



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



Veröffentlichungsnummer: **0 411 161 A1**

12

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG
veröffentlicht nach Art. 158 Abs. 3
EPÜ

21 Anmeldenummer: **90904470.3**

51 Int. Cl.⁵: **C21D 9/22**

22 Anmeldetag: **15.02.90**

96 Internationale Anmeldenummer:
PCT/SU90/00044

87 Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 90/09459 (23.08.90 90/20)

30 Priorität: **17.02.89 SU 4647623**

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
06.02.91 Patentblatt 91/06

84 Benannte Vertragsstaaten:
AT CH DE FR GB IT LI SE

71 Anmelder: **BEORUSSKY POLITEKHNIHESKY
INSTITUT**
Leninsky pr., 65
Minsk, 220027(SU)

Anmelder: **NAUCHNO-PROIZVODSTVENNY
KOOPERATIV "BELAGROTEKHNIKA"**
ul. Karla Marxa, 5
Minsk, 220000(SU)

72 Erfinder: **SHMATOV, Alexandr Anatolievich**
ul. Ya.Mavra, 29-26
Minsk, 220015(SU)
Erfinder: **VOROSHIN, Leonid Grigorievich**
ul. Kulman, 13-51
Minsk, 220013(SU)
Erfinder: **KACHALOV, Vadim Adolfovich**
ul. Surganova, 37-93
Minsk, 220027(SU)

74 Vertreter: **Patentanwälte Zellentin &
Partnerner**
Zweibrückenstrasse 15
D-8000 München 2(DE)

54 **VERFAHREN ZUR WÄRMEBEHANDLUNG VON SCHNELLSTAHL.**

57 Das Verfahren schließt ein: das Thermozyklisieren durch mehrfache Erwärmung und Abkühlung, das im Temperaturintervall zwischen der Anfangstemperatur der Martensitumwandlung und der Schmelztemperatur durchgeführt wird, das zwischen 160 °C und 1305 °C liegt; bei der thermozyklischen Abkühlung wird der Stahl zuerst auf 1000 bis 1100 °C vorgekühlt; das Härten durch die Abkühlung auf eine Temperatur, die höher als die Temperatur der polymorphen Umwandlung ist, wobei die Erwärmung auf Härtetemperatur mit der letzten Erwärmung beim Thermozyklisieren vereinigt wird; das Anlassen.

EP 0 411 161 A1

VERFAHREN ZUR WÄRMEBEHANDLUNG VON SCHNELLSTAHL

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf die Metallurgie und betrifft insbesondere Verfahren zur Wärmebehandlung von Schnellstahl, vorzugsweise für Schneidwerkzeuge und stoßbelastbare Werkzeuge, die vorzugsweise aus nichtgegossenem Schnellstahl hergestellt sind.

Es ist ein Verfahren zur Wärmebehandlung von Kugellagerstahl zwecks Erhöhung der Ermüdungs-
 5 festigkeit beim Rollen (US, A, 4023988) bekannt, welches darin besteht, daß das Fertigteil auf 982 bis 1037 °C erwärmt, bei dieser Temperatur gehalten, dann auf 427 bis 649 °C vorgekühlt und bei dieser Temperatur bis zu einer vollständigen Umwandlung von Austenit zu Perlit bzw. Bainit gehalten wird. Danach wird die Erwärmung auf Härtetemperatur von 927 °C, das Härten durch Abkühlung und das Anlassen bei
 10 149 bis 204 °C durchgeführt. Im Ergebnis der Perlit- und Bainitumwandlung vor der Austenitbildung entstehen im Stahlgefüge bei der Erwärmung auf die Härtetemperatur dünne Karbidschichten an den Austenitkorngrenzen, die nach dem Härten erhalten bleiben und zu einer erhöhten Ermüdungsfestigkeit beim Rollen beitragen.

Durch das genannte Verfahren werden hohe Betriebseigenschaften eines Werkzeugs aus Schnellstahl infolge einer niedrigen Härtetemperatur und einer kleinen Zykluszahl (maximal zwei) nicht gewährleistet,
 15 was es nicht gestattet, die feste Lösung mit karbidbildenden Elementen maximal zu legieren, d.h., Hitzebeständigkeit, Härte, Festigkeit und andere Eigenschaften von Schnellstahl zu erhöhen.

Es ist ebenfalls ein Verfahren zur Wärmebehandlung von übereutektischem Stahl mit weniger als 10% Legierungselementen (US, A, 3922181) bekannt, welches eine Hochtemperaturaustenitisierung, das isothermische Härten unter Halten bei einer Temperatur von 480 bis 720 °C bis zur vollständigen Austenit-Perlit-
 20 Umwandlung, eine wiederholte Erwärmung auf die Austenitisierungstemperatur unterhalb der Temperatur der vollständigen Lösung von Karbiden, das nachfolgende Härten durch Abkühlen und das Anlassen einschließt.

Durch das bekannte Verfahren wird ein feinkörniges Gefüge gewonnen, eine optimale Verteilung der dispersen Karbide im Gefüge erzielt, die Entstehung von Härtemikrorissen verhindert, wodurch die Eigen-
 25 schaften positiv beeinflusst werden. Im Ergebnis wird die Ermüdungsfestigkeit beim Kontakt um ein 2,5 bis 3faches, die Quetschgrenze um 30 bis 35%, erhöht und die Verschleißfestigkeit von übereutektischem Stahl nimmt zu.

Jedoch ist das genannte Wärmebehandlungsverfahren für Schnellstahl ungeeignet und läßt nur niedrige Betriebseigenschaften des Werkzeugs, wie Verschleißfestigkeit, Festigkeit, Hitzebeständigkeit u.a. erzielen.
 30 Das ist durch einen ungenügend hohen Legierungsgrad der festen Lösung mit karbidbildenden Elementen infolge einer niedrigen Härtetemperatur und einer kleinen Zykluszahl (nur zwei) bedingt.

Es ist ein Verfahren zur Herstellung einer Matrizie zum Aluminiumpressen (JP, A, 61-250150) bekannt, welches die Vorhomogenisierung bei einer Temperatur von 1100 bis 1300 °C, eine schnelle Abkühlung im heißen Medium und eine Wiedererwärmung auf 800 bis 900 °C, das Härten und das Anlassen einschließt.

35 Das nach dem genannten Verfahren hergestellte Werkzeug hat eine hohe Maßstabilität, Hochtemperaturfestigkeit, Zähigkeit und Hitzebeständigkeit. Jedoch werden die Betriebseigenschaften des Werkzeugs aus Schnellstahl infolge eines niedrigen Legierungsgrades seiner festen Lösung durch die genannte Wärmebehandlung nicht verbessert, der durch eine niedrige Härtetemperatur und eine geringe Zykluszahl (maximal zwei) bedingt ist.

40 Es ist ebenfalls ein Verfahren zur Wärmebehandlung von gegossenem Schnellstahl (SU, A, 1014938) bekannt, welches die Erwärmung oberhalb der Temperatur der polymorphen Umwandlung, Thermozyklisieren, Härten und Anlassen einschließt, wobei die Erwärmung auf Härtetemperatur und die letzte Erwärmung auf die obere Temperatur beim Thermozyklisieren vereint werden. Dabei wird die Erwärmung beim Thermozyklisieren auf eine Temperatur um 20 bis 50 ° unterhalb der Schmelztemperatur, die der Temperatur der
 45 Normalhärtung entspricht, und die Abkühlung auf eine Temperatur von mindestens 800 °C durchgeführt. Dann werden eine zusätzliche Abkühlung von der unteren Temperatur der Thermozyklisierung auf 700 °C, das Halten während 4 bis 8 Stunden und die endgültige Abkühlung auf Raumtemperatur vorgenommen.

Bei der Durchführung des genannten Verfahrens beträgt die optimale Zykluszahl beim Thermozyklisieren 5 bis 7 Zyklen, wobei sie von der Gefügeheterogenität abhängt. Dabei liegen die obere und die untere
 50 Grenze der Thermozyklisierung in einem schmalen Temperaturintervall zwischen der Temperatur der polymorphen (eutektischen) Umwandlung und der Temperatur der Normalhärtung, und deswegen ist die Möglichkeit einer polymorphen Umwandlung überhaupt ausgeschlossen. Das Thermozyklisieren wird auf allen Wärmebehandlungsstufen bei konstanten Werten der oberen und der unteren Temperatur durchgeführt.

Ein Nachteil dieses Verfahrens ist eine geringe Verschleißfestigkeit der nichtgegossenen Werkzeuge

aus (geschmiedetem und geglühtem, pulverigem u.a.) Schnellstahl. Das ist dadurch bedingt, daß durch das Verfahren das eutektische Karbidnetz beseitigt wird, das nur dem gegossenen Schnellstahl eigen ist, und für das Werkzeug aus geschmiedetem und geglühtem bzw. aus pulverigem Schnellstahl mit bereits mechanisch bzw. auf eine andere Weise zerkleinertem Karbidnetz ist das bekannte Verfahren nicht
 5 anwendbar. Aus diesem Grund kann das aus gegossenem Schnellstahl hergestellte Werkzeug für die Schnellzerspanung nicht eingesetzt werden.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Wärmebehandlung von Schnellstahl zu schaffen, bei dem durch die Auswahl der optimalen Wärmebehandlungsbedingungen der Legierungsgrad der festen Lösung mit karbidbildenden Elementen vergrößert, die Zerkleinerung der Gefügeelemente
 10 (Körner, Karbide) und die Phasenverfestigung zustandegebracht wird, wodurch die Schlagzähigkeit, Festigkeit, Härte und im Endergebnis die Standzeit des Werkzeugs beim Einsatz sowie die Arbeitsleistung erhöht werden.

Das Wesen der Erfindung besteht darin, daß in einem Verfahren zur Wärmebehandlung von Schnellstahl, das das Thermozyklisieren durch mehrfache Erwärmung und Abkühlung, das Härten, bei dem die Erwärmung auf Härtetemperatur mit der letzten Erwärmung beim Thermozyklisieren auf Temperaturen
 15 oberhalb der Temperatur der polymorphen Umwandlung vereint wird und das Anlassen einschließt, erfindungsgemäß das Thermozyklisieren in einem Temperaturintervall zwischen der Anfangstemperatur der Martensitumwandlung und der Schmelztemperatur durchgeführt wird, das zwischen 160 °C und 1305 °C liegt.

Bei einer solchen Durchführung des Verfahrens werden die Gefügeelemente (Körner, Karbide) zerkleinert, der Legierungsgrad der festen Lösung erhöht, die Phasenverfestigung zustandegebracht, wodurch die Schlagzähigkeit, die Festigkeit und die Wärmebeständigkeit von Schnellstahl vergrößert und im Endergebnis die Standzeit des Werkzeuges beim Einsatz verlängert werden. Die Auswahl des Temperaturintervalls beim Thermozyklisieren ist dadurch bedingt, daß die Phasenumwandlungen und andere Gefügeveränderungen
 20 im genannten Temperaturintervall leicht zustandekommen, durch die die Schnellstahleigenschaften verbessert werden. Die obere Temperatur der thermozyklischen Erwärmung ist durch die Schmelztemperatur begrenzt, weil oberhalb dieser Temperatur ein Abschmelzen und ein bedeutendes Wachstum des Kornes erfolgt, wodurch sich die mechanischen Eigenschaften von Schnellstahl unabhängig von der Zahl der Thermozyklen stark verschlechtern. Die untere Temperatur der thermozyklischen Abkühlung ist durch die Anfangstemperatur der Martensitumwandlung begrenzt, weil bei mehrfacher Abkühlung unterhalb dieser
 25 Temperatur Martensitumwandlungen und andere Gefügeveränderungen beginnen, die zu einer Verringerung der Festigkeit und der Zähigkeit, insbesondere zur Entstehung eines schwer korrigierbaren Fehlers unter der Bezeichnung "Naphtalinbruch", zu Härtemikrorissen u.s.w. führen. Die Anfangstemperatur der Martensitumwandlungen hängt ihrerseits von der Erwärmung auf Härtetemperatur, der Schnellstahlsorte, der Abkühlgeschwindigkeit und von anderen Faktoren ab.
 30

Es ist vorteilhaft, daß der Schnellstahl bei der thermozyklischen Abkühlung zuerst auf eine Temperatur von 1000 bis 1100 °C vorgekühlt wird.

Dadurch wird eine vollständigere Phasenumwandlung, Diffusionsumverteilung der Legierungselemente und der Temperatenausgleich auf dem Werkzeugquerschnitt erzielt, wodurch seine Deformation verringert,
 40 die Schlagzähigkeit und die Wärmebeständigkeit erhöht und im Endergebnis die Standzeit des Werkzeugs beim Einsatz verlängert wird. Beim Vorkühlen auf eine Temperatur unterhalb 1000 °C wird das Werkzeug in einen schwachplastischen Zustand überführt, wodurch entweder die Schlagzähigkeit abnimmt oder Härterisse entstehen. Wenn das Vorkühlen bei einer Temperatur oberhalb 1100 °C durchgeführt wird, reicht die Zeit für eine vollständige Diffusionsumverteilung der Elemente sowie für den Temperatenausgleich auf dem Werkzeugquerschnitt nicht aus.
 45

Es ist vorteilhaft, daß das Vorkühlen in Luft durchgeführt wird. Dadurch wird der Abkühlvorgang einfacher und billiger, weil keine spezielle Schutzatmosphäre erforderlich ist.

Es ist vorteilhaft, daß beim Thermozyklisieren oberhalb der Temperatur der polymorphen (eutektischen) Umwandlung Salzbäder eingesetzt werden, in die Karbonate und Mittel zu deren Reduktion zusätzlich
 50 eingeführt werden.

Dadurch wird auf der Oberfläche von Schnellstahl eine Schicht mit erhöhter Härte und Verschleißfestigkeit erzeugt oder die Oxydation und Entkohlung, von Stahl herabgesetzt. Durch die Karbonate in Kombination mit den Mitteln zu deren Reduktion wird die Bildung eines Reduktionsmediums gefördert.

Es ist vorteilhaft, daß als Karbonate Bariumkarbonat und Kaliumkarbonat eingesetzt werden, durch die die Korrosionseinwirkung der Salzschnmelze auf das zu behandelnde Werkzeug stärker verringert wird.
 55

Es ist vorteilhaft, daß als Mittel zur Reduktion der Karbonate Kalzium- und Siliziumkarbide eingesetzt werden.

Dadurch wird die Oxydation und die Entkohlung der Werkzeugoberfläche verringert, weil die genannten

Reduktionsmittel als zusätzliche Spender von Kohlenstoff in der Salzschnmelze dienen, der an der Bildung der Reduktionsatmosphäre beteiligt ist.

Nachstehend wird die Erfindung an Hand der Beschreibung von konkreten Durchführungsbeispielen erläutert.

5 Das erfindungsgemäße Verfahren zur Wärmebehandlung von Schnellstahl, vorzugsweise für Schneidwerkzeuge, wird folgenderweise durchgeführt.

Ein Werkzeug aus Schnellstahl wird durch das Thermozyklisieren behandelt, wobei es aus Salzbädern für die Stahlerwärmung in Salzbäder für die Abkühlung aufeinanderfolgend übertragen wird. Nach der Abkühlung wird das Werkzeug in die gleichen Bäder für die Erwärmung zurückgebracht und der Vorgang wird
10 wiederholt. Die Temperatur der Bäder für die thermozyklische Erwärmung und Abkühlung wird im Temperaturintervall zwischen der Schmelztemperatur und der Anfangstemperatur der Martensitumwandlungen variiert.

Die letzte Erwärmung beim Thermozyklisieren wird mit der Erwärmung auf Härtetemperatur vereint, wobei das Werkzeug aus dem Bad für die thermozyklische Abkühlung unmittelbar ins Bad für die
15 Erwärmung auf Härtetemperatur übertragen wird. Dabei wird die Temperatur der letzten thermozyklischen Erwärmung im Temperaturintervall zwischen der Temperatur der polymorphen (eutektischen) Umwandlung und der Schmelztemperatur variiert. Mit dem Halten bei dieser Härtetemperatur und dem nachfolgenden Abkühlen im Härtemedium wird der Härtevorgang abgeschlossen.

Nach dem Härten wird das Werkzeug zwei- bzw. dreimal angelassen, wobei die erste Anlaßoperation
20 bei 300 bis 650 °C während 0,5 bis 60 min und die nächsten Anlaßoperationen bei 540 bis 560 °C während 1 bis 1,5 h in Abhängigkeit von der Stahlsorte und der Werkzeuggröße durchgeführt werden.

Bei der thermozyklischen Abkühlung wird das Werkzeug während 3 bis 10 s auf eine Temperatur von 1000 bis 1100 °C in der Luft vorgekühlt.

Oberhalb der Temperatur der polymorphen Umwandlung wird das Thermozyklisieren in den Salzbädern
25 durchgeführt, in die Bariumkarbonat bzw. Kaliumkarbonat und Mittel zu deren Reduktion, Kalziumkarbid bzw. Siliziumkarbid zusätzlich eingeführt werden. Beim Thermozyklisieren unterhalb der Temperatur der polymorphen Umwandlung werden beliebige bekannte Salz- und Alkalischmelzen bzw. Warmöl eingesetzt. Die Anzahl der Salzbäder hängt von den ausgewählten Temperaturen der thermozyklischen Erwärmung und Abkühlung sowie vom Automatisierungsgrad des Wärmebehandlungsvorganges ab. Die Haltedauer bei
30 mehrfacher Erwärmung und Abkühlung richtet sich nach den allgemein geltenden Normen.

Beispiel 1. Ein Werkzeug, beispielsweise Schafffräser aus Schnellstahl P18 mit einem Durchmesser von 8 mm, wird in ein Salzbad mit der Temperatur 850 °C und der Zusammensetzung Nr. 1 eingebracht, die
35 62% BaCl₂ + 18% NaCl + 10% K₂CO₃ + 10% SiC einschließt, und während 5 min erwärmt. Dann wird das Werkzeug in ein Bad mit der Zusammensetzung Nr. 2 übertragen, die 92% BaCl₂ + 3% BaCO₃ + 5% CaC₂ enthält und eine Temperatur von 1305 °C hat, die der Schmelztemperatur des zu behandelnden Schnellstahls entspricht und gleichzeitig die obere Temperaturgrenze der Thermozyklisierung ist. Das Werkzeug wird bei dieser Temperatur während 0,5 min gehalten, dann im Salzbad mit der Zusammensetzung Nr. 1 auf eine Temperatur von 850 °C abgekühlt, die oberhalb der Anfangstemperatur der Martensitumwandlungen (160 °C) und folglich oberhalb der unteren Temperaturgrenze der Thermozyklisierung, liegt.
40 Mit dem Halten bei dieser Temperatur während 15 min wird der erste Zyklus der Thermozyklisierung abgeschlossen.

Der zweite und die nachfolgenden Zyklen beginnen mit der Übertragung des Werkzeuges aus dem Bad mit der Temperatur 850 °C und der Zusammensetzung Nr. 1 in das Salzbad mit der Temperatur 1305 °C und der Zusammensetzung Nr. 2 und werden mit der Abkühlung des Werkzeugs im vorigen Salzbad mit
45 der Temperatur 850 °C und der Zusammensetzung Nr. 1 abgeschlossen. Solche Zyklen werden 4mal wiederholt. Beim letzten, dem fünften Zyklus der Thermozyklisierung wird das Werkzeug aus dem Bad mit der Temperatur 850 °C und der Zusammensetzung Nr. 1 in ein Bad mit der Temperatur 1270 °C und der Zusammensetzung Nr. 2 übertragen und auf Härtetemperatur erwärmt. Auf diese Weise wird in diesem Salzbad die Erwärmung auf Härtetemperatur und die letzte Erwärmung beim Thermozyklisieren vereint. Die
50 Härtetemperatur 1270 °C ist höher als die Temperatur der polymorphen (eutektischen) Umwandlung, die für den genannten Stahl 815 °C beträgt. Nach dem Halten bei der Härtetemperatur 1270 °C während 2 min wird die Abkühlung zuerst unter isothermischem Halten während 10 min bei 650 °C in einem Bad mit der Zusammensetzung Nr. 3, die 30% BaCl₂ + 20% NaCl + 50% CaCl₂ enthält, und dann in der Luft auf die Halltemperatur durchgeführt. Nach dem Härten wird ein dreimaliges Anlassen durchgeführt: die erste
55 Anlaßoperation bei 600 °C während 10 min, die zweite und die dritte bei 560 °C während je 1 h im Bad mit der Zusammensetzung Nr. 3.

Beispiel 2. Ein Werkzeug wird in ein Salzbad mit der Temperatur 850 °C und der Zusammensetzung Nr. 1 eingebracht, die 66% BaCl₂ + 19% NaCl + 9% K₂CO₃ + 6% CaC₂ einschließt, und während 3 min

erwärmt. Dann wird das Werkzeug im Öl abgekühlt, das auf eine Temperatur von 160 °C erwärmt ist, die der Anfangstemperatur der Martensitumwandlungen entspricht und gleichzeitig die untere Temperaturgrenze der Thermozyklisierung ist. Das Werkzeug wird bei dieser Temperatur während 5 min gehalten und damit wird der erste Zyklus der Thermozyklisierung abgeschlossen.

- 5 Der zweite und die nachfolgenden Zyklen beginnen mit der Übertragung des Werkzeuges aus dem auf 160 °C erwärmten Öl in das Salzbad mit der Temperatur 850 °C und der Zusammensetzung Nr. 1 und werden mit dem Abkühlen des Werkzeuges wieder im auf 160 °C erwärmten Öl abgeschlossen. Dabei liegt die Temperatur 850 °C unterhalb der Schmelztemperatur (1305 °C) und folglich unterhalb der oberen Temperaturgrenze der Thermozyklisierung. Solche Zyklen werden 5 mal wiederholt. Beim letzten, dem
10 sechsten Zyklus der Thermozyklisierung wird das Werkzeug aus dem auf 160 °C erwärmten Öl in ein Bad mit der Temperatur 1270 °C und mit der Zusammensetzung Nr. 2 auf der Basis von 92% BaCl₂ + 4% BaCO₂ + 4% CaC₂ übertragen und auf Härtetemperatur erwärmt. Auf diese Weise wird in diesem Salzbad die Erwärmung auf Härtetemperatur und die letzte Erwärmung beim Thermozyklisieren vereint. Die Härtetemperatur 1270 °C ist höher als die Temperatur der polymorphen (eutektischen) Umwandlung, die für den
15 genannten Stahl 815 °C beträgt. Nach dem Halten bei der Härtetemperatur 1270 °C während 2,5 min wird die Abkühlung zuerst unter isothermischem Halten während 15 min bei 560 °C im Bad mit der Zusammensetzung Nr. 3, die 30% BaCl₂ + 20% NaCl + 50% CaCl₂ einschließt, und dann in Luft auf die Hallentemperatur durchgeführt. Nach dem Härten wird ein dreimaliges Anlassen durchgeführt: die erste Anlaßoperation bei 300 °C während 1 h in einem Elektroofen, die zweite und die dritte bei 560 °C während
20 je 1 h im Bad mit der Zusammensetzung Nr. 3.

Beispiel 3.

- 25 Ein Werkzeug wird in ein Salzbad mit der Temperatur 800 °C und der Zusammensetzung Nr. 1 eingebracht, die 78% BaCl₂ + 21,3% NaCl + 0,7% Na₂B₄O₇ einschließt, und während 5 min erwärmt. Dann wird das Werkzeug in ein Salzbad mit der Zusammensetzung Nr. 2, die 90% BaCl₂ + 5% BaCO₃ + 5% SiC enthält, und mit der Temperatur 1100 °C übertragen, die unterhalb der Schmelztemperatur (1305 °C) und folglich unterhalb der oberen Temperaturgrenze der Thermozyklisierung liegt. Das Werkzeug
30 wird bei dieser Temperatur während 2,5 min gehalten und dann im Salzbad mit der Zusammensetzung Nr. 1 auf die Temperatur 800 °C abgekühlt, die oberhalb der Anfangstemperatur der Martensitumwandlungen (160 °C) und folglich oberhalb der unteren Temperaturgrenze der Thermozyklisierung liegt. Mit dem Halten bei dieser Temperatur während 15 min wird der erste Zyklus der Thermozyklisierung abgeschlossen. Der zweite und die nachfolgenden Zyklen beginnen mit der Übertragung des Werkzeugs aus dem Bad mit der
35 Temperatur 800 °C und der Zusammensetzung Nr. 1 in das Bad mit der Temperatur 1100 °C und der Zusammensetzung Nr. 2 und werden mit der Abkühlung des Werkzeugs im vorigen Bad mit der Temperatur 800 °C und der Zusammensetzung Nr. 1 abgeschlossen. Solche Zyklen werden 7mal wiederholt. Beim letzten, dem achten Zyklus der Thermozyklisierung wird das Werkzeug aus dem Bad mit der Temperatur 800 °C und der Zusammensetzung Nr. 1 ins Bad mit der Temperatur 1100 °C und der
40 Zusammensetzung Nr. 2 übertragen und auf Härtetemperatur erwärmt. Auf diese Weise wird in diesem Salzbad die Erwärmung auf Härtetemperatur und die letzte Erwärmung beim Thermozyklisieren vereint. Die Härtetemperatur 1100 °C ist höher als die Temperatur der polymorphen (eutektischen) Umwandlung, die für den genannten Stahl 815 °C beträgt. Nach dem Halten bei der Härtetemperatur 1100 °C während 2,5 min wird die Abkühlung unter isothermischem Halten während 10 min bei 560 °C im Salzbad mit der
45 Zusammensetzung Nr. 3 auf der Basis von 30% BaCl₂ + 20% NaCl + 50% CaCl₂ und dann in Luft auf die Hallentemperatur durchgeführt. Nach dem Härten wird ein dreimaliges Anlassen durchgeführt: die erste Anlaßoperation bei 650 °C während 1 min, die zweite und die dritte bei 560 °C während je 1 h im Bad mit der Zusammensetzung Nr. 3.

50

Beispiel 4.

- Ein Werkzeug wird in ein Salzbad mit der Temperatur 850 °C und der Zusammensetzung Nr. 1 eingebracht, die 70% BaCl₂ + 20% NaCl + 7% K₂CO₃ + 3% CaC₂ einschließt, und während 4 min
55 erwärmt. Dann wird das Werkzeug in ein Bad mit der Zusammensetzung Nr. 2, die 93% BaCl₂ + 2% BaCO₃ + 5% SiC enthält, und mit der Temperatur 1270 °C übertragen, die unterhalb der Schmelztemperatur (1305 °C) und folglich unterhalb der oberen Temperaturgrenze der Thermozyklisierung liegt. Das Werkzeug wird bei dieser Temperatur während 2 min gehalten, dann zuerst in der Luft während 5 s auf eine

Temperatur von 1100 °C vorgekühlt und danach in ein Salzbad mit der Zusammensetzung Nr. 3 auf der Basis von 30% BaCl₂ + 20% NaCl + 50% CaCl₂ und mit der Temperatur 650 °C übertragen, die oberhalb der Anfangstemperatur der Martensitumwandlungen (160 °C) und folglich oberhalb der unteren Temperaturgrenze der Thermozyklisierung liegt. Mit dem Halten bei dieser Temperatur während 10 min wird der erste Zyklus der Thermozyklisierung des Werkzeugs abgeschlossen. Der zweite und die nachfolgenden Zyklen beginnen mit der Übertragung des Werkzeuges aus dem Salzbad mit der Temperatur 650 °C und der Zusammensetzung Nr. 3 in das Salzbad mit der Temperatur 1270 °C und der Zusammensetzung Nr. 2 und werden zuerst mit dem Vorkühlen und dann mit der Abkühlung des Werkzeugs im vorherigen Salzbad mit der Temperatur 650 °C und der Zusammensetzung Nr. 3 abgeschlossen. Solche Zyklen werden 3mal wiederholt. Beim letzten, dem vierten Zyklus der Thermozyklisierung wird das Werkzeug aus dem Bad mit der Temperatur 650 °C und der Zusammensetzung Nr. 3 ins Salzbad mit der Temperatur 850 °C und der Zusammensetzung Nr. 1 übertragen und auf Härtetemperatur erwärmt. Auf diese Weise wird in diesem Salzbad die Erwärmung auf Härtetemperatur und die letzte Erwärmung beim Thermozyklisieren vereint. Die Härtetemperatur 850 °C ist höher als die Temperatur der polymorphen (eutektischen) Umwandlung, die für den genannten Stahl 815 °C beträgt. Nach dem Halten bei der Härtetemperatur 850 °C während 3 min wird die Abkühlung in Öl auf die Hallentemperatur durchgeführt. Nach dem Härten wird ein dreimaliges Anlassen durchgeführt: die erste Anlaßoperation bei 350 °C während 1 h in einem Elektroofen, die zweite und die dritte bei 560 °C während je 1 h im Bad mit der Zusammensetzung Nr. 3.

20

Beispiel 5.

Ein Werkzeug wird in ein Salzbad mit der Temperatur 800 °C und der Zusammensetzung Nr. 1 eingebracht, die 78% BaCl₂ + 21,3% NaCl + 0,7% Na₂B₄O₇ einschließt, und während 5 min erwärmt. Dann wird das Werkzeug in ein Bad mit der Zusammensetzung Nr. 2 auf der Basis von 30% BaCl₂ + 20% NaCl + 50% CaCl₂ und mit der Temperatur 560 °C übertragen, die oberhalb der Anfangstemperatur der Martensitumwandlungen (160 °C) und folglich oberhalb der unteren Temperaturgrenze der Thermozyklisierung liegt. Das Werkzeug wird bei dieser Temperatur während 10 min gehalten, und damit wird der erste Zyklus der Thermozyklisierung abgeschlossen. Der zweite und der dritte Zyklus beginnen mit der Übertragung des Werkzeuges aus dem Bad mit der Temperatur 560 °C und mit der Zusammensetzung Nr. 2 in das Salzbad mit der Temperatur 800 °C und der Zusammensetzung Nr. 1 und werden mit der Abkühlung im vorigen Bad mit der Temperatur 560 °C und der Zusammensetzung Nr. 2 abgeschlossen. Solche Zyklen werden 3mal wiederholt. Beim vierten Zyklus wird das Werkzeug aus dem Bad mit der Temperatur 560 °C und der Zusammensetzung Nr. 2 in ein Bad mit der Zusammensetzung Nr. 3 auf der Basis von 94% BaCl₂ + 1% BaCO₃ + 5% CaC₂ und mit der Temperatur 1270 °C übertragen, die unterhalb der Schmelztemperatur (1305 °C) und folglich unterhalb der oberen Temperaturgrenze der Thermozyklisierung liegt. Das Werkzeug wird bei dieser Temperatur während 2,5 min gehalten, dann zuerst in Luft während 7 s auf eine Temperatur von 1100 °C vorgekühlt und danach in das Salzbad mit der Temperatur 800 °C und der Zusammensetzung Nr. 1 übertragen, wo es während 5 min gehalten wird. Der fünfte Zyklus beginnt mit der Übertragung des Werkzeuges aus dem Salzbad mit der Temperatur 800 °C und der Zusammensetzung Nr. 1 ins Salzbad mit der Temperatur 1270 °C und der Zusammensetzung Nr. 3 und wird mit dem Vorkühlen in Luft und dann mit der Abkühlung des Werkzeuges im vorigen Salzbad mit der Temperatur 800 °C und der Zusammensetzung Nr. 1 abgeschlossen. Die Zyklen werden 2mal wiederholt. Beim letzten, dem sechsten Zyklus der Thermozyklisierung wird das Werkzeug aus dem Bad mit der Temperatur 800 °C und der Zusammensetzung Nr. 1 in ein Bad mit der Temperatur 1305 °C und der Zusammensetzung Nr. 3 übertragen und auf Härtetemperatur erwärmt. Auf diese Weise wird in diesem Salzbad die Erwärmung auf Härtetemperatur und die letzte Erwärmung beim Thermozyklisieren vereint. Die Härtetemperatur 1305 °C ist höher als die Temperatur der polymorphen (eutektischen) Umwandlung (815 °C) und entspricht gleichzeitig der Schmelztemperatur von diesem Stahl. Nach dem Halten bei der Härtetemperatur 1305 °C während 0,5 min wird zuerst die Abkühlung in Luft auf eine Temperatur von 1000 °C während 10 s und danach im Salzbad mit der Temperatur 560 °C und der Zusammensetzung Nr. 2 durchgeführt. Mit dem Halten bei der Temperatur 560 °C während 10 min und mit dem Vorkühlen in Luft auf die Hallentemperatur wird der Härtungsvorgang abgeschlossen. Nach dem Härten wird ein dreimaliges Anlassen bei 560 °C je 1 h im Bad mit der Zusammensetzung Nr. 2 durchgeführt.

55

Beispiel 6.

Ein Werkzeug wird in ein Salzbad mit der Temperatur 850°C und der Zusammensetzung Nr. 1 eingebracht, die $62\% \text{BaCl}_2 + 18\% \text{NaCl} + 10\% \text{K}_2\text{CO}_3 + 10\% \text{CaCl}_2$ einschließt, und während 5 min erwärmt. Dann wird das Werkzeug in ein Bad mit der Zusammensetzung Nr. 2, die $93\% \text{BaCl}_2 + 2\% \text{BaCO}_3 + 5\% \text{SiC}$ enthält, und mit der Temperatur 1320°C übertragen, die oberhalb der Schmelztemperatur (1305°C) und folglich oberhalb der oberen Temperaturgrenze der Thermozyklisierung liegt. Das Werkzeug wird bei dieser Temperatur während 0,5 min gehalten, danach zuerst in Luft während 7 s vorgekühlt und dann in ein Salzbad mit der Zusammensetzung Nr. 3 auf der Basis von $30\% \text{BaCl}_2 + 20\% \text{NaCl} + 50\% \text{CaCl}_2$ und mit der Temperatur 650°C übertragen, die oberhalb der Anfangstemperatur der Martensitumwandlungen (160°C) und folglich oberhalb der unteren Temperaturgrenze der Thermozyklisierung liegt. Mit dem Halten bei dieser Temperatur während 10 min wird der erste Zyklus der Thermozyklisierung des Werkzeugs abgeschlossen. Der zweite und die nachfolgenden Zyklen beginnen mit der Übertragung des Werkzeugs aus dem Salzbad mit der Temperatur 650°C und der Zusammensetzung Nr. 3 in das Salzbad mit der Temperatur 1320°C und der Zusammensetzung Nr. 2 und werden zuerst mit den Vorkühlen in Luft und dann mit der Abkühlung des Werkzeugs im vorigen Salzbad mit der Temperatur 650°C und der Zusammensetzung Nr. 3 abgeschlossen. Solche Zyklen werden 4mal wiederholt. Beim letzten, dem fünften Zyklus der Thermozyklisierung wird das Werkzeug aus dem Bad mit der Temperatur 650°C und der Zusammensetzung Nr. 3 in ein Bad mit der Temperatur 1270°C und der Zusammensetzung Nr. 2 übertragen und auf Härtetemperatur erwärmt. Auf diese Weise wird in diesem Salzbad die Erwärmung auf Härtetemperatur und die letzte Erwärmung beim Thermozyklisieren vereint. Die Härtetemperatur 1270°C ist höher als die Temperatur der polymorphen (eutektischen) Umwandlung, die für den genannten Stahl 815°C beträgt. Nach dem Halten bei der Härtetemperatur 1270°C während 2 min wird die Abkühlung unter isothermischem Halten während 15 min bei 650°C im Bad mit der Zusammensetzung Nr. 3 und dann in Luft auf die Hallentemperatur durchgeführt. Nach dem Härten wird ein dreimaliges Anlassen bei 560°C während je 1 h im Bad mit der Zusammensetzung Nr. 3 durchgeführt.

Beispiel 7.

Ein Werkzeug wird in ein Salzbad mit der Temperatur 850°C und der Zusammensetzung Nr. 1 eingebracht, die $66\% \text{BaCl}_2 + 19\% \text{NaCl} + 10\% \text{K}_2\text{CO}_3 + 5\% \text{SiC}$ einschließt, und während 3 min erwärmt. Dann wird das Werkzeug in ein Bad mit der Zusammensetzung Nr. 2, die $95\% \text{BaCl}_2 + 1\% \text{BaCO}_3 + 4\% \text{SiC}$ enthält, und mit der Temperatur 1270°C übertragen, die unterhalb der Schmelztemperatur (1305°C) und folglich unterhalb der oberen Temperaturgrenze der Thermozyklisierung liegt. Das Werkzeug wird bei dieser Temperatur während 2 min gehalten, dann zuerst in Luft während 5 s auf eine Temperatur von 1100°C und danach in Öl abgekühlt, das die Hallentemperatur hat, die unterhalb der Anfangstemperatur der Martensitumwandlungen und folglich unterhalb der unteren Temperaturgrenze der Thermozyklisierung liegt. Das Werkzeug wird bei dieser Temperatur während 5 min gehalten und damit wird der erste Zyklus der Thermozyklisierung abgeschlossen. Der zweite und die nachfolgenden Zyklen beginnen mit der Übertragung des Werkzeugs aus dem Öl ins Salzbad mit der Temperatur 1270°C und der Zusammensetzung Nr. 2 und werden mit der Abkühlung zuerst in Luft und dann im Öl bis auf die Hallentemperatur abgeschlossen. Diese Zyklen werden 3mal wiederholt. Beim letzten, dem vierten Zyklus der Thermozyklisierung wird das Werkzeug aus dem Öl mit der Hallentemperatur in das Bad mit der Temperatur 1270°C und mit der Zusammensetzung Nr. 2 übertragen und auf Härtetemperatur erwärmt. Auf diese Weise wird in diesem Salzbad die Erwärmung auf Härtetemperatur und die letzte Erwärmung beim Thermozyklisieren vereint. Die Härtetemperatur 1270°C ist höher als die Temperatur der polymorphen (eutektischen) Umwandlung, die für den genannten Stahl 815°C beträgt. Nach dem Halten bei der Härtetemperatur 1270°C während 2 min wird die Abkühlung zuerst in Luft während 5 s auf eine Temperatur von 1100°C und dann in Öl auf die Hallentemperatur durchgeführt. Nach dem Härten wird ein dreimaliges Anlassen bei 560°C während je 1 h im Bad mit der Zusammensetzung Nr. 3 durchgeführt, die $30\% \text{BaCl}_2 + 20\% \text{NaCl} + 50\% \text{CaCl}_2$ einschließt.

Die Verschleißfestigkeit des erfindungsgemäß wärmebehandelten Werkzeuges wurde nach den Ergebnissen der Prüfung von Dreizahn-Schafffräsern aus Stahl P18 (18% W) mit einem Durchmesser von 8 mm beim Gegenlaufräsen von Baustahl (0,45% C), Sorte 12050 (CSSR), mit einer Harte $\text{HV}_{30} = 180$ auf einer Fräsmaschine vom Typ 676RU 4 mit Normwerten: Schnittgeschwindigkeit $V_c = 33,4 \text{ m/min}$ (1330 U/min) bei einem Vorschub $f_z = 0,010 \text{ mm/Zahn}$ (42 mm/min), Schnitttiefe $a_p = 2 \text{ mm}$, Fräsbreite $a_f = 5 \text{ mm}$ sowie unter Bedingungen einer Überschreitung der Normwerte: Schnittgeschwindigkeit $V_c = 41,6 \text{ m/min}$ (1655 U/min) bei einem Vorschub $f_z = 0,010 \text{ mm/Zahn}$ (52 mm/min), Schnitttiefe $a_p = 2 \text{ mm}$, Fräsbreite $a_f = 5 \text{ mm}$ bestimmt. Dabei wurde die gewöhnliche Methodik zur experimentellen Bestimmung der Ver-

schleißfestigkeit von Schneidwerkzeugen durch die Konstruktion einer Abhängigkeit zwischen dem Zahn-
antenverschleiß und der Einsatzdauer des Fräasers angewandt. Bei einem (als Kriterium dienenden)
Verschleißbetrag von 0,35 mm wurde die Einsatzdauer der geprüften Fräser verglichen. Die Standzeit
wurde als Mittelwert aus der Prüfung von 3 bis 5 Fräsern ermittelt, die unter gleichen Bedingungen

Die Ergebnisse der Untersuchung der Verschleißfestigkeit der gemäß den angeführten Beispielen
wärmebehandelten Fräser aus Schnellstahl sind in der Tabelle zusammengefaßt.

Die angeführten Daten zeugen davon, daß bei der traditionellen Wärmebehandlung des Fräasers seine
Einsatzdauer bis zum Abstumpfen mit zunehmender Schnittgeschwindigkeit abnimmt, während die Stand-
zeit des Werkzeugs mit der Wärmebehandlung nach den erfindungsgemäßen Verfahren erhöht wird.

Aus der Analyse der Ergebnisse folgt, daß das erfindungsgemäße Verfahren im Vergleich zur traditio-
nellen Wärmebehandlung von Schneidwerkzeugen aus Schnellstahl es gestattet, seine Verschleißfestigkeit
bei normalen Zerspanungsbedingungen um 10 bis 40%, bei der Schnellzerspanung um 20 bis 70% zu
erhöhen und die Arbeitsleistung durch eine Vergrößerung des Vorschubs von 42 mm/min auf 52 mm/min
um 24% zu steigern.

Tabelle

Wärmebehandlungs- bedingungen	Einsatzdauer des Fräasers bis zum Abstumpfen, mm		Erhöhung der Ver- schleißfestigkeit	
	bei $v_c=33,4$ m/min	bei $v_c=41,6$ m/min	bei $v_c=33,4$ m/min	bei $v_c=41,6$ m/min
Traditionelle Wärmebehandlung	1960	1080	1	-
Erfindungsgemäße Wärmebehandlung				
Beispiel 1	2190	2350	1,1	1,2
Beispiel 2	2310	3070	1,2	1,6
Beispiel 3	2560	2740	1,3	1,4
Beispiel 4	2430	2510	1,2	1,3
Beispiel 5	2800	3380	1,4	1,7
Beispiel 6	670	480	0,3	0,2
Beispiel 7	830	570	0,4	0,3

Das erfindungsgemäße Verfahren kann in beliebigen Werkzeugmaschinen, Gerätebau- und radiotechni-
schen Produktionsstätten eingesetzt werden, die mit Ausrüstungen für die Wärmebehandlung von Schnell-
stahl ausgestattet sind.

Ansprüche

- Verfahren zur Wärmebehandlung von Schnellstahl, das das Thermozyklieren durch mehrfache Erwär-
mung und Abkühlung, das Härten durch die Abkühlung von einer Temperatur oberhalb der Temperatur
der polymorphen Umwandlung, bei dem die Erwärmung auf Härtetemperatur mit der letzten Erwär-
mung beim Thermozyklieren vereint wird, und das Anlassen einschließt, dadurch gekennzeichnet, daß

das Thermozyklisieren in einem Temperaturintervall zwischen der Anfangstemperatur der Martensitumwandlungen und der Schmelztemperatur durchgeführt wird, das zwischen 160 ° C und 1305 ° C liegt.

- 5 **2.** Verfahren zur Wärmebehandlung von Schnellstahl nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Stahl bei der thermozyklischen Abkühlung zuerst auf eine Temperatur von 1000 bis 1100 ° C vorgekühlt wird.
- 3.** Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Vorkühlen in Luft durchgeführt wird.
- 10 **4.** Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 3, dadurch gekennzeichnet, daß bei der thermozyklischen Erwärmung und Abkühlung oberhalb der Temperatur der polymorphen Umwandlung Salzbäder eingesetzt werden, in die Karbonate und Mittel zu deren Reduktion zusätzlich eingeführt werden.
- 15 **5.** Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß als Karbonate Barium- und Kaliumkarbonate eingesetzt werden.
- 6.** Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß als Mittel zur Reduktion der Karbonate Kalzium- und Siliziumkarbide eingesetzt werden.

20

25

30

35

40

45

50

55

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No PCT/SU 90/00044

I. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER (If several classification symbols apply, indicate all) *		
According to International Patent Classification (IPC) or to both National Classification and IPC		
IPC ⁵ C21D 9/22		
II. FIELDS SEARCHED		
Minimum Documentation Searched ⁷		
Classification System	Classification Symbols	
IPC ⁴	C21D 9/22, I/46, I/48, I/60 ⁷	
Documentation Searched other than Minimum Documentation to the extent that such Documents are included in the Fields Searched *		
III. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT *		
Category *	Citation of Document, ¹¹ with indication, where appropriate, of the relevant passages ¹²	Relevant to Claim No. ¹³
A	SU, Al, 1014938 (KRASNOYARSKY INSTITUT TSVEINYKH METALLOV IMENI M.I. KALININA et al.), 30 April 1983 (30.04.83), cited in the description	1
A	SU, Al, 287077 (V.A.SCHEBATURIN) 15 January 1971 (15.01.71)	2,3
A	SU, Al, 86003 (G.L. ANUFRIEV) 11 June 1965 (11.06.65)	4,6
A	SU, Al, 67222 (A.P. TOROPANOV & N.S. VLASOV) 31 October 1946 (31.10.46)	6
A	SU, Al, 749912 (I.P. KANDALOVSKY) 28 July 1980 (28.07.80)	6
A	US, A, 4016012 (YOSHIKI OSHIDA, YOKOHAMA, JAPAN) 05 April 1977 (05.04.77)	1,5
* Special categories of cited documents: ¹⁰ "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art. "&" document member of the same patent family		
IV. CERTIFICATION		
Date of the Actual Completion of the International Search		Date of Mailing of this International Search Report
04 May 1990 (04.05.90)		28 May 1990 (28.05.90)
International Searching Authority		Signature of Authorized Officer
ISA/SU		