



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
18.10.2023 Patentblatt 2023/42

(21) Anmeldenummer: **23167650.3**

(22) Anmeldetag: **13.04.2023**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
C21D 1/18 (2006.01) C21D 1/62 (2006.01)
C21D 9/32 (2006.01) C21D 1/673 (2006.01)
C21D 9/06 (2006.01) C21D 9/34 (2006.01)
C21D 9/40 (2006.01) C21D 11/00 (2006.01)

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
C21D 1/18; C21D 1/62; C21D 1/673; C21D 9/06;
C21D 9/32; C21D 9/34; C21D 9/40; C21D 11/005

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC ME MK MT NL
NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

(30) Priorität: **14.04.2022 DE 102022109254**

(71) Anmelder: **Aerospace Transmission Technologies**
88046 Friedrichshafen (DE)

(72) Erfinder: **Taylor, Ben**
88214 Ravensburg (DE)

(74) Vertreter: **Zöschinger, Christian**
Aerospace Transmission Technologies GmbH
Adelheidstraße 40
88046 Friedrichshafen (DE)

(54) **VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUR FERTIGUNG WÄRMEBEHANDELTHER WERKSTÜCKE, INSBESONDERE SCHRÄG VERZAHNTER ZAHNRÄDER SOWIE STEUEREINRICHTUNG HIERZU**

(57) Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung zur Bewerkstellung der Härtung eines zunächst aufgeheizten Werkstücks mit einem Werkzeugsatz, zur Bildung eines der Aufnahme des Werkstücks dienenden Werkstückaufnahme-raumes, einer Beaufschlagungs-einrichtung, zur Inkontaktbringung des Werkstückes mit einem Abschreckmedium in dem Werkstückaufnahme-raum, einem Stützwerkzeug, zur Bereitstellung einer das Werkstück gegen eine Verformung stützenden Wandung, einer Entkoppelungsmechanik, zur Entkoppelung des Stützwerkzeuges und des Werkstückes und einer Steuereinrichtung zur Ansteuerung der Entkoppelungs-mechanik und der Beaufschlagungseinrichtung, wobei die Steuereinrichtung derart konfiguriert ist, dass diese nach einer ersten Phase der Werkstückbeaufschlagung mit dem Abschreckmedium eine Entkoppelung des Stützwerkzeuges von dem Werkstück veranlasst und im Rahmen einer zweiten Phase der Werkstückbeaufschlagung ein von dem Stützwerkzeug freigegebener Wandungsbereich des Werkstücks mit dem Abschreckmedi-um beaufschlagt wird. Die Erfindung umfasst weiterhin jene Steuereinrichtung an sich sowie einen Werkzeug-satz und ein nach Maßgabe der Steuereinrichtung ab-gearbeitetes Verfahren.

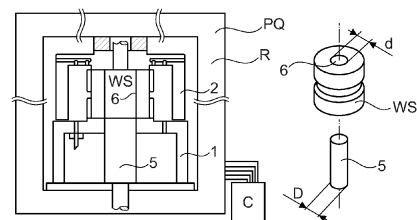
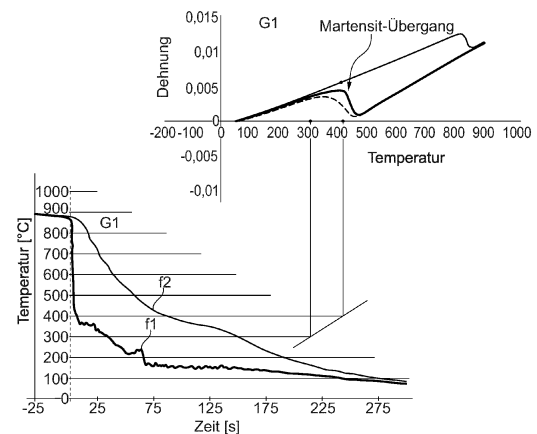


Fig. 1a

Beschreibung

Gebiet der Erfindung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Fertigung wärmebehandelter Werkstücke, insbesondere zur Fertigung zweireihiger, schräg verzahnter Zahnräder für ein Umlaufrädergetriebe eines Triebwerks. Weiterhin bezieht sich die Erfindung auch auf eine Steuereinrichtung zur Bewerkstelligung einer Ablaufsteuerung zur Abarbeitung des genannten Verfahrens.

Hintergrund der Erfindung

[0002] Zweireihig schräg verzahnte Zahnräder, wie sie insbesondere in Umlaufrädergetrieben von Flugzeugtriebwerken Anwendung finden, werden im Rahmen ihrer Herstellung einer Aufkohlbearbeitung unterzogen, in deren Verlauf sich im Randbereich eines nahezu auf Endmaß vorgefertigten Zahnradkörpers eine Randschicht mit entsprechend erhöhtem Kohlenstoffgehalt und damit veränderten Werkstoffeigenschaften ergibt. Die aufgekohlten Zahnräder werden im Nachgang zu einer Werkstückaufheizung in eine Härtepresse verbracht, in dieser unter Einsatz eines als Stützwerkzeug fungierenden Dornes von innen her gestützt und durch axiale Pressung zwischen Strukturen eines Oberwerkzeuges und eines Unterwerkzeug axial belastet, d.h. formsteif eingespannt. Das derart durch den Dorn und die axiale Einspannung gegen Verformung jeweils in der Härtepresse gesicherte Werkstück wird abgeschreckt, indem das Werkstück unter Realisierung einer hohen Wärmetransferrate mit einem Kühlmedium beaufschlagt wird. Im Rahmen dieser Abschreckbehandlung wird das jeweilige Werkstück auf eine Abschreckzieltemperatur gekühlt die typischerweise der Raumtemperatur - oder in etwa der Temperatur des Abschreckmediums, entspricht. Nach Abkühlung des Werkstückes auf die Abschreckzieltemperatur wird der in dem Werkstück sitzende und das Werkstück stützende Dorn aus dem Werkstück ausgepresst. Der Dorn ist hierbei auf die Geometrie der während der Abschreckung abzustützenden Bohrung derart abgestimmt, dass die nach Schwindung des zunächst thermisch gedehnten Werkstückes eingetretene Pressung des Dornes noch ein Auspressen desselben bei Raumtemperatur ermöglicht. Das von dem Dorn befreite Werkstück kann dann weiteren Behandlungs- und Bearbeitungsschritten zur Gefügebehandlung sowie zur Erlangung der Endgeometrie unterzogen werden.

Aufgabe der Erfindung

[0003] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, Lösungen aufzuzeigen, durch welche es möglich wird durch Presshärten gehärtete Werkstücke, insbesondere Zahnräder zu schaffen, die sich durch einen gegenüber bisherigen Herangehensweisen weiter verminderten Bau-

teilsverzug oder eine umfassendere Durchhärtung auszeichnen, so dass diese in zuverlässig reproduzierbarer Weise mit engen Formtoleranzen gefertigt werden können.

Erfindungsgemäße Lösung

[0004] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch eine Vorrichtung zur Bewerkstelligung der Härtung eines zunächst aufgeheizten Werkstücks mit:

- einem Werkzeugsatz, zur Bildung eines der Aufnahme des Werkstücks dienenden Werkstückaufnahme-
raumes,
- einer Beaufschlagungseinrichtung, zur Inkontakt-
bringung des Werkstückes mit einem Abschreckme-
dium in dem Werkstückaufnahme-
raum,
- einem Stützwerkzeug, zur Bereitstellung einer das
Werkstück gegen eine Verformung stützenden Wan-
dung,
- einer Entkoppelungsmechanik, zur Entkoppelung
des Stützwerkzeuges und des Werkstückes,
- einer Steuereinrichtung zur Ansteuerung der Ent-
koppelungsmechanik und der Beaufschlagungsein-
richtung,
- wobei die Steuereinrichtung derart konfiguriert ist,
dass diese nach einer ersten Phase der Werkstück-
beaufschlagung mit dem Abschreckmedium eine
Entkoppelung des Stützwerkzeuges von dem Werk-
stück veranlasst und im Rahmen einer zweiten Pha-
se der Werkstückbeaufschlagung ein von dem
Stützwerkzeug freigegebener Wandungsbereich
des Werkstücks mit dem Abschreckmedium beauf-
schlagt wird.

[0005] Dadurch wird es auf vorteilhafte Weise möglich, ein aus einem Stahlwerkstoff gefertigtes Werkstück in der Phase der Martensitumwandlung durch das Stützwerkzeug mit engen Toleranzen zu stützen und den Werkstücksverzug in diese Phase der Gefügeumwandlung in einer gegenüber bisherigen Herangehensweisen verbesserten Weise zu reduzieren. Einer bei dieser Maßabstimmung von Werkstück und Stützwerkzeug unzulässigen Pressung wird entgegengetreten, indem das Stützwerkzeug nach der Martensitumwandlung bei einer noch vergleichsweise hohen Werkstücktemperatur und einer hierbei noch vorhandenen ausgeprägten thermischen Weitung aus dem Werkstück ausgepresst wird.

[0006] Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung wird die eingangs angegebene Aufgabe erfindungsgemäß auch gelöst durch ein Verfahren zur Härtung eines zunächst aufgeheizten Werkstücks, das eine Innenöffnung aufweist, bei welchem:

- im Rahmen eines vorbereitenden Verfahrensschrit-
tes ein Stützwerkzeug in jene Innenöffnung des auf-
geheizten Werkstücks eingebracht wird,
- im Rahmen eines Abschreckschrittes das Werk-

stück mit einem Abschreckmedium beaufschlagt wird,

- das Werkstück durch das Abschreckmedium auf eine Abschreckzieltemperatur gekühlt wird und
- im Rahmen eines der Stützwerkzeugentformung dienenden Verfahrensschrittes, das Stützwerkzeug aus der Innenöffnung ausgebracht wird, wobei
- die Ausbringung des Stützwerkzeuges aus der Innenöffnung des Werkstücks nach Einleitung des Abschreckschrittes derart abgestimmt erfolgt, dass vor Erlangung der Abschreckzieltemperatur das Stützwerkzeug aus der Innenöffnung des Werkstücks bereits ausgebracht ist.

[0007] Gemäß einer besonders vorteilhaften Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens, wird das Werkstück vor Einleitung des Abschreckschrittes in der Härtepresse durch das Werkstück unter Druckbelastung kontaktierende Strukturen formstabil eingespannt. Hierdurch wird das Werkstück auch in Zonen abgestützt, die von dem durch seine eigene Formsteifigkeit stützend wirkenden Stützwerkzeug weiter beabstandet sind. Insbesondere wird das Werkstück hierbei gegen Geometrieänderungen durch Bauteilsverzug gestützt, insbesondere Geometrieänderungen bei welchen das Werkstück gegenüber seiner Sollgeometrie ausbaucht oder sich krümmt.

[0008] Vorzugsweise wird das erfindungsgemäße Verfahren derart abgewickelt, dass die Ausbringung des Stützwerkzeuges aus dem Werkstück noch in einem in der Presse eingespanntem Zustand des Werkstücks erfolgt. Hierdurch wird in dem durch die Werkstückspannung gestützten Werkstückbereich weiterhin einer Verformung entgegengetreten. Die Spannung des Werkstücks kann durch axiale Belastung, d.h. Druckbelastung des Werkstücks in Entformungsrichtung des durch seine eigene Struktursteifigkeit stützend wirkenden Stützwerkzeuges erfolgen.

[0009] Es ist auch möglich, die Pressung oder Einspannung des Werkstückes in der Härtepresse so abzustimmen, dass bei Ausbringung des Stützwerkzeuges die axiale Spannung des Werkstückes definiert reduziert wird. Hierdurch wird es möglich, den durch die mittels der Härtepresse verursachten Pressungsbeitrag zu der auf der Schwindung des Werkstücks generierten Pressung zwischen Werkstück und Stützwerkzeug temporär zu reduzieren.

[0010] Das Zusammenfügen des Werkstückes und des Stützwerkzeuges kann erfolgen, indem das Werkstück auf das Stützwerkzeug aufgesetzt oder in dieses eingesetzt wird. Das Zusammenfügen des Stützwerkzeuges und des Werkstückes kann auch erfolgen, indem das Stützwerkzeug in das hierbei festgehaltene Werkstück eingebracht, insbesondere eingefahren wird.

[0011] Die zeitliche Historie des Zusammenbringens des Werkstückes mit dem Stützwerkzeug wird vorzugsweise durch Einsatz Antriebsorganen nach Maßgabe eines definierten Prozessablaufes für gleichartige Werk-

stücke identisch abgewickelt. Es ist hierbei möglich, nach dem Zusammenbringen von Werkstück und Stützwerkzeug eine Zeitspanne vorzusehen, in welcher sich das Stützwerkzeug unter Einfluss der Eigenwärme des Werkstückes erhitzt und dabei weitet, so dass es in dieser Phase bereits zu einer Spielreduzierung oder auch zu einer definierten Übergangs- oder Presspassung zwischen dem Stützwerkzeug und dem Werkstück kommt. Nach dieser Phase erfolgt nach Maßgabe eines vorgegebenen Ablaufes die Inkontaktbringung des Werkstücks mit dem Abschreckmedium. In einer ersten zeitlichen Phase in welcher das Werkstück mit dem Abschreckmedium in Kontakt tritt, erfolgt eine Wärmetransfer teilweise unter Filmverdampfung. Diese Phase kann verfahrenstechnisch detektiert werden, sie ist insbesondere akustisch sowie durch Druckschwankungen im Abschreckmedium detektierbar. Es ist möglich, das Ende dieser Phase der Filmverdampfung zu erkennen und für die Auseinanderbringung von Werkstück und Stützwerkzeug ein Verfahrenskonzept umzusetzen, das auf diesen Zeitpunkt des Abschreckprozesses abstellt oder diesen berücksichtigt. Es ist auch möglich, den thermischen Zustand des Werkstückes oder dessen laufende Veränderung anderweitig zu erfassen und die hierbei erhobenen Signale der Ermittlung eines Zeitpunktes für das Auseinanderbringen von Werkstück und Stützwerkzeug zugrunde zu legen.

[0012] Das erfindungsgemäße Verfahren wird gemäß einem besonderen Aspekt der vorliegenden Erfindung derart ausgeführt, dass die Ausbringung des Stützwerkzeuges bei einer definierten Zwischentemperatur erfolgt. Diese Zwischentemperatur wird vorzugsweise messtechnisch erfasst. Diese Erfassung kann in vorteilhafter Weise durch Messung der Temperatur des Abschreckmediums erfolgen, nachdem dieses mit dem Werkstück in Kontakt gelangt ist, insbesondere im Bereich eines werkstücknahen Kanalabschnittes. Es ist möglich, das Verfahren so abzuwickeln, dass das Auseinanderbringen von Werkstück und Stützwerkzeug, insbesondere die Ausbringung des Stützwerkzeuges durch Auspressen oder Herausziehen desselben bei Vorliegen einer definierten Austrittstemperatur des Abschreckmediums erfolgt.

[0013] Das erfindungsgemäße Verfahren wird gemäß einem besonderen Aspekt der vorliegenden Erfindung vorzugsweise derart abgewickelt, dass die Entkoppelung von Werkstück und Stützwerkzeug, insbesondere die Ausbringung des Stützwerkzeuges aus dem Werkstück bei einer Temperatur des Werkstücks in einem Temperaturbereich nahe dem Martensitbildungsübergangsbereich, jedoch unter diesem erfolgt.

[0014] Die Entkoppelung von Werkstück und Stützwerkzeug, insbesondere die Ausbringung des Stützwerkzeuges kann auch zeitlich derart abgestimmt erfolgen, dass diese bei einem definierten Schwindungszustand des Werkstückes erfolgt, der hierzu vorzugsweise messtechnisch erfasst wird. Dieser definierte Schwindungszustand stellt sich als Übermaßzustand gegenü-

ber dem Zustand des Werkstückes bei der Abschreckzieltemperatur dar.

[0015] Das erfindungsgemäße Verfahren wird weiterhin vorzugsweise derart abgewickelt, dass nach dem Ausbringen des Stützwerkzeuges die Inkontaktbringung von Werkstück und Abschreckmedium, insbesondere durch Beaufschlagung des Werkstückes mit dem Abschreckmedium fortgesetzt wird. Hierbei kann in vorteilhafter Weise auch der zunächst vom Stützwerkzeug ausgefüllte Raumbereich von dem Abschreckmedium durchströmt werden. Es ist auch möglich, nach dem Ausbringen, insbesondere Auspressen des Stützwerkzeuges ein weiteres Stützwerkzeug in das Werkstück einzusetzen, das hinsichtlich seiner Abmessungen auf den Schwindungszustand bei Erreichen der Abschreckzieltemperatur abgestimmt ist. Dieses Einsetzen kann erfolgen, indem das auf den Dehnungszustand in stark erwärmten Zustand abgestimmte, d.h. "überdimensionierte" Stützwerkzeug durch ein auf die Abschreckzieltemperatur abgestimmtes Stützwerkzeug ersetzt, insbesondere durch dieses ausgepresst wird.

[0016] Das erfindungsgemäße Verfahren eignet sich insbesondere für die Behandlung von Werkstücken bei welchen sich die Innenöffnung als zylindrische Bohrung darstellt. Das Stützwerkzeug ist dann durch einen Dorn gebildet, der hinsichtlich seiner Abmessungen beispielsweise auf den gegenüber der Dehnung vor Abschreckung eingetretenen intermediären Schwindungszustand des Werkstücks knapp unterhalb der Martensitumwandlung abgestimmt ist.

[0017] Es ist auch möglich, im Rahmen des Abschreckprozesses den Sitz- oder Pressungszustand zwischen Dorn und Werkstück zu erfassen, indem die Ausbringung des Dornes eine erste vergleichsweise langsame Bewegungsphase, ggf. mit einer Rückstellung umfasst, in deren Rahmen hinsichtlich der Auspresskraft indikative Signale erfasst werden wobei die Auspressgeschwindigkeit erhöht wird, sobald ein definierter Auspresskraftschwellwert erreicht wird.

[0018] Als Abschreckmedium wird in vorteilhafter Weise ein definiert temperiertes Fluid, insbesondere Öl verwendet. Die Abschreckzieltemperatur entspricht vorzugsweise zumindest annähernd der Zuleitungstemperatur des Abschreckmediums die wiederum vorzugsweise im Bereich der Raumtemperatur oder auch bis zu 90°C darüber liegen kann.

[0019] Das erfindungsgemäße Verfahren wird vorzugsweise derart abgewickelt, dass die Ausbringung des Stützwerkzeuges aus dem Werkstück in einem Werkstücktemperaturbereich zwischen 260°C und 190 °C erfolgt. Bei hoch gewählten Temperaturen für die Entkoppelung von Werkstück und Stützwerkzeug, insbesondere die Entfernung des Stützwerkzeuges, beispielsweise in Form eines Dornes kann das Stützwerkzeug relativ groß dimensioniert werden und damit eine hohe Stützwirkung im hohen Temperaturbereich entfalten. Wird die Temperatur für die Ausbringung des Stützwerkzeuges, insbesondere des Dornes aus dem Werkstück niedriger

gewählt, so ist das Stützwerkzeug oder der Dorn entsprechend kleiner zu dimensionieren. Die Ausbringung des Stützwerkzeuges kann dann beispielsweise bei einer Werkstücktemperatur von 200°C erfolgen. Bei diesem Temperaturwert herrscht noch eine erhebliche thermische Dehnung des Werkstückes, es tritt jedoch nach Entfernung des Stützwerkzeuges insbesondere des Dornes kein signifikanter Bauteilsverzug mehr ein.

[0020] Vorzugsweise werden das Stützwerkzeug und die Innenöffnung geometrisch derart aufeinander abgestimmt, dass eine für das Auspressen grenzwertige Entformungs- oder Entkoppelungskraft vor Abkühlung auf die Abschreckzieltemperatur erreicht und zur Verlagerung des Stützwerkzeuges überwunden wird. Die zeitliche Lage des Beginns der Ausbringung des Stützwerkzeuges kann in vorteilhafter Weise auch durch eine Modellierung des Abschreckvorganges errechnet werden, so dass das Verfahren mit erwartungsgemäß zutreffenden Parametern durchgeführt werden kann und eine weitere Optimierung nur allenfalls kleine Korrekturen erfordert.

[0021] Soweit die Entkoppelung von Werkstück und Stützwerkzeug, insbesondere die Ausbringung des Stützwerkzeuges nach einer rein zeitlichen Steuerung erfolgt, erfolgt diese vorzugsweise innerhalb des mittleren Drittels oder des vorletzten Viertels der nach erstem Zugang des Abschreckmediums bis zur Erreichung der Werkstückzieltemperatur laufenden Abschreckzeit.

[0022] Soweit bei der Ausbringung des Stützwerkzeuges auf den Gefügezustand des Werkstückes abgestellt wird, erfolgt bei Werkstücken die aus einem Stahlwerkstoff gefertigt sind, die Ausbringung nach weitgehendem Abschluss der Martensitumwandlung.

[0023] Die Abschreckung des Werkstückes kann in vorteilhafter Weise derart abgewickelt werden, dass diese durch zeitliche gesteuerte Beaufschlagung definierter Bereiche des Werkstücks mit Abschreckmedien erfolgt. Es können beispielsweise die für die Pressung des Stützwerkzeuges, insbesondere des Dornes weniger relevanten Zonen des Werkstückes primär abgeschreckt werden, die für die Schwindung des Werkstückes im Umgebungsbereich des Stützwerkzeuges, insbesondere des Dornes relevanten Zonen können zeitlich nachrangig abgeschreckt werden.

[0024] Die Abwicklung des erfindungsgemäßen Verfahrens erfolgt vorzugsweise unter Einsatz einer Härtepresse zur Fertigung wärmebehandelter Werkstücke die eine Innenöffnung aufweisen, mit:

- einem Untergesenk, das eine Gesenkbodenfläche bereitstellt und
- einem Obergesenk, das eine Gesenckdeckelfläche bereitstellt, wobei
- zwischen dem Untergesenk und dem Obergesenk ein Werkstückaufnahme- und -abgabe- und das Obergesenk und das Untergesenk in Richtung einer Pressachse unter Einspannung eines Werkstückes in dem Werkstückaufnahme- und -abgabe-raum gegeneinander

drängbar sind und

- einem Stützwerkzeug, insbesondere in Form eines Dornes das in eine Innenöffnung des Werkstückes einsetzbar ist und derart auf die Bauteilsgeometrie abgestimmt ist, dass durch dieses das Werkstück gegen Verzug gestützt wird indem sich im Rahmen des Abschreckprozesses zwischen Werkstück und Stützwerkzeug eine Pressung einstellt.

[0025] Das Stützwerkzeug ist hierbei zur Geometrie der Innenöffnung komplementär ausgebildet und in jene Innenöffnung des aufgeheizten Werkstücks ffügbar.

[0026] Die Härtepresse umfasst eine Abschreckeinrichtung durch welche das Werkstück mit einem Abschreckmedium in Kontakt bringbar ist, zur Bewerksstellung eines rapiden Wärmetransfers aus dem Werkstück und Abkühlung des Werkstückes durch das Abschreckmedium auf eine Abschreckzieltemperatur.

[0027] Das Stützwerkzeug ist hinsichtlich seiner geometrischen Abmessungen auf einen Dehnungszustand des Werkstücks abgestimmt, der sich bei einer Werkstücktemperatur in der oberen Hälfte des Temperaturbereiches zwischen der Abschreckzieltemperatur und dem Martensitumwandlungsbereich ergibt.

[0028] Das Stützwerkzeug ist vorzugsweise gegenüber den Abmessungen der Innenöffnung bei Abschreckzieltemperatur um 0,4% überdimensioniert.

[0029] Das Stützwerkzeug kann innere Kühlkanäle aufweisen, so dass das Stützwerkzeug noch vor der vollständigen Abkühlung des Werkstückes auf oder unter die Abschreckzieltemperatur des Werkstückes abkühlbar ist.

[0030] Es ist möglich, die Härtepresse so zu gestalten, dass in einem Bereich der Gesenkbodenfläche und/oder einem Bereich der Gesenkdeckelfläche eine Komplementärgeometrie ausgebildet ist, die auf Interimsgeometrien des jeweiligen Werkstücks abgestimmt ist, derart, dass das Werkstück durch das Zusammenspiel der Interimsgeometrie und der gesenkseitigen Komplementärgeometrie in der Härtepresse radial zur Pressachse positioniert ist.

[0031] Dadurch wird es auf vorteilhafte Weise möglich, ein Werkstück über Außenzonen einzuspannen, die primär als Absorptionszonen fungieren durch welche eine Aufkohlung von bestimmten Werkstückbereichen vermieden wird.

[0032] Vorzugsweise ist die erfindungsgemäße Härtepresse derart gestaltet, dass sich die gesenkseitige Komplementärgeometrie als flache Ringnut darstellt. So können insbesondere in dem Obergesenk und dem Untergesenk zwei einander gegenüberliegende und einander zugewandte Ringnuten ausgebildet werden. Die werkstückseitige Interimsgeometrie stellt sich dann vorzugsweise als Ringscheiben- oder Ringstegabschnitt dar.

[0033] Nach diesem Konzept wird das Werkstück an seinen Interimsgeometrien axial zwischen den einander zugewandten Ringflächen der Ringnuten gespannt. Diese Ringflächen können als Planflächen gestaltet sein.

[0034] Nach dem erfindungsgemäßen Konzept erfolgt das Entkoppeln von Werkstück und Stützwerkzeug, insbesondere das Herausfahren eines als Dorn gestalteten Stützwerkzeuges bei Erfüllung eines Kriteriums. Dieses Kriterium kann ohne dass diese Aufzählung abschließend ist, insbesondere die Temperatur des Werkstücks, die Zeit, eine Pressung, eine Schwindung, ein Gefügestand, eine Energiemenge die abgeführt ist, ein Punkt, und/oder ein Bereich, und/oder ein Konturabschnitt im thermischen Abkühlprofil des Werkstücks, und/oder ein Temperaturwert des Abkühlmediums sein.

[0035] Durch das erfindungsgemäße Konzept wird erreicht, dass die für die Abstützung des Werkstücks in der Hochtemperaturphase des Abschreckprozesses herangezogenen Geometrien des Stützwerkzeuges bei der Abkühlung des Werkstücks auf Werkstückzieltemperatur keinen unzulässig festen Sitz des Stützwerkzeuges in dem Werkstück verursachen.

[0036] Durch das erfindungsgemäße Konzept wird bei Werkstücken, die aus einem Stahlwerkstoff bestehen eine hohe und enge tolerierte Stützwirkung und damit ein vorteilhafter Formerhalt des Werkstücks für die verformungskritischste Phase des Abschreckprozesses erreicht. Das Stützwerkzeug ist auf einen thermischen Dehnungszustand des Werkstücks ausgelegt, der sich bei einer noch erheblichen Bauteiltemperatur ergibt, der jedoch schon unter dem Temperaturwert liegt, bei welchem eine geforderte Gefügestandumwandlung eingetreten ist.

[0037] Die Entkoppelung von Werkstück und Stützwerkzeug erfolgt durch eine Relativbewegung dieser Bauteile gegeneinander unter Überwindung einer reibschlüssig präsenten Kopplungskraft. Das erfindungsgemäße Konzept wird vorzugsweise derart umgesetzt, dass die Entkoppelung von Werkstück und Stützwerkzeug in einem thermischen Zustand des Werkstückes erfolgt in welchem die Koppelungskraft noch unter einem kritischen Wert, beispielsweise einer apparatetechnisch zuverlässig bereitstellbaren und übertragbaren Kraft liegt oder unter einem Kraftwert liegt bei welchem ein signifikanter Verschleiß des Stützwerkzeuges oder eine Beschädigung des Werkstückes zu erwarten ist.

[0038] Die Inkontaktbringung des Werkstückes mit dem Abschreckmedium kann erfolgen, indem ein das Werkstück umsäumender Raumbereich mit dem Abschreckmedium erfüllt wird. Diese Erfüllung kann durch Zuleitung des Abschreckmediums oder durch Tauchen des Werkstücks oder Heben eines Pegels des Abschreckmediums erfolgen.

[0039] Wie oben ausgeführt, kann nach dem erfindungsgemäßen Konzept, insbesondere bei einem aus einem metallischen Werkstoff - hierbei wiederum insbesondere Stahl gefertigten Werkstück die Entkoppelung von Werkstück und Stützwerkzeug erfolgen nachdem in dem Werkstück die Bildung von martensitischem Gefüge weitgehend beendet ist. Martensit ist ein metastabiles Gefüge, das diffusionslos und athermisch durch eine kooperative Scherbewegung aus dem Ausgangsgefüge

entsteht. Dabei muss das Material von der Temperatur einer Hochtemperaturphase (bei Stahl: γ -Phase, Austenit) unter die Gleichgewichtstemperatur zu einer Niedertemperaturphase (bei Stahl: α -Phase, Ferrit) abgeschreckt werden. Die Unterkühlung unter die Gleichgewichtstemperatur muss tief genug sein, um die notwendige Triebkraft für die athermische Phasenumwandlung zu erzeugen. Die Abkühlung muss schnell genug erfolgen, um Diffusionsvorgänge zu verhindern. Die notwendige Unterkühlung und Abkühlgeschwindigkeit sind stark vom betrachteten Material (bei Stahl von den Legierungselementen) abhängig und variieren über einen weiten Bereich. Wird die Hochtemperaturphase metastabil konserviert, kann sie sich spannungs- oder dehnungsinduziert in Martensit umwandeln (sog. Restaustenitumwandlung bei Stählen). Martensitische Umwandlungen kommen bei unlegierten und legierten Stählen, sowie auch bei vielen Nichteisen-Metallen, Keramiken und Polymeren vor und sind kein rein auf Metalle beschränktes Phänomen. Für Stähle ist die martensitische Umwandlung eine häufig genutzte Möglichkeit der Eigenschaftsbeeinflussung

Kurzbeschreibung der Figuren

[0040] Weitere Einzelheiten und Merkmale der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung in Verbindung mit der Zeichnung. Es zeigt:

Figur 1a eine Darstellung zur Erläuterung des erfindungsgemäßen Konzeptes der Bewerksstellung einer Abschreckpresshärtung unter Einsatz eines Stützwerkzeuges das auf einen thermischen Dehnungszustand eines Werkstückes oberhalb einer Abschreckzieltemperatur ausgelegt ist;

Figur 1b ein Ablaufdiagramm zur Veranschaulichung des Ablaufs eines unter Einsatz einer erfindungsgemäß konfigurierten Härtepresse abgewickelten Fertigungsverfahrens;

Figur 2 eine vereinfachte Axialschnittdarstellung des Werkzeugsatzes einer Härtepresse in geöffnetem Zustand sowie einem mit einem bereits in den Werkzeugsatz eingesetzten Werkstück;

Figur 3 eine vereinfachte Axialschnittdarstellung des Werkzeugsatzes nunmehr in geschlossenem, Zustand mit dem im Inneren aufgenommenen, noch nicht voll gespannten Werkstück;

Figur 4 eine weitere Axialschnittdarstellung des Werkzeugsatzes in geschlossenem, Zustand nunmehr mit einem in das Werkstück eingefahrenen "überdimensionierten" Dorn,

wobei das Werkstück zusätzlich zu der inneren Abstützung durch den Dorn auch durch Pressung des Werkzeugsatzes axial gespannt ist;

Figur 5 eine Darstellung des Werkzeugsatzes im Rahmen der ersten Phase der Abschreckprozedur;

Figur 6 eine Darstellung des Werkzeugsatzes in einem Zustand mit dem aus dem erst teilabgeschreckten Werkstück bereits ausgepressten Dorn;

Figur 7 eine Darstellung des Werkzeugsatzes im Rahmen der zweiten Phase der Abschreckprozedur;

Figur 8 eine Axialschnittdarstellung des Werkzeugsatzes in geöffnetem Zustand sowie einem vollständig auf Raumtemperatur abgeschreckten ausgabebereiten Werkstück.

Ausführliche Beschreibung der Figuren

[0041] Die Darstellung nach Figur 1a dient der Veranschaulichung des erfindungsgemäßen Konzeptes für die Bewerksstellung einer Abschreckpresshärtung eines Werkstückes WS in einer Härtepresse PQ, wobei hier das Werkstück beispielhaft aus einem Stahlwerkstoff gebildet ist.

[0042] Der Werkstoff des Werkstückes WS hat die Eigenschaft, dass im Rahmen eines Abschreckvorganges eine Gefügeumwandlung unter Bildung von Martensit eintritt. Diese Martensitumwandlung ist wie aus der Grafik G1 hervorgeht bei einer Temperatur von etwa 380°C abgeschlossen.

[0043] Der Abschreckvorgang wird durch aktive Kontaktierung des Werkstückes WS mit einem Abschreckmedium, insbesondere Öl bewerkstelligt. Dieses Öl wird für den Abschreckvorgang auf einem definierten Temperaturniveau bereitgehalten. Dieses Temperaturniveau beträgt beispielsweise 40° und entspricht dabei auch der nachfolgend als Abschreckzieltemperatur bezeichneten Temperatur auf welche das Werkstück WS zumindest annähernd abgekühlt wird.

[0044] Die in die Darstellung nach Figur 1a eingebundene Grafik G2 veranschaulicht den Temperaturverlauf des Werkstückes im Rahmen des Abschreckprozesses. Der untere Graph f1 zeigt hierbei den Abfall der Temperatur des Werkstücks WS unmittelbar in dem von dem Abschreckmedium beaufschlagten Bereich. Der Graph f2 zeigt die über das gesamte Volumen des Werkstücks WS gemittelte Werkstücktemperatur. Wie aus dieser Darstellung erkennbar, weist der Verlauf der gemittelten Werkstücktemperatur bei einer Temperatur von 350° ein Plateau auf. Dieses Plateau korrespondiert mit dem Martensitübergang des Werkstoffes des Werkstückes WS.

Dieser Temperaturzustand wird im Rahmen des Abschreckvorganges zügig erreicht, hier beispielhaft nach einer Zeitdauer von (ca. 100 bis 150 sec.). Nach Durchlauf dieses Plateaus ergibt sich eine Verlangsamung des Abkühlprozesses, aufgrund des niedrigeren Temperaturgradienten zwischen dem Werkstück WS und dem Abschreckmedium sowie der inneren Wärmeleitung im Werkstück.

[0045] Nach dem erfindungsgemäßen Konzept wird die Abschreckpresshärtung des Werkstückes WS bewerkstelligt, indem dieses im Rahmen des Abschreckprozesses durch ein Stützwerkzeug 5 abgestützt wird. Dieses Stützwerkzeug 5 ist hier als Dorn gestaltet, der während eines Teils der Abschreckdauer in einer Innenöffnung 6 des Werkstückes WS sitzt.

[0046] Das Stützwerkzeug 5 und das Werkstück WS sind geometrisch aufeinander abgestimmt. Die Abstimmung ist erfindungsgemäß derart getroffen, dass im Rahmen der rasch erfolgenden Werkstückabkühlung das Stützwerkzeug 5 das Werkstück WS in einem thermisch noch weit gedehnten Zustand schon mit engem Spiel stützt. Sobald unter weiterer Reduktion der Werkstücktemperatur f_2 das Werkstück WS auf das Stützwerkzeug 5 aufschumpft, entsteht ein zunehmender Presssitz. Die Auslegung ist derart getroffen, dass das Stützwerkzeug 5 in einem knapp unter der Temperatur der Martensitumwandlung liegenden Temperaturbereich in dem Werkstück WS mit einer Pressung sitzt, die ein Auspressen des Stützwerkzeuges 5 aus dem Werkstück noch zulässt. Entsprechend erfolgt das Auspressen des Stützwerkzeuges 5 aus dem Werkstück WS in diesem thermischen Zustand des Werkstücks WS.

[0047] Die Härtepresse PQ umfasst ein Gestell R und einen in die Härtepresse PQ eingesetzten Werkzeugsatz, der ein Untergesenk 1 und ein Obergesenk 2 umfasst. Das Obergesenk 2 ist durch einen Presstempel 4 verfahrbar und derart weit von dem Untergesenk 1 abhebbar, dass ein Einsetzen und ein Herausnehmen des Werkstückes WS möglich ist. Der Rahmen R ist hier vertikal verkürzt dargestellt und letztlich derart dimensioniert, dass dieser eine für den Werkstücktransfer hinreichende Relativverlagerung von Obergesenk 2 und Untergesenk 1 ermöglicht.

[0048] Die hier vereinfacht dargestellte Härtepresse PQ ermöglicht ein axiales Belasten des Werkstückes WS, so dass dieses durch den Werkzeugsatz auch außerhalb der Innenausnehmung 6 durch steifes Einspannen gegen Deformation im Rahmen des Abschreckprozesses gestützt ist.

[0049] Die Härtepresse PQ wird durch eine Steuereinrichtung C gesteuert. Die Steuereinrichtung C steuert insbesondere das Schließen des Werkzeugsatzes nach Aufnahme des Werkstücks WS, den Pressdruck zur Spannung des Werkstückes WS, das Einfahren des Stützwerkzeuges 5 in das Werkstück WS, die Inkontaktbringung des Abschreckmediums mit dem Werkstück WS, die Entkoppelung des Stützwerkzeuges 5 von dem Werkstück WS vor Erreichen der Abschreckzieltempe-

ratur, die Fortsetzung des Abschreckvorganges durch weitere Beaufschlagung des Werkstücks WS mit dem Abschreckmedium, das Öffnen des Werkzeugsatzes und die Freigabe des Werkstücks WS.

[0050] Als besonders vorteilhaft hat sich die Entfernung des Stützwerkzeugs 5 aus dem Werkstück unmittelbar nach dem Martensit Übergang erwiesen. Die Spanne liegt zwischen 250 und 500°C. Die Abschreckzieltemperatur (oder die Temperatur, bei welcher das Werkstück aus der Presse geholt wird) liegt typischerweise bei ca. 50 bis 70 °C. Diese Temperatur entspricht bei entsprechender Verfahrensführung in etwa der Öltemperatur.

[0051] Bei dem hier beispielhaft dargestellten Werkstück WS handelt es sich um ein zweireihig schräg verzahntes Zahnrad für ein Umlaufrädergetriebe. Die Innenöffnung 6 dieses Werkstücks WS ist als zylindrische Bohrung ausgebildet. Das Stützwerkzeug 5 ist als zylindrischer Dorn ausgebildet. Der Außendurchmesser D des Dornes ist unter Umsetzung der oben beschriebenen Herangehensweise auf den Innendurchmesser d der Innenöffnung 6 abgestimmt. Der Dorn ist demnach gegenüber herkömmlichen Herangehensweisen überdimensioniert. Ein für das Auspressen des Dornes kritischer Presssitz zwischen dem Werkstück und dem Dorn tritt bei Unterschreiten einer Auspressgrenztemperatur ein. Diese Auspressgrenztemperatur liegt deutlich über der Abschreckzieltemperatur auf welche das Werkstück am Ende des Abschreckprozesses abgekühlt ist. Bei der Auspressgrenztemperatur befindet sich das Werkstück in einem Dehnungszustand der gerade noch eine Entkoppelung von Werkstück und Stützwerkzeug, beispielsweise ein Auspressen oder Herausziehen des Stützwerkzeuges 5 aus dem Werkstück WS ermöglicht. Spätestens bei dieser Temperatur wird das Stützwerkzeug 5 von dem Werkstück WS entkoppelt. Der Durchmesser D des Stützwerkzeuges 5 wird derart auf den Durchmesser der Innenöffnung 6 des Werkstücks WS abgestimmt, dass die Auspressgrenztemperatur unter der Temperatur liegt, bei welcher die letzte stark verformungsrelevante Gefügeumwandlung des Werkstoffes des Werkstücks WS erfolgt.

[0052] Die Darstellung nach Figur 1b veranschaulicht den Ablauf eines erfindungsgemäßen Abschreckpresshärtungsverfahrens zur Bewerkstelligung der Härtung eines zunächst in einem Ofen aufgeheizten Werkstücks WS, bei welchem das Werkstück WS mittels eines in Verbindung mit den Figuren 2 bis 8 noch weiter spezifizierten Werkzeugsatzes mit einem Stützwerkzeug 5 gestützt, fixiert und/oder gehalten wird. Bei diesem Verfahren wird das Werkstück WS im Rahmen der nachfolgend beschriebenen Verfahrensschritte zur Abkühlung auf eine Abschreckzieltemperatur mit einem Abschreckmedium beaufschlagt. Im Rahmen dieser Verfahrensschritte wird das Stützwerkzeug vor Erreichen der Abschreckzieltemperatur entfernt und das Werkstück nach Entfernung des Stützwerkzeuges in dem Werkzeugsatz weiter auf die Abschreckzieltemperatur gekühlt.

[0053] Für dieses Abschreckpresshärteverfahren wird das Werkstück in einem Ofen F definiert aufgeheizt. Im Rahmen des Verfahrensschrittes S1 wird das Werkstück WS zu einer Härtepresse PQ verbracht und im Rahmen des Verfahrensschrittes S2 in diese Härtepresse PQ eingesetzt. Hinsichtlich der Aufheizung des Werkstückes WS und der Verbringung desselben in die Härtepresse PQ gemäß den Verfahrensschritten S1, S2 wird auf die auf die Anmelderin zurückgehenden deutschen Patentanmeldungen DE 10 2022 108 510.4, DE 10 2022 108 511.2, DE 10 2022 108 512.0, DE 10 2022 108 514.7, DE 10 2022 108 515.5, DE 10 2021 109 682.0 und DE 10 2022 108 513.9 verwiesen, deren Offenbarungen durch diese Bezugnahmen vollumfänglich in die vorliegende Anmeldung mit eingebunden werden.

[0054] Im Rahmen des Verfahrensschrittes S3 wird der Werkzeugsatz geschlossen.

[0055] Im Rahmen des Verfahrensschrittes S4 wird das Werkstück WS mit einem Stützwerkzeug 5 zusammengefügt. Das Stützwerkzeug 5 ist hier beispielhaft als Dorn gestaltet, das Fügen von Werkstück und Stützwerkzeug erfolgt durch Einfahren des Dornes in das Werkstück. Dieser Dorn weist in Bezug auf das Werkstück WS eine besondere Dimensionierung auf, er ist gegenüber herkömmlichen Herangehensweisen "überdimensioniert". Zudem wird bei Erreichen der Endposition des Stützwerkzeuges in dem Werkstück, das Werkstück durch den Werkzeugsatz weiter axial belastet und dabei formgerecht eingespannt und damit zusätzlich gegen Verformung abgestützt.

[0056] Im Rahmen des Verfahrensschrittes S5 erfolgt die Inkontaktbringung des Werkstückes 5 mit dem Abschreckmedium. Dies kann durch Einspeisung eines Abschreckfluides in den Werkzeugsatz erfolgen, oder indem das Werkstück in ein Ölbad abgesenkt oder das Ölbad zum Werkstück hin angehoben wird. Hierbei nimmt eine erste Phase des Abschreckprozesses ihren Anfang. Im Rahmen dieser ersten Phase erfolgt im Schritt S6 eine laufende Analyse nach dem Vorliegen eines Stopp-Kriteriums. Im vorliegenden Falle besteht dieses Stopp-Kriterium in einem Temperaturzustand des Werkstückes WS der hier beispielhaft durch Messung der Temperatur des aus dem Werkzeugsatz ablaufenden Abschreckmediums ermittelt wird. Das Stopp-Kriterium kann auch ein Zeitwert oder ein anderweitiger Messwert sein, beispielsweise ein Schwindungswert, der an der Härtepresse oder dem Werkzeugsatz erfasst wird, das Stopp-Kriterium kann auch ein Zeitpunkt oder der Ablauf einer Zeitdauer nach Beendigung des Wärmetransfers durch Filmverdampfung sein.

[0057] Bei Erfüllung des Stopp-Kriteriums wird im Schritt S7 die Zufuhr des Abschreckmediums gedrosselt und im Schritt S8 werden das Stützwerkzeug und das erst teil-abgekühlte Werkstück entkoppelt, indem beispielsweise das Stützwerkzeug aus dem Werkstück WS herausgepresst oder herausgezogen wird.

[0058] Nachdem das Stützwerkzeug aus dem Werkstück herausverlagert wurde, wird im Schritt S9 der Ab-

schreckprozess fortgesetzt und das Werkstück weiter mit einem Abschreckmedium beaufschlagt. Im Verfahrensschritt S10 wird die Zufuhr des Abschreckmediums eingestellt. Das Werkstück ist jetzt auf eine Werkstückzieltemperatur abgekühlt, die beispielsweise annähernd der Raumtemperatur entspricht.

[0059] Im Verfahrensschritt S11 wird der Werkzeugsatz geöffnet und im Verfahrensschritt S12 wird das Werkstück WS aus dem Werkzeugsatz entnommen.

[0060] Das oben beschriebene Verfahren zeichnet sich dadurch aus, dass im Rahmen der durch den Prozessschritt S5 eingeleiteten ersten Phase der Abschreckung bis zum weitgehenden Abschluss der Martensitumwandlung eine hohe Stützwirkung durch das Stützwerkzeug erreicht wird, da dessen Geometrie auf einen Schwindungszustand bei einer noch deutlich über der Ausgabezieltemperatur liegenden Werkstücktemperatur abgestimmt ist. Einer die Entfernung des Stützwerkzeuges unzulässig erschwerenden Pressung des "überdimensionierten" Stützwerkzeuges wird entgegengetreten, indem die Entfernung dieses Stützwerkzeuges bei einer Entkoppelungstemperatur erfolgt bei welcher noch eine hinreichende thermische Dehnung des Werkstückes gegeben ist, jedoch die Martensitbildung sowie die Gefügeumwandlung insgesamt derart weit gediehen ist, dass diese keine signifikanten Verformungen mehr generiert.

[0061] Dieser Vorgang der Martensitumwandlung in dem Stahlwerkstoff des Werkstückes ist anhand der in die Darstellung eingebundenen Grafik veranschaulicht. Die erste Abschreckphase P1 erstreckt sich hier beispielhaft über den Bereich der Temperaturen von 800°C bis 250°C. Das Auspressen des Stützwerkzeuges erfolgt hier beispielhaft bei 250°C. Nachfolgend erfolgt im Rahmen der zweiten Abschreckphase P2 eine weitere Abkühlung bis auf Raumtemperatur.

[0062] Es ist möglich, während der der Entkoppelung des Stützwerkzeuges von dem Werkstück die Zufuhr des Abschreckmediums fortzusetzen, ggf. mit einem gedrosselten Volumenstrom.

[0063] Die Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens erfolgt vorzugsweise in Verbindung mit dem nachfolgend beschriebenen Werkzeugsatz.

[0064] Die Darstellung nach Figur 2 zeigt hierbei einen erfindungsgemäßen Werkzeugsatz, der sich hier in einer Offenstellung befindet. Der Werkzeugsatz umfasst ein Untergesenk 1 und ein Obergesenk 2. Das Untergesenk 1 liegt auf einer Basis 3 der Härtepresse PQ auf. Das Obergesenk 2 ist an einem Stempel 4 der Härtepresse PQ befestigt. Der Werkzeugsatz umfasst ein Stützwerkzeug 5, das hier als zylindrischer Dorn gestaltet ist. Das Stützwerkzeug 5 ist auf die Geometrie einer Innenöffnung 6 des Werkstücks WS abgestimmt. Das Stützwerkzeug 5 kann über eine Mechanik 7 in das Werkstück WS eingefahren werden. Die Verbringung des Werkstückes WS in den geöffneten Werkzeugsatz erfolgt wie in Verbindung mit Figur 1 beschrieben im Rahmen eines Transferschrittes S1 und eines Einsetzschruttes S2, diese

Schritte werden vorzugsweise mittels eines Transfersystems automatisiert abgewickelt, so dass der thermische Zustand des Werkstückes WS sowie die Einwirkungen der Atmosphäre auf das Werkstück WS prozesstechnisch reproduzierbar sind.

[0065] Die Darstellung nach Figur 3 zeigt den Werkzeugsatz mit darin aufgenommenem Werkstück WS in geschlossenem Zustand. Dieser wird herbeigeführt, indem das Obergesenk 2 durch den Stempel 4 der Härtepresse PQ auf das Untergesenk 1 abgesenkt wird. Das Werkstück WS wird in diesem Zustand mit einer Spannkraft eingespannt, die noch unterhalb der für den Abschreckprozess herangezogenen Spannkraft liegt. Das Stützwerkzeug 5 ist in diesem Zustand noch nicht in das Werkstück WS eingefahren um einer vorzeitigen Aufheizung des Stützwerkzeuges 5 vorzubeugen.

[0066] Wie durch die Darstellung nach Figur 4 veranschaulicht, wird im Verfahrensschritt S4 das Stützwerkzeug 5 durch die Mechanik 7 in die Innenöffnung 6 des Werkstücks WS eingefahren und das Werkstück WS in dem Werkzeugsatz axial gespannt.

[0067] Die Darstellung nach Figur 5 veranschaulicht die Abwicklung der ersten Phase P1 des Abschreckprozesses. Hierzu wird in Kühlmittelkanäle 8 des Werkzeugsatzes, insbesondere Kühlmittelkanäle 8 des Obergesenks 2 ein Abschreckmedium QF eingespeist. Der Volumenstrom und die Eintrittstemperatur des Abschreckmediums QF werden prozesstechnisch überwacht und geregelt/gesteuert. Das Abschreckmedium QF überströmt und kontaktiert in dem geschlossenen Werkzeugsatz das Werkstück WS und kühlt dieses ab. Bei diesem Ausführungsbeispiel wird durch einen in das Untergesenk 1 eingebundenen Sensor 9 die Austrittstemperatur des Abschreckmediums QF erfasst. Aus diesem Temperaturwert wird in Verbindung mit dem Volumenstromwert des Abschreckmediums der thermische Zustand des Werkstückes errechnet. Sobald dieser Zustand ergibt, dass eine bestimmte Gefügeumwandlung des Werkstoffes des Werkstücks erreicht ist, wird die Zufuhr des Abschreckmediums QF gedrosselt.

[0068] Wie aus der Darstellung nach Figur 6 ersichtlich, wird bei Erreichen eines definierten thermischen Zustands des Werkstücks WS das Stützwerkzeug 5 aus dem Werkstück mittels einer Auspressmechanik 7a ausgebracht. Der Pressungszustand zwischen dem Stützwerkzeug 5 und dem Werkstück WS ist aufgrund der noch bestehenden erheblichen thermischen Dehnung noch unter einem kritischen Wert, so dass das Stützwerkzeug unter moderaten Presskräften ohne Gefahr von Riefenbildung aus dem Werkstück WS ausgepresst werden kann. Dieses Auspressen erfolgt wie aus dem beigeestellten Diagramm ersichtlich hier beispielhaft bei einer Werkstücktemperatur im Bereich von 250°C.

[0069] Nach dem Auspressen des Stützwerkzeuges 5 wird wie in Figur 7 veranschaulicht der Abschreckvorgang fortgesetzt und hierzu weiter das Abschreckmedium QF in die Kühlkanäle 8 eingespeist. Das Abschreckmedium überströmt nunmehr auch die Wandung der In-

nenöffnung 6 des Werkstücks WS. Im Rahmen dieser zweiten Abschreckphase P2 mit entferntem Stützwerkzeug 5 erfolgt eine Abkühlung des Werkstückes auf Abschreckzieltemperatur.

5 **[0070]** Wie aus der Darstellung nach Figur 8 ersichtlich, wird der Werkzeugsatz nach Beendigung des Abschreckprozesses geöffnet, das Werkstück WS kann nunmehr auf einfache Weise aus dem Werkzeugsatz entnommen werden, das Stützwerkzeug 5 ist bereits aus dem Werkstück WS herausgefahren. Das Stützwerkzeug 5 wurde zudem während der zweiten Phase P2 des Abschreckprozesses in dem Werkzeugsatz durch das vom Werkstück WS abfließende Abschreckmedium QF ebenfalls auf Umgebungstemperatur gekühlt und steht in diesem definiert temperierten Zustand für die Abschreckpresshärtung eines weiteren Werkstückes im Rahmen eines automatisierten Verfahrens zur Verfügung.

10 **[0071]** Durch das erfindungsgemäße Konzept ergibt sich ein wirtschaftliches Einsparungspotential indem das Werkstück in der für den Werkstücksverzug kritischen Phase mit engen Toleranzen durch das Stützwerkzeug abgestützt wird und einer übermäßigen Pressung zwischen Werkstück und Stützwerkzeug, insbesondere Dorn entgegengetreten wird, indem das Stützwerkzeug deutlich vor Erreichen der Abschreckzieltemperatur aus dem Werkstück ausgepresst wird.

20 **[0072]** Es versteht sich, dass die obige detaillierte Beschreibung und die Zeichnungen zwar eine bestimmte exemplarische Ausgestaltung der Erfindung darstellen, dass sie aber nur zur Veranschaulichung gedacht sind und nicht als den Umfang der Erfindung einschränkend ausgelegt werden sollen. Diverse Abwandlungen der beschriebenen Ausgestaltung sind möglich, ohne den Rahmen der nachfolgenden Ansprüche und deren Äquivalenzbereich zu verlassen. Insbesondere gehen aus dieser Beschreibung und den Figuren auch Merkmale von Ausführungsbeispielen hervor, die nicht in den Ansprüchen erwähnt sind. Solche Merkmale können auch in anderen als den hier spezifisch offenbarten Kombinationen auftreten. Die Tatsache, dass mehrere solcher Merkmale in einem gleichen Satz oder in einer anderen Art von Textzusammenhang miteinander erwähnt sind, rechtfertigt daher nicht den Schluss, dass sie nur in der spezifisch offenbarten Kombination auftreten können. Stattdessen ist grundsätzlich davon auszugehen, dass von mehreren solchen Merkmalen auch einzelne weggelassen oder abgewandelt werden können, sofern dies die Funktionsfähigkeit der Erfindung nicht in Frage stellt. Die Verfahrensschritte beschreiben Maßnahmen, nach welchen die durch eine Härteanlage geführten Werkstücke behandelt werden. Diese Verfahrensschritte werden über eine Steuereinrichtung koordiniert die ebenfalls Gegenstand der Erfindung bildet.

55

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Bewerkstellung der Härtung eines zunächst aufgeheizten Werkstücks mit:
 - einer Beaufschlagungseinrichtung, zur Inkontaktbringung des Werkstückes mit einem Abschreckmedium,
 - einem Stützwerkzeug, zur Bereitstellung einer das Werkstück gegen eine Verformung stützenden Wandung,
 - einer Entkoppelungsmechanik, zur Entkopplung des Stützwerkzeuges und des Werkstückes und
 - einer Steuereinrichtung zur Ansteuerung der Entkoppelungsmechanik und der Beaufschlagungseinrichtung,
 - wobei die Steuereinrichtung derart konfiguriert ist, dass diese nach einer ersten Phase der Inkontaktbringung des Werkstücks mit dem Abschreckmedium eine Entkopplung des Stützwerkzeuges von dem Werkstück veranlasst und im Rahmen einer zweiten Phase der Werkstückinkontaktbringung mit dem Abschreckmedium ein von dem Stützwerkzeug freigegebener Wandungsbereich des Werkstücks mit dem Abschreckmedium in Kontakt gebracht wird.
2. Vorrichtung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Stützwerkzeug auf eine Innenöffnung des Werkstücks abgestimmt ist und im Rahmen der ersten Phase des Abschreckens in dieser Innenöffnung sitzt.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Stützwerkzeug auf einen thermischen Dehnungszustand des Werkstücks ausgelegt ist, der bei Ende der ersten Abschreckphase vorliegt.
4. Vorrichtung nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Auslegung des Stützwerkzeuges derart bewerkstelligt ist, dass sich bei Ende der ersten Abschreckphase ein Presszustand zwischen dem Werkstück und dem Stützwerkzeug einstellt, der ein fertigungsgerechtes Herausverlagern des Stützwerkzeuges aus dem Werkstück in der Vorrichtung erlaubt.
5. Vorrichtung nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Stützwerkzeug ein Dorn ist und/oder dass das Stützwerkzeug Kühlkanäle aufweist.
6. Werkzeugsatz für eine Vorrichtung nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 5, der ein Untergesenk, ein Obergesenk und das Stützwerkzeug umfasst, wobei das Stützwerkzeug auf ein durch dieses zu stützendes Werkstück derart abgestimmt ist, dass zwischen dem Werkstück und dem Stützwerkzeug ein Presszustand eintritt während das Werkstück noch thermisch geweitet ist, und dass bei diesem Presszustand das Stützwerkzeug noch aus dem Werkstück auspressbar ist.
7. Steuereinrichtung für eine Vorrichtung zur Bewerkstellung der Härtung eines zunächst aufgeheizten Werkstücks nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 5.
8. Verfahren zur Härtung eines zunächst aufgeheizten Werkstücks, das eine Innenöffnung aufweist, bei welchem:
 - im Rahmen eines vorbereitenden Verfahrensschrittes ein Stützwerkzeug in jene Innenöffnung des aufgeheizten Werkstücks eingebracht wird,
 - im Rahmen eines Abschreckschrittes das Werkstück mit einem Abschreckmedium beaufschlagt wird,
 - das Werkstück durch das Abschreckmedium auf eine Abschreckzieltemperatur gekühlt wird und
 - im Rahmen eines der Stützwerkzeugentformung dienenden Verfahrensschrittes, das Stützwerkzeug aus der Innenöffnung ausgebracht wird, wobei
 - die Ausbringung des Stützwerkzeuges aus der Innenöffnung des Werkstücks nach Einleitung des Abschreckschrittes derart abgestimmt erfolgt, dass vor Erlangung der Abschreckzieltemperatur das Stützwerkzeug aus der Innenöffnung des Werkstücks bereits ausgebracht ist.
9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Stützwerkzeug bei einer Temperatur aus dem Werkstück ausgebracht wird, die wenigstens 190°C über der Zuleitungstemperatur des Abschreckmediums liegt.
10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ausbringung des Stützwerkzeuges bei einem Schwindungszustand des Werkstückes erfolgt, der eine Trennung von Werkstück und Stützwerkzeug erlaubt.
11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich dieser definierte Schwindungszustand als Übermaßzustand gegenüber dem Zustand des Werkstückes bei der Abschreckzieltemperatur darstellt.
12. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 8 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** nach dem Ausbringen des Stützwerkzeuges die Beaufschlagung

gung des Werkstückes mit dem Abschreckmedium fortgesetzt wird.

13. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 8 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** nach Ausbringung des Stützwerkzeuges ein vom Stützwerkzeug freigegebener Bohrungsinnenbereich mit dem Abschreckmedium beaufschlagt wird 5
14. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 8 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Innenöffnung sich als zylindrische Bohrung darstellt und dass das Stützwerkzeug durch einen Dorn gebildet ist 10
15. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 8 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Stützwerkzeug gegenüber den Abmessungen der Innenöffnung bei Abschreckzieltemperatur um 0,4% überdimensioniert ist. 15 20

25

30

35

40

45

50

55

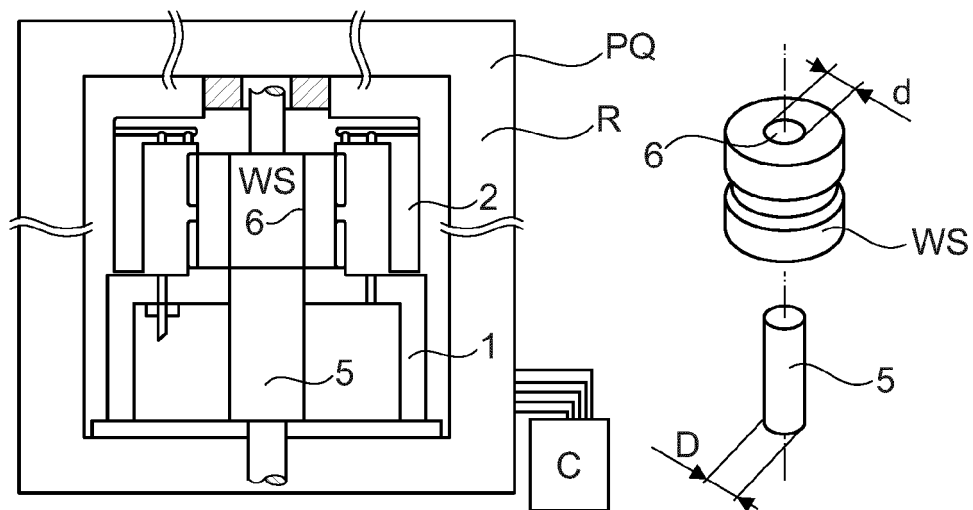
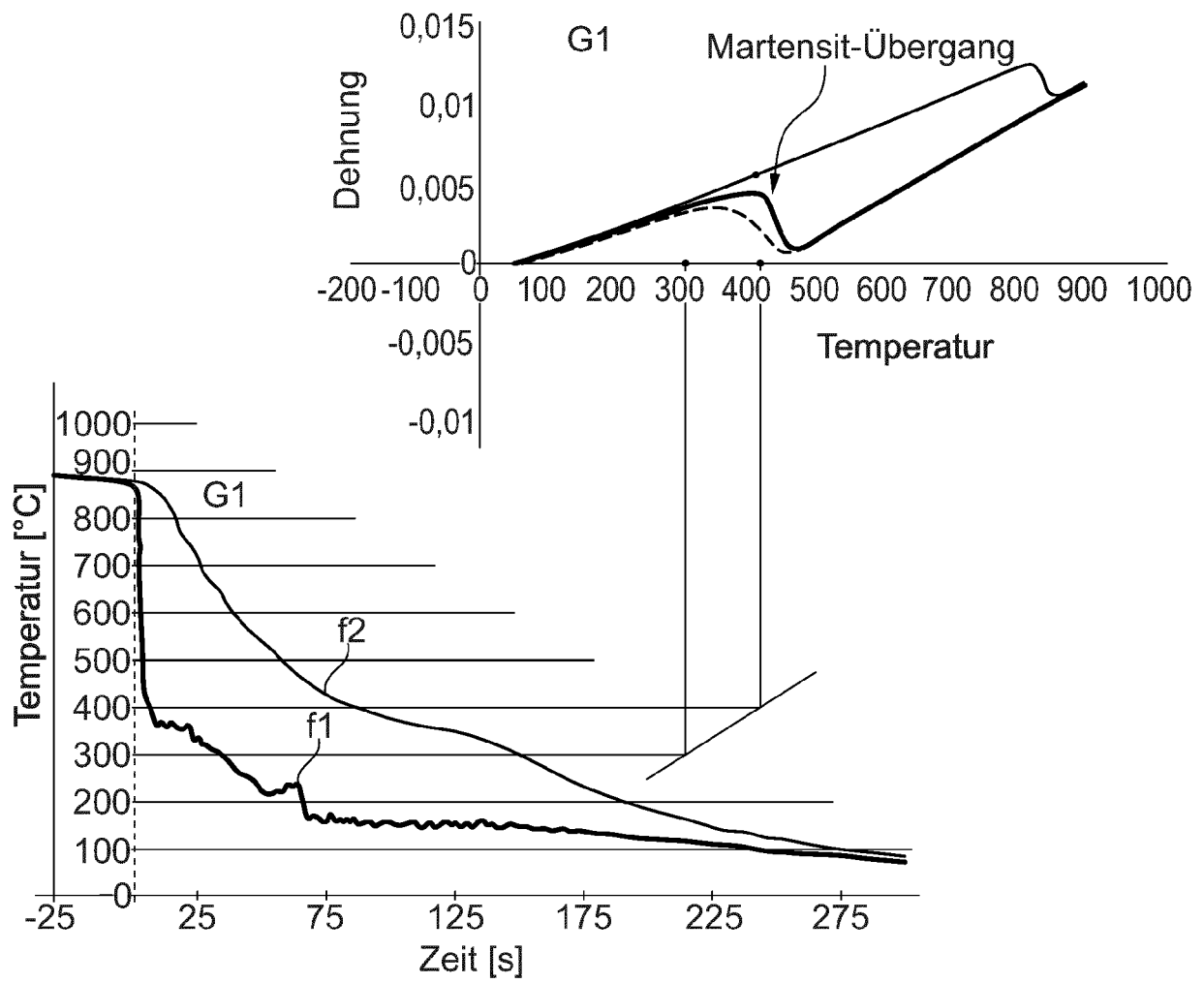


Fig. 1a

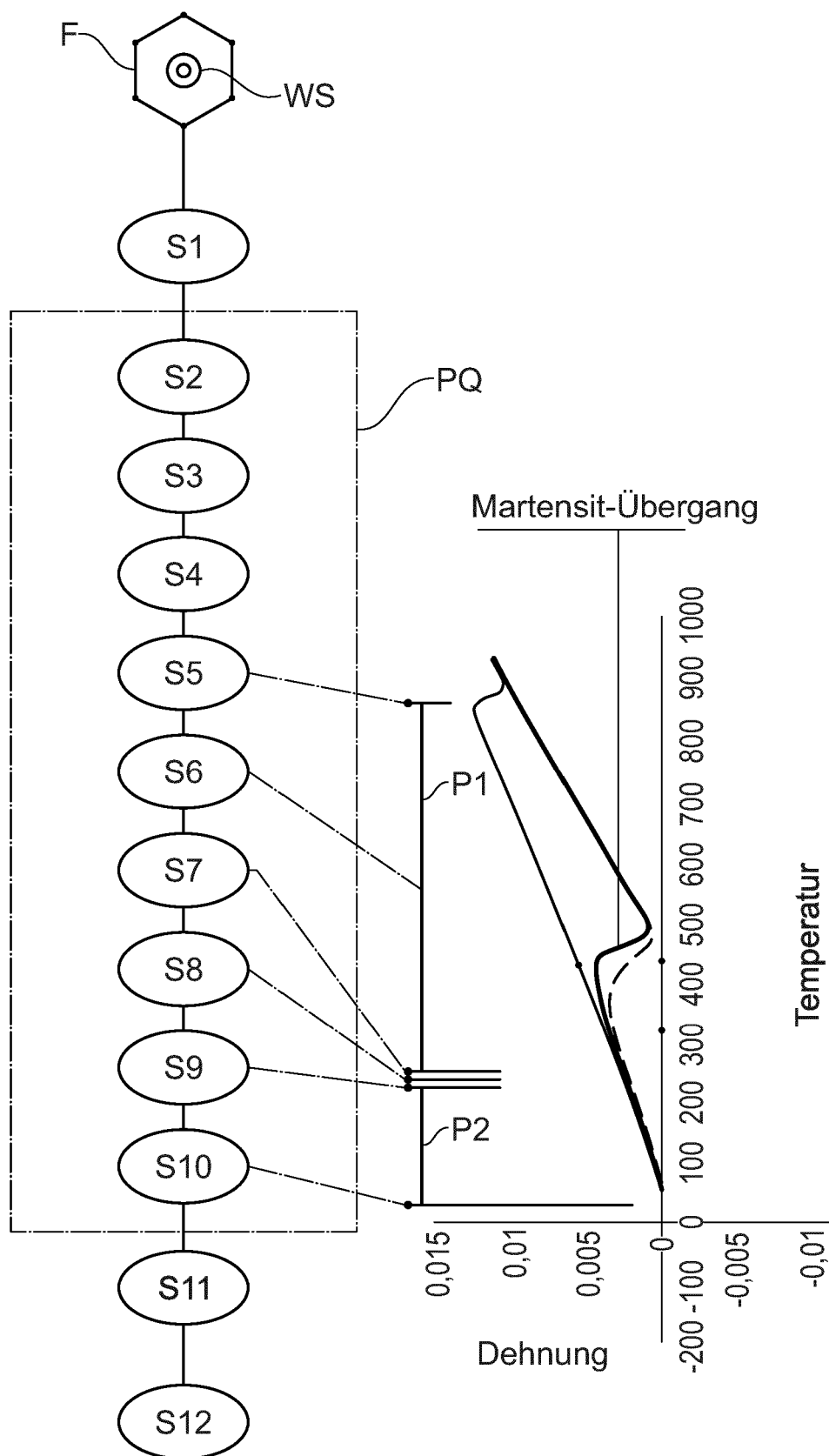


Fig. 1b

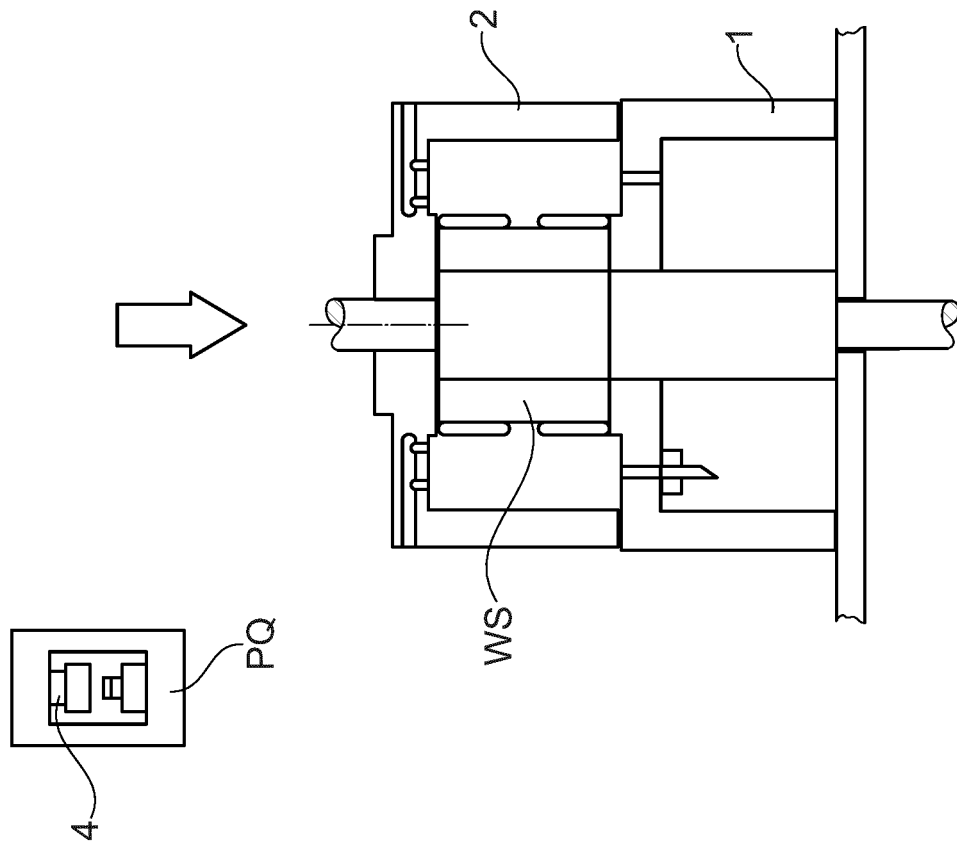


Fig. 3

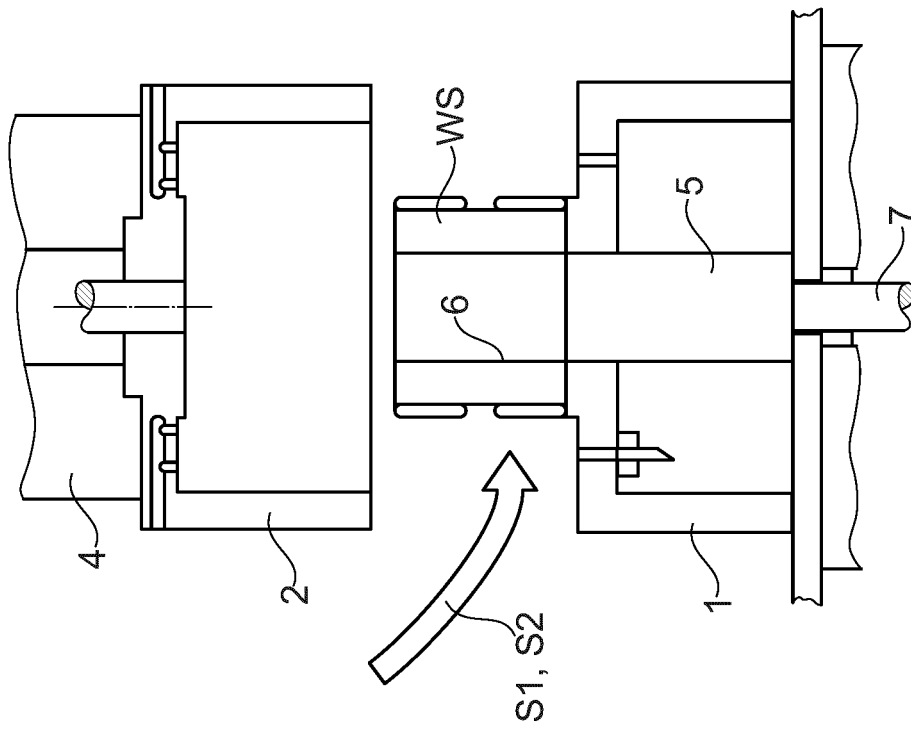


Fig. 2

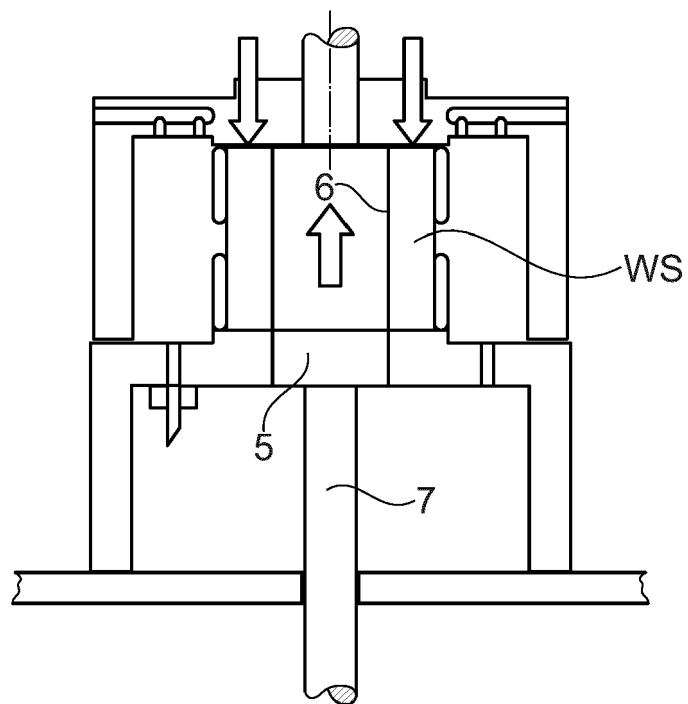


Fig. 4

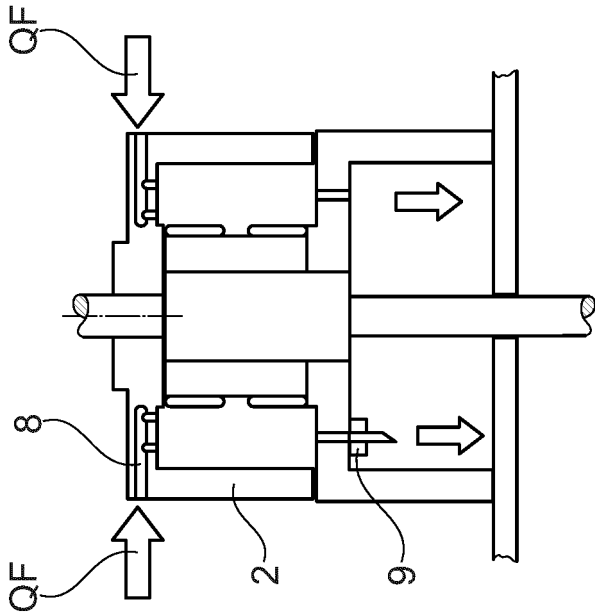
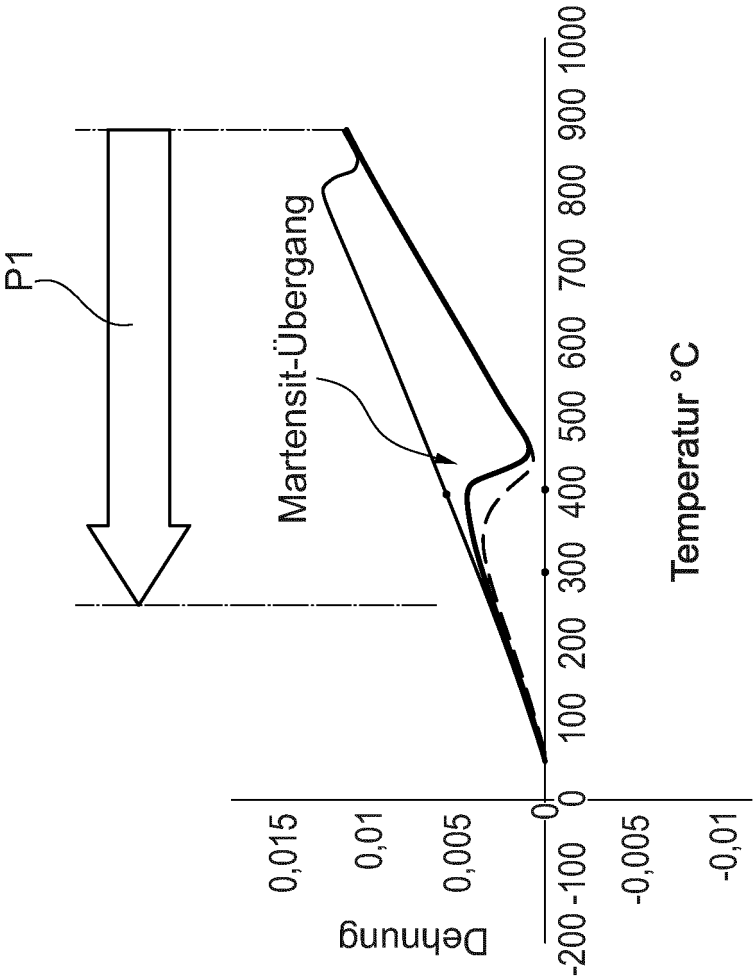


Fig. 5

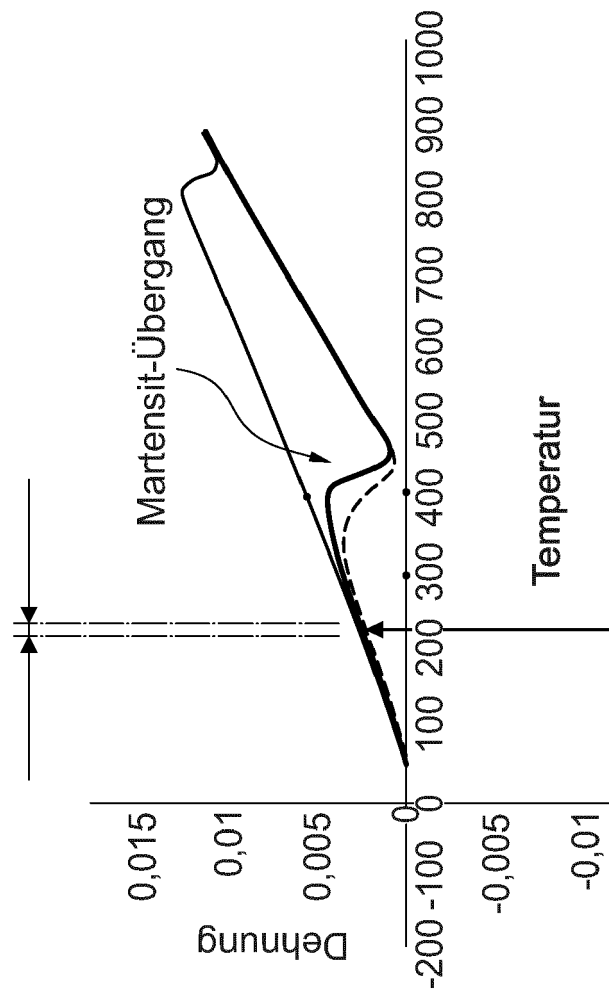
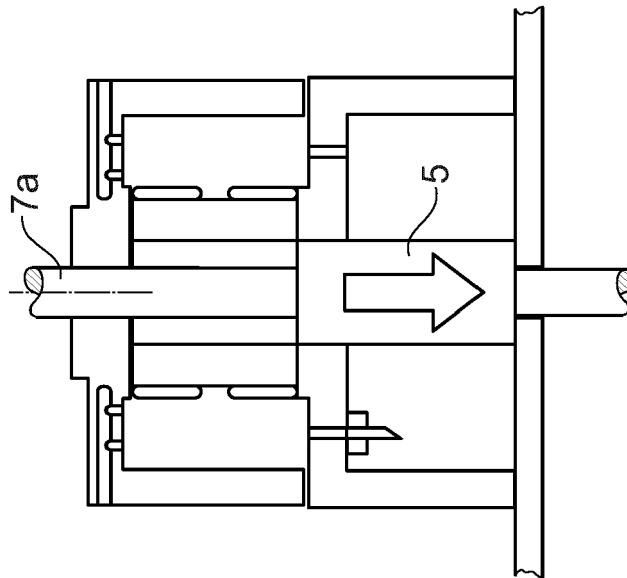


Fig. 6



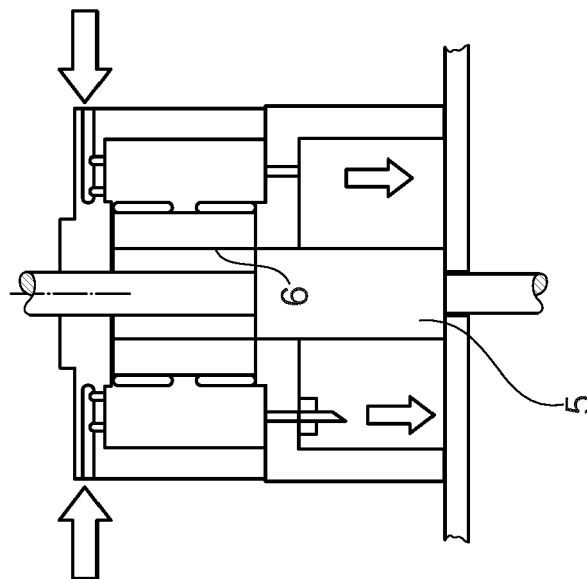
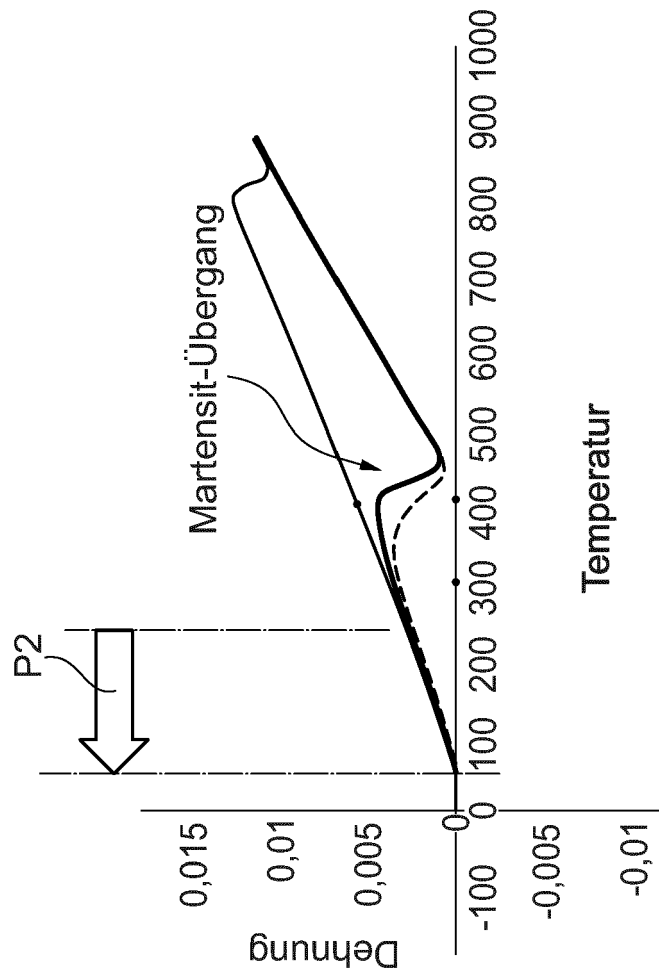


Fig. 7

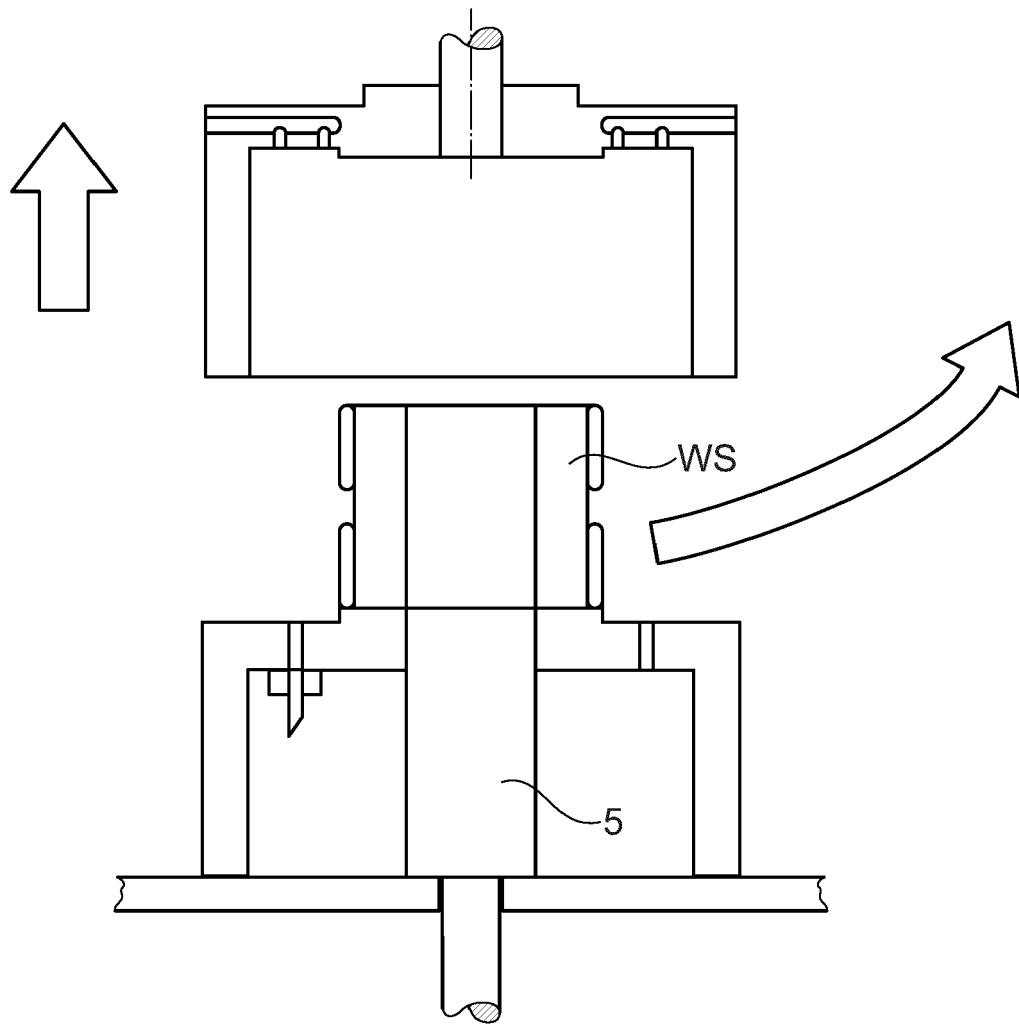


Fig. 8



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 23 16 7650

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

3

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	CN 105 886 746 A (BEIJING JINHE CHANGLI SCIENCE AND TRADE CO LTD) 24. August 2016 (2016-08-24) * Fig. 1, 2; Anspr. 1, 2, 6 *	1-10, 12, 14, 15	INV. C21D1/18 C21D1/62 C21D9/32 C21D1/673
X	EP 2 398 925 A2 (EMA INDUTEC GMBH [DE]) 28. Dezember 2011 (2011-12-28) * 0056, 0057; Fig. 2 -6 *	1-10, 12, 14, 15	C21D9/06 C21D9/34 C21D9/40 C21D11/00
X	EP 2 695 954 A2 (JTEKT CORP [JP]) 12. Februar 2014 (2014-02-12) * 0020-0023; Fig. 2, 3 *	1-11, 14, 15	
X	US 4 744 836 A (PFAFFMANN GEORGE D [US]) 17. Mai 1988 (1988-05-17) * Fig. 1; Anspr. 1-6 *	1-15	
X	US 3 378 412 A (HERMAN MANSFIELD ET AL) 16. April 1968 (1968-04-16) * Fig. 1; Anspr. 1 *	1, 5, 8-15	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			C21D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 2. August 2023	Prüfer Kreutzer, Ingo
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

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

EP 23 16 7650

5 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.

02-08-2023

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
CN 105886746 A	24-08-2016	KEINE	
EP 2398925 A2	28-12-2011	DE 102009001012 B3	10-06-2010
		EP 2398925 A2	28-12-2011
		ES 2741202 T3	10-02-2020
		WO 2010094735 A2	26-08-2010
EP 2695954 A2	12-02-2014	CN 103572035 A	12-02-2014
		EP 2695954 A2	12-02-2014
		JP 6089513 B2	08-03-2017
		JP 2014055306 A	27-03-2014
		US 2014041771 A1	13-02-2014
US 4744836 A	17-05-1988	US 4744836 A	17-05-1988
		US 5302215 A	12-04-1994
US 3378412 A	16-04-1968	KEINE	

EPO FORM P0461

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

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 102022108510 [0053]
- DE 102022108511 [0053]
- DE 102022108512 [0053]
- DE 102022108514 [0053]
- DE 102022108515 [0053]
- DE 102021109682 [0053]
- DE 102022108513 [0053]