



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



Veröffentlichungsnummer: **0 406 673 B1**

12

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

Veröffentlichungstag der Patentschrift: **30.08.95**

Int. Cl.⁶: **D02G 1/02, D02J 13/00**

Anmeldenummer: **90112180.6**

Anmeldetag: **27.06.90**

Falschzwirnkräuselmaschine für einen synthetischen Faden.

Priorität: **01.07.89 DE 3921758**
15.11.89 DE 3937975

Veröffentlichungstag der Anmeldung:
09.01.91 Patentblatt 91/02

Bekanntmachung des Hinweises auf die
Patenterteilung:
30.08.95 Patentblatt 95/35

Benannte Vertragsstaaten:
CH DE ES FR GB IT LI

Entgegenhaltungen:
US-A- 4 809 494

Patentinhaber: **BARMAG AG**
Leverkuser Strasse 65
Postfach 11 02 40
D-42862 Remscheid (DE)

Erfinder: **Dammann, Peter**
Julius-Plücker-Strasse 68
D-5630 Remscheid 11 (DE)

Vertreter: **Pfingsten, Dieter, Dipl.-Ing.**
Barmag AG
Postfach 11 02 40
D-42862 Remscheid (DE)

EP 0 406 673 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Falschzwirnräuselmachine nach dem Oberbegriff von Patentanspruch 1.

Diese Falschzwirnräuselmachine ist z.B. durch die US-A-4,809,494, entsprechend DE-A-38 01 506 bekannt.

Bezüglich der Auslegung der Länge der gekrümmten Heizschiene der Falschzwirnräuselmachine gibt die genannte US-Patentschrift den Hinweis, daß eine Verkürzung der Baulänge dadurch möglich ist, daß die Heizschiene stärker als bisher üblich gekrümmt wird, beispielsweise mit einem Krümmungsradius von weniger als 10 m, z.B. 7 m, ausgeführt wird. Bezüglich des Quotienten aus dem Radius R der Heizschiene und der Heizerlänge L sind dieser Druckschrift jedoch keine konkreten Angaben entnehmbar. Es wurde dort auch nicht erkannt, daß eine Verkleinerung des Radius - auch mit einer Verkürzung des Heizers einhergehen kann, daß diese Verkürzung des Heizers aber erst dann möglich ist, wenn der Radius kleiner als 7 m ist.

Bei der Auslegung der bekannten Falschzwirnräuselmachines wird davon ausgegangen, daß bei steigenden Fadengeschwindigkeiten und größeren Fadentitern größere Heizerlängen erforderlich sind, um den laufenden Faden auf eine gewünschte Temperatur- im folgenden "Zieltemperatur" genannt - zu erhitzen.

Die Erfindung hat sich die Aufgabe gestellt, die Zieltemperatur des Fadens bei den gewünschten steigenden Fadengeschwindigkeiten mit Heizerlängen zu erreichen, die nicht größer, sondern vorzugsweise kleiner als die bisher üblichen Heizerlängen sind.

Die Lösung ergibt sich aus dem Kennzeichen von Anspruch 1.

Vorteilhafte Weiterbildungen ergeben sich aus den Ansprüchen 2 bis 4. Durch Anspruch 5 wird die Lehre dieser Erfindung gekennzeichnet für den Fall, daß der Heizer mit über seine Länge konstanter Krümmung ausgestattet ist.

Die Erfindung beseitigt das Vorurteil und läuft dem allgemeinen Trend entgegen, daß wachsende Fadengeschwindigkeit und größerer Fadentiter eine wachsende Heizerlänge bedingen, wenn die für die Falschzwirntexturierung erforderliche Zieltemperatur sicher erreicht werden soll. Die Erfindung beruht auf der neuen Erkenntnis, daß es einen engen Bereich (im folgenden "Abhängigkeitsbereich" genannt) gibt, in welchem eine Abhängigkeit der zur Erreichung einer bestimmten Zieltemperatur erforderlichen Heizerlänge von dem Krümmungsradius des Heizers besteht.

Es ist zwar durch das DE-U 80 24 032 bekannt, den Radius der Kühlechiene derart zu verkleinern,

daß der Quotient $Q = R/L$ kleiner als 4 ist. Diese Maßnahme geschieht, um Drehungsschwankungen zu unterbinden. Dabei wird jedoch eine Länge der Kühlechiene vorgeschlagen, die den Verweilzeiten angepaßt ist, welche üblicherweise zur ausreichenden Abkühlung angewandt werden.

Im folgenden wird die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels beschrieben:

Es zeigen:

- 10 Fig. 1 den schematischen Schnitt durch eine Bearbeitungsstelle einer Falschzwirnräuselmachine;
- Fig. 2 + 3 Diagramme zur Abhängigkeit der Temperaturdifferenz zwischen der Fadentemperatur und der Temperatur der Heizschiene;
- 15 Fig. 4 geometrische Darstellung möglicher Krümmungsformen.

Von der Vorlagespule 1 wird der synthetische Faden 13 über einen Kopffadenführer 2 mittels des ersten Lieferwerkes 3 abgezogen. Der Faden wird über einen gekrümmten Heizer 4 geführt. Zwischen dem Heizer 4 und der folgenden Kühlechiene 6 wird der Faden durch Fadenführer 5 umgelenkt. Nach dem Austritt aus der gekrümmten Kühlechiene 6 wird der Faden durch Friktionsfalschdraller 7 falschgezwirnt. Anschließend folgt ein zweites Lieferwerk 8, durch das der Faden aus der Falschzwirnzzone abgezogen wird. Anschließend kann der Faden in einem zweiten Heizer 9, der nicht Gegenstand dieser Anmeldung ist, nochmals erwärmt werden. Nach Umlenkung an dem folgenden Fadenführer 10 wird der Faden durch das dritte Lieferwerk 12 aus dem zweiten Heizer 9 abgezogen und anschließend in der Aufwickleinrichtung 11 zu einer Spule aufgewickelt.

Derartige Falschzwirnräuselmachines sind durch den zitierten Stand der Technik bekannt.

Der Heizer besteht im wesentlichen aus einer gekrümmten Heizschiene mit einer Rille, in deren Grund der Faden läuft. Die Heizschiene wurde bisher schon mit einer Krümmung versehen, damit der Faden in gutem Kontakt mit der Heizschiene läuft.

Für die Beheizung der Heizschiene stehen verschiedene Mittel, z.B. Widerstandsheizker oder Heizdampfsysteme nach z.B. DE-A 23 48 371 bereit. Dabei sind Fadenlauf und Heizer so zueinander angeordnet, daß der Faden im wesentlichen auf der Einlauftangente zuläuft und auf der Auslauftangente abläuft.

Die Besonderheit dieser Erfindung besteht darin, daß für den Heizer 4 Radius R und Länge L in optimaler Weise aufeinander abgestimmt werden, so daß zur Erreichung der gewünschten Temperatur die Länge L des Heizers minimiert wird. Dabei wird die Länge L als Sekante zwischen Eingang und Ausgang des Heizers gemessen. Der Heizer

ist im Grenzfall kreisförmig gekrümmt, so daß er nur einen einzigen Radius hat.

Es ist jedoch auch möglich, den Heizer mit einer Krümmung zu versehen, welche sich über die Länge des Heizers ändert. Auch in diesem Falle werden jedoch die Regeln dieser Erfindung eingehalten, wenn der Radius ebenso definiert wird, wie dies bei einer strengen Kreisform des Heizers der Fall ist. Das bedeutet: Der Radius ist definiert durch die Formel $R = L/(2 \cos(\alpha/2))$, wobei α der Umschlingungswinkel des Fadens an dem Heizer ist.

Hierdurch wird erreicht, daß die Zuordnung von Länge und Umschlingungswinkel des Fadens an dem Heizer innerhalb der für die Kreisform geltenden Grenzen liegt. Der Umschlingungswinkel ist dabei gleich dem Winkel zwischen Einlauftangente und Auslauftangente und die Länge des Heizers ist gleich der Länge der Sehne durch die Heizerecken.

Es entspricht landläufiger Auffassung, daß eine Krümmung zwar erforderlich ist, um eine satte Anlage des Fadens an der Heizschiene zu erreichen, daß jedoch die Stärke der Krümmung für die Wärmeübertragung ohne Bedeutung ist. Das trifft für einen glatten Faden wirklich zu. Es gilt in unvorhergesehener Weise jedoch nicht für einen in einer Falschzwirnzonen laufenden Faden. Hier besteht ein Abhängigkeitsbereich, in dem die Krümmung die Wärmeübertragung beeinflusst und in dem daher die Heizerlänge reduziert werden kann.

Es gibt allerdings eine Mindestlänge der Heizschiene. Diese Mindestlänge ist vom Fadentiter abhängig. Die Grenzen sind im Anspruch 1 angegeben. Durch die Mindestlänge wird einerseits eine ausreichende Mindestverweilzeit des Fadens auf der Heizschiene gewährleistet. Andererseits bedeutet eine große Heizerlänge bei kleinem Radius auch einen großen Umschlingungswinkel und damit einen großen Zugkraftanstieg im Faden. Durch die Begrenzung der Länge der Heizschiene wird daher technisch auch der Umschlingungswinkel und damit auch der Zugkraftanstieg auf Bereiche begrenzt, die durch die Technologie des Falschzwirntexturierens vorgegeben sind.

Die angegebenen geringen Heizerlängen können jedoch nur dann erreicht werden, wenn die Heizerkrümmung $1/R$ so gewählt wird, daß die angegebenen Quotienten $Q = R/L$ eingehalten werden. Das bedeutet, daß es einen unteren Bereich von Krümmungsradien der Heizschiene gibt, in dem die erforderliche Heizerlänge nur unwesentlich von dem jeweiligen Radius beeinflusst wird. In diesem Bereich richtet sich die erforderliche Heizerlänge im wesentlichen nach der Fadengeschwindigkeit und dem Fadentiter. Als erforderlich wird dabei eine Heizerlänge bezeichnet, die ausreicht, um den Faden im wesentlichen auf seine Solltem-

peratur zu erhitzen. Die Solltemperatur des Fadens entspricht dabei im Grenzfall, d.h. bei idealer Wärmeübertragung, der Ist-Temperatur der Heizschiene.

Im dem Abhängigkeitsbereich, der Gegenstand dieser Erfindung ist, hängt dagegen die Heizerlänge auch von dem Heizerradius ab. Das heißt: Je kleiner der Radius, desto kleiner die Länge.

Über diesem Abhängigkeitsbereich gibt es sodann wiederum einen Bereich mit sehr geringer Krümmung, in dem die Heizerlänge wiederum nur von dem Fadentiter und der Fadengeschwindigkeit abhängt. Dieser Bereich wurde bisher im allgemeinen für die Auslegung der Heizer in Falschdrallmaschinen verwandt.

In dem Diagramm nach Fig. 2 ist diese Abhängigkeit dargestellt. Auf der Abszisse ist der Radius eines Heizers dargestellt. Die Ordinate gibt die Temperaturdifferenz Δt wieder, die zwischen der eingestellten Heizertemperatur und der Temperatur des vom Heizer ablaufenden Fadens besteht. Die Untersuchung ist durchgeführt an

Kurve 1: einem Faden PES 167f32 dtex, bei einer Fadenlaufgeschwindigkeit von 800 m/min und einer Heizertemperatur von 230 °C;

Kurve 2: einem Faden PES 167f32 dtex bei einer Fadenlaufgeschwindigkeit von 800 m/min und einer Heizertemperatur von 220 °C;

Kurve 3: einem Faden PES 76f24 dtex, bei einer Fadenlaufgeschwindigkeit von 1000 m/min und einer eingestellten Heizertemperatur von 220 °C und
Kurve 4: einem Faden PES 76f24 dtex, bei einer Fadenlaufgeschwindigkeit von 1200 m/min und einer eingestellten Heizertemperatur von 230 °C.

Fig. 3 zeigt denselben Zusammenhang für einen Polyamidfaden geringeren Titers, und zwar

Kurve 5: PA 66 44f13 dtex bei 1000 m/min und 220 °C;

Kurve 6: PA 66 44f13 dtex bei 1200 m/min und 230 °C;

Kurve 7: PA 66 22f7 dtex bei 1100 m/min und 220 °C;

Kurve 8: PA 66 22f7 dtex bei 1300 m/min und 230 °C.

Es ergibt sich hieraus, daß es Krümmungsbereiche gibt, in denen die Krümmung des Heizers keine signifikante Auswirkung auf die Erwärmung hat. Bei den Polyesterfäden nach Fig. 2 liegt ein solcher Bereich bei Radien über 7 m und auch wohl bei Radien unter 1,50 m, wobei zu bemerken ist, daß Heizerradien unter 1,0 m infolge des erheblichen Reibungsaufbaues kaum noch praktikabel sind.

In einem Zwischenbereich zeigt sich jedoch, daß durch die Verkürzung des Radius die Temperaturdifferenz zwischen Heizer und dem vom Heizer ablaufenden Faden beträchtlich abgesenkt werden kann. Das bedeutet auf der anderen Seite, daß - wenn man die Temperaturdifferenz toleriert - die Heizerlänge verkürzt werden kann.

Bei den in Fig. 3 verwandten Fäden, die aufgrund ihres geringeren Titers und ihrer Beschaffenheit leichter aufzuheizen sind, ist der Abhängigkeitsbereich, in dem die Temperaturdifferenz bzw. - bei gleichbleibender Temperaturdifferenz: die Heizerlänge - bei abnehmendem Heizerradius vermindert werden kann, nicht derart stark ausgeprägt, jedoch ebenfalls deutlich bemerkbar.

In Fig. 4 sind die möglichen Heizerkrümmungen geometrisch dargestellt.

Ein Heizer, der im Einlaufbereich eine stärkere Krümmung hat, gewährleistet eine intensive Wärmeübertragung auf den Faden und damit eine schnelle Erwärmung im Einlaufbereich und andererseits eine längere Laufstrecke zur Vergleichmäßigung der Fadentemperatur.

Die umgekehrte Maßnahme könnte sinnvoll sein, um die zunehmende Heizerkrümmung dem zunehmenden Drallaufbau im laufenden Faden anzupassen.

Patentansprüche

1. Falschzwirnräuselmaschine für einen synthetischen Faden, bestehend aus Lieferspule (1), Lieferwerk (3), Heizschiene (4), Kühlschiene (6), Friktionsfalschdraller (7), Abzugswerk (12) und Aufwickleinrichtung (11), bei der die Länge (L) der Heizschiene (4) größer als 0,8 m ist und bei der die Heizschiene (4) gekrümmt ist, dadurch gekennzeichnet, daß der Quotient (Q) aus Radius (R) und Länge (L) des Heizers (4) größer ist als 0,8 und kleiner ist als 4,6, wobei für synthetische Fäden (13) im Titerbereich von 15 bis 44 dtex, insbesondere Nylon-Strumpfgarn, der Quotient (R/L) zwischen 0,8 und 4,4 und die Heizerlänge (L) zwischen 0,8 und 1,6 m liegt und wobei für synthetische Fäden (13) im Titerbereich zwischen 55 und 500 dtex, insbesondere Polyester-Garne und Nylon-Mitteltiter-Garne, der Quotient (Q) zwischen 0,8 und 3,2 und die Heizerlänge (L) zwischen 1,6 und 2,2 m liegt; dabei ist der Radius (R) für einen Heizer (4) definiert durch die Formel:

$$R = \frac{L}{2 \cos \left(\frac{\alpha}{2} \right)}$$

mit den Größen:

L = Länge des Heizers = Länge der Sehne durch die Heizerenden,
alpha = Umschlingungswinkel des Fadens am Heizer = Winkel zwischen Einlauftangente und Auslauftangente.

2. Falschzwirnräuselmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß für synthetische Fäden (13) mit Fadentiter größer 55 dtex die Obergrenze des Quotienten (Q) kleiner als 2 und die Heizerlänge (L) kleiner oder gleich 2 m ist.

3. Falschzwirnräuselmaschine nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Krümmung 1/R im Bereich des Fadeneinlaufs kleiner ist als im Bereich des Fadenauslaufes, wobei die Krümmung 1/R für einen Heizer (4) definiert ist durch die Formel:

$$\frac{1}{R} = \frac{2 \cos \left(\frac{\alpha}{2} \right)}{L}$$

mit den Größen:

L = Länge des Heizers = Länge der Sehne durch die Heizerenden,
alpha = Umschlingungswinkel des Fadens am Heizer = Winkel zwischen Einlauftangente und Auslauftangente.

4. Falschzwirnräuselmaschine nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Krümmung 1/R im Bereich des Fadeneinlaufs größer ist als im Bereich des Fadenauslaufes, wobei die Krümmung 1/R für einen Heizer (4) definiert ist durch die Formel:

$$\frac{1}{R} = \frac{2 \cos \left(\frac{\alpha}{2} \right)}{L}$$

mit den Größen:

L = Länge des Heizers = Länge
der Sehne durch die Heizerenden,
alpha = Umschlingungswinkel des Fa-
dens am Heizer = Winkel zwi-
schen Einlauftangente und Aus-
lauftangente.

5. Falschzwirnräuselmaschine nach Anspruch 1
oder 2,
dadurch gekennzeichnet, daß
die Krümmung $1/R$ des Heizers (4) über seine
Länge konstant ist, wobei die Krümmung $1/R$
für einen Heizer (4) definiert ist durch die For-
mel:

$$\frac{1}{R} = \frac{2 \cos \left(\frac{\alpha}{2} \right)}{L}$$

mit den Größen:

L = Länge des Heizers = Länge
der Sehne durch die Heizerenden,
alpha = Umschlingungswinkel des Fa-
dens am Heizer = Winkel zwi-
schen Einlauftangente und Aus-
lauftangente.

Claims

1. False twist crimping machine for a synthetic
yarn, comprising a delivery bobbin (1), delivery
device (3), heating rail (4), cooling rail (6),
friction false twist devices (7), draw-off device
(12) and winding-up device (11), in which the
length (L) of the heating rail (4) is greater than
0.8 m and in which the heating rail (4) is
curved, characterized in that the quotient (Q) of
the radius (R) and length (L) of the heater (4)
in greater than 0.8 and smaller than 4.6, the
quotient (R/L) being between 0.8 and 4.4 and
the heater length (L) being between 0.8 and
1.6 m for synthetic yarns (13) in the titre range
of from 15 to 44 dtex, in particular nylon ho-
sieri yarn, and the quotient (Q) being between
0.8 and 3.2 and the heater length (L) being
between 1.6 and 2.2 m for synthetic yarns (13)
in the titre range of from 55 to 500 dtex, in
particular polyester yarns and nylon average
titre yarns, in this respect the radius (R) for a
heater (4) being defined by the formula:

$$R = \frac{L}{2 \cos \left(\frac{\alpha}{2} \right)}$$

with the values:

L = heater length = length of the chord
through the ends of the heater;
alpha = looping angle of the yarn at the
heater = angle between the inlet
tangent and outlet tangent.

2. False twist crimping machine according to
Claim 1, characterized in that the upper limit of
the quotient (Q) is less than 2 and the heater
length (L) is less than or equal to 2 m for
synthetic yarns (13) having a titre of more than
55 dtex.
3. False twist crimping machine according to
Claim 1 or 2, characterized in that the cur-
vature $1/R$ in the region of the yarn inlet is
smaller than in the region of the yarn outlet,
the curvature $1/R$ for a heater (4) being defined
by the formula:

$$\frac{1}{R} = \frac{2 \cos \left(\frac{\alpha}{2} \right)}{L}$$

with the values:

L = heater length = length of the chord
through the ends of the heater;
alpha = looping angle of the yarn at the
heater = angle between the inlet
tangent and outlet tangent.

4. False twist crimping machine according to
Claim 1 or 2, characterized in that the cur-
vature $1/R$ in the region of the yarn inlet is
greater than in the region of the yarn outlet,
the curvature $1/R$ for a heater being defined (4)
by the formula:

$$\frac{1}{R} = \frac{2 \cos \left(\frac{\alpha}{2} \right)}{L}$$

with the values:

L = heater length = length of the chord
through the ends of the heater;
alpha = looping angle of the yarn at the
heater = angle between the inlet

tangent and outlet tangent.

5. False twist crimping machine according to Claim 1 or 2, characterized in that the curvature $1/R$ of the heater (4) is constant over its length, the curvature $1/R$ for a heater (4) being defined by the formula:

$$\frac{1}{R} = \frac{2 \cos(\alpha)}{L}$$

with the values:

- L = heater length = length of the chord through the ends of the heater;
 α = looping angle of the yarn at the heater = angle between the inlet tangent and outlet tangent.

Revendications

1. Machine de frilage par fausse-torsion pour fil synthétique
 qui comprend dans l'ordre
 une bobine d'alimentation (1), un délivreur (3),
 une plaque de chauffage (4), une plaque de refroidissement (6), un dispositif de friction par fausse-torsion (7), un délivreur (12) et un organe de renvidage (11),
 la longueur L de la plaque de chauffage (4) étant plus grande que 0,8 m et la plaque de chauffage (4) étant courbée,
 caractérisée en ce que
 le quotient (Q) résultant du rayon (R) et de la longueur (L) du chauffeur (4) est plus grand que 0,8 et plus petit que 4,6,
 - le quotient (R/L) pour fils synthétiques (13) dans la zone de titres de 15 à 44 dtex, notamment pour fils de nylon à bas, étant entre 0,8 et 4,4 et la longueur du chauffeur (L) étant entre 0,8 et 1,6 m, et
 - le quotient (Q) pour fils synthétiques (13) dans la zone de titres entre 55 et 500 dtex, notamment pour fils de polyester et fils de nylon de titres moyens, étant entre 0,8 et 3,2 et la longueur (L) du chauffeur (4) étant entre 1,6 et 2,2 m;
 - le rayon (R) pour un chauffeur (4) étant défini par la formule suivant:

$$R = \frac{L}{2 \cos(\frac{\alpha}{2})}$$

avec les valeurs suivantes:

- L = longueur du chauffeur = longueur de la corde liant les extrémités du chauffeur,
 α = angle d'enroulement du fil auprès du chauffeur = angle entre la tangente d'entrée et la tangente de sortie.

2. Machine de frilage par fausse-torsion pour fil synthétique selon la revendication 1, caractérisée en ce que, pour fils synthétiques (13) avec des titres plus grands que 55 dtex, la limite supérieure du quotient (Q) est inférieure à 2 et la longueur (L) du chauffeur (4) est inférieure à 2 m ou égale 2 m.

3. Machine de frilage par fausse-torsion pour fil synthétique selon la revendication 1 ou 2, caractérisée en ce que la courbure $1/R$ dans la zone de l'entrée du fil est inférieure à celle dans la zone de la sortie du fil, la courbure $1/R$ pour un chauffeur (4) étant définie par la formule suivante:

$$\frac{1}{R} = \frac{2 \cos(\frac{\alpha}{2})}{L}$$

avec les valeurs suivantes:

- L = longueur du chauffeur = longueur de la corde liant les extrémités du chauffeur,
 α = angle d'enroulement du fil auprès du chauffeur = angle entre la la tangente d'entrée et la tangente de sortie.

4. Machine de frilage par fausse-torsion pour fil synthétique selon la revendication 1 ou 2, caractérisée en ce que la courbure $1/R$ dans la zone de l'entrée du fil est supérieure à celle dans la zone de la sortie du fil, la courbure $1/R$ pour un chauffeur (4) étant définie par la formule suivante:

$$\frac{1}{R} = \frac{2 \cos(\frac{\alpha}{2})}{L}$$

avec les valeurs suivantes:

- L = longueur du chauffeur = longueur de la corde liant les extrémités du

α = chauffeur,
 angle d'enroulement du fil auprès
 du chauffeur = angle entre la la
 tangente d'entrée et la tangente de
 sortie. 5

5. Machine de frilage par fausse-torsion pour fil
 synthétique selon la revendication 1 ou 2,
 caractérisée en ce que 10
 la courbure $1/R$ du chauffeur (4) est invariable
 sur toute la longueur, la courbure $1/R$ étant
 définie par la formule suivante:

$$\frac{1}{R} = \frac{2 \cos \left(\frac{\alpha}{2} \right)}{L} \quad 15$$

avec les valeurs suivantes: 20

L = longueur du chauffeur = longueur
 de la corde liant les extrémités du
 chauffeur,
 α = angle d'enroulement du fil auprès
 du chauffeur = angle entre la la 25
 tangente d'entrée et la tangente de
 sortie.

30

35

40

45

50

55

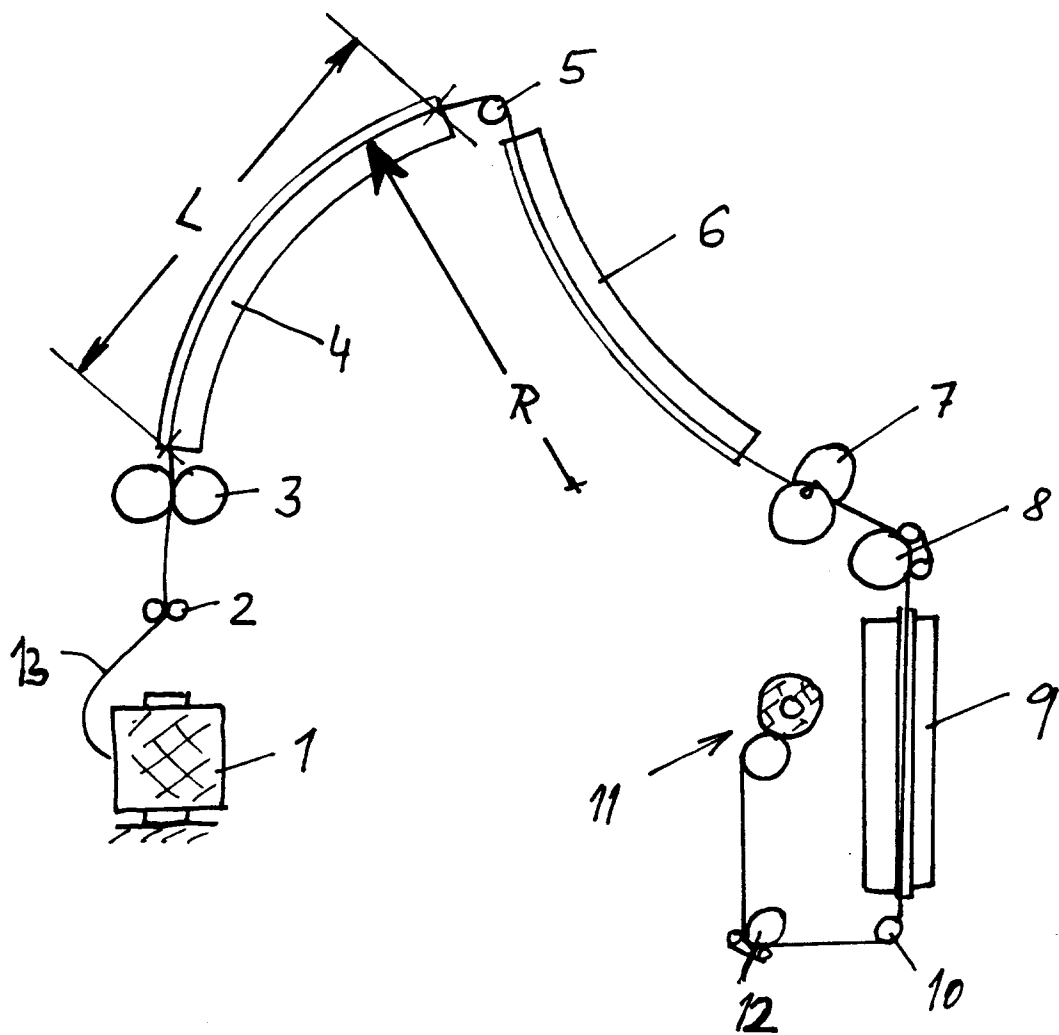


Fig. 1

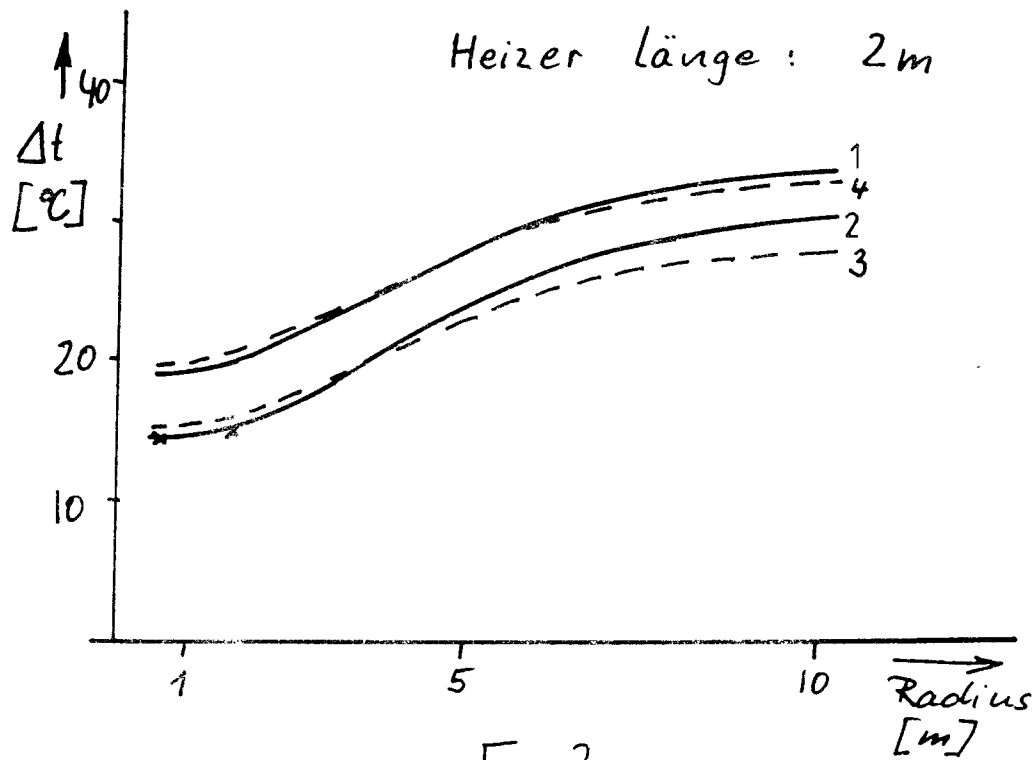


Fig. 2

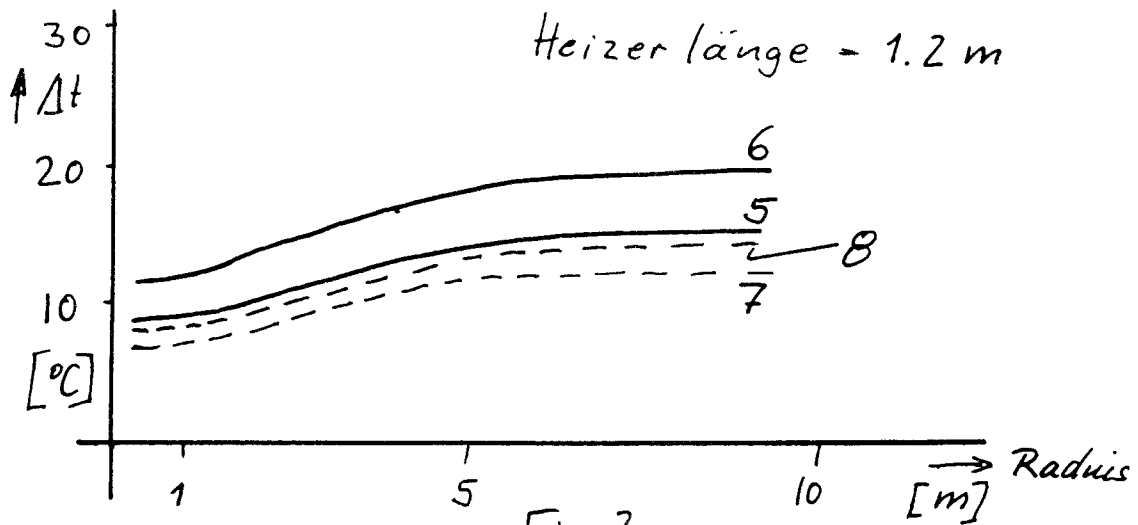


Fig. 3

