

(12)

# PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 600/88

(51) Int.Cl.<sup>5</sup> : C21D 1/63  
B21B 45/02

(22) Anmeldetag: 8. 3.1988

(42) Beginn der Patentdauer: 15. 6.1990

(45) Ausgabetag: 10.12.1990

(30) Priorität:

13. 3.1987 DE 3708128 beansprucht.

(56) Entgegenhaltungen:

US-A 4575052

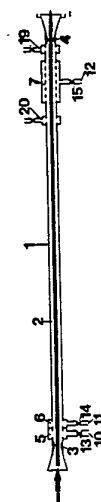
(73) Patentinhaber:

KRENN WALTER  
A-4870 VÖCKLAMARKT, OBERÖSTERREICH (AT).

(54) VERFAHREN UND DRUCKKÜHLAGGREGAT ZUM GEFÜHRTEN ABKÜHLEN GEFORMTEN, SCHWEREN BIS LEICHTEN, DURCHLAUFENDEN PRODUKTIONSGUT AUS STAHL UND METALL IN DRUCKWASSER

(57) Verfahren und Druckkühlaggregat zum geführten Abkühlen geformten, schweren bis leichten, heißen, durchlaufenden Produktionsgut aus Stahl und Metall in Druckwasser.

Die Anmeldung offenbart, das geführte Abkühlen geformten, schweren bis leichten, heißen, durchlaufenden Produktionsguts aus Stahl und Metall in Druckwasser, innerhalb eines Druckkühlaggregats mit einem einzigen Druckraum oder mit zwei und mehr Druckräumen, durchzuführen, wie Fig. 1, 2 und 4 es zeigen und dabei die Grundlast des Druckwassers durch die Einströmung (5), als Kühl-Druckwasser, in den Konvektions-Druckraum (8.1) einströmen zu lassen, eine Teilmenge durch die Einströmungen (6 - 6.n) in alle Druckräume (8.1) und (9.1 - 9.n) als Führungs-Druckwasser zum wesentlichen Führen des Wärmeentzugs, wie Fig. 11a - c es zeigen, und eine weitere Teilmenge durch die Einströmungen (7) und (7.1 - 7.n) auch in alle Druckräume (8.1) und (9.1 - 9.n) als Kondensations-Druckwasser, wie Fig. 11b und c es zeigen, zum exakten Führen des in jedem Druckraum in sich in seiner Lage verschiebbaren Verdampfungsführungspunktes (VF), womit für das Erreichen und Halten der gewünschten Soll-Abkühltemperatur, der qualitätsbezogen optimale Wärmeentzug, durch das so (prozeß-)geführte Verhältnis des Druckwasser- und Dampfanteils im Druckwasser-Dampf-Gemisch innerhalb des Druckkühlaggregats, erreicht wird.



Die Erfindung betrifft ein Verfahren und Druckkühlaggregat zum geführten Abkühlen geformten, schweren bis leichten, heißen, durchlaufenden Produktionsguts aus Stahl und Metall in Druckwasser.

Die Abkühlung geformten, heißen, durchlaufenden Produktionsguts beeinflusst die Qualität und die Herstellungskosten von Fertigprodukten aus Stahl und Metall wesentlich. Zur Steigerung der Produktionsmenge pro Zeiteinheit beim Stranggieß-, Bandgieß-, Walzgut und dgl., durch Vergrößern des Fertigproduktgewichts/m und durch Steigern der Produktionsdurchlaufgeschwindigkeit in der Formgebung und Verformung, ist es nützlich ein Verfahren und Kühlaggregat anzuwenden, daß es ermöglicht, daß die Abkühlung den vielseitigen Anforderungen im Hinblick auf die Qualität des Fertigprodukts, die Intensität des Wärmeentzugs, die Zeitspanne des Wärmeentzugs, die Bandbreite der gewünschten Abkühltemperatur, die reproduzierbare Treffsicherheit der Soll-Abkühltemperaturlinie nach dem ZTU-Schaubild und der Wirtschaftlichkeit gerecht wird. In den letzten Jahren stieg bei der Herstellung von Warmbreitband die Endwalzgeschwindigkeit auf das 2,5fache, das Bundgewicht auf 45 t und die Kapazität auf 6 Mio. t/Jahr, bei Walzdraht stieg die Endwalzgeschwindigkeit bis 120 m/s, das Bundgewicht auf 3000 kg und die Monatserzeugung auf 30.000 t/Walzader (Mommertz, K. H.: Stahl u. Eisen 106 (1968) Nr. 6, S. 255/62).

Das Abkühlen geformten, heißen, durchlaufenden Produktionsguts aus Stahl oder Metall erfolgt im wesentlichen durch Tauchen in oder Durchführen durch Wasserbecken, mit Spritzwasser, mit Spritzwasser und Gebläseluft, in Luft und seit 1983 bei Walzdraht und Stabstahl auch in Druckwasser innerhalb von Druckkühlrohren mit verengten Rohrenden (Krenn, W.: DP 16 08 327 und 19 25 416; Schifferl, H. A., Eggerth, K. u. Nöstelhaller, K.: Berg- und Hüttenmännische Monatshefte, 131. Jahrgang (1986), Heft 11, S. 415/21; Limper, H-G. u. Hoffmann, G.: Stahl u. Eisen 105 (1985) Nr. 11, S. 631/37). Im Antrag auf Erteilung des Patents von F. Papst und W. Krenn vom 24.07.1987, Aktenz. 1929/87, ist ein Druckkühlaggregat mit zwei oder drei Druckräumen zwischen Staurändern beschrieben, bei dem in einem Konvektions-Druckraum dem Walzgut durch das Erwärmen des Druckwassers bis an den Siedepunkt Wärme entzogen wird und in dem daran anschließenden Verdampfungs-Druckraum, durch den Entzug der Verdampfungswärme durch das Heißwasser-Dampf-Gemisch, weiter Wärme entzogen wird, wobei die Führung des Wärmeentzugs über das in dem Konvektions-Druckraum einströmende Druckwasser erfolgt.

Beim kritischen Betrachten des Abkühlens geformten, heißen, durchlaufenden Produktionsguts aus Stahl und Metall ist zu bedenken, wie sich die Durchlaufgeschwindigkeiten, die in m/s geläufig sind, auf einen für die Abkühlung noch großen Oberflächen-Längenabschnitt von 1 mm darstellt, da die sich bildenden Dampfkeime beim Entstehen einen Durchmesser haben, der davon nur einen Bruchteil beträgt.

1 mm Produktionsgut-Oberfläche läuft bei einer Geschwindigkeit

von	2 m/s	15 m/s	30 m/s	80 m/s	120 m/s
in s	$\frac{1}{2000}$	$\frac{1}{15000}$	$\frac{1}{28000}$	$\frac{1}{80000}$	$\frac{1}{120000}$
oder					
in s	0,000500	0,000067	0,000033	0,000013	0,000008
durch die Kühlstrecke.					

Diese außerordentlich kurze Zeit, s/mm, macht deutlich, daß die Intensität des Wärmeentzugs beim Auftreffen eines Wasserteilchens, bei der Spritz- und Laminarwasserkühlung, auf eine nur mit 15 m/s durchlaufenden Produktoberfläche und druckloser Umgebung nur sehr gering sein kann, weswegen alle Abkühlungen mit Spritz- und Laminarwasser den Einsatz sehr hoher Kühlwassermengen erfordern und bei verschiedenen Anwendungsgebieten schon an ihrer Wirkungs- und Wirtschaftlichkeitsgrenze geraten sind oder es bei zunehmendem Produktgewicht/m und/oder zunehmender Produktdurchlaufgeschwindigkeit durch die Kühlstrecke werden.

Bei der Abkühlung von Warmbreitband mit Spritz- und Laminarwasser werden heute Kühlwassermengen in der Größenordnung von 10.000 m<sup>3</sup>/h und mehr gefahren.

Wie groß weltweit die Schwierigkeit bei der Abkühlung von schnellaufenden Walzdraht aus Hochleistungsdrahtwalzwerken geworden waren, vermittelt ein Fachbericht aus 1982 (Wagner, R. u. a.: Stahl u. Eisen 102 (1982) Nr. 12, S. 595/99), in dem u. a. sogar gefordert worden war:

Es wird als wünschenswert angesehen, daß der Walzwerkskonstrukteur neben den unterschiedlichen Luftabkühlleinrichtungen endlich unter Nutzung wissenschaftlicher Erkenntnisse eine geeignete und gleichzeitig wirtschaftlich arbeitende Wasserkühlstrecke anbietet.

Das Problem war mit der Abkühlung in Druckwasser innerhalb von Druckkühlrohren mit verengten Rohrenden ab Anfang 1983 gelöst worden (Krenn, W.: DP 16 08 327 und 19 25 416). Ein österreichisches Hüttenwerk ließ nach der Umrüstung der Spritzwasser-Kühlstrecken an deren Hochleistungsdrahtwalzwerk, Ende

1983 deren Stabstahlwalzwerk mit einer Abkühlung in Druckwasser innerhalb von Druckkühlrohren ausrüsten (Schifferl, H. A. u. a.: Berg- und Hüttenmännische Monatshefte, 131. Jahrgang (1986), Heft 11, S. 418).

Der erste Schritt von der Abkühlung walzwarmer Walzdrahts aus der Walzhitze mit Spritzwasser zur Abkühlung in Druckwasser innerhalb einzelliger Druckkühlrohre hatte bei der Anwendung, wenn die gefahrene Abkühltemperatur genügend weit über der qualitätsabhängigen Martensitlinie im ZTU-Schaubild gefahren wird, die damals anstehenden Probleme gelöst, da zu der Zeit die, gegenüber der Abkühlung mit Spritzwasser, erheblich höher reichende Abkühlintensität in Druckwasser bereits ausreichte. Nun wurde 1986 von der Abkühlung walzwarmer Walzdrahts, der auf einem Transportband ausgefächert mit Gebläseluft abgekühlt wird, berichtet, daß das Gefüge in jeder einzelnen Windung des Walzdrahtbunds ungleichmäßig ist, da von jeder Windung die beiden Teilstücke die im Bereich der Mitte des Transportbands liegen rascher abkühlen als die Teilstücke die an den beiden Außenseiten des Transportbands liegen (Hoss, K-F.: Stahl u. Eisen 106 (1986) Nr. 7, S. 313/16). Um die negative Auswirkung dieser Abkühlung der ausgefächerten Windungen in Gebläseluft zu vermeiden oder zu verringern, sollte die Abkühlung in Druckwasser auf eine so niedrige Abkühltemperatur, ohne in den Martensitbereich zu kommen, gefahren werden können, daß eine Abkühlung mit Gebläseluft entfallen kann. Wo dies qualitätsbedingt nicht möglich ist, ist die Abkühlung in Druckwasser tiefstmöglich zu fahren, damit der Mangel aus der Abkühlung mit Gebläseluft verringert werden kann. Mit dem im Antrag auf Erteilung eines Patents vom 24. Juli 1987 beschriebenen Verfahren und dreizellige Druckkühlaggregat ist es möglich eine Abkühltemperatur zu fahren die schon näher an der qualitätsabhängigen Martensitlinie im ZTU-Schaubild liegen kann. Die genannten außerordentlich kurzen Zeiten, die für die thermischen Abläufe im Druckkühlaggregat zur Verfügung stehen, die unbekannten, unbenannten Imponderabilien beim Ablauf des Wärmeentzugs innerhalb des dreizelligen Druckkühlaggregats in Druckwasser, lassen befürchten, daß die Führung der Abkühlung nur über den einen gesteuerten Zustrom des Druckwasser in den Konvektions-Druckraum nicht ausreichen könnte.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und Druckkühlaggregat zu entwickeln mit dem der Wärmeentzug bei der Abkühlung geformten, schweren bis leichten, heißen, durchlaufenden Produktionsguts aus Stahl und Metall in Druckwasser, innerhalb eines Druckkühlaggregats, so geführt werden kann, daß der überwiegende Teil des Produktionsguts aus Stahl und Metall mit gesteigerter metallurgischer und temperaturmäßiger Treffsicherheit, größerer Gleichmäßigkeit über die Breite und Länge des abzukühlenden Produktionsguts und besserer Wirtschaftlichkeit damit abgekühlt werden kann.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß das Druckkühlaggregat anlagenmäßig aus einem einzigen Druckraum, aus zwei, drei oder mehr Druckräumen produktabhängigen Volumens, jeder begrenzt durch zwei Stauränder (Verengungen), besteht in dem/denen vorzugsweise mindestens eine Kühl- und Führungs-Druckwassereinströmung und eine Kondensations-Druckwassereinströmung, vorzugsweise in Form einer Brause im jeweiligen Druckraum verteilt, angeordnet ist und das verfahrensmäßig vorzugsweise mit einer einen Teil höheren Druckwassermenge beaufschlagt wird die notwendig ist, dem Produktionsgut dadurch Wärme zu entziehen, daß das in das Druckkühlaggregat, in den Konvektionskühlteil produktabhängiger Länge, Kühl-Druckwasser einströmt, das zusammen mit dem daneben einströmenden Führungs-Druckwasser, dort vorzugsweise bis an den Siedepunkt erwärmt wird und daß das daraus erzeugte Heißwasser-Dampf-Gemisch in dem daran direkt anschließenden Verdampfungskühlteil produktabhängiger Länge, durch Entzug der Verdampfungswärme aus dem Heißwasser-Dampf-Gemisch, dem Produktionsgut weiter Wärme entzogen wird, wobei der Grad des Verdampfens durch das im Bereich des Verdampfens einströmenden Kondensations-Druckwasser geführt wird.

Als Konvektionskühlteil ist der Teil des Druckkühlaggregats bezeichnet, in dem das Kühl-Druckwasser und das vorzugsweise die Erwärmung auf den Siedepunkt führende Führungs-Druckkühlwasser, an die Siedetemperatur erwärmt wird.

Als Verdampfungskühlteil ist der Teil des Druckkühlaggregats bezeichnet, in dem das im Konvektionsteil vorzugsweise auf Siedetemperatur erwärmte Druckwasser als Heißwasser-Dampf-Gemisch, geführt durch das Kondensations-Druckwasser, verdampft.

Kühl-Druckwasser ist Druckwasser, daß nur dem Wärmeentzug dient.

Führungs-Druckwasser ist Druckwasser, daß der Führung der Erwärmung des Druckwassers vorzugsweise auf Siedetemperatur und dem Wärmeentzug dient.

Kondensations-Druckwasser ist Druckwasser, daß der Führung des Grads des Verdampfens dient.

Der Druckraum in den der Hauptteil des Kühl-Druckwassers einströmt, in der Regel der mittlere, wird als Konvektions-Druckraum bezeichnet, auch wenn das Druckkühlaggregat nur einen einzigen Druckraum aufweist. Alle übrigen Druckräume werden mit Verdampfungs-Druckraum bezeichnet, gleichgültig ob verfahrensmäßig der Wärmeentzug darin überwiegend durch Verdampfen oder durch Konvektion erfolgt.

Einlaufstaurand ist der Staurand eines Druckraums durch den das durchlaufende Produktionsgut in den Druckraum einläuft.

Einströmstaurand ist der Staurand eines Druckraums durch den das Druckwasser/Heißwasser-Dampf-Gemisch in den Druckraum einströmt.

Um den Druckwasserstrom für die Abkühlung mit dem erfindungsgemäßen Druckkühlaggregat verfahrensmäßig so führen zu können, daß der gewählte, produkt- und qualitätsbezogene Abkühlverlauf eintreten und das Druckkühlaggregat funktionsfähig gehalten werden kann, ist die anlagemäßige Ausbildung so,

- daß die Kühl-, Führungs- und Kondensations-Druckwasser-Zuleitungen zum Druckkühlaggregat so bemessen sind, daß die Druckverluste in ihnen gering sind,

- daß in den Kühl-, Führungs- und Kondensations-Druckwasser-Zuleitungen durchflußregelbare Ventile mit Stellglieder angeordnet sind,

5 - daß die Trennung von Kühl- und Führungs-Druckwasser entfallen kann und für diese zusammen, als Führungs-Druckwasser, nur eine Zuleitung mit einem durchflußregelbaren Ventil mit Stellglied angeordnet ist,

- daß die Einströmöffnungen für das Kühl-, Führungs- und Kondensations-Druckwasser mit nahezu keinem Staudruckwiderstand ausgebildet sind,

10 - daß die Stauränder des einzigen Druckraums sowie aller Druckräume während des Produktdurchlaufs soviel Durchflußquerschnitt aufweisen, daß die für den Wärmeentzug notwendige, produkt-, qualitäts- und abkühlbedingte Kühl-, Führungs- und Kondensations-Druckwassermenge gleichmäßig und ungestört zuströmen kann,

- daß vorzugsweise in jedem Druckraum, in Produktdurchlaufrichtung gesehen vorzugsweise vor dem Auslaufstaurand, eine vorzugsweise gekoppelte Wasserschlagsicherung und Wasserabsaugeeinrichtung angeordnet ist, die beim Einlaufen mittleren und schweren Produktionsguts das Druckkühlaggregat vor Zerstörung schützt und durch Absaugen des Wasser in den Produktdurchlaufpausen das Ausbrechen leichten Produktionsguts verhindert,

15 - daß vorzugsweise in den Druckräumen eine durchflußregelbare Heißwasser-Dampf-Gemisch-Entnahmeeinrichtung angeordnet ist, die die Verwendung des Heißwasser-Dampf-Gemisches außerhalb des Abkühlverfahren ermöglicht,

- daß zum Vermeiden des Luftzutritts zur abzukühlenden Produktionsgut-Oberfläche während des Abkühlvorgangs, zwischen zwei oder mehr Druckkühlaggregate, der Zwischenraum zwischen den Druckkühlaggregaten mit verschiebbarer Wasserstauumfö überdeckt wird.

20 Um die Abkühlung mit dem erfindungsgemäßen Druckkühlaggregat dem unterschiedlichen Produkten und Produktgewichten/m sowie den wechselnden Produktqualitäten anpassen zu können, werden verfahrenmäßig unterschiedliche Druckkühlaggregatsausführungen und -schaltungen so gewählt,

- daß in ein Druckkühlaggregat mit einem einzigen Druckraum, das Kühl- und Führungs-Druckwasser vorzugsweise mittig in den Druckraum und das Kondensations-Druckwasser vor die Stauränder an den Druckraumenden geführt wird,

30 - daß in ein Druckkühlaggregat mit einem einzigen Druckraum das Kühl- und Führungs-Druckwasser im Bereich des Staurands an einem Druckraumende und das Kondensations-Druckwasser am anderen in den Druckraum geführt wird,

- daß das Kühl- und Führungs-Druckwasser in den Konvektions-Druckraum und das Kondensations-Druckwasser in einen oder mehrere Verdampfungs-Druckräume geführt wird,

35 - daß das Kühl- und Führungs-Druckwasser in den Konvektions-Druckraum, weiteres Führungs-Druckwasser in einen oder mehrere Verdampfungs-Druckräume, vorzugsweise nach dem Einströmstaurand, und das Kondensations-Druckwasser in einen oder mehrere Verdampfungs-Druckräume geführt wird,

- daß das Kondensations-Druckwasser, in einer produkt-, qualitäts- und abkühlbedingten Anzahl von Druckräumen, nicht in bestimmte Druckräume einströmt,

40 - daß der Vordruck des Druckwassers, bei schwerem, abzukühlendem Produktionsgut gegenüber bei leichtem, dem Gewicht/m und dem Produktionsguts-Querschnitt entsprechend so angehoben wird und die Verengung in den Staurändern so verlängert wird, daß die Stauränder auch als wassergeschmiertes Gleitlager wirken,

45 - daß der Ablauf des Wärmeentzugs sowohl mit einem qualitätsbezogen maximalen Wärmeübergangswert  $\alpha$  als auch mit einem druckkühlaggregatsbezogen minimalen, innerhalb einer vergleichsweise großen Länge des Druckkühlaggregats mit einer vergleichsweise engen Bandbreite in der Abkühltemperatur, gefahren werden kann.

Die mit der Erfindung erzielten Vorteile bestehen insbesondere darin, daß mit dem erfindungsgemäßen Verfahren und Druckkühlaggregat ein Großteil der geformten, schweren und mittleren, heißen, durchlaufenden Produktionsgüter überhaupt geführt abgekühlt werden können, daß damit die gewünschten Abkühlintensitätsfolgen produkt-, abmessungs-, qualitäts- und zeitfolgegerecht mit vergleichsweise sehr geringer Bandbreite gefahren werden können, so daß sich im Fertigprodukt keine unerwünschten Gefügebestandteile bilden können und daß dafür nur eine vergleichsweise geringe Druckwassermenge erforderlich ist.

50 Da dem Erfinder keine Veröffentlichung zugänglich ist, die die Phänomene beim Entziehen der Wärme aus geformten, heißen, durchlaufenden Produktionsgut aus Stahl und Metall, in einem Druckraum durch Druckwasser, im einzelnen beschreibt, erklärt er den Vorteil an Hand von Meßschrieben, die die Abläufe beim Entziehen der Wärme aus einem walzwarmen Walzgut in Druckwasser innerhalb eines Druckkühlaggregats mit nur einem einzelnen Druckraum und Stauränder an den Druckraumenden, zeigen.

60 Die Meßschriebe in Fig. 5 - 6 und Fig. 7 - 8 zeigen, daß die Abkühltemperatur in dem Maße stabil wird, wie die Menge des durchströmenden Druckwassers im Verhältnis zur Druckraum-Länge zunimmt. Anders ausgedrückt, die Abkühltemperatur wird in dem Maße stabil, wie im Verhältnis zur Menge des durchströmenden Druckwassers, der Abstand zwischen den Staurändern abnimmt, der Druckraum kürzer wird. Die Meßschriebe in der Folge Fig. 7 - Fig. 6, mit den Druckraum-Längen (3 - 1), bei den Druckwasser-Mengen (10 - 11) (dürfen für diese Betrachtung als gleich gelten), bestätigen diese Schlußfolgerung. Die Zahlen zur Druckraum-Länge und

Druckwasser-Menge sind Verhältniszahlen.

Würde der Druckraum nach Meßschrieb Fig. 6 als Konvektions-Druckraum zwischen zwei Verdampfungs-Druckräume angeordnet sein und der darin wirksame Wärmeübergangswert in den beiden anschließenden Verdampfungs-Druckräumen nur gleich hoch sein, würde das abgekühlte Produktionsgut größenordnungsmäßig eine Abkühltemperatur um 350 °C bekommen, würde das erfindungsgemäß einströmende Kondensations-Druckwasser die Abkühlintensität in den Verdampfungs-Druckräumen nicht auf z. B. 550 °C begrenzen. In der Praxis würde man die einströmende Druckwassermenge verkleinern, um nicht die Wirkung des Wärmeentzugs durch die Verdampfungswärme durch eine höhere Kondensations-Druckwassermenge begrenzen zu müssen.

Für die Darstellung der Wärmeübergangszahl  $\alpha$  wird das allgemein bekannte Diagramm, Fig. 9, der Abhängigkeiten beim Behältersieden, als Darstellungshilfe, herangezogen.

Die Meßschriebe in Fig. 6 zeigen einen Wärmeentzug bei einem  $\alpha$ -Wert von 24.000 kcal/m<sup>2</sup>.h.°C (Punkt (X)). Bei zunehmender Verdampfung des Heißwasser-Dampf-Gemisches strebt der  $\alpha$ -Wert selbstfahrend seinem Maximum (Punkt (Y)) zu, um anschließend stark abzufallen auf den Wert des Punktes (Z). Durch die Zugabe kalten Kondensations-Druckwasser im Verdampfungskühlteil des Druckkühlaggregats wird die Dichte des Heißwasser-Dampf-Gemisches erhöht, wodurch der  $\alpha$ -Wert an seinem selbstfahrenden Ansteigen geführt angehalten, stabilisiert oder gesenkt wird. Durch ebenso dosiertes Verringern der Kondensations-Druckwassermenge wird der  $\alpha$ -Wert wieder erhöht.

Mit dem erfindungsgemäßen Druckkühlaggregat wird der Wärmeentzug bis zum  $\alpha$ -Wert (X) primär mit dem Führungs-Druckwasser geführt und mit dem Kondensations-Druckwasser an diesem Wert stabilisiert und bei Veränderung der Eingangswerte an diesen Wert führend gehalten, so daß es möglich ist jeden, physikalisch in Druckwasser möglichen, produkt-, abmessungs- und qualitätsbezogenen Abkühlvorgang, bei schweren, mittleren und leichten Produktionsgut, mit vergleichsweise geringer Abkühltemperatur-Bandbreite und geringer Druckwassermenge geführt ablaufen lassen zu können.

In Fig. 10 und Fig. 11 sind zwei Formen des erfindungsgemäßen Verfahrens der geführten Abkühlung in einem Druckkühlaggregat mit drei Druckräumen, einem Konvektions-Druckraum in der Mitte und je ein vorne und hinten anschließenden Verdampfungs-Druckraum, dargestellt.

Das Druckkühlaggregat in Fig. 10a ist so geschaltet, daß das Druckwasser nur in den mittleren Konvektions-Druckraum, durch die Kühl-Druckwasser-Einströmung (5.0) und die Führungs-Druckwasser-Einströmung (6) einströmt, die beiden Verdampfungs-Druckräume (9.1) und (9.2) durchströmt und als Druckwasser-Dampf-Gemisch das Druckkühlaggregat durch die Stauränder (3.1) und (4.1) verläßt. Diese Schaltung ist analog der in Fig. 3 in der Anmeldung Akz. 1929/87 dargestellten. Fig. 10b zeigt den dabei ablaufenden Wärmeentzug, visuell verdeutlicht durch eine vereinfachte, schematische Darstellung des dabei zu führenden Verhältnisses des Druckwasser-Anteils zum Dampf-Anteil in dem sich beim Wärmeentzug bildenden Druckwasser-Dampf-Gemisch, wobei die linke Seite es bei einer Beaufschlagung mit einer Druckwasser-Menge von (1-), die rechte Seite mit einer von (1+), darstellt. Diese Darstellung ist analog der in Fig. 10 in der Anmeldung Kkz. 1929/87.

Es bedeuten: (SV) - selbstfahrende Verdampfung; soll ausdrücken die Verdampfung die, bei gegebenem physikalischem Milieu, sich selbstständig einstellt.

(VF) - Verdampfungs-Führungspunkt; soll ausdrücken die Stelle in einem Druckraum des Druckkühlaggregats an der das Verhältnis des Druckwasser-Anteils zum Dampf-Anteil, im sich bildenden Druckwasser-Dampf-Gemisch, der Größe des Wärmeentzugs zum Erreichen der Soll-Abkühltemperatur des Produktionsguts, entspricht.

(GV) - geführte Verdampfung; soll ausdrücken die Verdampfung die bei richtiger Führung des Verdampfungs-Führungspunktes im Druckkühlaggregat anliegt.

Das Wesentliche beider Form des Verfahrens der geführten Abkühlung nach Fig. 10 ist, daß, wie in Fig. 10b dargestellt, bei einer gegebenen Länge der Druckräume die selbstfahrende Verdampfung (SV), durch das geführt in den Konvektions-Druckraum (8.1) einströmende Kühl- und Führungs-Druckwasser, über die Einströmungen (5.0) und (6.0), zur geführten Verdampfung (GV), mit dem unverrückbaren Verdampfungs-Führungspunkt (VF) in den Staurändern (3.1) und (4.1) wird. Liegt der Größenwert der (SV) nicht auf dem der Soll-Abkühltemperatur entsprechenden, liegt der wirkliche, momentan anliegende (VF) nicht an den Staurändern (3.1) und (4.1), es muß die Menge des in den Konvektions-Druckraum einströmenden Führungs-Druckwassers entsprechend verändert werden. Da die Zeit bis zur Wirksamkeit auf die Abkühltemperatur dabei, wegen der zwischen der Einströmung (5.0) des Führungs-Druckwassers in den Konvektions-Druckraum (8.1) und der Stauränder (3.1) und (4.1) am Ende der Verdampfungs-Druckräume (9.1) und (9.2), gemessen an der Zeit des Durchlaufs eines abzukühlenden Produktionsguts-Oberflächenteilchens durch das Druckkühlaggregat (0,0005 s/mm bei 2 m/s Durchlaufgeschwindigkeit, 0,000008 s/mm bei 120 m/s), doch länger ist, werden die Teillängen des nicht in schmaler Bandbreite auf der Soll-Abkühltemperatur liegen Produktionsguts ebenfalls länger, wenn auch immer noch kürzer als vergleichsweise bei der Abkühlung mit Spritz- und Laminar-Wasserkühlung. Diese Form des erfindungsgemäßen Verfahrens des geführten Wärmeentzugs kann man unterscheidend als Wärmeentzug mit festgelegten Verdampfungs-Führungspunkt (VF) in den Ausström-Staurändern (3.1) und (4.1) des Druckkühlaggregats bezeichnen.

In Fig. 11 ist die Form des erfindungsgemäßen Verfahrens des geführten Wärmeentzugs dargestellt die man unterscheidend als Wärmeentzug mit variabel geführten Verdampfungs-Führungspunkt (VF) in den Druckräumen

(8.1), (9.1) und (9.2) des Druckkühlaggregat bezeichnen kann.

Das Druckkühlaggregat in Fig. 11a ist so geschaltet, daß Druckwasser durch die Einströmungen (5.0) als Kühl-Druckwasser in den Konvektions-Druckraum (8.1), (6.0), (6.1) und (6.2) als Führungs-Druckwasser und (7.0), (7.1) und (7.2) als Kondensations-Druckwasser in alle Druckräume einströmt. Fig. 11b, ein möglicher Verlauf des Wärmeentzugs bei leichteren Produktionsgut, zeigt, daß durch das geführte Einströmen von Druckwasser, durch die Einströmungen (6.0), (6.1) und (6.2) sowie durch (7.0), (7.1) und (7.2), die Lage des Verdampfungs-Führungspunktes (VF), in jedem Druckraum für sich, variabel geführt werden kann und nicht mehr an die Lage der Stauränder (3.1) und (4.1) gebunden ist, womit die Zeit zwischen Impuls für eine Veränderung des Wärmeentzugs und der sich zeigenden Wirkung auf ein Minimum verkürzt wird.

Die, einem bestimmten Wärmeentzug für eine bestimmte Abkühltemperatur, entsprechende, zu fahrende Menge Druckwasser wird im Anfahr-Moment vorzugsweise das Größenordnungsverhältnis haben von etwa

Kühl-Druckwasser . . . . .	durch Einströmung . . . . .	(5.0) rd.	60 %
Führungs-Druckwasser . . .	durch Einströmung . . . . .	(6.0) "	20 %
" " . . . "	" " . . . . .	(6.1)(6.2) je	5 %
Kondensations-Druckwasser "	" " (7.0)(7.0), (7.1)(7.2) je		5 %

Die günstigsten Teil-Druckwassermengen, die die qualitätsabhängig und abmessungsbedingt nützlichste Verdampfungs-Führungspunkt-Lage pro Druckraum im Druckkühlaggregat ergeben, werden während des Produktionslaufs zunehmend exakter ermittelt und im rechnergeführten Abkühlprogramm gespeichert. Fig. 11c, ein möglicher Verlauf des Wärmeentzugs bei schwereren Produktionsgut, zeigt besonders deutlich, wie das geführte Einstömen unterschiedlicher Mengen von Führungs-Druckwasser durch die Einstömungen (6.1) und (6.2) sowie von Kondensations-Druckwasser durch die Einstömungen (7.0), (7.1) und (7.2) das Verhältnis der Anteile im Druckwasser-Dampf-Gemisch verändert und damit der Wärmeentzug so zielführend erfolgen kann, daß die Soll-Abkühltemperatur, mit vergleichsweise geringer Menge Druckwasser, mit schmäler Bandbreite gefahren werden kann. Warmbreitband bestimmter Stärke kann in einem Druckkühlaggregat gegenüber in einer Spritz- und Laminarwasserkühlung, mit der halben Menge Druckwasser die Abkühlleistung verdoppeln, anders gesagt, mit einer um rd. 75 % niedrigeren Menge Druckwasser die gleiche Abkühlung erreichen.

Drei Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung anlagen- und verfahrensschematisch dargestellt und werden im folgenden beschrieben. Es zeigen

Fig. 1 ein Druckkühlaggregat mit einem einzigen Druckraum, Fig. 2 den Ablauf des Wärmeentzugs mit geführter Verdampfung, in vereinfachter, schematischen Darstellung, Fig. 3 ein Druckkühlaggregat mit drei Druckräume und Fig. 4 ein Druckkühlaggregat mit fünf Druckräume.

Fig. 1 und 2: In das Druckkühlaggregat (1) mit einem einzigen Druckraum (2), den Staurändern (3) und (4), auch Einlauf- und Auslaufstaurand genannt, strömt durch die Einstromungen (5) und (6) das Kühl- und Führungs-Druckwasser über die Ventile mit Stellglied (13) und (14), aus den Druckwasserzuleitungen (10) und (11) in den Druckraum (2) ein. Im Konvektionskühlteil (8) wird das Kühl- und Führungs-Druckwasser vorzugsweise auf seine Siedetemperatur erwärmt, das als Heißwasser-Dampf-Gemisch in den Verdampfungskühlteil (9) strömt, in dem mit dem durch die Einstromung (7), in den Druckraum (2), über das Ventil mit Stellglied (15), aus der Druckwasserzuleitung (12), einströmende Kondensations-Druckwasser die zunehmende, selbstfahrende Verdampfung (SV), durch das dosiert einströmende Kondensations-Druckwasser, in eine geführte Verdampfung (GV), an dem produkt-, abmessungs- und qualitätsbezogenen fährbaren Verdampfungs-Führungs-Punkt (VF), umgewandelt wird. Um zu vermeiden, daß Produktionsgut - leichtes ausgenommen - beim Einlaufen in das wassergefüllte Druckkühlaggregat dieses durch Wasserschlag beschädigt und daß das leichte Produktionsgut dabei ausbricht, ist vorzugsweise in jedem Druckraum eine vorzugsweise mit einer Wasserabsaugeinrichtung gekoppelte Wasserschlagsicherung (19) angeordnet, die in den Durchlaufpausen und bis zu dem Zeitpunkt zu dem der Anfang des durchlaufenden Produktionsguts den Auslaufstaurand des betreffenden Druckraums erreicht hat, Wasser absaugt. Beim Wärmeentzug bei mittleren und schwerem Produktionsgut entsteht eine größere Menge Heißwasser-Dampf-Gemisch, es ist daher nützlich, vorzugsweise in allen Druckräumen eine Heißwasser-Dampf-Gemisch Entnahmeeinrichtung (20) anzuordnen. Soll bei zwei oder mehr hintereinander angeordneten Druckkühlaggregaten der Luftzutritt zu der abzukühlenden Produktoberfläche zwischen diesen unterbunden werden, so wird dieser Zwischenraum mit einer verschiebbaren Wasserstaumuffe (21) überdeckt.

Fig. 3: In das Druckkühlaggregat (1) strömt in den Konvektions-Druckraum (8.1), mit den Staurändern (3) und (4), durch die Einströmung (16), das Kühl- und Führungs-Druckwasser gemeinsam über das Ventil mit Stellglied (18), aus der Druckwasserzuleitung (17) ein, wird dort vorzugsweise auf seinen Siedepunkt erwärmt und strömt als Heißwasser-Dampf-Gemisch über die Stauränder (3) und (4) in die Verdampfungs-Druckräume (9.1) und (9.2) und strömt von dort, dem Produktionsgut durch die Verdampfungswärme Wärme entziehend, durch die Stauränder (3.1) und (4.1) aus dem Druckkühlaggregat. Das Verfahren des Abkühlens mittleren Produktionsguts, ab dem zweiten Abkühlvorgang: Im Moment des Auslaufes des vorher durchgelaufenen Produktionsguts wird der Zustrom des Kühl- und Führungs-Druckwassers durch die Einströmungen (5) und (6) bzw. (16) sowie durch (6.1) und (6.2) auf einen Mindestwert zurückgefahren und die

Wasserabsaugeeinrichtung der kombinierten Wasserschlagsicherung mit Wasserabsaugeeinrichtung (19), (19.1) und (19.2) impulsgesteuert eingeschaltet, so daß das Wasser in den Druckräumen drucklos und abgesaugt wird. Das Produktionsgut läuft in das Druckkühlaggregat ein, übersteigt der momentan dabei entstehende Wasserdruck in einem Druckraum ein bestimmtes Maß, sprechen die Wasserschlagsicherungen (19.1), (19) und (19.2) an, sobald der Anfang des Produktionsguts den jeweiligen Auslaufstaurand (3), (4) und (4.1) der Druckräume (9.1), (8.1) und (9.2) erreicht hat, schaltet die jeweilige Wasserschlagsicherung und Wasserabsaugeeinrichtung (19.1), (19) und (19.2) ab, gleichzeitig werden die Einströmungen (7.1), (6.1), (5), (4) bzw. (16), (6.2) und (7.2) mit der zuständigen Soll-Druckwassermenge, produkt-, abmessungs- und qualitätsbezogen, beaufschlagt. Die im Rezept angegebene Soll-Druckwassermenge steht im Sekundenbruchteil an der geformten, heißen, durchlaufenden Produktionsgut-Oberfläche an und entzieht ihr Wärme. Liegt die nach dem Druckkühlaggregat gemessene Abkühltemperatur dabei zu hoch, werden der Reihe nach vorzugsweise die Einströmungen (5) bzw. (16), (6.1) und (6.2) höher gefahren bis die Soll-Abkühltemperatur erreicht ist.

In diesem Augenblick begrenzt das durch die Einströmungen (7.1) und (7.2) einströmende Kondensations-Druckwasser bereits schon führend den Grad der Verdampfung des Heißwasser-Dampf-Gemisches an dem Verdampfungs-Führungspunkt (VF), die sonst bis zu den Ausströmstaurändern (3.1) und (4.1) selbstfahrend bis zum willkürlichen Punkt (SV) ansteigen würde, so daß die gewünschte Soll-Abkühltemperatur am Schreiber anliegt. Weichen während des Durchlaufs des Produktionsguts physikalische Eingangsdaten von diesen augenblicklich anliegenden Daten ab, durch Schwanken der Einlauftemperatur, durch Verändern der Durchlaufgeschwindigkeit, durch Wechsel der Zunderbeschaffenheit u. a. m., wird durch dosierte Veränderung der Zuströmmenge des Kondensations-Druckwassers, der Verdampfungs-Führungspunkt (VF) vor oder zurück geschoben und so der Grad der Verdampfung geführt.

Erreicht die beim Wärmeentzug entstehende Heißwasser-Dampf-Gemisch-Menge eine festgelegte Menge, so wird vorzugsweise eine festgelegte Teilmenge über die Heißwasser-Dampf-Gemisch-Entnahmeeinrichtung (20.1) und (20.2), für eine Verwendung außerhalb dieses Abkühlverfahrens, dem Druckkühlaggregat (1) entnommen. Um den Verschleiß der Stauränder gering zu halten, ist es nützlich den Vordruck des Druckwassers bei der Abkühlung schwerer werdenden Produktionsguts anzuheben und die Verengungen in den Staurändern so zu verlängern, daß die Stauränder (3.1), (3), (4) und (4.1) auch als wassergeschmierte Gleitlager wirken.

Fig. 4: Das in Fig. 4 funktionell dargestellte Druckkühlaggregat (1), mit dem Konvektions-Druckraum (8.1) und vier Verdampfungs-Druckräume (9.1 - 9.4), ist sowohl für eine Abkühlung mit maximal in einem solchen Druckkühlaggregat erreichbaren Wärmeentzug als auch für eine Abkühlung mit minimal haltbaren Wärmeentzug geeignet. Die Verfahrensweise unterscheidet sich nur darin, daß bei dem einen Ablauf des Wärmeentzugs der Wärmeübergangswert  $\alpha$  an dem qualitätsbezogen maximalen Wert und bei dem anderen Ablauf an seinem druckkühlaggregatsbezogen minimalen Wert gefahren wird.

Die Länge des Druckkühlaggregat liegt größenordnungsmäßig bei 1 m bis 20 m und darüber, wird das Druckkühlaggregat nach der Formgebung eingesetzt, wird es innerhalb des Verformungsablaufes eingesetzt, müssen sich die Längen den Verformungsgegebenheiten anpassen und dabei auf einen Bruchteil eines Meters verkürzt angeordnet sein. Bestehende kurze Druckkühlaggregate können mit Hilfe der Wasserstaumuffe funktionell auch zu längeren gekoppelt werden.

## PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren und Druckkühlaggregat zum geführten Abkühlen geformten, schweren bis leichten, heißen, durchlaufenden Produktionsguts aus Stahl und Metall in Druckwasser, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Druckkühlaggregat (1) anlagemäßig aus einem einzigen (2) Druckraum, aus zwei, drei oder mehr Druckräume (8.1) und (9.1 bis 9.n) produktabhängigen Volumens, jeder begrenzt durch zwei Stauränder (3 bis 3.n) und (4 bis 4.n) (Verengungen), besteht in dem/denen vorzugsweise mindestens eine Kühl- (5) und Führungs-Druckwassereinströmung (6) und eine Kondensations-Druckwassereinströmung (7), diese vorzugsweise über einen Teil des jeweiligen Druckwassers reichend, angeordnet ist und das verfahrensmäßig vorzugsweise mit einer einen Teil höheren Druckwassermenge beaufschlagt wird die notwendig ist, dem Produktionsgut dadurch Wärme zu entziehen, daß das in das Druckkühlaggregat (1), in den Konvektionskühlteil (8) produktabhängiger Länge, einströmende (5) Kühl-Druckwasser, zusammen mit dem daneben einströmenden (6) Führungs-Druckwasser, dort vorzugsweise bis an den Siedepunkt erwärmt wird und daß das daraus erzeugte Heißwasser-Dampf-Gemisch in dem daran direkt anschließenden Verdampfungskühlteil (9) produktabhängiger Länge, durch Entzug der Verdampfungswärme aus dem Heißwasser-Dampf-Gemisch, dem Produktionsgut weiter Wärme entzogen wird,

wobei der Grad des Verdampfens durch das im Bereich des Verdampfens einströmende (7) Kondensations-Druckwasser geführt wird.

- 5     2. Verfahren und Druckkühlaggregat nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Kühl- (10), Führungs- (11) und Kondensations-Druckwasser-Zuleitung (12) zum Druckkühlaggregat (1) so bemessen sind, daß die Druckverluste in ihnen gering sind.
- 10    3. Verfahren und Druckkühlaggregat nach Anspruch 1 und 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß in den den Kühl-, Führungs- und Kondensations-Druckwasser-Zuleitungen (13), (14) und (15) durchflußregelbare Ventile mit Stellglied (13), (14) und (15) angeordnet sind.
- 15    4. Verfahren und Druckkühlaggregat nach Anspruch 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Trennung von Kühl- und Führungs-Druckwassereinströmung entfallen kann (16) und für diese zusammen, nur eine Zuleitung (17) mit einem durchflußregelbaren Ventil mit Stellglied (18) angeordnet ist.
- 20    5. Verfahren und Druckkühlaggregat nach Anspruch 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Einstromungen für das Kühl-, Führungs- und Kondensations-Druckwasser (5), (6) und (7) mit nahezu keinem Staudruckwiderstand ausgebildet sind.
- 25    6. Verfahren und Druckkühlaggregat nach Anspruch 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Stauränder des einzigen Druckraums sowie aller Druckräume (3 bis 3.n) und (4 bis 4.n) während des Produktdurchlaufs soviel Durchflußquerschnitt aufweisen, daß die für den Wärmeentzug notwendige, produkt-, qualitäts- und abkühlbedingte Kühl-, Führung- und Kondensations-Druckwassermenge gleichmäßig und ungestört zuströmen kann.
- 30    7. Verfahren und Druckkühlaggregat nach Anspruch 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß vorzugsweise in jedem Druckraum, in Produktdurchlaufrichtung gesehen vorzugsweise vor dem Auslaufstaurand, eine vorzugsweise gekoppelte Wasserschlagsicherung und Wasserabsaugeeinrichtung (19) angeordnet ist, die beim Einlaufen mittleren und schweren Produktionsguts das Druckkühlaggregat vor Zerstörung schützt und durch Absaugen des Wassers in den Produktdurchlaufpausen damit das Ausbrechen leichten Produktionsguts verhindert.
- 35    8. Verfahren und Druckkühlaggregat nach Anspruch 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß vorzugsweise in den Druckräumen eine durchflußregelbare Heißwasser-Dampf-Gemisch-Entnahmeeinrichtung (20) angeordnet ist, die die Verwendung des Heißwasser-Dampf-Gemisches außerhalb des Abkühlverfahren ermöglicht.
- 40    9. Verfahren und Druckkühlaggregat nach Anspruch 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß zum Vermeiden des Luftzutritts zur abzukühlenden Produktionsgut-Oberfläche während des Abkühlvorgangs zwischen zwei oder mehr Druckkühlaggregaten, der Zwischenraum zwischen den Druckkühlaggregaten mit verschiebbarer Wasserstauumfö (21) überbrückt ist.
- 45    10. Verfahren und Druckkühlaggregat nach Anspruch 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Querschnitt des Druckkühlaggregats (1) in allen seinen Druckräumen und Staurändern der Querschnittsform des abzukühlenden Produktionsguts angepaßt ist.
- 50    11. Verfahren und Druckkühlaggregat nach Anspruch 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Druckkühlaggregat, für die Abkühlung schweren Produktionsguts, vorzugsweise in ein Unter- und ein Oberteil geteilt ist, für die Abkühlung leichten Produktionsguts vorzugsweise ungeteilt ausgeführt ist.
- 55    12. Verfahren und Druckkühlaggregat nach Anspruch 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, daß in ein Druckkühlaggregat (1) mit einem einzigen Druckraum (2), das Kühl- und Führungs-Druckwasser (5) und (6) vorzugsweise mittig in den Druckraum und das Kondensations-Druckwasser (7) vor die Stauränder an den Druckraumenden (3) und (4) geführt wird.
- 60    13. Verfahren und Druckkühlaggregat nach Anspruch 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, daß in ein Druckkühlaggregat (1) mit einem einzigen Druckraum (2) das Kühl- und Führungs-Druckwasser (5) und (6) im Bereich des Staurands an einem Druckraumende und das Kondensations-Druckwasser (7) am anderen in den Druckraum geführt wird.
- 60    14. Verfahren und Druckkühlaggregat nach Anspruch 12 und 13, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Lage der Einstromungen des Kühl- (5) und Führungs-Druckwasser (6) sowie des Kondensations-Druckwassers (7) auch im Konvektions-Druckraum (8.1) eines Druckkühlaggregats (1) mit den Verdampfungs-Druckräumen (8.1 bis 8.n) und (9.1 bis 9.n), so liegen.



15. Verfahren und Druckkühlaggregat nach Anspruch 1 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Kühl- (5) und Führungs-Druckwasser (6) in den Konvektions-Druckraum (8.1) und das Kondensations-Druckwasser (7) in einen oder mehrere Verdampfungs-Druckräume geführt wird.

5 16. Verfahren und Druckkühlaggregat nach Anspruch 1 bis 15, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Kühl- (5) und Führungs-Druckwasser (6) in den Konvektions-Druckraum (8.1), weiteres Führungs-Druckwasser (6.1 bis 6.n) in einen oder mehrere Verdampfungs-Druckräume (9.1 bis 9.n), vorzugsweise nach dem Einströmstaurand, und das Kondensations-Druckwasser in einen oder mehrere Verdampfungs-Druckräume geführt wird.

10 17. Verfahren und Druckkühlaggregat nach Anspruch 1 bis 16, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Kondensations-Druckwasser, in einer produkt-, qualitäts- und abkühlbedingten Anzahl von Druckräumen, nicht in bestimmte Druckräume einströmt.

15 18. Verfahren und Druckkühlaggregat nach Anspruch 1 bis 17, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Vordruck des Druckwasser, bei schwerem, abzukühlenden Produktionsgut gegenüber bei leichtem, dem Gewicht/m und dem Produktionsguts-Querschnitt entsprechend so angehoben wird und die Verengung in den Staurändern so verlängert wird, daß die Stauränder auch als wassergeschmiertes Gleitlager wirken.

20 19. Verfahren und Druckkühlaggregat nach Anspruch 1 bis 18, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Ablauf des Wärmeentzugs sowohl mit einem qualitätsbezogenen maximalen Wärmeübergangswert  $\alpha$  als auch mit einem druckkühlaggregatsbezogen minimalen, innerhalb einer vergleichsweise großen Länge des Druckkühlaggregats mit einer vergleichsweise engen Bandbreite in der Abkühltemperatur, gefahren werden kann.

25

Hiezu 4 Blatt Zeichnungen

30

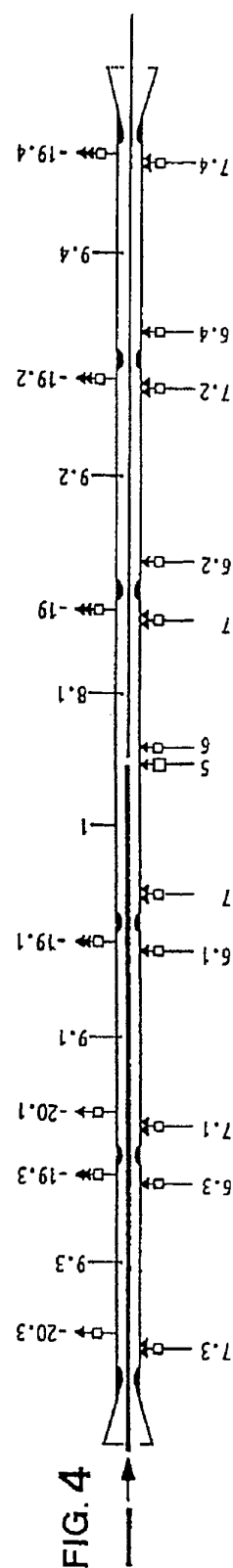
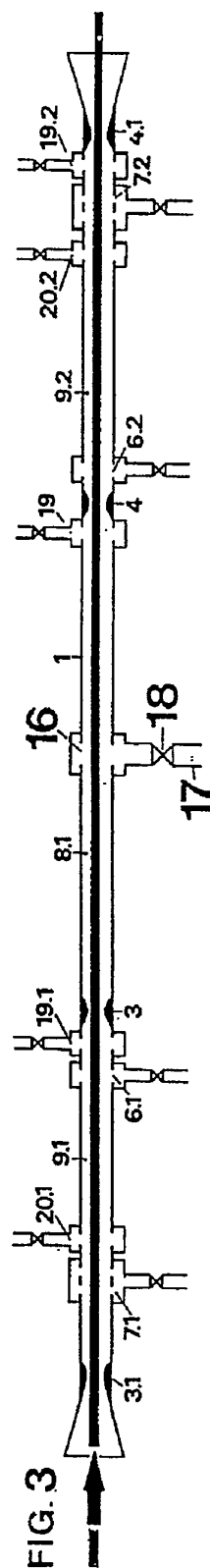
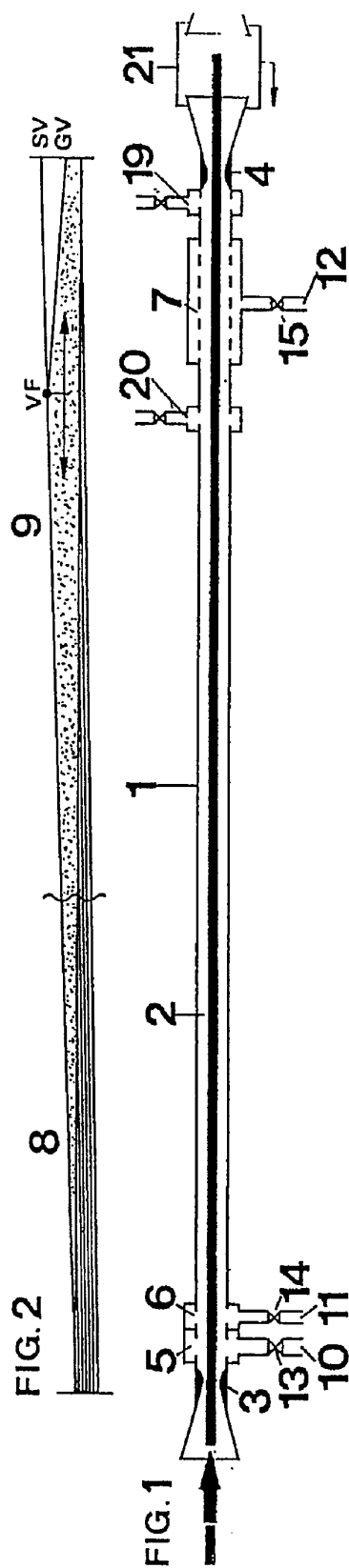


FIG. 5 - 8

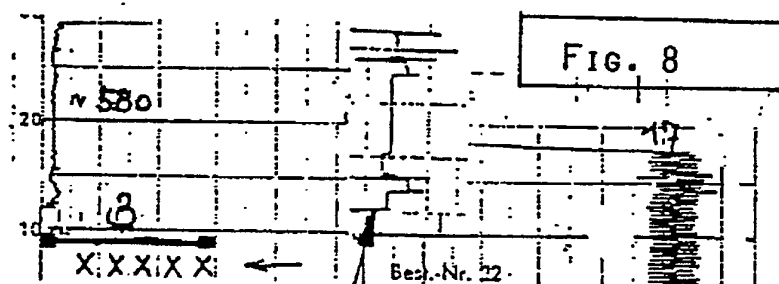
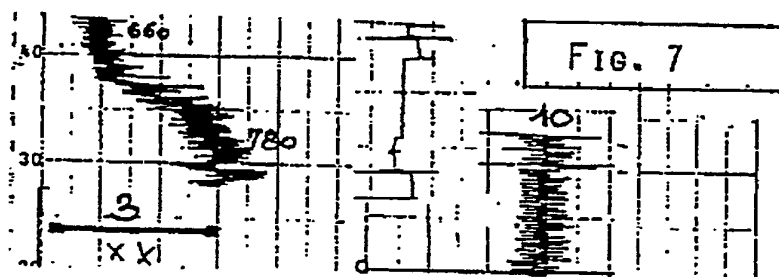
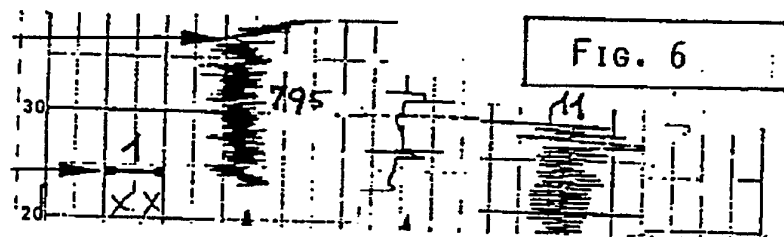
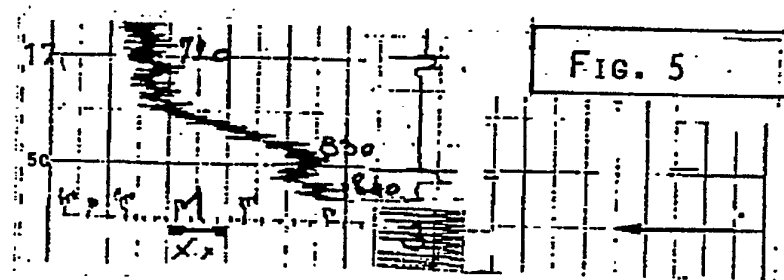


FIG. 9

