

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 849 369 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
24.06.1998 Patentblatt 1998/26

(51) Int. Cl.⁶: **C21D 9/573**, C21D 8/06,
B21C 47/26

(21) Anmeldenummer: **97122112.2**

(22) Anmeldetag: **16.12.1997**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC
NL PT SE**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(30) Priorität: **19.12.1996 DE 19653062**

(71) Anmelder:
**SMS SCHLOEMANN-SIEMAG
AKTIENGESELLSCHAFT
40237 Düsseldorf (DE)**

(72) Erfinder:
• **Meyer, Meinert**
40699 Erkrath (DE)

• **Hartung, Hans-Georg, Dr.**
50259 Pulheim (DE)
• **Roloff, Wolfgang**
41238 Mönchengladbach (DE)
• **Mauk, Paul-Josef, Dr.**
40237 Düsseldorf (DE)

(74) Vertreter:
Valentin, Ekkehard, Dipl.-Ing. et al
Patentanwälte
Hemmerich-Müller-Grosse-
Pollmeier-Valentin-Gihske
Hammerstrasse 2
57072 Siegen (DE)

(54) Verfahren zur Wärmebehandlung von Draht bzw. Stabstahl beim Wickeln von Bunden

(57) Beim Wickeln oder Windungslegen von Stabstahl oder Draht, bei dem das Walzgut aus der Walzhitze in einem Korb gehaspelt oder mit Hilfe eines Windungslegers in Form von Windungen auf ein Fördermittel abgelegt und am Ende dieses Fördermittels über einen Dorn zu einem Bund gesammelt wird, dabei abkühlt und nach dem Wickeln oder Legen in Windungen weiter gekühlt wird, wobei sich das Walzgut aus der Austenitphase in die Ferrit- bzw. Perlitphase umwandelt, ergeben sich durch anlagenbedingte unterschiedliche Abkühlbedingungen, die sich nur durch einen entsprechend großen anlagenspezifischen Aufwand vermeiden lassen, Festigkeitsunterschiede durch unterschiedliche Gefügeausbildungen. Gemäß der Erfindung wird vorgeschlagen, bereits vor dem Wickeln oder Windungslegen die Kühlung aus der Walzhitze bis in den Umwandlungsbereich zu führen, der durch die Ar₃- bzw. Ar₁-Linie gekennzeichnet ist, wodurch sich das Walzgut gleichmäßig über seine gesamte Walzgutlänge umwandelt und Festigkeitsschwankungen vermieden werden.

EP 0 849 369 A2

Beschreibung

Die Erfindung ist auf ein Verfahren zum Wickeln oder Windungslegen von Stabstahl oder Draht in Windungen gerichtet, wobei das Walzgut aus der Walzhitze in einem Korb gehaspelt oder mit Hilfe eines Windungslegers in Form von Windungen auf ein Fördermittel abgelegt und am Ende dieses Fördermittels über einen Dorn zu einem Bund gesammelt wird, dabei abkühlt und nach dem Wickelprozess oder der Bundbildung weiter gekühlt wird.

Bei bekannten Verfahren, bei denen Draht bzw. Stabstahl nach dem Walzen in einem Korb (z. B. Garrett-Haspel) gehaspelt oder mit Hilfe eines Windungslegers in Form von Windungen auf Transportrollen oder -ketten abgelegt und am Ende dieser Transport- bzw. Fördereinrichtung über einen Dorn zu einem Bund gesammelt wird, erfolgt der Wickelvorgang bzw. das Legen in Windungen bei Temperaturen zwischen 800 und 1000 °C.

So wird in der EP-A-0 058 324 eine Vorrichtung zum geregelten Kühlen von Walzdraht aus der Walzhitze beschrieben, bestehend aus einer Mehrzahl von Modulen auf einem Grundrahmen, wodurch die Vorrichtung unterschiedlichen Kühlbedingungen angepasst werden kann. Der erste Teil, in dem gekühlt wird, ist so kurz gehalten, dass das Legen der Windungen schon bei etwa 850 °C erfolgen kann. Dies geschieht durch einen Windungsleger, der den Draht in Windungen in Schraubenform formt und diese auf dem nachfolgenden Förderer im zweiten Teil der Kühlvorrichtung ablegt. Auf diesem Förderer findet dann die weitere Kühlung mit Hilfe von Luftgebläsen statt.

Nachteilig bei diesen bekannten Verfahren ist, dass es nur mit großem Aufwand möglich ist, das Walzgut möglichst schnell und gleichmäßig über die gesamten Windungen abzukühlen, um ein feinkörniges, ziehfähiges Material zu erzielen. Da die Windungen am Rand der Fördermittel jedoch wesentlich dichter aneinander liegen als in der Mitte, ist es nur bedingt und mit großem technischen Aufwand (z. B. durch Leitbleche, Wobbeleinrichtungen etc.) möglich, dieses Ziel zu erreichen.

Noch schwieriger ist es beim Haspeln, beispielsweise mit dem sogenannten Garrett-Haspel (Drehkorbbaspel), wie er in der AT 393806 B beschrieben wird, bei dem der Draht bzw. Stabstahl direkt zu einem Bund gewickelt wird, eine gezielte und gleichmäßige Abkühlung über die gesamte Walzgutlänge vorzunehmen. Die Wicklungsdichte innerhalb des Bundes ist je nach der Haspelausführung mehr oder weniger ungleichmäßig und unterliegt stochastischen Gesetzen. Das bedeutet, dass die Abkühlbedingungen für die einzelnen Windungen innerhalb des Bundes nicht regelbar sind, und damit das Walzgut

- eine inhomogene Spannungsverteilung über die Halzgutlänge aufweist,

- zur Ausprägung von Grobkorn neigt, das jedoch nicht gleichmäßig ist und damit
- einer Intensivkühlung erst ausgesetzt werden kann, wenn sicher gestellt ist, dass der gesamte Bund gefügemäßig umgewandelt ist, da sonst die Gefahr der Bildung von Härtegefüge besteht. Dies macht lange Transportwege und Transportzeiten erforderlich.

Es ist Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zum Wickeln oder Windungslegen von Stabstahl oder Draht zu schaffen, mit dem die geschilderten Nachteile durch ungleichmäßige Abkühlung vermieden bzw. minimiert werden.

Die gestellte Aufgabe wird gelöst mit den kennzeichnenden Maßnahmen des Anspruchs 1 bei einem Verfahren zum Wickeln oder Windungslegen von Stabstahl oder Draht, wobei Stabstahl oder Draht aus der Walzhitze in einem Korb gehaspelt oder mit Hilfe eines Windungslegers in Form von Windungen auf ein Fördermittel abgelegt und am Ende dieses Fördermittels über einen Dorn zu einem Bund gesammelt wird, dabei abkühlt und nach dem Wickelprozess bzw. der Bundbildung weiter gekühlt wird, dadurch, dass die Kühlung des Stabstahls oder Drahts (Walzgut) aus der Walzhitze vor dem Wickeln oder Legen in Windungen bis in den Umwandlungsbereich geführt wird, die durch die Ar₃- bzw. Ar₁-Linie des der abzukühlenden Stahlsorte entsprechenden ZTU-Schaubildes (Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild) gekennzeichnet ist, wodurch sichergestellt ist, dass das Walzgut sich unmittelbar nach dieser Kühlung je nach Stahlsorte vor, während oder nach dem Wickelprozess bzw. der Bundbildung gleichmäßig über seine gesamte Länge und seinem gesamten Querschnitt nahezu isothermisch aus der Austenitphase in die Ferrit- bzw. Perlit-Phase und bei Bedarf in die Bainitphase umwandelt.

Durch die erfindungsgemäße Maßnahme, einen wesentlichen Teil der Kühlung vor das Wickeln bzw. Windungslegen zu verlagern, wobei die Kühlung bis in den Umwandlungsbereich der Ar₃- bzw. Ar₁-Linie geführt wird, so dass das Wickeln bzw. Legen in Windungen erst bei einer Temperatur von ca. 650 °C erfolgt, wird erreicht, dass die Umwandlung in die Ferrit- bzw. Perlit-Phase und bei Bedarf in die Bainitphase definiert bereits vor oder während des Wickelns bzw. Legen in Windungen oder unmittelbar danach erfolgt. Und von der weiteren Kühlung, die beim Wickeln bzw. Legen in Windungen zwangsläufig stattfindet, gefügemäßig nicht mehr beeinflusst wird, so dass auch die Lage und die Packungsdichte einzelner Windungen keine Rolle mehr spielt.

Da die Umwandlung nach dem Verfahren der Erfindung nahezu isotherm und gleichmäßig über die gesamte Walzgutlänge erfolgt, wird ein gleichmäßiges, feinkörniges und spannungsarmes Gefüge mit optimalen Festigkeitseigenschaften erzeugt.

Von Vorteil ist beim Wickeln bzw. Legen in Windungen bei der mit 650 °C niedrigen Temperatur darüber hinaus, dass die Gefahr von Oberflächenbeschädigungen durch die abgesenkte Wickel- bzw. Legetemperatur verringert wird. Das zu erwartende Ansteigen des Verformungswiderstandes infolge der Absenkung der Wickel- bzw. Legetemperatur von ca. 800 bis 1000 °C auf ca. 650 °C findet beim Verfahren gemäß der Erfindung nicht oder nur in geringem Maße statt, wenn die Umwandlung schon vollständig abgeschlossen ist. Denn der Verformungswiderstand des kubisch-raumzentrierten Ferritkristalls ist deutlich niedriger als der des kubisch-flächenzentrierten Austenitkristalls.

Falls die Umwandlung erst gemäß der Erfindung während oder nach dem Wickeln bzw. Windungslegen erfolgt, ist zwar mit einer größenordnungsmäßig höheren Wickelarbeit von ca. 30 % zu rechnen. Doch dieser geringfügige Energiemehraufwand wird durch das Einsparen von Wärmenachbehandlungen und Transporteinrichtungen mehr als kompensiert.

Um die Umwandlung unmittelbar nach dem Wickeln oder Legen in Windungen erfolgen zu lassen, was sich je nach Stahlsorte als notwendig erweisen kann, wird das Walzgut gemäß der Erfindung mit Hilfe von Abdeckplatten bzw. Warmhaltehauben an einer weiteren Abkühlung gehindert, so dass dann die Umwandlung nahezu isothermisch erfolgt.

Nach einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird die Kühlung, die bis in den Umwandlungsbereich führt, in einer regelbaren Kühlstrecke, vorzugsweise einer Wasserkühlstrecke, so geregelt und gesteuert, dass die Oberfläche des Walzgutes nicht unterkühlt und in den Bereich der Martensitbildung (MS-Linie) gelangt, um unerwünschte Härteflecken auf der Walzgutoberfläche zu vermeiden.

Nach erfolgter Umwandlung in die gewünschte Phasen ferrit-Perlit oder Bainit und unmittelbar nach dem Wickelprozess bzw. der Bundbildung wird das Walzgut gemäß der Erfindung einer forcierten Kühlung bis auf Bindetemperatur unterworfen und anschließend der Bindestation zugeführt. Dies ist deshalb möglich, da durch die bereits erfolgte vollständige Umwandlung in die gewünschten Phasen durch eine forcierte Kühlung keine unerwünschten Gefügeänderungen oder inhomogene Spannungsverteilungen zu befürchten sind.

Bisher übliche Transport- bzw. Fördereinrichtungen wie Bundtransportbänder, Hakenbahnen oder ähnliche Einrichtungen, die dem Zweck einer schonenden Kühlung dienen, können somit weitgehend entfallen.

An zwei Ausführungsbeispielen sowie in Zeichnungsfiguren werden nachfolgend die Vorteile des Verfahrens der Erfindung näher erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1 ein ZTU-Schaubild (kontinuierlich) für ein Ausführungsbeispiel nach dem Stand der Technik,

Fig. 2 ein ZTU-Schaubild (isothermisch) für ein Ausführungsbeispiel gemäß der Erfindung,

Fig. 3 schematische Darstellung eines Teils einer Walzanlage mit einem Garrett-Haspel,

Fig. 4 schematische Darstellung eines Teils einer Walzanlage mit einem Windungsleger,

Fig. 5 ein K_T -Temperatur-Schaubild für einen legierten Werkzeugstahl (Werkstoff: 100 Cr 6, mittlere Umformgeschwindigkeit $\phi_m=0,1/s$, Kurvenschar $\phi=0,1 - 0,7$),

Fig. 6 ein K_T -Temperatur-Schaubild für einen unlegierten Baustahl (Werkstoff: C15, mittlere Umformgeschwindigkeit $\phi_m=0,1/s$, Kurvenschar $\phi=0,1 - 0,7$).

20 Beispiel 1: Garrett-Haspel

a) Wickeln mit dem Garrett-Haspel bei 850 °C entsprechend dem Stand der Technik, Material Ck 45 (chemische Zusammensetzung in Gew.%: C = 0,44; Si = 0,22; Mn = 0,66; P = 0,022; S = 0,029; Cr = 0,15; V = 0,02)

Untersucht wurde der Abkühlverlauf bis zum Umwandlungsbereich der Ar_3 - bzw. der Ar_1 -Linie an drei verschiedenen Windungen.

Die Figur 1 zeigt ein kontinuierliches Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild nach dem Stand der Technik für Stahl Ck 45. Bestimmungsverfahren: Dilatometrisch und metallographisch an Proben von 4,5 mm Durchmesser und 15 mm Länge; thermische Analyse (Gasabschreckung) an Plättchen von 4 mm Durchmesser und 0,5 bzw. 1,0 mm Dicke. Der Abkühlverlauf der drei untersuchten Windungen a_1 , a_2 und a_3 wurde gestrichelt eingezeichnet. Es bedeuten:

a_1 - Erste Windung (Kontakt mit kaltem Wickelboden) Bei einer Abkühldauer (von 850 auf 630 °C) von 90 Sekunden betrug die erreichte Festigkeit 825 N/mm².

a_2 - Außenwindung bei halber Bundhöhe Bei einer Abkühldauer (von 850 auf 630 °C) von 200 Sekunden betrug die erreichte Festigkeit 765 N/mm².

a_3 - Innenwindung bei halber Bundhöhe Bei einer Abkühldauer (von 850 auf 630 °C) von 20 Minuten betrug die erreichte Festigkeit 695 N/mm².

Es kann der Schluss gezogen werden, dass über die gesamte Walzgutlänge mit Festigkeitsschwankungen in dieser Größenordnung zu rechnen ist.

b) Wickeln mit dem Garrett-Haspel bei 650 °C nach erfolgter Abkühlung nach dem Verfahren der Erfindung (Material Ck 45, wie oben). Dieser Abkühlverlauf ist in Fig. 2 (Linie b) dargestellt.

Figur 2 zeigt ein isothermisches Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild nach dem Stand der Technik. Bestimmungsverfahren: Dilatometrisch und metallographisch an Hohlproben von 4 mm Außendurchmesser, 3,2 mm Innendurchmesser und 30 mm Länge; metallographisch an Plättchen von 1,5 mm Dicke. Alle untersuchten Windungen wandelten praktisch nach den gleichen Bedingungen nahezu isotherm um; wie die gestrichelte Linie "b" in Fig. 2 zeigt. Die erreichte Festigkeit betrug über die gesamte Walzgulänge 930 N/mm². Durch das Verfahren der Erfindung wird also eine gleichmäßige Festigkeit über die gesamte Walzgulänge erreicht, die außerdem in ihrem absoluten Betrag auch deutlich höher liegt als bei den bisher üblichen Verfahren.

Da davon ausgegangen werden kann, dass nach dem Wickeln das Walzgut über die gesamte Walzgulänge umgewandelt ist, kann der Bund unmittelbar nach dem Austragen aus dem Haspel durch forcierte Luft oder Sprühwasserkühlung auf die Bindetemperatur abgekühlt werden, so dass auf die üblichen Transporteinrichtungen weitgehend verzichtet werden kann.

Beispiel 2: Windungsleger mit Stelmor-Band

a) Legen in Windungen nach dem Stand der Technik mit einer Legetemperatur von 800 bis 850 °C

Bei diesen Legetemperaturen findet die Umwandlung aus der Austenitphase in die Ferrit- bzw. Perlitphase nach dem Legen auf dem Transportband statt. Aufgrund der Anhäufung der Drahtwindungen im Seitenbereich des Transportbandes treten hier innerhalb einer Windung unterschiedliche Abkühlgeschwindigkeiten auf, die zu Schwankungen in der Festigkeit führen. Damit die üblichen zulässigen Festigkeitsschwankungen von ca. 10 bis 15 N/mm² innerhalb einer Drahtwindung nicht überschritten werden, muss ein erheblicher technischer Aufwand (gelenkte Luftströme, Umlenkkanäle, unterschiedliche Bandgeschwindigkeiten usw.) betrieben werden.

b) Windungslegen nach Kühlung nach dem Verfahren der Erfindung, Legetemperatur 650 °C

Wird der Draht vor dem Windungsleger auf ca. 650 °C gekühlt, findet die Umwandlung aus der Austenitphase in die Ferrit-Perlitphase schon vor bzw. unmittelbar nach dem Ablegen auf dem Transportband statt, so dass auch hier davon ausgegangen werden kann, dass Schwankungen vor allem innerhalb einer Windung weitestgehend eliminiert werden und zusätzlich das Gesamtfestigkeitsniveau angehoben wird.

Durch die Abkühlung auf 650 °C, wodurch vor dem Wickeln bzw. vor dem Windungslegen die Umwandlung in die Ferrit- bzw. Perlitphase stattfindet, kann die Tatsache genutzt werden, dass der Stahl in der Austenitphase mit einem kubisch-flächenzentrierten Kristallgitter einen deutlich höheren K_F-Wert hat als der gleiche Stahl nach der Umwandlung in die Ferrit- bzw. Perlitphase mit einem kubisch-raumzentrierten Kristallgitter. Bei der Temperaturabsenkung von 850 °C auf 650 °C ist deshalb nicht mit wesentlich höheren Wickelkräften zu rechnen, wie aus den Figuren 5 und 6 (K_F-Temperatur-Schaubilder) abgelesen werden kann.

In den Figuren 3 und 4 ist schematisch das erfindungsgemäße Kühlen für die genannten Anwendungsbeispiele dargestellt.

Figur 3 zeigt einen Teil einer Walzanlage mit einem Garrett-Haspel. Aus dem letzten Walzgerüst (2) austretend gelangt das Walzgut (1) in eine Kühlstrecke (3), in der das Walzgut (1) entsprechend der Erfindung bis in den gewünschten Umwandlungsbereich gekühlt wird. Beim abschließenden Wickeln in dem Garrett-Haspel (4) ist dann gemäß der Erfindung das Walzgut (1) bereits vollständig umgewandelt, oder die vollständige Umwandlung findet während des Wickelns oder aber unmittelbar nach dem Wickeln in dem Garrett-Haspel (4) statt, so dass während des Wickelns keine ungleichmäßige Gefügeausbildung einzelner Windungen zu befürchten ist und nach Abschluss des Wickelvorgangs der erzeugte Bund komplett umgewandelt ist und außerhalb des Garrett-Haspels forciert gekühlt werden kann.

In Figur 4 ist ein Teil einer Walzanlage mit einem Windungsleger (6) dargestellt. Gemäß der Erfindung wird das Walzgut (1) in der Kühlstrecke (3) vor dem Windungsleger (6) bis in den gewünschten Umwandlungsbereich gekühlt. Die Umwandlung ist dann beim Windungslegen entweder vollständig abgeschlossen, oder sie findet nach dem Windungslegen auf der Transportvorrichtung (7), auf die die Windungen abgelegt werden, oder aber erst in der Sammelvorrichtung (8) statt. Da durch die erfindungsgemäße Kühlung alle Windungen nahezu isothermisch umwandeln, kann auch hier der erzeugte Bund (9) nach seinem Austrag aus der Sammelvorrichtung (8) unverzüglich forciert auf Bindetemperatur gekühlt werden.

Das Verfahren der Erfindung ist nicht auf die angeführten Ausführungsbeispiele beschränkt, sondern generell auf alle Vorrichtungen zum Wickeln oder Windungslegen anwendbar, wobei hinsichtlich der Art der Kühlung vor dem Wickeln bzw. Windungslegen auch andere als die genannten Kühlvorrichtungen zur Anwendung gelangen können.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Wickeln oder Windungslegen von Stabstahl oder Draht in Windungen, wobei das

Walzgut aus der Walzhitze in einem Korb gehaspelt oder mit Hilfe eines Windungslegers in Form von Windungen auf ein Fördermittel abgelegt und am Ende dieses Fördermittels über einen Dorn zu einem Bund gesammelt wird, dabei abkühlt und nach dem Wickelprozess oder der Bundbildung weiter gekühlt wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kühlung des Walzgutes aus der Walzhitze vor dem Wickeln oder dem Windungslegen bis in den Umwandlungsbereich geführt wird, die durch die Ar_3 - bzw. Ar_1 -Linie des der abzukühlenden Stahlsorte entsprechenden ZTU-Schaubildes (Zeit-Temperatur-Umwandlung-Schaubild) gekennzeichnet ist, wodurch sichergestellt ist, dass das Walzgut sich unmittelbar nach dieser Kühlung je nach Stahlsorte vor, während oder nach dem Wickelprozess bzw. der Bundbildung gleichmäßig über seine gesamte Länge und seinem gesamten Querschnitt nahezu isothermisch aus der Austenitphase in die Ferrit- bzw. Perlit-Phase und bei Bedarf in die Bainitphase umwandelt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei den Stahlsorten, die sich erst nach dem Wickeln oder Windungslegen umwandeln, mit Hilfe von Abdeckplatten bzw. Warmhaltehauben eine weitere Auskühlung unterbunden wird, so dass die Umwandlung nahezu isotherm verläuft.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kühlung des Walzgutes so durchgeführt wird, dass die Oberfläche des Walzgutes nicht unterkühlt und in den Bereich der Martensitbildung (MS -Linie) gelangt.
4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kühlung des Walzgutes so durchgeführt wird, dass die Umwandlung in die Ferrit- bzw. Perlit-Phase vor dem nachfolgenden Wickelvorgang vollständig abgeschlossen ist, dadurch der geringere Umformwiderstand der Ferrit- bzw. Perlit-Phase, bedingt durch das kubisch-raumzentrierte Kristallgitter dieser Phasen, beim Wickelvorgang genutzt werden kann.
5. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kühlung des Walzgutes bis in den angestrebten Umwandlungsbereich in einer regelbaren Kühlstrecke, vorzugsweise in einer Wasserkühlstrecke durchgeführt wird.
6. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass nach der erfolgten vollständigen Umwandlung und nach erfolgtem Wickelprozess bzw. Bundbildung der Stabstahl bzw. der Draht einer forcierten Kühlung bis auf Bindetemperatur unterworfen wird.

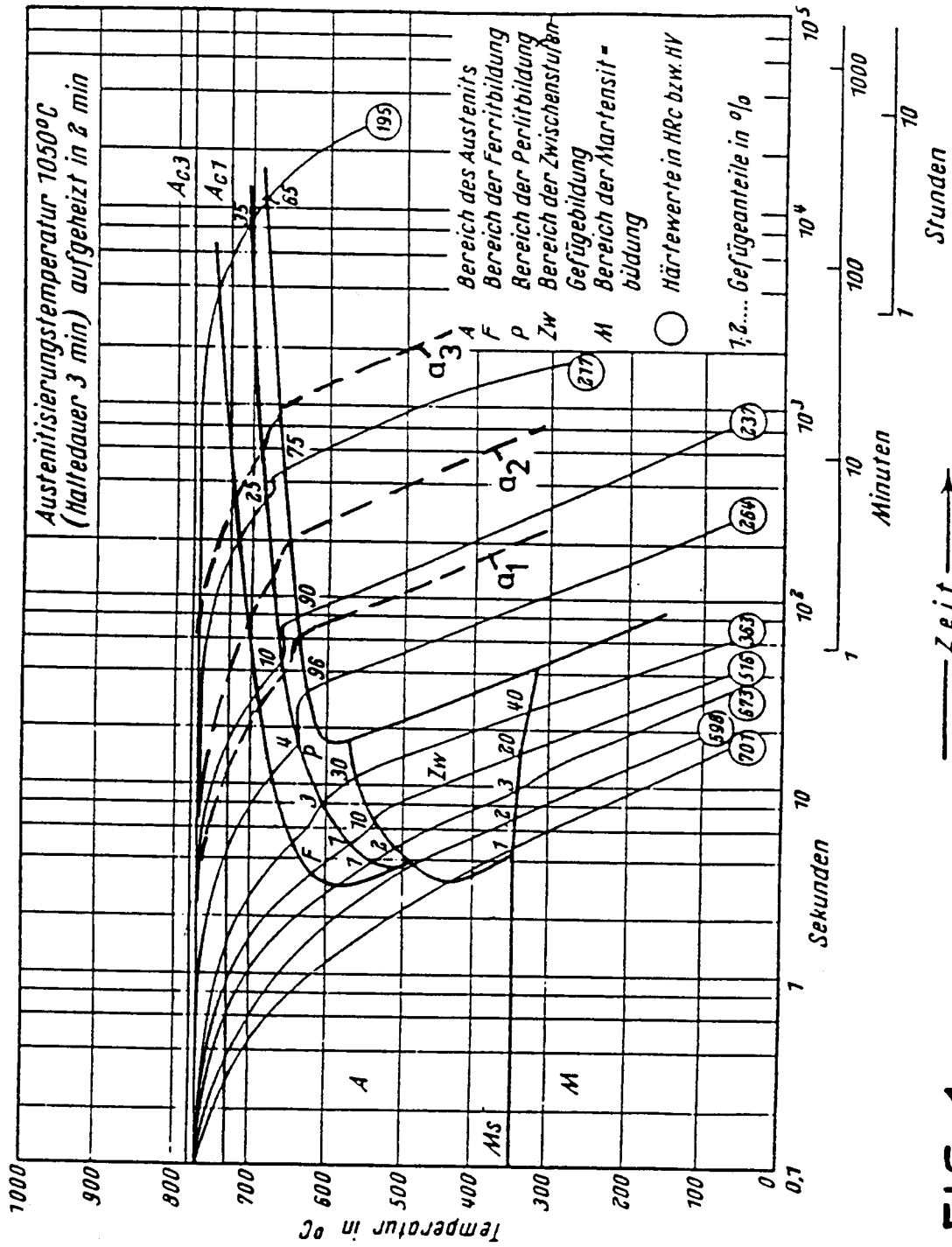


FIG. 1

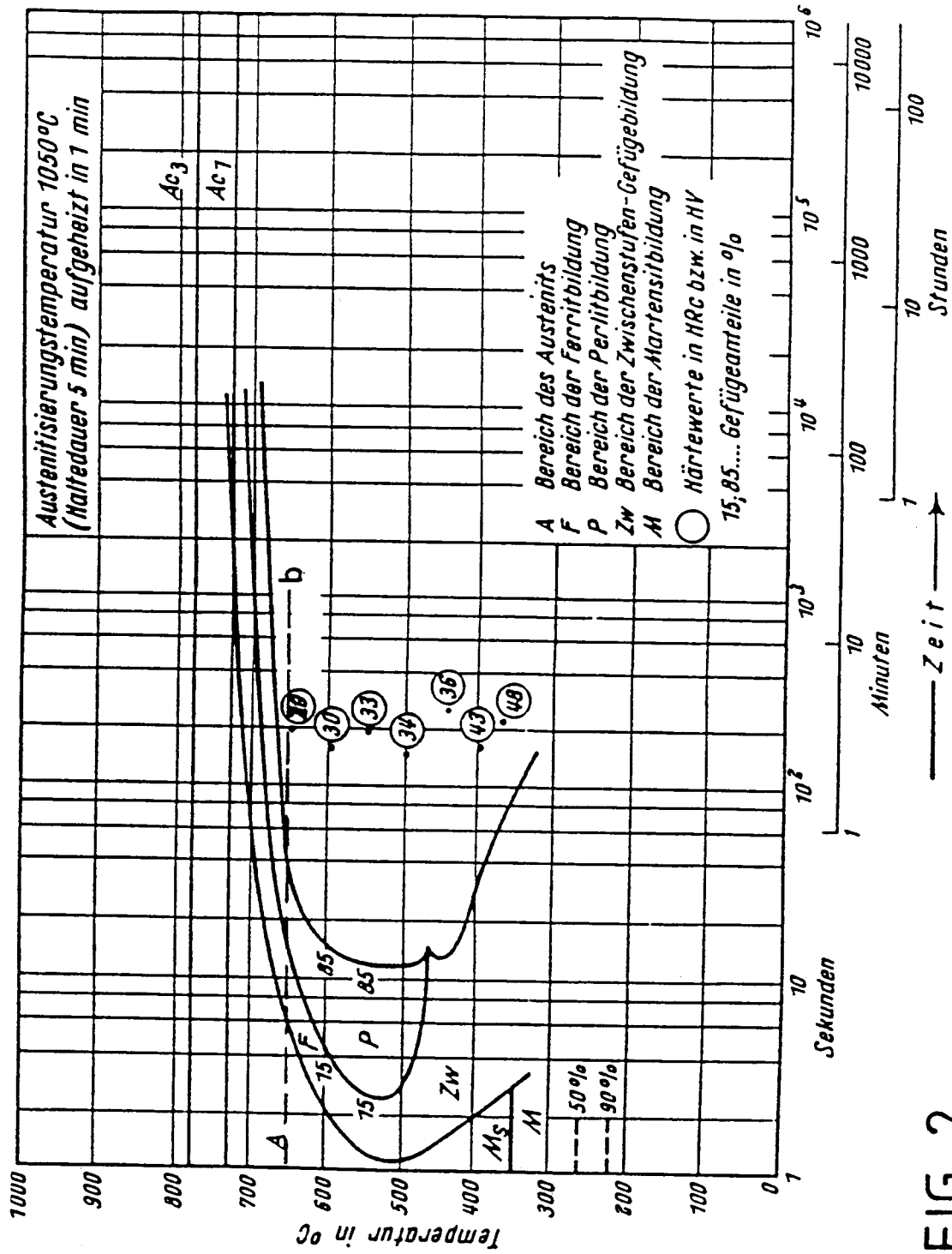


FIG. 2

FIG. 3

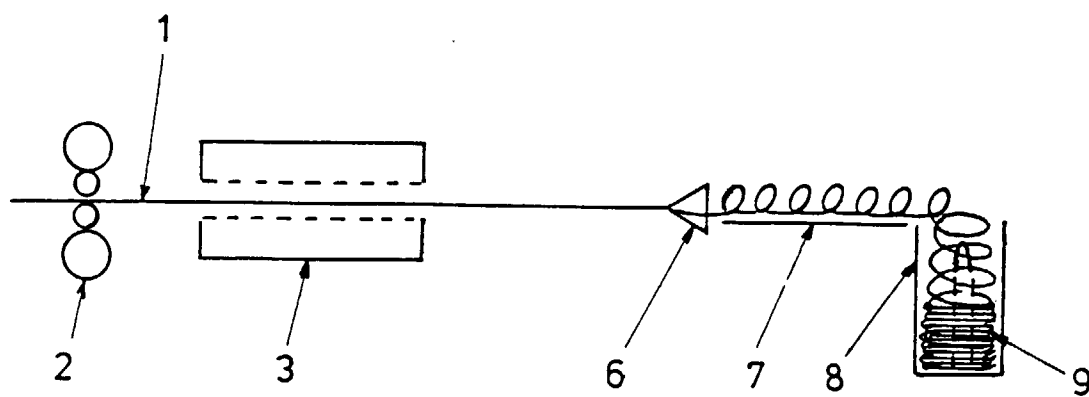
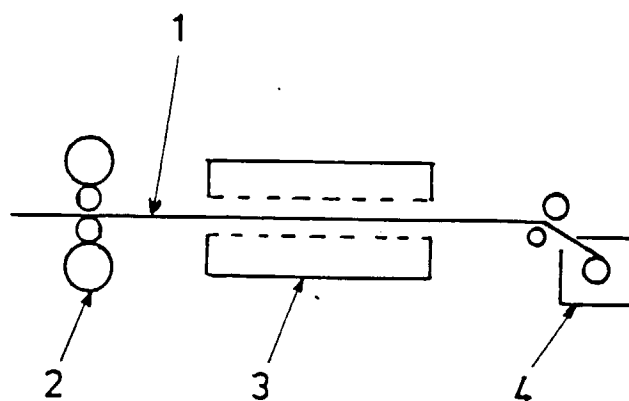


FIG. 4

FIG. 5

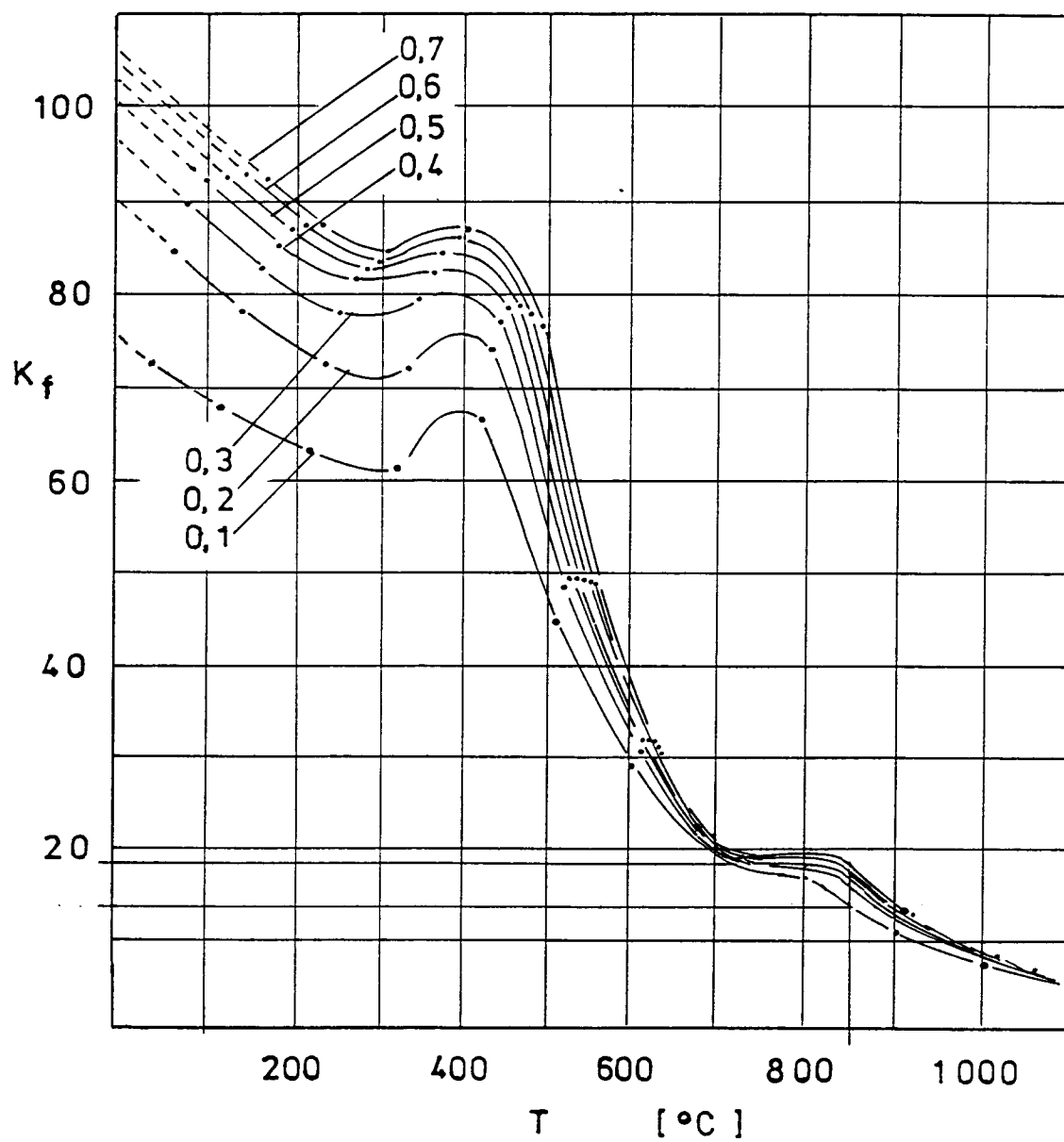


FIG. 6

