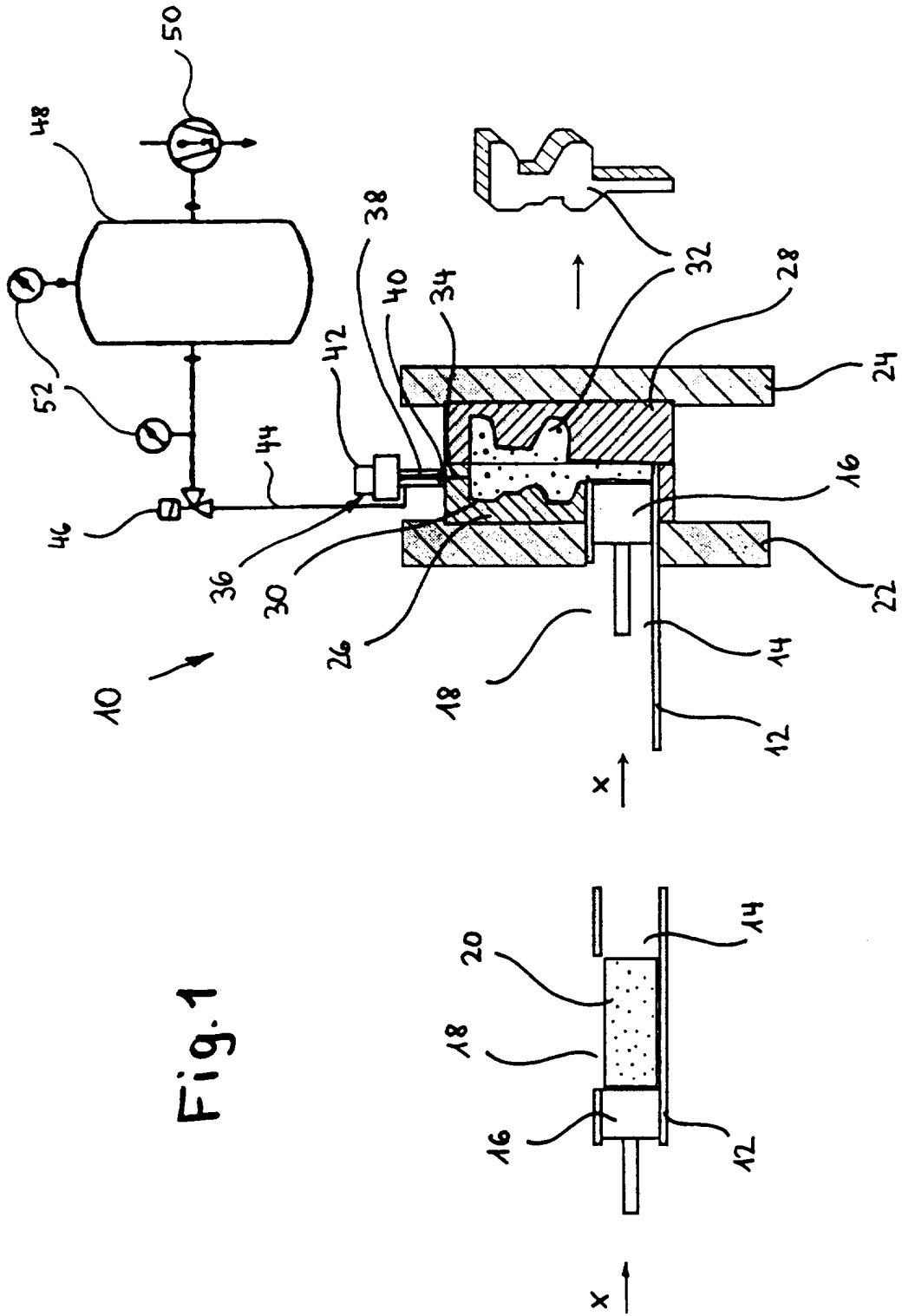
1. Verfahren zur Herstellung von Formteilen aus Metall durch Einpressen eines aus thixotropem Metall bestehenden Bolzens (20) mit einem Kolben (16) aus einer Füllkammer (12) in einen Formhohlraum (30), dadurch gekennzeichnet, dass der Formhohlraum (30) zumindest bis zum Zeitpunkt ( $t_E$ ) des Eintritts des Metalls in den Formhohlraum (30) zwangsentlüftet wird. 5
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Zwangsentlüftung bis zur vollständigen Füllung des Formhohlraums (30) mit Metall aufrechterhalten wird. 10
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Füllkammer (12) wärmeisolierend ausgestaltet ist und/oder beheizt wird. 15
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Kolbenvorschubgeschwindigkeit nach dem Zeitpunkt ( $t_E$ ) des Eintritts des Metalls in den Formhohlraum (30) erhöht wird. 20
5. Thixoforming-Anlage zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 4, mit einer Füllkammer (12) zur Aufnahme eines aus thixotropem Metall bestehenden Bolzens (20), einem an die Füllkammer (12) anschliessenden Formhohlraum (30) sowie einem Kolben (16) zum Einpressen des Metallbolzens (20) aus der Füllkammer (12) in den Formhohlraum (30), dadurch gekennzeichnet, dass der Formhohlraum (30) mit einem Vakuumbehälter (48) in Verbindung steht. 25
6. Thixoforming-Anlage nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen dem Formhohlraum (30) und dem Vakuumbehälter (48) ein Stellorgan zum Öffnen und Schliessen der Verbindung zwischen dem Formhohlraum (30) und dem Vakuumbehälter (48) angeordnet ist. 30
7. Thixoforming-Anlage nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Stellorgan einen Steuerbolzen (38) mit einem Verschlusskopf (40) aufweist, wobei der Verschlusskopf (40) dem Öffnen und Schliessen eines unmittelbar an den Formhohlraum (30) anschliessenden Entlüftungskanals (34) dient. 35
8. Thixoforming-Anlage nach einem der Ansprüche 5 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Füllkammer (30) aus einem keramischen Werkstoff, insbesondere aus  $Si_3N_4$ , besteht. 40
9. Thixoforming-Anlage nach einem der Ansprüche 5 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Füllkammer (30) Heizeinrichtungen aufweist. 45

55

60

65

4



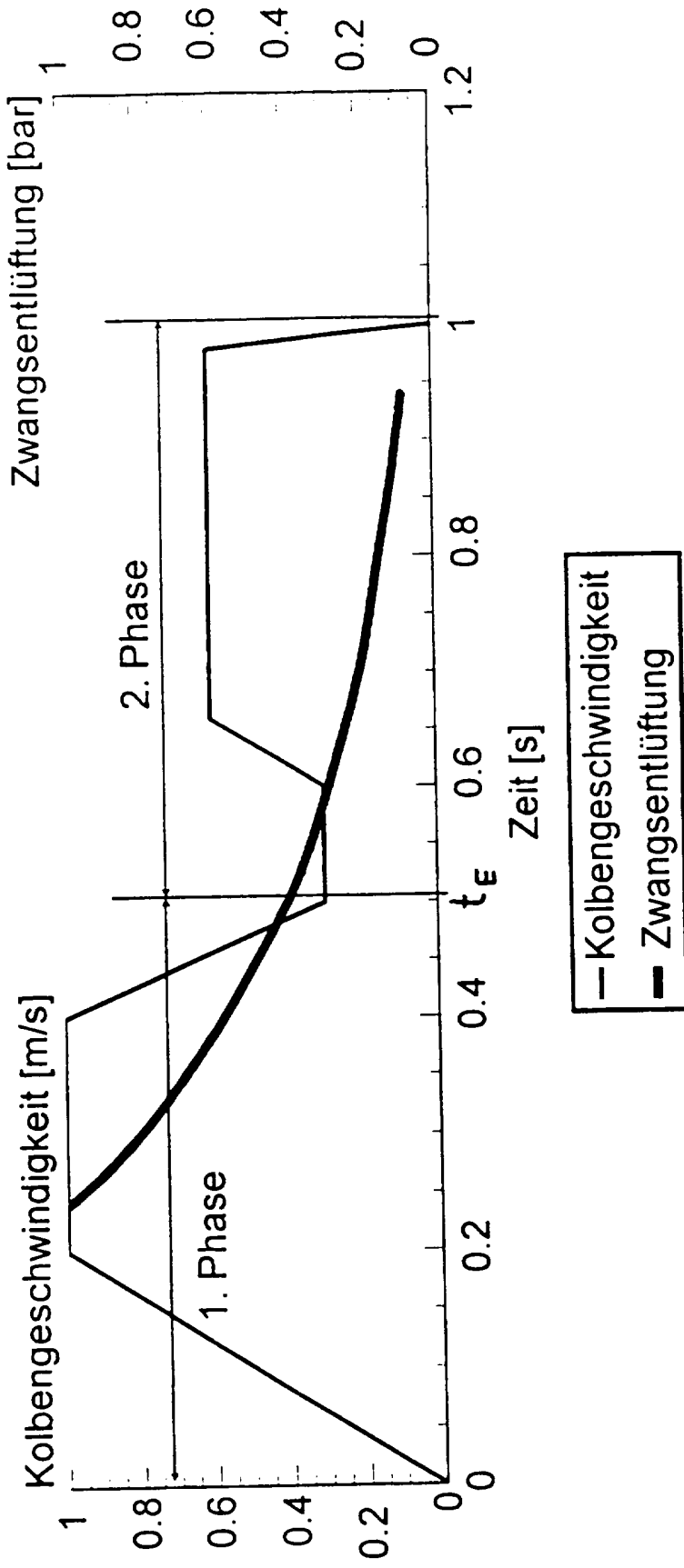


Fig.2