



(11) **EP 2 655 672 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**16.12.2020 Patentblatt 2020/51**

(51) Int Cl.:  
**C21D 1/673** <sup>(2006.01)</sup> **C21D 9/48** <sup>(2006.01)</sup>  
**C23C 2/06** <sup>(2006.01)</sup>

(21) Anmeldenummer: **11807691.8**

(86) Internationale Anmeldenummer:  
**PCT/EP2011/073889**

(22) Anmeldetag: **22.12.2011**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:  
**WO 2012/085253 (28.06.2012 Gazette 2012/26)**

(54) **VERFAHREN ZUM ERZEUGEN GEHÄRTETER BAUTEILE MIT BEREICHEN  
UNTERSCHIEDLICHER HÄRTE UND/ODER DUKTILITÄT**

METHOD FOR PRODUCING HARDENED COMPONENTS WITH REGIONS OF DIFFERENT  
HARDNESS AND/OR DUCTILITY

PROCÉDÉ POUR PRODUIRE DES ÉLÉMENTS DE CONSTRUCTION DURCIS POURVUS DE  
ZONES DE DIFFÉRENTES DURETÉS ET/OU DUCTILITÉS

(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 MK MT NL NO  
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

• **ROSNER, Martin**  
**A-3362 Oed-Öhling (AT)**

(30) Priorität: **24.12.2010 DE 102010056264**  
**24.12.2010 DE 102010056265**  
**26.09.2011 DE 102011053941**  
**26.09.2011 DE 102011053939**

(74) Vertreter: **HGF**  
**Neumarkter Straße 18**  
**81673 München (DE)**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**30.10.2013 Patentblatt 2013/44**

(56) Entgegenhaltungen:  
**WO-A1-2010/089644 WO-A1-2010/109012**  
**JP-A- 2005 177 805 JP-A- 2007 016 296**  
**JP-A- 2007 182 608**

(73) Patentinhaber: **Voestalpine Stahl GmbH**  
**4020 Linz (AT)**

(72) Erfinder:  
• **SOMMER, Andreas**  
**73453 Abtsgmünd (DE)**  
• **SCHWINGHAMMER, Harald**  
**A-4061 Pasching (AT)**  
• **KURZ, Thomas**  
**A-4020 Linz (AT)**  
• **KOLNBERGER, Siegfried**  
**A-4061 Pasching (AT)**

• **DATABASE INSPEC [Online] THE INSTITUTION  
OF ELECTRICAL ENGINEERS, STEVENAGE, GB;**  
**Juni 2011 (2011-06), DOSDAT L ET AL:**  
**"Corrosion Resistance of Different Metallic  
Coatings on Press-hardened Steels for  
Automotive", XP002676939, Database accession  
no. 12166686 in der Anmeldung erwähnt &  
DODAT L ET AL: "Corrosion Resistance of  
Different Metallic Coatings on Press-hardened  
Steels for Automotive", STEEL RESEARCH  
VERLAG STAHLEISEN GMBH GERMANY, Bd. 82,  
Nr. 6, 1. Juni 2011 (2011-06-01), Seiten 726-733,  
Weinheim (D) ISSN: 1611-3683, DOI:  
DOI:10.1002/SRIN.201000291 in der Anmeldung  
erwähnt**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

**EP 2 655 672 B1**

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen gehärteter Bauteile mit Bereichen unterschiedlicher Härte und/oder Duktilität mit den Merkmalen des Anspruchs 1.

**[0002]** Es ist bekannt, dass insbesondere in Automobilen sogenannte pressgehärtete Bauteile aus Stahlblech eingesetzt werden. Diese pressgehärteten Bauteile aus Stahlblech sind hochfeste Bauteile, die insbesondere als Sicherheitsbauteile des Karosseriebereichs verwendet werden. Hierbei ist es durch die Verwendung dieser hochfesten Stahlbauteile möglich, die Materialdicke gegenüber einem normalfesten Stahl zu reduzieren und somit geringe Karosseriegewichte zu erzielen.

**[0003]** Beim Presshärten gibt es grundsätzlich zwei verschiedene Möglichkeiten zur Herstellung derartiger Bauteile. Unterschieden wird in das sogenannte direkte und indirekte Verfahren.

**[0004]** Beim direkten Verfahren wird eine Stahlblechplatte über die sogenannten Austenitisierungstemperatur aufgeheizt und gegebenenfalls so lange auf dieser Temperatur gehalten, bis ein gewünschter Austenitisierungsgrad erreicht ist. Anschließend wird diese erhitzte Platte in ein Formwerkzeug überführt und in diesem Formwerkzeug in einem einstufigen Umformschritt zum fertigen Bauteil umgeformt und hierbei durch das gekühlte Formwerkzeug gleichzeitig mit einer Geschwindigkeit, die über der kritischen Härtegeschwindigkeit liegt, abgekühlt. Somit wird das gehärtete Bauteil erzeugt.

**[0005]** Beim indirekten Verfahren wird zunächst, gegebenenfalls in einem mehrstufigen Umformprozess, das Bauteil fast vollständig fertig umgeformt. Dieses umgeformte Bauteil wird anschließend ebenfalls auf eine Temperatur über die Austenitisierungstemperatur erhitzt und gegebenenfalls für eine gewünschte erforderliche Zeit auf dieser Temperatur gehalten.

**[0006]** Anschließend wird dieses erhitzte Bauteil in ein Formwerkzeug überführt und eingelegt, welches schon die Abmessungen des Bauteils bzw. die Endabmessungen des Bauteils gegebenenfalls unter Berücksichtigung der Wärmedehnung des vorgeformten Bauteils besitzt. Nach dem Schließen des insbesondere gekühlten Werkzeuges wird somit das vorgeformte Bauteil lediglich in diesem Werkzeug mit einer Geschwindigkeit über der kritischen Härtegeschwindigkeit abgekühlt und dadurch gehärtet.

**[0007]** Das direkte Verfahren ist hierbei etwas einfacher zu realisieren, ermöglicht jedoch nur Formen, die tatsächlich mit einem einzigen Umformschritt zu realisieren sind, d.h. relativ einfache Profilformen.

**[0008]** Das indirekte Verfahren ist etwas aufwendiger, dafür aber in der Lage auch komplexere Formen zu realisieren.

**[0009]** Zusätzlich zum Bedarf an pressgehärteten Bauteilen entstand der Bedarf, derartige Bauteile nicht aus unbeschichtetem Stahlblech zu erzeugen, sondern derartige Bauteile mit einer Korrosionsschutzschicht zu versehen.

**[0010]** Als Korrosionsschutzschicht kommen im Automobilbau lediglich das eher in geringem Maße verwendete Aluminium oder Aluminiumlegierungen in Frage oder aber die erheblich häufiger verlangten Beschichtungen auf der Basis von Zink. Zink hat hierbei den Vorteil, dass Zink nicht nur eine Barrierschutzschicht wie Aluminium leistet, sondern einen kathodischen Korrosionsschutz. Zudem passen sich zinkbeschichtete pressgehärtete Bauteile besser in das Gesamtkorrosionsschutzkonzept der Fahrzeugkarosserien ein, da diese in heute gängiger Bauweise voll verzinkt sind. Insofern kann Kontaktkorrosion vermindert oder ausgeschlossen werden.

**[0011]** Bei beiden Verfahren konnten jedoch Nachteile aufgefunden werden, die auch im Stand der Technik diskutiert werden. Bei dem direkten Verfahren, d.h. der Warmumformung von presshärtenden Stählen mit Zinkbeschichtung kommt es zu Mikro- (10 µm bis 100 µm) oder sogar Makrorissen im Material, wobei die Mikrorisse in der Beschichtung erscheinen und die Makrorisse sogar durch den vollständigen Blechquerschnitt reichen. Derartige Bauteile mit Makrorissen sind für die weitere Verwendung ungeeignet.

**[0012]** Beim indirekten Prozess, d.h. der Kaltumformung mit einer anschließenden Härtung und Restformung kann es ebenfalls zu Mikrorissen in der Beschichtung kommen, welche ebenfalls unerwünscht sind, aber bei weitem nicht so ausgeprägt.

**[0013]** Zinkbeschichtete Stähle werden bislang - bis auf ein Bauteil im asiatischen Raum - im direkten Verfahren, d.h. der Warmumformung, nicht eingesetzt. Hier werden vielmehr Stähle mit einer Aluminium-Silizium-Beschichtung eingesetzt.

**[0014]** Einen Überblick erhält man in der Veröffentlichung "Corrosion resistance of different metallic coatings on press hardened steels for automotive", Arcelor Mittal Maiziere Automotive Product Research Center F-57283 Maiziere-Les-Mez. In dieser Veröffentlichung wird ausgeführt, dass es für den Warmumformprozess einen aluminisierten Bor-Mangan-Stahl ergibt, der unter dem Namen Usibor 1500P kommerziell vertrieben wird. Zudem werden zum Zwecke des kathodischen Korrosionsschutzes zinkvorbeschichtete Stähle für das Warmumformverfahren vertrieben, nämlich der verzinkte Usibor GI mit einer Zinkbeschichtung, die geringe Anteile von Aluminium enthält und ein sogenannter galvanealed beschichteter Usibor GA, der eine Zinkschicht mit 10 % Eisen enthält.

**[0015]** Es wird darauf hingewiesen, dass das Zink-Eisen-Phasendiagramm zeigt, dass oberhalb von 782°C ein großer Bereich entsteht, in dem flüssige Zink-Eisen-Phasen auftreten, so lang der Eisengehalt gering, insbesondere geringer als 60 % ist. Dies ist jedoch auch der Temperaturbereich, in dem der austenitisierte Stahl warm umgeformt wird. Es wird

aber auch darauf hingewiesen, dass, wenn die Umformung oberhalb von 782°C stattfindet, ein großes Risiko der Spannungskorrosion durch flüssiges Zink besteht, welches vermutlich in die Korngrenzen des Basisstahls eindringt, welche zu Makrorissen im Basisstahl führt. Darüber hinaus ist bei Eisengehalten geringer als 30 % in der Beschichtung die Maximaltemperatur zum Umformen eines sicheren Produkts ohne Makrorisse niedriger als 782°C. Dies ist der Grund, warum hiermit kein direktes Umformverfahren betrieben wird, sondern dass indirekte Umformverfahren. Hiermit soll das geschilderte Problem umgangen werden.

**[0016]** Eine weitere Möglichkeit dieses Problem zu umgehen, soll darin liegen, galvanized beschichteten Stahl zu verwenden, was daran liegt, dass der zu Beginn schon bestehende Eisengehalt von 10 % und die Abwesenheit einer  $\text{Fe}_2\text{Al}_5$ -Sperrschicht zu einer homogenen Ausbildung der Beschichtung von überwiegend eisenreichen Phasen führt. Dies resultiert in einer Verringerung oder Vermeidung von zinkreichen, flüssigen Phasen.

**[0017]** In "STUDY OF CRACKS PROPAGATION INSIDE THE STEEL ON PRESS HARDENED STEEL ZINC BASED COATINGS", Pascal Drillet, Raisa Grigorieva, Gregory Leullier, Thomas Viotoris, 8th International Conference on Zinc and Zinc Alloy Coated Steel Sheet, GALVATECH 2011 - Conference Proceedings, Genova (Italy), 2011" wird darauf hingewiesen, dass verzinkte Bleche im direkten Verfahren nicht verarbeitbar sind.

**[0018]** Aus der EP 1 439 240 B1 ist ein Verfahren zum Warmumformen eines beschichteten Stahlproduktes bekannt, wobei das Stahlmaterial eine Zink- oder Zinklegierungsbeschichtung aufweist, die auf der Oberfläche des Stahlmaterials ausgebildet ist und das Stahlbasismaterial mit der Beschichtung auf einer Temperatur von 700°C bis 1000°C erwärmt und warm umgeformt wird, wobei die Beschichtung eine Oxidschicht besitzt, die hauptsächlich aus Zinkoxid besteht, bevor das Stahlbasismaterial mit der Zink- oder Zinklegierungsschicht erwärmt wird, um dann ein Verdampfen des Zinks beim Erwärmen zu verhindern. Hierfür wird ein spezieller Verfahrensablauf vorgesehen.

**[0019]** Aus der EP 1 642 991 B1 ist ein Verfahren zum Warmumformen eines Stahles bekannt, bei dem ein Bauteil aus einem gegebenen Bor-Mangan-Stahl auf eine Temperatur am  $\text{Ac}_3$ -Punkt oder höher erhitzt wird, bei dieser Temperatur gehalten wird und dann das erhitze Stahlblech zum fertigen Bauteil umgeformt wird, wobei das geformte Bauteil durch Kühlung von der Formgebungstemperatur während des Formens oder nach dem Formen in einer solchen Weise abgeschreckt wird, dass die Abkühlrate zum MS-Punkt zumindest der kritischen Abkühlrate entspricht und dass die durchschnittliche Abkühlrate des geformten Bauteils vom MS-Punkt zu 200°C sich im Bereich von 25°C/s bis 150°C/s befindet.

**[0020]** Aus der EP 1 651 789 B1 der Anmelderin ist ein Verfahren zum Herstellen von gehärteten Bauteilen aus Stahlblech bekannt, wobei hierbei Formteile aus einem mit einem kathodischen Korrosionsschutz versehenen Stahlblech kalt umgeformt werden und eine Wärmebehandlung zum Zwecke der Austenitisierung folgt, wobei vor, beim oder nach dem Kaltumformen des Formteils ein Endbeschnitt des Formteils und erforderliche Ausstanzungen oder die Erzeugung eines Lochbildes vorgenommen werden und die Kaltumformung sowie der Beschnitt und die Ausstanzung und Anordnung des Lochbildes auf dem Bauteil 0,5 % bis 2 % kleiner ausgeführt werden als die Dimensionen, die das endgehärtete Bauteil haben soll, wobei das zur Wärmebehandlung kalt umgeformte Formteil anschließend zumindest teilbereichsweise unter Zutritt von Luftsauerstoff auf eine Temperatur erhitzt wird, welche eine Austenitisierung des Stahlwerkstoffes ermöglicht und das erhitze Bauteil anschließend in ein Werkzeug überführt wird und in diesem Werkzeug eine sogenannte Formhärtung durchgeführt wird, bei der durch das Anlegen und Pressen (Halten) des Bauteils durch die Formhärtewerkzeuge das Bauteil gekühlt und dadurch gehärtet wird und die kathodische Korrosionsschutzbeschichtung aus einer Mischung aus im Wesentlichen Zink besteht und zudem ein oder mehrere sauerstoffaffine Elemente. Hierdurch wird an der Oberfläche der Korrosionsschutzbeschichtung eine Oxidhaut aus den sauerstoffaffinen Elementen während des Aufheizens gebildet, welche die kathodische Korrosionsschutzschicht, insbesondere die Zinkschicht, schützt. Zudem wird bei dem Verfahren durch die maßstäbliche Verkleinerung des Bauteils in Bezug auf seine Endgeometrie die Wärmedehnung des Bauteils berücksichtigt, so dass beim Formhärten weder eine Kalibrierung noch eine Umformung notwendig sind.

**[0021]** Aus der WO 2010/109012 A1 der Anmelderin ist ein Verfahren zum Herstellen partiell gehärteter Stahlbauteile bekannt, wobei eine Platine aus einem härtbaren Stahlblech einer Temperaturerhöhung unterworfen wird, welche für eine Abschreckhärtung ausreicht und die Platine nach Erreichen einer gewünschten Temperatur und gegebenenfalls einer gewünschten Haltezeit in ein Umformwerkzeug überführt wird, indem die Platine zu einem Bauteil umgeformt und gleichzeitig abgeschreckt gehärtet wird, oder die Platine kalt umgeformt wird und das durch die kalte Umformung erhaltene Bauteil anschließend einer Temperaturerhöhung unterzogen wird, wobei die Temperaturerhöhung so durchgeführt wird, dass eine Temperatur des Bauteils erreicht wird, die für eine Abschreckhärtung notwendig ist und das Bauteil anschließend in ein Werkzeug überführt wird, in dem das erhitze Bauteil abgekühlt und dadurch abgeschreckt gehärtet wird, wobei während des Erhitzens der Platine oder des Bauteils zum Zwecke der Temperaturerhöhung auf eine zum Härten notwendige Temperatur in den Bereichen, die eine geringere Härte und/oder eine höhere Duktilität besitzen sollen, Absorptionsmassen anliegen oder mit einem geringen Spalt beabstandet sind, wobei die Absorptionsmasse bezüglich ihrer Ausdehnung und Dicke, ihrer Wärmeleitfähigkeit und ihrer Wärmekapazität und/oder hinsichtlich ihres Emissionsgrades gerade so dimensioniert sind, dass die in dem duktil verbleibendem Bereich auf das Bauteil einwirkende Wärmeenergie durch das Bauteil hin durch in die Absorptionsmasse fließt, so dass diese Bereiche kühler bleiben und

insbesondere die zum Härten notwendige Temperatur gerade nicht oder nur teilweise erreichen, so dass diese Bereiche nicht oder nur teilweise gehärtet werden können.

**[0022]** Aus der DE 10 2005 003 551 A1 ist ein Verfahren zur Warmumformung und Härtung eines Stahlblechs bekannt, bei dem ein Stahlblech auf eine Temperatur über den  $Ac_3$ -Punkt erwärmt wird, danach eine Abkühlung auf eine Temperatur im Bereich von 400°C bis 600°C erfährt und erst nach Erreichen dieses Temperaturbereichs umgeformt wird. Diese Schrift geht allerdings nicht auf die Rissproblematik bzw. eine Beschichtung ein, noch wird eine Martensitbildung beschrieben. Ziel der Erfindung ist die Bildung von Zwischengefüge, sogenanntem Bainit.

**[0023]** Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zum Herstellen von insbesondere mit einer Korrosionsschutzschicht versehenen Stahlblechbauteilen mit Bereichen unterschiedlicher Härte bzw. Duktilität zu schaffen, wobei lokale Spannungen im Bauteil sowie Verzug als auch Risse, wie sie sonst durch "liquid metal assisted cracking" verursacht werden können, vermieden werden.

**[0024]** Die Aufgabe wird mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

**[0025]** Vorteilhafte Weiterbildungen sind in Unteransprüchen gekennzeichnet.

**[0026]** Das erfindungsgemäße Verfahren ist sowohl beim sogenannten indirekten Prozess als auch beim direkten Prozess bezüglich der mechanischen Eigenschaften mit Erfolg durchführbar. Um Bereiche mit unterschiedlichen Festigkeiten beim Abschreckhärten zu erzielen werden beim indirekten Verfahren die Platinen vor dem Erhitzen zum fertigen Bauteil umgeformt, gegebenenfalls in alle drei Raumachsen vermindert um eine erwartete Wärmeausdehnung. Anschließend wird das so erzielte Bauteil in einem Ofen erhitzt, wobei, um Bereiche unterschiedlicher Temperatur zu erreichen, Absorptionsmassen oder Isolierbauteile oder Ähnliches in den Bereichen des Bauteils vorgesehen werden, die nicht oder weniger gehärtet werden sollen. Hierdurch wird in diesen Bereichen eine Temperatur erreicht, welche unter  $Ac_3$  oder gegebenenfalls sogar  $Ac_1$  liegt und insofern eine Abschreckhärtung durch Umwandlung des Austenits in Martensit einschränkt oder verhindert. In den übrigen Bereichen wird eine vollständige Austenitisierung angestrebt, welche beim Abschrecken zu einer martensitischen Härte führt.

**[0027]** Beim direkten Verfahren wird die Platine aufgeheizt ohne umgeformt zu sein und es werden die Bereiche der Platine, die nicht oder weniger gehärtet werden sollen, ebenfalls mit Absorptionsmassen in Kontakt gebracht, welche durch ihre Wärmeleitfähigkeit und Wärmekapazität eine Erwärmung des Blechs verringern oder ebenfalls entsprechend Isolationsbauteile angeordnet. Anschließend wird diese Platine umgeformt.

**[0028]** Erfindungsgemäß wird jedoch die Platine in beiden Fällen vor der Härtung (indirektes Verfahren) oder dem Härten und Umformen (direktes Verfahren) bezüglich der Temperatur vergleichmäßigt. Dies bedeutet, dass die aufgeheizte Platine mit den Bereichen unterschiedlicher Temperatur vor dem Einlegen in das Umformwerkzeug einem Zwischenkühlschritt unterworfen wird, bei dem die heißeren Bereiche aktiv auf die Temperatur bzw. den Temperaturbereich der kälteren Bereiche abgekühlt wird. Wie dies geschieht, wird später erläutert.

**[0029]** Um bei der Abkühlung keine unkontrollierte Härtung zu erzielen, werden erfindungsgemäß sogenannte umwandlungsverzögerte Stähle verwendet. Dies bedeutet, dass die Umwandlung in Martensit später stattfindet, so dass die Bauteile nach der Vergleichmäßigung der Temperatur und der Einlegung in das Härtewerkzeug oder das Härte-/Umformwerkzeug trotz gleichmäßiger Temperatur Bereiche besitzen, die durch die anschließende rasche Kühlung mit einer Abkühlgeschwindigkeit über der kritischen Härtegeschwindigkeit gehärtet sind, während die anderen Bereiche, welche nicht auf die Austenitisierungstemperatur gebracht wurden, weicher sind.

**[0030]** Hierbei ist von Vorteil, dass es durch die Vergleichmäßigung der Temperatur auch zu einer gleichmäßigen Umformbarkeit kommt, so dass lokale Spannungen durch unterschiedliche Temperaturen oder unterschiedliche thermomechanische Eigenschaften vermieden werden und insbesondere Ausdünnungen in den Grenzbereichen zwischen kalten und heißen Bereichen vermieden werden.

**[0031]** Ein weiterer Vorteil, der beim direkten Verfahren erzielt wird, ist, dass das sogenannte "liquid metal embrittlement" vermieden wird.

**[0032]** Der vorbeschriebene Effekt der Rissbildung durch flüssiges Zink, welches den Stahl im Bereich der Korngrenzen penetriert, ist auch als sogenanntes "liquid metal embrittlement" oder "liquid metal assisted cracking" bekannt.

**[0033]** Wie erfindungsgemäß erkannt wurde, darf möglichst keine Zinkschmelze mit Austenit während der Umformphase, also dem Eintrag von Spannung, in Berührung kommen. Erfindungsgemäß wird daher vorgesehen, die Umformung unter der peritektischen Temperatur des Systems Eisen-Zink (Schmelze, Ferrit, Gamma-Phase) durchzuführen. Um hierbei eine Abschreckhärtung noch gewährleisten zu können wird die Zusammensetzung der Stahllegierung im Rahmen der üblichen Zusammensetzung eines Mangan-Borstahles (22MnB5) so eingestellt, dass eine Abschreckhärtung durch eine verzögerte Umwandlung des Austenits in Martensit und damit das Vorhandensein von Austenit auch bei der tieferen Temperatur unterhalb von 780°C oder tiefer durchgeführt wird, so dass in dem Moment in dem mechanische Spannung auf den Stahl eingebracht wird, welche in Verbindung mit einer Zinkschmelze und Austenit zum "liquid metal embrittlement" führen würde, eben keine oder nur noch sehr wenige flüssige Zinkphasen vorhanden sind. Somit gelingt es mittels eines entsprechend der Legierungselemente eingestellten Bor-Manganstahls eine ausreichende Abschreckhärtung zu erzielen ohne eine übermäßige oder schädigende Rissbildung zu provozieren.

**[0034]** Zudem hat sich herausgestellt, dass neben der Einstellung der Stahlanalyse die aktive Zwischenkühlung vor

dem Umformen für eine rissfreie Umformung notwendig ist. Die Zwischenkühlung kann beispielsweise ein- oder mehrstufig erfolgen.

**[0035]** Während der Transferzeiten zwischen dem Ofen und der Presse können zusätzlich Zeiträume eingeplant sein um die Bleche, die unterschiedlich aufgeheizte Bereiche besitzen, um beispielsweise in kälteren Bereichen gar keine Härtung herbeizuführen, von der Temperatur her zu vergleichmäßigen, wobei insbesondere abgewartet wird, bis die über die Austenitisierungstemperatur erhitzten Bereiche eine Temperatur haben, die sich an die Temperatur der weniger erhitzten Bereiche angeglichen hat. Diese Angleichung des Temperaturprofils kann dabei insbesondere auch durch eine aktive Kühlung der heißeren Bereiche erfolgen, insbesondere durch Anblasen dieser Bereiche oder Ähnliches wobei ggf. während des Abkühlens der erhitzten Bereiche die kalten bzw. kälteren Bereiche abgedeckt, abgeschirmt oder isoliert werden.

**[0036]** Insbesondere kann eine Steuerung von Lufterdusen zum Anblasen im speziellen Fall von Blechen unterschiedlicher Temperatur über Pyrometer erfolgen, die beispielsweise außerhalb der Presse und des Ofens in einer gesonderten Anlage ebenso wie die entsprechenden Düsen vorhanden sind.

**[0037]** Die Kühlmöglichkeiten sind hierbei nicht auf Lufterdusen beschränkt, es können auch gekühlte Tische verwendet werden auf denen die Platinen entsprechend positioniert werden und welche gekühlte und nicht gekühlte Bereiche umfassen, so dass die abzukühlenden Bereiche der Platine auf abgekühlten Bereichen des Tisches zu liegen kommen und beispielsweise durch Aufdrücken oder Ansaugen in wärmeleitenden Kontakt gebracht werden.

**[0038]** Auch der Einsatz einer Kühlpresse ist denkbar, bei der die Pressengeometrie durch die ebenen Platinen denkbar einfach und günstig ist, wobei die Bereiche des Werkzeugs in denen die Platine abgekühlt werden soll entsprechend flüssig gekühlt sind, während die Bereiche, die nicht abgekühlt werden sollen beispielsweise gegenüber dem kalten Metall der Presse mittels Isolierschichten, die in die Werkzeuge eingelegt sind, abgeschirmt werden oder diese Bereiche beispielsweise mittels Induktion leicht erwärmt oder auf Temperatur gehalten werden.

**[0039]** Bei Platinen mit Bereichen unterschiedlicher Temperatur wird vor dem Umformen eine gleichmäßige Umformtemperatur erreicht was ein verbessertes Umformverhalten in der Umformpresse sicherstellt.

**[0040]** Bei beiden Verfahren ist von Vorteil, dass durch die niedrigere Temperatur zum Härten weniger Energie abgeführt werden muss und dadurch die Taktzeiten verkürzt werden.

**[0041]** Die Erfindung wird anhand einer Zeichnung erläutert, es zeigen dabei:

Figur 1: die Zeit-Temperaturkurve bei der Abkühlung zwischen Ofen und Umformung;

Figur 2: stark vergrößerte Bilder zeigend die Proben mit den unterschiedlichen Temperaturen;

Figur 3: Querschnittschlifffdarstellungen der Proben nach Figur 2;

Figur 4: das Zink-Eisen-Diagramm, mit entsprechenden Abkühlkurven für Bleche mit unterschiedlich aufgeheizten Bereichen;

Figur 5: ein ZTU-Schaubild;

Figur 6: den schematischen Ablauf des erfindungsgemäßen Verfahrens bei dem direkten Prozess;

Figur 7: den schematischen Ablauf des erfindungsgemäßen Verfahrens bei dem indirekten Prozess;

Figur 8: den schematischen Ablauf mit kombinierter Zentrier- und Kühlstation zur einseitigen Zwischenkühlung.

**[0042]** Erfindungsgemäß wird ein üblicher Bor-Manganstahl zur Verwendung als presshärtender Stahlwerkstoff bezüglich der Umwandlung des Austenits in andere Phasen so eingestellt, dass sich die Umwandlung in tiefere Bereiche verschiebt und Martensit gebildet werden kann.

**[0043]** Für die Erfindung sind somit Stähle dieser Legierungszusammensetzung geeignet (alle Angaben in Masse-%):

C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Ti	B	N
[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
0,22	0,19	1,22	0,0066	0,001	0,053	0,26	0,031	0,0025	0,0042

Rest Eisen und erschmelzungsbedingte Verunreinigungen

**[0044]** Wobei als Umwandlungsverzögerer in derartigen Stählen insbesondere die Legierungselemente Bor, Mangan, Kohlenstoff und optional Chrom und Molybdän verwendet werden.

## EP 2 655 672 B1

**[0045]** Für die Erfindung sind auch Stähle der allgemeinen Legierungszusammensetzung geeignet (alle Angaben in Masse-%):

5	Kohlenstoff (C)	0,08-0,6
	Mangan (Mn)	0,8-3,0
	Aluminium (Al)	0,01-0,07
	Silizium (Si)	0,01-0,5
	Chrom (Cr)	0,02-0,6
10	Titan (Ti)	0,01-0,08
	Stickstoff (N)	< 0,02
	Bor (B)	0,002-0,02
	Phosphor (P)	< 0,01
	Schwefel (S)	< 0,01
15	Molybdän (Mo)	< 1

Rest Eisen und erschmelzungsbedingte Verunreinigungen

**[0046]** Insbesondere als geeignet erwiesen haben sich Stahlanordnungen wie folgt (alle Angaben in Masse-%):

20	Kohlenstoff (C)	0,08-0,30
	Mangan (Mn)	1,00-3,00
	Aluminium (Al)	0,03-0,06
	Silizium (Si)	0,01-0,20
25	Chrom (Cr)	0,02-0,3
	Titan (Ti)	0,03-0,04
	Stickstoff (N)	< 0,007
	Bor (B)	0,002-0,006
	Phosphor (P)	< 0,01
30	Schwefel (S)	< 0,01
	Molybdän (Mo)	< 1

Rest Eisen und erschmelzungsbedingte Verunreinigungen

**[0047]** Durch die Einstellung der als Umwandlungsverzögerer wirkenden Legierungselemente wird eine Abschreckhärtung, d. h. eine rasche Abkühlung mit einer über der kritischen Härtegeschwindigkeit liegenden Abkühlgeschwindigkeit auch noch unter 780°C sicher erreicht. Dies bedeutet, dass in diesem Fall unterhalb des Peritektikums des Systems Zink-Eisen gearbeitet wird, d. h. erst unterhalb des Peritektikums mechanische Spannung aufgebracht wird. Dies bedeutet ferner, dass in dem Moment in dem mechanische Spannung aufgebracht wird, keine flüssigen Zinkphasen mehr vorhanden sind welche mit dem Austenit in Kontakt kommen können.

**[0048]** Zudem kann nach dem Aufheizen der Platine man erfindungsgemäß im Temperaturbereich des Peritektikums eine Haltephase vorsehen, so dass die Erstarrung der Zinkbeschichtung gefördert und vorangetrieben wird bevor anschließend umgeformt wird.

**[0049]** In Figur 1 erkennt man einen günstigen Temperaturverlauf für ein austenitisiertes Stahlblech wobei erkennbar ist, dass nach dem Aufheizen auf eine Temperatur über der Austenitisierungstemperatur und dem entsprechenden Verbringen in eine Kühleinrichtung bereits eine gewisse Abkühlung stattfindet. Anschließend folgt ein rascher Zwischenkühlschritt. Der Zwischenkühlschritt wird vorteilhafterweise mit Abkühlgeschwindigkeiten mit mindestens 15 K/s, vorzugsweise mindestens 30 K/s, weiter bevorzugt mindestens 50 K/s durchgeführt. Anschließend wird die Platine in die Presse transferiert und die Umformung, im Bereich von 450 °C bis 700 °C, und unter der peritektischen Temperatur des Eisen-Zink-Systems, und Härtung durchgeführt.

**[0050]** In Figur 4 erkennt man im Eisen-Kohlenstoff-Diagramm wie beispielsweise eine Platine mit unterschiedlich heißen Bereichen entsprechend behandelt wird. Hierbei erkennt man für die heißen, zu härtenden Bereiche eine hohe Starttemperatur zwischen 800°C und 900°C während die weichen Bereiche auf eine Temperatur unter 700°C aufgeheizt worden sind und insbesondere dann für eine Härtung nicht zur Verfügung stehen. Ein Temperaturangleich erkennt man bei einer Temperatur von etwa 550°C oder etwas darunter, wobei nach Einstellung der heißeren Bereiche auch diese Temperatur der weicheren Bereiche die rasche Abkühlung mit 20 K/s erfolgt.

**[0051]** Für die Zwecke der Erfindung ist es dabei ausreichend, wenn die Temperaturangleichung so durchgeführt wird, dass noch Differenzen in den Temperaturen der (vormals) heißen Bereiche und der (vormals) kälteren Bereiche bestehen,

die 75°C, insbesondere 50°C nicht überschreiten (in beide Richtungen).

**[0052]** In Figur 3 erkennt man den Unterschied in der Rissbildung. Ohne Zwischenkühlung erfolgt eine Rissbildung, die bis in das Stahlmaterial reicht, mit der Zwischenkühlung ergeben sich lediglich oberflächliche Risse in der Beschichtung, die jedoch unkritisch sind.

**[0053]** Mit der Erfindung gelingt es somit, zuverlässig ein kostengünstiges Warmumformverfahren für mit Zink oder Zinklegierungen beschichteter Stahlbleche mit Bereichen unterschiedlicher Härte bzw. Duktilität zu erreichen bei dem einerseits eine Abschreckhärtung herbeigeführt wird und andererseits Mikro- und Makrorissbildung, die zu Bauteilschäden führt, vermindert oder vermieden wird.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen eines gehärteten Stahlbauteils mit unterschiedlich duktilen bzw. harten Bereichen, wobei eine Platine ausgestanzt wird, und entweder die ausgestanzte Platine teilbereichsweise auf eine Temperatur  $\geq A_{c3}$  erhitzt und ggf. bei dieser Temperatur für eine vorbestimmte Zeit gehalten wird um die Austenitbildung durchzuführen und anschließend die teilbereichsweise aufgeheizte Platine in ein Formwerkzeug überführt wird, in dem Formwerkzeug umgeformt wird und in dem Formwerkzeug mit einer Geschwindigkeit, die über der kritischen Härtegeschwindigkeit liegt, abgekühlt und dadurch gehärtet wird, oder fertig kalt umgeformt wird und die umgeformte Platine teilbereichsweise auf eine Temperatur  $> A_{c3}$  erhitzt und gegebenenfalls bei dieser Temperatur für eine vorbestimmte Zeit gehalten wird, um die Austenitbildung durchzuführen und anschließend die teilbereichsweise aufgeheizte und umgeformte Platine in ein Härtewerkzeug überführt wird, in dem Härtewerkzeug gehärtet wird mit einer Geschwindigkeit, die über der kritischen Härtegeschwindigkeit liegt, wobei der Stahlwerkstoff derart umwandlungsverzögert eingestellt ist, dass bei einer Umformtemperatur die im Bereich von 450°C bis 700°C und unter der peritektischen Temperatur des Eisen-Zink-Systems liegt, eine Abschreckhärtung durch Umwandlung des Austenits in Martensit stattfindet, wobei nach dem Erhitzen und vor dem Umformen ein aktives Kühlen stattfindet, bei dem die Platine oder Teile der Platine oder die umgeformte Platine oder Bereiche hiervon mit einer Abkühlgeschwindigkeit  $> 15K/s$  abgekühlt wird, wobei der Stahlwerkstoff als Umwandlungsverzögerer die Elemente Bor, Mangan und Kohlenstoff und optional Chrom und Molybdän enthält wobei Stahlwerkstoff mit folgender Analyse verwendet wird (alle Angaben in Masse-%):

Kohlenstoff (C)	0,08-0,6
Mangan (Mn)	0,8-3,0
Aluminium (Al)	0,01-0,07
Silizium (Si)	0,01-0,5
Chrom (Cr)	0,02-0,6
Titan (Ti)	0,01-0,08
Stickstoff (N)	< 0,02
Bor (B)	0,002-0,02
Phosphor (P)	< 0,01
Schwefel (S)	< 0,01
Molybdän (Mo)	< 1

Rest Eisen und erschmelzungsbedingte Verunreinigungen und bei Platinen welche zur Erzielung unterschiedlicher Härtebereiche entsprechende Bereiche unterschiedlich starker Aufheizung aufweisen die aktive Kühlung so durchgeführt wird, dass nach der aktiven Kühlung die vormals heißeren, austenitisierten Bereiche vom Temperaturniveau her an die weniger stark aufgeheizten Bereiche angeglichen sind ( $\pm 50 K$ ), sodass die Platine mit einer einheitlichen Temperatur, mit einer Differenz von maximal 75 °C, in das Umformwerkzeug eingelegt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Stahlwerkstoff mit folgender Analyse verwendet wird (alle Angaben in Masse-%):

Kohlenstoff (C)	0,08-0,30
Mangan (Mn)	1,00-3,00
Aluminium (Al)	0,03-0,06
Silizium (Si)	0,01-0,20
Chrom (Cr)	0,02-0,3

## EP 2 655 672 B1

(fortgesetzt)

Titan (Ti)	0,03-0,04
Stickstoff (N)	0,007
Bor (B)	0,002-0,006
Phosphor (P)	< 0,01
Schwefel (S)	< 0,01
Molybdän (Mo)	< 1

Rest Eisen und erschmelzungsbedingte Verunreinigungen

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Platine in einem Ofen auf eine Temperatur  $>A_{c3}$  aufgeheizt wird und für eine vorbestimmte Zeit gehalten wird und anschließend die Platine auf eine Temperatur zwischen 500°C und 600°C abgekühlt wird, um eine Verfestigung der Zinkschicht zu erzielen und anschließend in das Formwerkzeug überführt und dort umgeformt wird.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die aktive Kühlung so durchgeführt wird, dass die Abkühlrate  $>30$  K/s beträgt.
5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die aktive Kühlung so durchgeführt wird, dass die Abkühlung mit mehr als 50 K/s stattfindet.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei Platinen welche zur Erzielung unterschiedlicher Härtebereiche entsprechende Bereiche unterschiedlich starker Aufheizung aufweisen die aktive Kühlung so durchgeführt wird, dass nach der aktiven Kühlung die vormals heißeren, austenitisierten Bereiche vom Temperaturniveau her an die weniger stark aufgeheizten Bereiche angeglichen sind ( $\pm 50$  K), so dass die Platine mit einer im Wesentlichen einheitlichen Temperatur in das Umformwerkzeug eingelegt wird.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kühlungsfortschritt und/oder die Einlegetemperatur in das Umformwerkzeug mittels Sensoren, insbesondere Pyrometern überwacht und die Kühlung entsprechend gesteuert wird.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Stahlwerkstoff ein mit Zink oder einer Zinklegierung beschichteter Stahlwerkstoff verwendet wird.

### Claims

1. Method for producing a hardened steel component having sections of differing ductility or hardness, wherein a plate is blanked and either the blanked plate is heated by partial sections to a temperature of  $\geq A_{c3}$  and kept at this temperature for a predefined time where appropriate, in order to allow austenite formation, after which the plate which has been heated by partial sections is moved into a forming tool, formed in said forming tool and cooled in said forming tool at a speed that lies above the critical hardening speed, cooled and thereby hardened or cold-finished and partial sections of the formed plate are heated to a temperature  $\geq A_{c3}$  and kept at this temperature for a predefined time where appropriate, in order to allow austenite formation, after which the plate which has been heated by partial sections and formed is moved into a hardening tool, hardened in the hardening tool at a speed which lies above the critical hardening speed, wherein  
the steel material is adjusted in a conversion-delayed manner, such that with a forming temperature which falls within the range of 450°C to 700°C and is below the peritectic temperature of the iron/zinc system, quench-hardening takes place through conversion of the austenite into martensite, wherein following heating and prior to forming, active cooling takes place during which the plate, or parts of the plate, or the formed plate or sections thereof, are cooled at a cooling speed  $>15$  K/s wherein the steel material contains the elements boron, manganese and carbon and, optionally, chromium and molybdenum as conversion retarders, wherein steel material having the following analysis is used (all figures in % by mass):

Carbon (C)	0.08-0.6
------------	----------

## EP 2 655 672 B1

(continued)

Manganese (Mn)	0.8-3.0
Aluminium (Al)	0.01-0.07
Silicon (Si)	0.01-0.5
Chromium (Cr)	0.02-0.6
Titanium (Ti)	0.01-0.08
Nitrogen (N)	< 0.02
Boron (B)	0.002-0.02
Phosphor (P)	< 0.01
Sulphur (S)	< 0.01
Molybdenum (Mo)	< 1

Residual iron and smelting-related impurities and in the case of plates which, in order to obtain different hardness sections, have corresponding sections of variably intense heating, the active cooling is carried out in such a manner that following active cooling, the previously hotter, austenitized sections are adapted to the less intensely heated sections (+/- 50 K), so that the plate is inserted into the forming tool at a uniform temperature with a maximum difference of 75 °C.

2. Method according to Claim 1, **characterized in that** a steel material with the following analysis is used (all figures in % by mass):

Carbon (C)	0.08-0.30
Manganese (Mn)	1.00-3.00
Aluminium (Al)	0.03-0.06
Silicon (Si)	0.01-0.20
Chromium (Cr)	0.02-0.3
Titanium (Ti)	0.03-0.04
Nitrogen (N)	0.007
Boron (B)	0.002-0.006
Phosphor (P)	< 0.01
Sulphur (S)	< 0.01
Molybdenum (Mo)	< 1

Residual iron and smelting-related impurities.

3. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the plate is heated in a furnace to a temperature  $\geq A_{c3}$  and kept at this temperature for a predefined time, after which the plate is cooled to a temperature between 500°C and 600°C, in order to achieve hardening of the zinc layer, and then moved into the forming tool where it is formed.
4. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the active cooling is carried out in such a manner that the cooling rate is >30 K/s.
5. Method according to Claim 4, **characterized in that** the active cooling is carried out in such a manner that cooling takes place at more than 50 K/s.
6. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** in the case of plates which, in order to achieve different hardness sections, have corresponding sections of variably intense heating, the active cooling is carried out in such a manner that following active cooling the previously hotter, austenitized sections are adapted to the less intensely heated sections in terms of temperature (+/- 50 K), so that the plate is inserted into the forming tool at a substantially uniform temperature.
7. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the cooling progress and/or the insertion temperature into the forming tool is monitored by means of sensors, in particular pyrometers, and the cooling is

controlled accordingly.

8. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** a steel material coated with zinc or a zinc alloy is used as the steel material.

## Revendications

1. Procédé de fabrication d'un composant en acier trempé avec des zones ductiles ou trempées différemment, une platine étant découpée, et soit la platine découpée est chauffée par zones partielles à une température  $\geq A_{c3}$  et, le cas échéant, maintenue à cette température pendant une durée déterminée afin de réaliser la formation d'austénite, puis la platine chauffée par zones partielles est transportée dans une matrice, façonnée dans la matrice et refroidie et donc trempée dans la matrice à une vitesse supérieure à la vitesse de trempe critique, soit façonnée à froid et la platine façonnée est chauffée par zones partielles à une température  $\geq A_{c3}$  et, le cas échéant, maintenue à cette température pendant une durée déterminée afin de réaliser la formation d'austénite, puis la platine façonnée et chauffée par zones partielles est transportée dans un appareil de trempe, trempée dans l'appareil de trempe à une vitesse supérieure à la vitesse de trempe critique, le matériau en acier étant réglé pour ralentir à la transformation de telle sorte qu'un durcissement par trempe a lieu grâce à la transformation de l'austénite en martensite à une température de façonnage se trouvant dans la plage de 450 °C à 700 °C et en dessous de la température péritectique du système zinc-fer, un refroidissement actif ayant lieu après la chauffe et avant le façonnage pendant lequel la platine ou des pièces de la platine ou la platine façonnée ou des zones de celle-ci sont refroidies à une vitesse de refroidissement  $> 15K/s$ , le matériau en acier comprenant comme retardateur de transformation les éléments bore, manganèse et carbone et en option le chrome et le molybdène, le matériau en acier étant utilisé avec l'analyse suivante (toutes les données en % massique) :

Carbone (C)	0,08-0,6
Manganèse (Mn)	0,8-3,0
Aluminium (Al)	0,01-0,07
Silicium (Si)	0,01-0,5
Chrome (Cr)	0,02-0,6
Titane (Ti)	0,01-0,08
Azote (N)	< 0,02
Bore (B)	0,002-0,02
Phosphore (P)	< 0,01
Soufre (S)	< 0,01
Molybdène (Mo)	< 1

le restant étant constitué de fer et d'impuretés issues de la fusion et pour les platines, qui présentent des plages correspondantes pour atteindre des plages de trempe différentes aux puissances de chauffe différentes, le refroidissement actif est effectué de telle sorte que les zones austénitisées préalablement chauffées soient adaptées au niveau de la température aux zones moins fortement chauffées (+/- 50 K), de manière à ce que la platine soit déposée dans la matrice à une température uniforme avec une différence de 75 °C maximale.

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce qu'un** matériau en acier est utilisé avec l'analyse suivante (toutes les données sont en % massique) :

Carbone (C)	0,08-0,30
Manganèse (Mn)	1,00-3,00
Aluminium (Al)	0,03-0,06
Silicium (Si)	0,01-0,20
Chrome (Cr)	0,02-0,3
Titane (Ti)	0,03-0,04
Azote (N)	0,007
Bore (B)	0,002-0,006
Phosphore (P)	< 0,01

(suite)

Soufre (S) < 0,01  
Molybdène (Mo) < 1

5

le restant étant constitué de fer et d'impuretés issues de la fusion.

10

3. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la platine est chauffée dans un four à une température  $\geq A_{c3}$  maintenue à cette température pendant une durée déterminée, la platine est ensuite refroidie à une température comprise entre 500 °C et 600 °C afin d'obtenir une solidification de la couche de zinc puis transportée dans la matrice pour y être façonnée.

15

4. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le refroidissement actif est effectué de telle sorte que le taux de refroidissement soit >30 K/s.

20

5. Procédé selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** le refroidissement actif est effectué de telle sorte que le refroidissement a lieu avec plus de 50 K/s.

6. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** pour les platines, qui présentent des plages correspondantes pour atteindre des plages de trempe différentes aux puissances de chauffe différentes, le refroidissement actif est effectué de telle sorte que les zones austénitisées préalablement chauffées soient adaptées au niveau de la température aux zones moins fortement chauffées (+/- 50 K), de manière à ce que la platine soit déposée dans la matrice à une température essentiellement uniforme.

25

7. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la progression du refroidissement et/ou la température d'enfournement dans la matrice est/sont surveillée(s) au moyen de capteurs, notamment des pyromètres, et **en ce que** le refroidissement est régulé en conséquence.

30

8. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**un matériau en acier revêtu de zinc ou d'un alliage de zinc est utilisé comme matériau en acier.

35

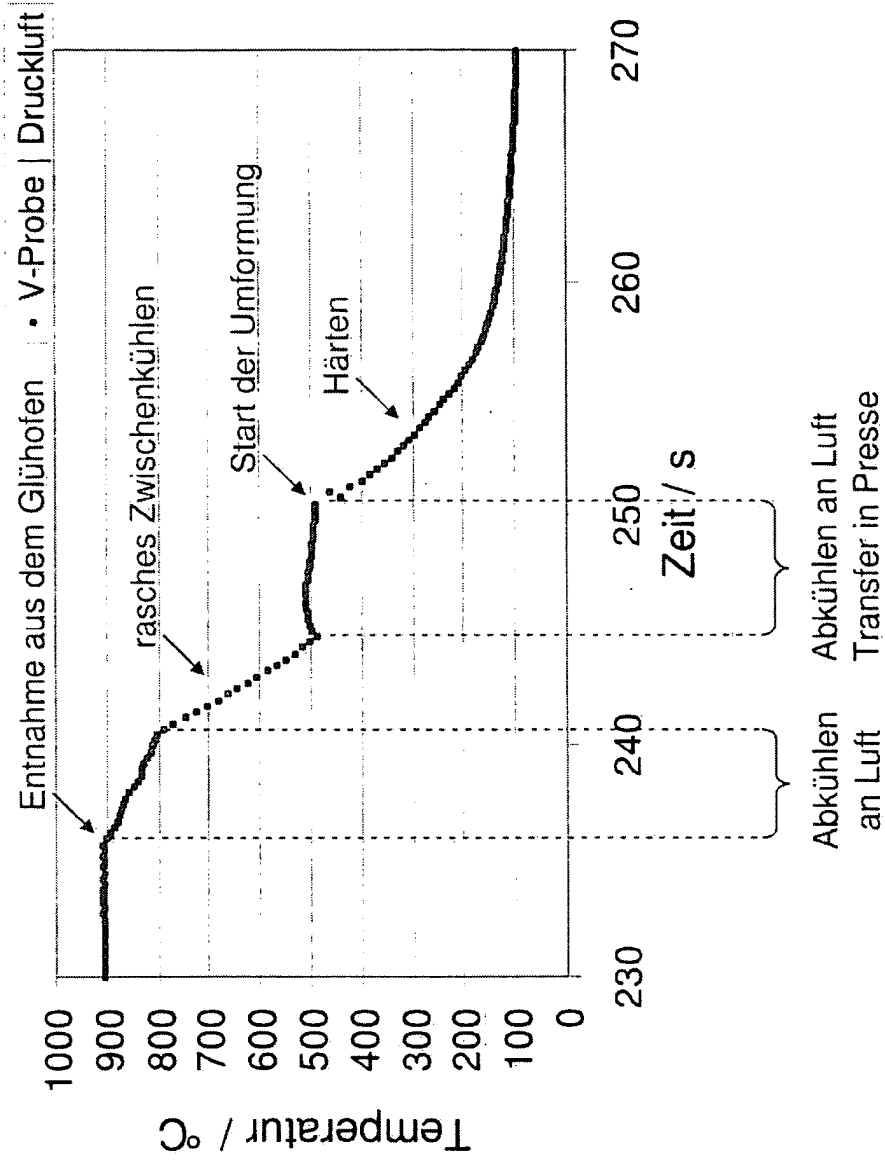
40

45

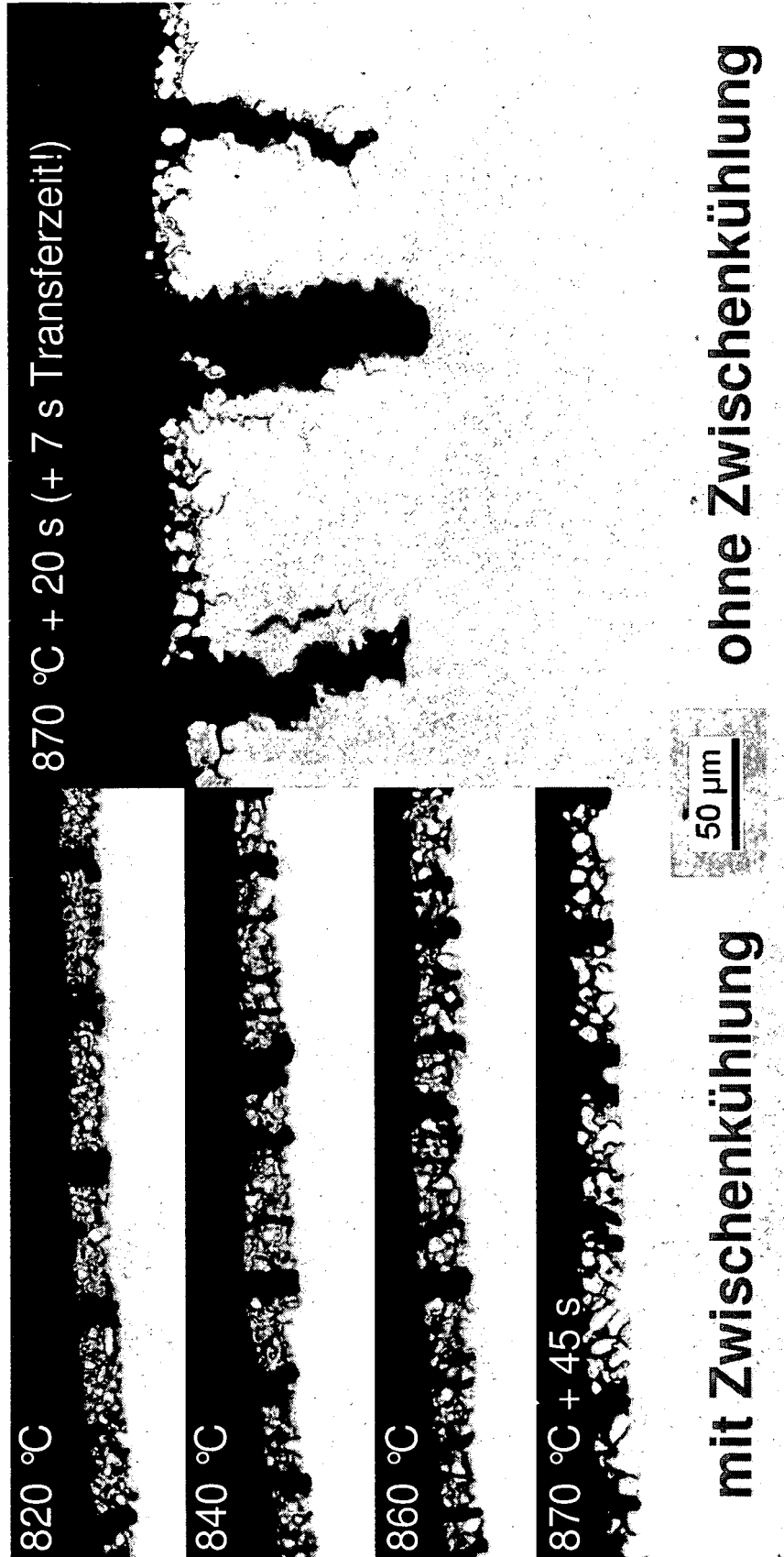
50

55

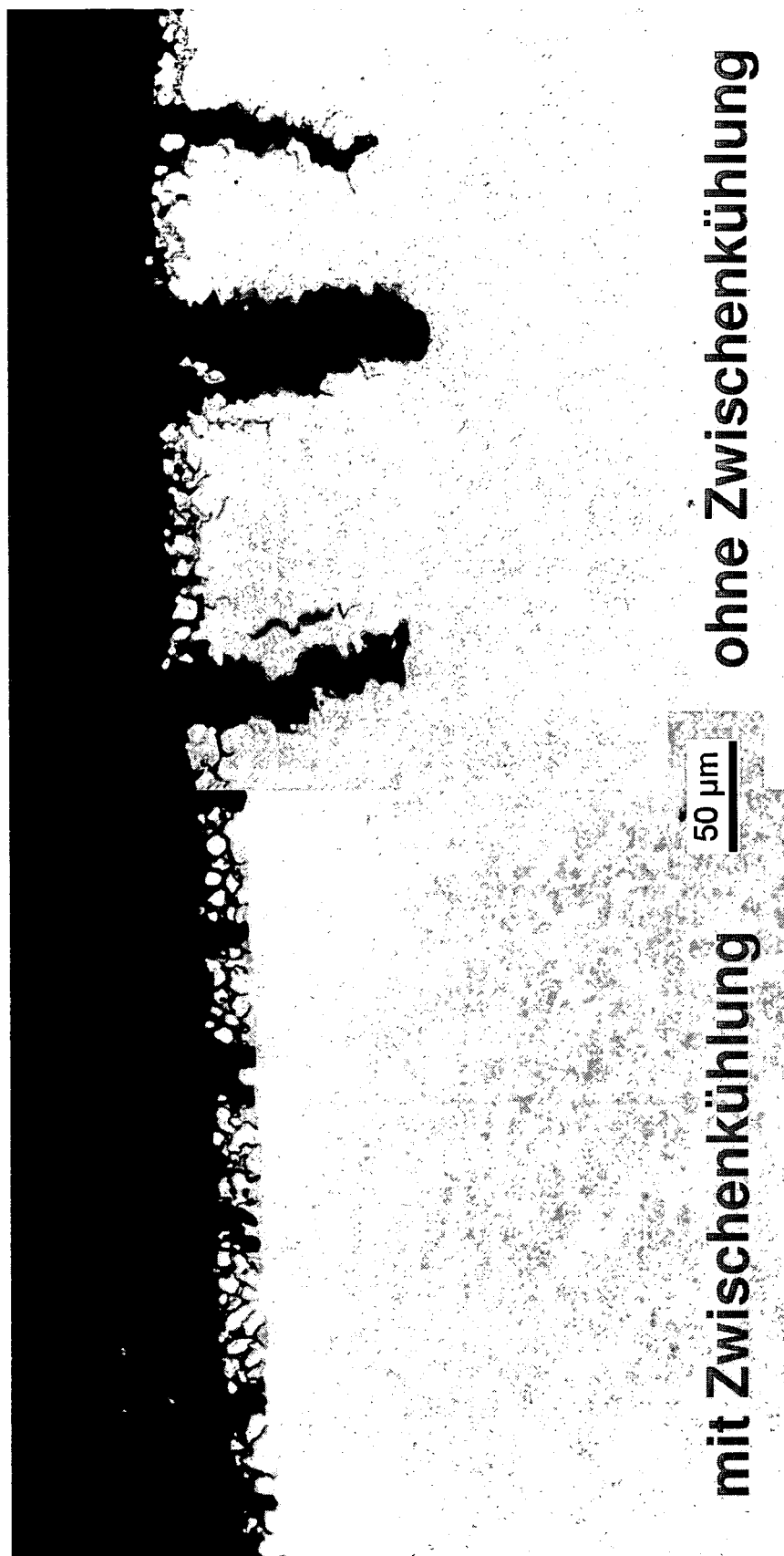
Die Zeit-Temperaturkurve bei der Abkühlung zwischen Ofen und Umformung am Transfer



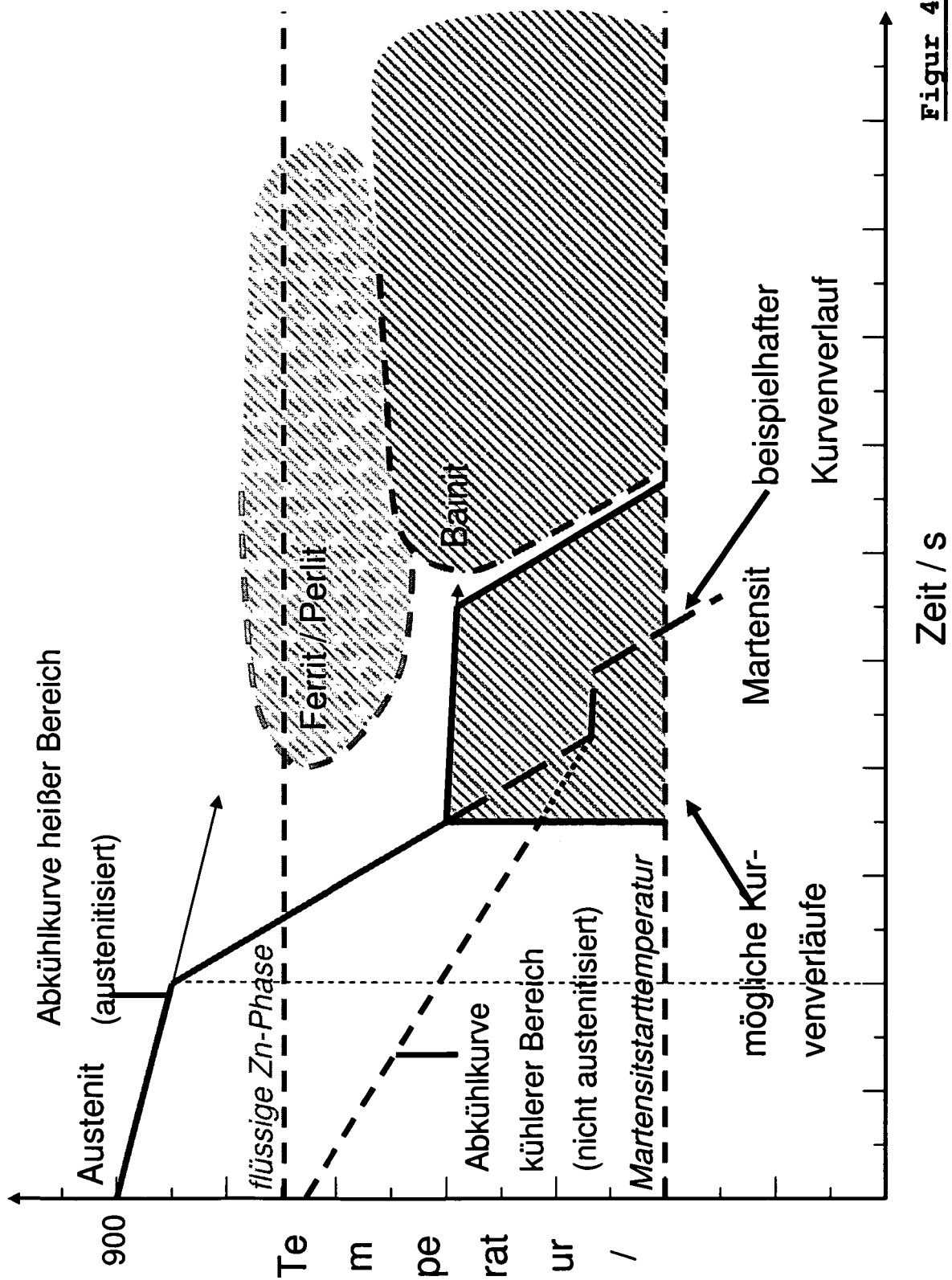
**Figur 1**



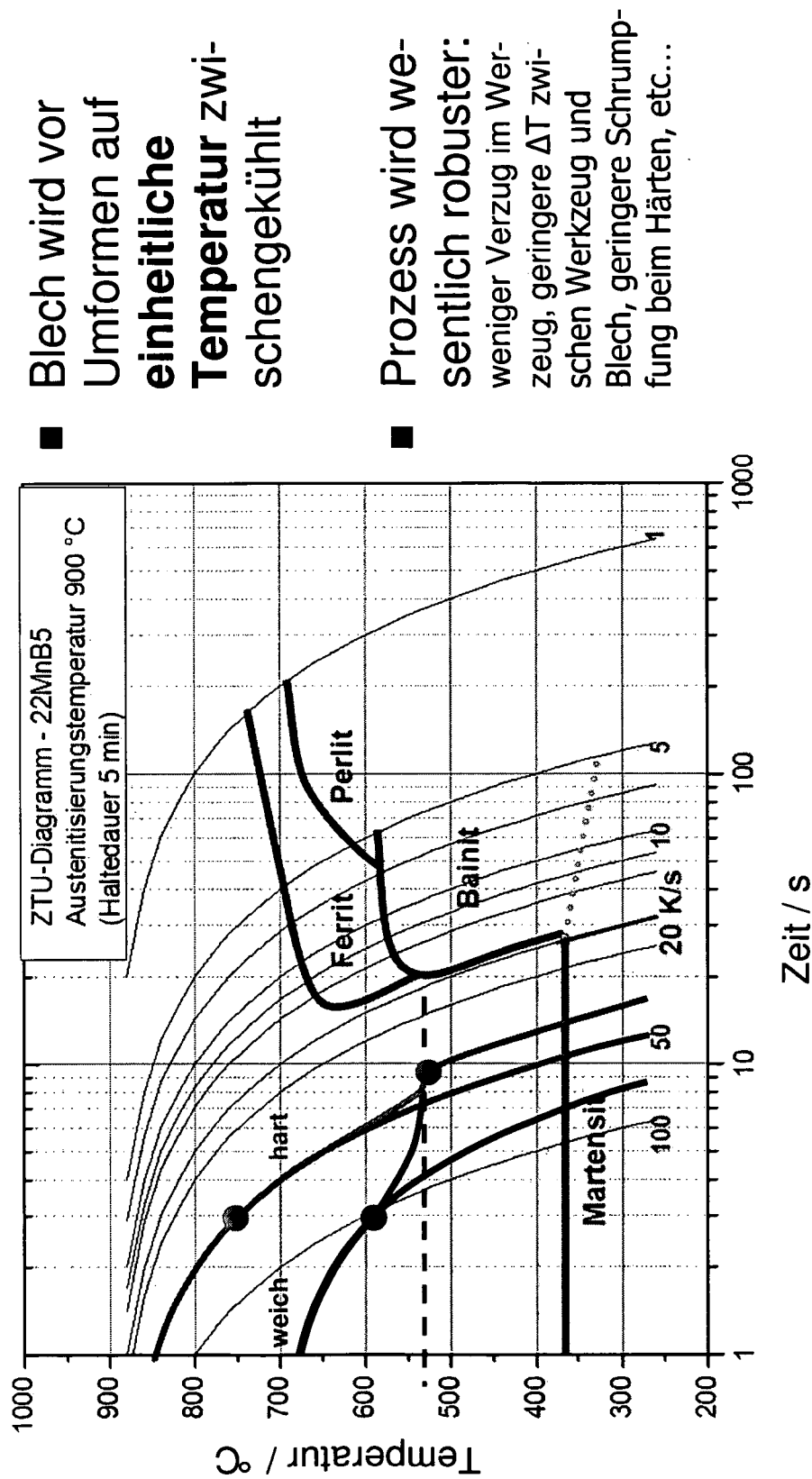
**Figur 2**



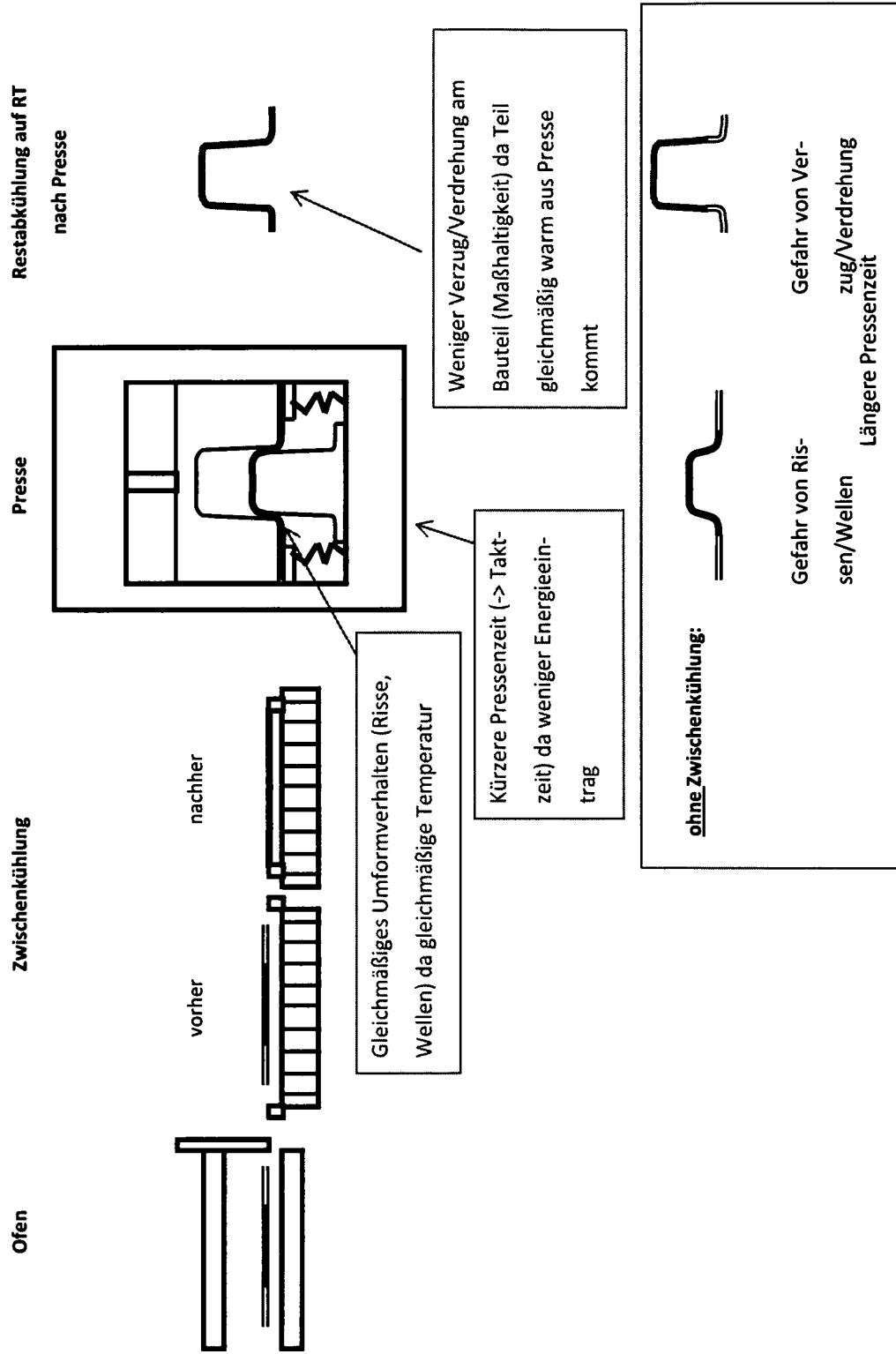
Figur 3



Figur 4

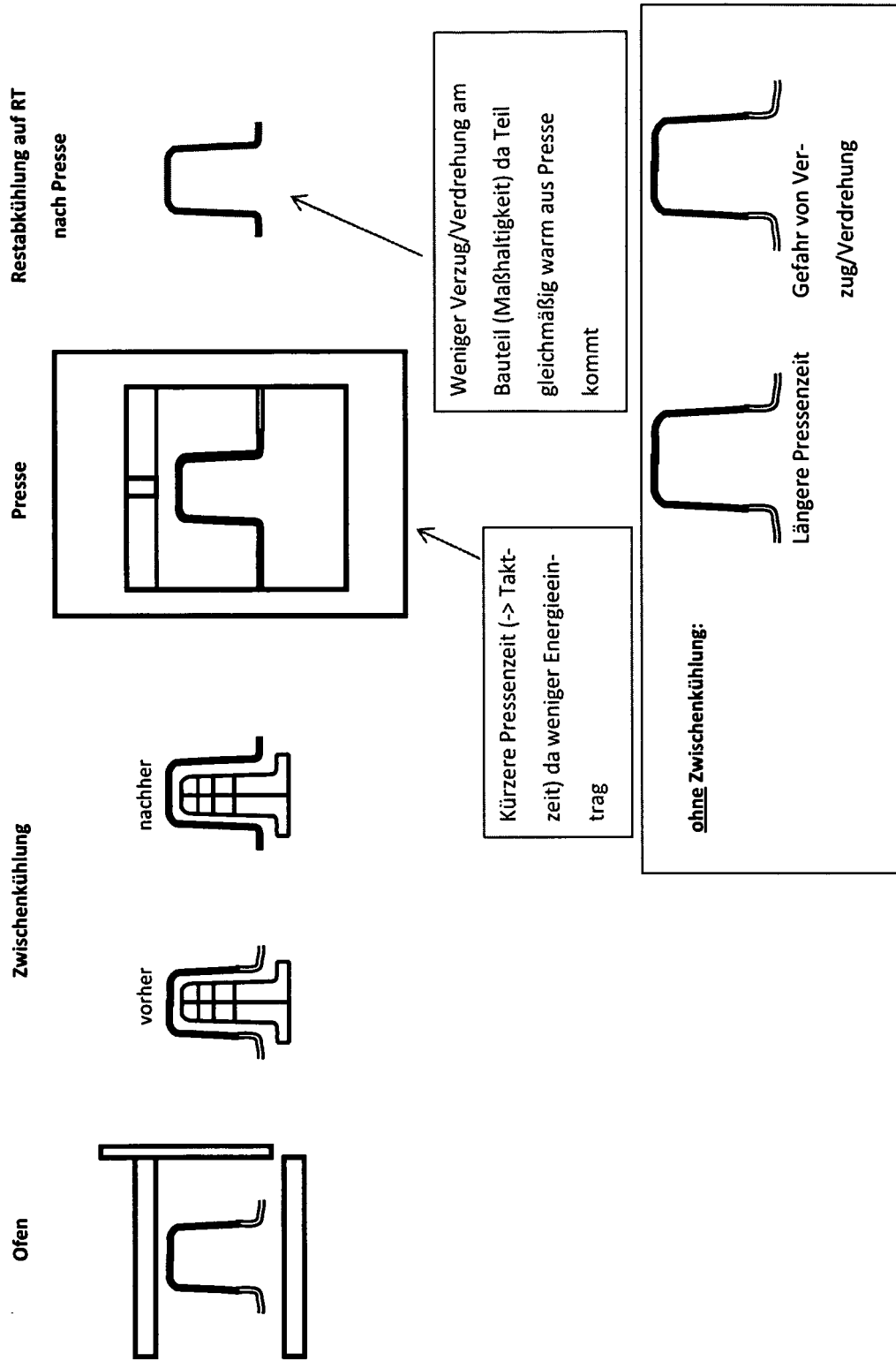
**Figur 5**

# Vorteile Zwischenkühlung bei TPP (Absorptionsmasse) – DIREKTER PROZESS:



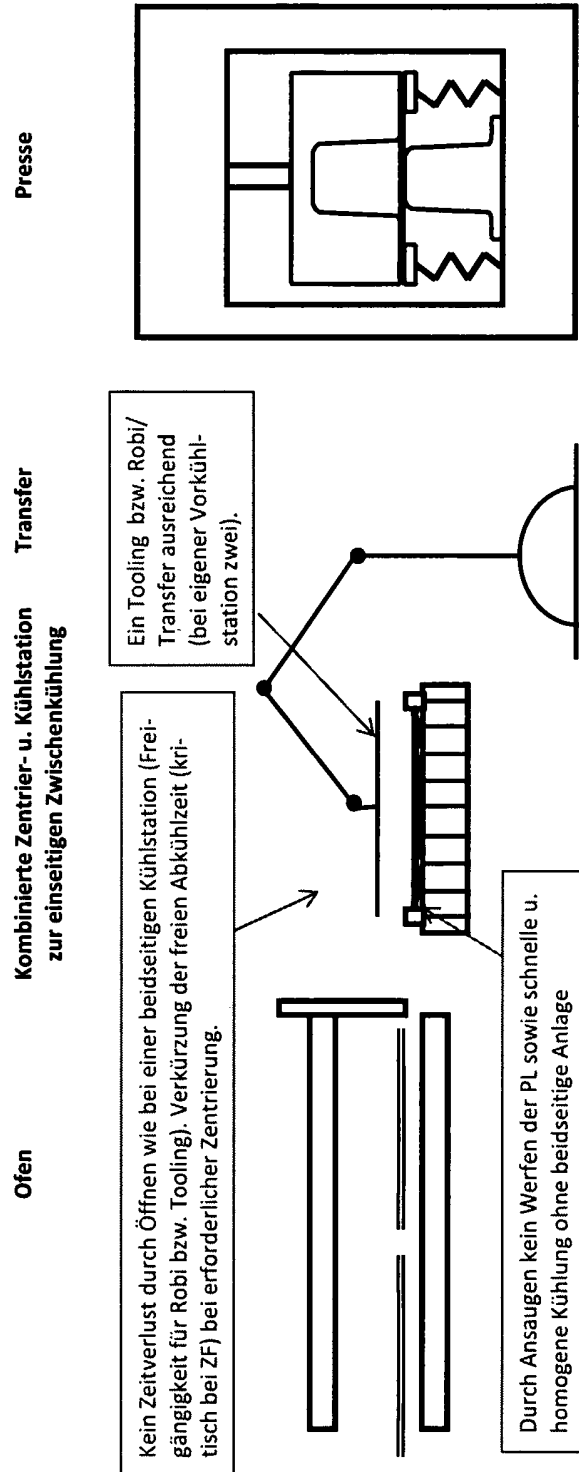
**Figur 6**

# Vorteile Zwischenkühlung bei TPP (Absorptionsmasse) – INDIREKTER PROZESS:

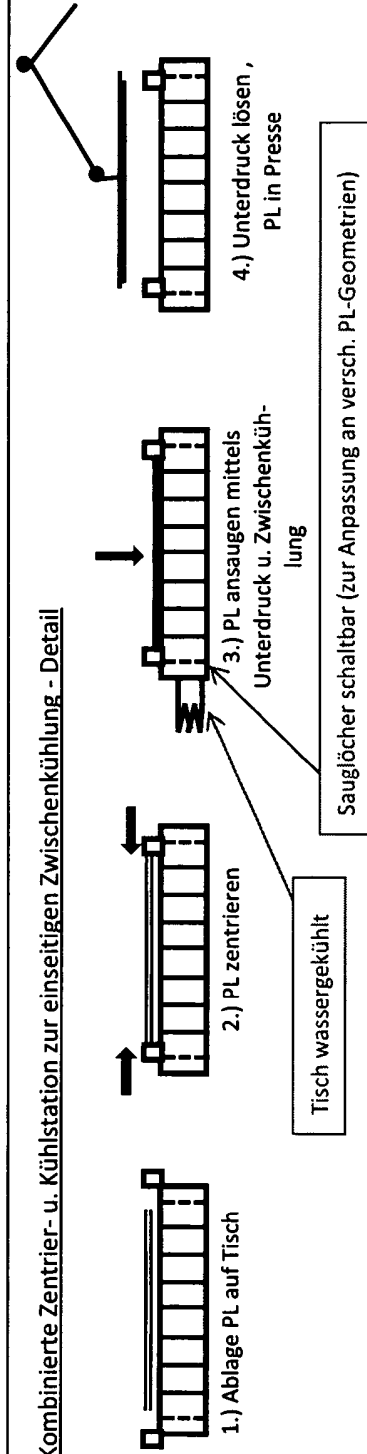


**Figur 7**

# Kombinierte Zentrier- u. Kühlstation zur einseitigen Zwischenkühlung:



## Kombinierte Zentrier- u. Kühlstation zur einseitigen Zwischenkühlung - Detail



**Figur 8**

## 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

- EP 1439240 B1 [0018]
- EP 1642991 B1 [0019]
- EP 1651789 B1 [0020]
- WO 2010109012 A1 [0021]
- DE 102005003551 A1 [0022]

### In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- **PASCAL DRILLET ; RAISA GRIGORIEVA ; GREGORY LEUILLIER ; THOMAS VIETORIS.** STUDY OF CRACKS PROPAGATION INSIDE THE STEEL ON PRESS HARDENED STEEL ZINC BASED COATINGS. *8th International Conference on Zinc and Zinc Alloy Coated Steel Sheet, GALVATECH 2011 - Conference Proceedings, Genova (Italy), 2011* [0017]