

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 1 218 562 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
21.01.2004 Patentblatt 2004/04

(51) Int Cl.7: **C22F 1/05**, C22F 1/053,
C21D 1/52, B21C 29/00

(21) Anmeldenummer: **00960638.5**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2000/008828

(22) Anmeldetag: **08.09.2000**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2001/020053 (22.03.2001 Gazette 2001/12)

(54) **VERFAHREN ZUR WÄRMEBEHANDLUNG VON METALLISCHEN PRESSBOLZEN**

METHOD FOR HEAT TREATMENT OF METALLIC SLUGS

PROCEDE DE TRAITEMENT THERMIQUE DE BILLETES METALLIQUES

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE**

(72) Erfinder: **KRAMER, Carl**
52076 Aachen (DE)

(30) Priorität: **10.09.1999 DE 19943354**
30.09.1999 DE 19946998

(74) Vertreter: **Marx, Lothar, Dr.**
Patentanwälte Schwabe, Sandmair, Marx
Stuntzstrasse 16
81677 München (DE)

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
03.07.2002 Patentblatt 2002/27

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 302 623 WO-A-83/02661
WO-A-94/19124 DE-A- 19 538 364
US-A- 3 222 227 US-A- 5 027 634
US-A- 5 337 768 US-A- 5 382 306

(60) Teilanmeldung:
03000006.1 / 1 300 484

(73) Patentinhaber: **Kramer, Carl, Prof.Dr.-Ing.**
52076 Aachen (DE)

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).

EP 1 218 562 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft Verfahren zur Wärmebehandlung von metallischen Pressbolzen oder - bei Verwendung einer Warmschere - Stangenabschnitten vor dem Einbringen in die Strangpresse sowie Vorrichtungen zur Durchführung des Verfahrens.

[0002] Im Folgenden werden solche Bolzen bzw. Stangenabschnitte auch als "Blöcke" bezeichnet.

[0003] Gegossene, homogenisierte und anschließend abgekühlte Blöcke werden unmittelbar vor dem Einbringen in die Pressvorrichtung einer Wärmebehandlung unterzogen, bei der die Blöcke wiedererwärmt, anschließend abgekühlt und der Pressvorrichtung zugeführt werden.

[0004] Ein solches Verfahren geht beispielsweise aus der EP-B 1-0 302 623 hervor. Dabei wird der in üblicher Weise gegossene Pressblock, vornehmlich aus einer AlMgSi-Legierung, zunächst, dem Stand der Technik entsprechend, nach dem Gießvorgang homogenisiert und gekühlt. Vor dem Verpressen wird er auf eine Temperatur über der Löslichkeitstemperatur der bei der Abkühlung nach der Homogenisierung ausgeschiedenen Phasen erwärmt und auf dieser Temperatur so lange gehalten, bis die Phasen wieder aufgelöst sind. Nach dieser Wiedererwärmung, bei welcher sich der Block höchstens 20 Minuten auf einer Temperatur von mehr als 350 °C befindet, wird der Block schnell auf die Presstemperatur, die niedriger ist als die Löslichkeitstemperatur und höchstens 510 °C beträgt, abgekühlt. Bei dieser Abkühlung soll die erneute Ausscheidung von Phasen verhindert werden.

[0005] Abgesehen davon, dass es technisch kaum möglich sein dürfte, in einer auf hohen Durchsatz angelegten Produktionsanlage so lange zu warten, bis alle Phasen wieder aufgelöst sind, und dass hierbei die Haltezeit noch auf eine Zeit unter 20 Minuten begrenzt ist, was die Auflösung der ausgeschiedenen Phasen in Frage stellt, ist dieses Verfahren nicht geeignet, in einem Wärmebehandlungsprozess eingesetzt zu werden, der vor dem eigentlichen Strangpressvorgang mit einer hochproduktiven Strangpresse stattfindet.

[0006] Aus der Beschreibung geht nämlich hervor, dass bei dem Verfahren nach der EP-B1-0 302 623 der Kühlvorgang zur Erreichung der niedrigsten Abkühltemperatur bis zu 20 Minuten dauerte. Es handelt sich folglich um einen Vorgang, der im Minutenbereich abläuft und bei welchem sich die Temperatur durch die Wärmeleitung auch über größere Distanzen, also auch merklich in Blocklängsrichtung, ausgleichen kann. Dies ist auch der Grund, warum in der vorgenannten Schrift jeweils nur von einer Temperatur die Rede ist.

[0007] Eine solche nur mittelmäßig schnelle Abkühlung ist jedoch von Nachteil, wenn durch die Abkühlung vor dem Verpressen ein gegen die Pressrichtung abfallendes Temperaturprofil, ein sogenannter Temperatur-Taper, im Block erreicht werden soll, weil bei einer relativ langsamen Abkühlung auch ein erheblicher Tempera-

turausgleich in Längsrichtung erfolgt, wodurch die Erzeugung des gewünschten Temperatur-Tapers mit Hilfe einer kontrollierten Abkühlung erschwert oder unmöglich wird. Ein solcher Temperatur-Taper ist aber bei direkt arbeitenden Strangpressen Voraussetzung für das vorteilhafte isotherme Pressen.

[0008] Der Hauptzweck des in der EP-B1-0 302 623 dargestellten Verfahrens ist eine Verbesserung der Qualität der Strangpresserzeugnisse bei gleichzeitiger Erhöhung der Pressgeschwindigkeit. Um diesen Vorteil zu belegen, werden in der vorgenannten Schrift Beispiele beschrieben. Dabei wird ein Verfahren nach dem Stand der Technik mit dem Verfahren nach der EP-B1-0 302 623 verglichen. Sowohl was die Oberflächenbeschaffenheit angeht als auch bezüglich der Festigkeitswerte, nämlich RPO 2, RM und Dehnung, lässt sich jedoch unter Berücksichtigung der Streuung technischer Messwerte kein merklich positiver Effekt bei Anwendung dieses Verfahrens feststellen. Dies ist nicht verwunderlich, da die Erfahrung gezeigt hat, dass es beim Strangpressen insbesondere von Leichtmetalllegierungen mit hoher Produktivität sehr auf genaueste Temperaturführung ankommt. Bezüglich dieser Temperaturführung enthält aber die vorgenannte Schrift weder Aussagen darüber, welche Temperaturgenauigkeit erforderlich ist, noch darüber, wie diese Genauigkeit erzielt werden soll.

[0009] Weitere Druckschriften befassen sich mit der Erwärmung solcher Blöcke einerseits und ihrer Abkühlung andererseits.

[0010] So wird eine Vorrichtung zur Erwärmung von Pressbolzen und Stangen in der WO 83/02661 beschrieben. Dabei wird die Gutoberfläche mit Brennern bzw. Heißgasstrahlen, die durch Verbrennung erzeugt werden, beaufschlagt. Das Abgas wird mit einem oberhalb des Erwärmungsbereichs geführten Abgaskanal gesammelt und einer Vorwärmzone mit konvektiver Wärmeübertragung zugeführt. Die konvektive Wärmeübertragung erfolgt durch Beblasen des Wärmegutes mit seitlich angeordneten Schlitzdüsen, wobei der Gasstrom zur Speisung dieser Schlitzdüsen mit Ventilatoren im geschlossenen Kreislauf umgewälzt wird. Diese Vorrichtung ist zur Erwärmung mit engen Temperaturtoleranzen bei hoher Durchsatzleistung nur bedingt geeignet, da die Temperaturgenauigkeit, welche mit einer direkten Flammenbeaufschlagung erreicht werden kann, schon bei mäßigen Durchsätzen zu wünschen übrig lässt. Die Möglichkeit der Temperaturregelung wird nämlich dadurch nachteilig beeinflusst, dass der Abgassammelkanal unabhängig von dem Wärmeeintrag und damit der örtlichen Abgaserzeugung in einem bestimmten Bereich der Vorrichtung ständig in gleicher Weise Abgas abzieht. Nachteilig ist ferner, dass die konvektive Erwärmung, welche vom Prinzip her gleichmäßiger ist als die Erwärmung mit direkter Flammenbeaufschlagung, am Anfang der Vorrichtung erfolgt, wo es auf eine hohe Temperaturgenauigkeit wegen der dort noch niedrigen Materialtemperaturen nicht besonders ankommt,

während am Ende des Aufheizvorganges, wo nur geringe Temperaturunterschiede toleriert werden können, ausschließlich mit direkter Flammenbeaufschlagung erwärmt wird, was verfahrensbedingt zu größeren örtlichen Temperaturunterschieden führt. Die Vorrichtung gemäß WO 83/02661 ist also im Sinne der Erwärmungsgenauigkeit ungünstig, nämlich falsch herum, aufgebaut.

[0011] Um die heißen Abgase der Erwärmungszone, die z. B. mit direkter Flammenbeaufschlagung arbeitet, besser auszunutzen, wird in der DE-OS 26 37 646 eine Vorrichtung beschrieben, bei welcher in Guttransportrichtung vor dem Schnellerwärmteil mit Flammenbeaufschlagung das heiße Abgas in Konvektionsheizzonen umgewälzt und mit Düsenstrahlen auf das Gut aufgeblasen wird, bevor es die Vorrichtung durch den Abgaskamin verlässt. Die Düsen sind auf beiden Seiten des Gutes angeordnete Schlitzdüsen mit senkrecht zur Gutachse stehenden Längsachsen der Düsenöffnungen. Auch diese Vorrichtung weist die im Hinblick auf die Gleichmäßigkeit der Erwärmung ungünstige Anordnung der Konvektionsheizzone vor der Heizzone mit direkter Flammenbeaufschlagung auf.

[0012] Weitere Vorrichtungen mit konvektiver Erwärmung ohne jegliche direkte Flammenbeaufschlagung des Gutes sind aus der DE-OS 35 09 483 A1, DE 34 18 603 C1 und DE 195 38 364 C2 bekannt. Bei diesen Vorrichtungen wird der zum Zweck der konvektiven Wärmeübertragung in den Konvektionszonen umgewälzte Gasstrom mit Heizeinrichtungen erwärmt und die Wärme von diesem Gasstrom auf das Gut übertragen.

[0013] Alle diese Vorrichtungen weisen erhebliche Nachteile auf. Bei den Vorrichtungen mit konvektiver Erwärmung ohne direkte Flammenbeaufschlagung lässt sich zwar eine gleichmäßige Erwärmung mit hinreichend gleichförmiger Temperaturverteilung erzielen, durch die Begrenzung der Betriebstemperatur auf die maximal für das mit einem Heißgasventilator ausgestattete Konvektionssystem zuträgliche Temperatur ergibt sich jedoch eine Limitierung der auf die Gutoberfläche maximal übertragbaren Wärmestromdichte und damit eine Begrenzung der Aufheizgeschwindigkeit. Die Folge sind relativ kleine Durchsatzleistungen oder lange Anlagen mit den bekannten Nachteilen durch die relativ lange Gutsäule bei Legierungswechseln während der Produktion, die in der Regel auch eine Änderung der Gut-Endtemperatur erfordern. Dadurch sind solche Vorrichtungen im Produktionsbetrieb unflexibel und für die Durchführung von Verfahren die hohe Genauigkeit erfordern, ungeeignet. Weitere Nachteile sind die durch die größere Länge bedingten höheren Kosten sowie der höhere Platzbedarf.

[0014] Vorrichtungen mit Erwärmung durch direkte Flammenbeaufschlagung gestatten zwar durch die hohe Ofenraumtemperatur - bei Vorrichtungen zur Erwärmung von Leichtmetall-Legierungen um 1000° C - recht hohe Aufheizgeschwindigkeiten, jedoch ist die Temperaturverteilung im Gut sehr ungleichmäßig. Insbesondere

re bei wechselnden Gutoberflächen lässt sich wegen des wechselnden starken Strahlungseinflusses auch mit aufwendiger Steuerung und Regeltechnik keine zufriedenstellende Temperaturgleichmäßigkeit erreichen. Bei plötzlichem Stopp des Produktionsablaufes, z. B. wegen eines Pressen- oder Werkzeugproblems, kommt es sogar häufig zu Anschmelzungen des Wärmgutes. Außerdem ist die Energieausnutzung gering und folglich der auf den Gutdurchsatz bezogene Heizleistungs- und Energiebedarf hoch.

[0015] Auch bei der aus DE-OS 26 37 646 bekannten Vorrichtung mit konvektiver Vorwärmung sind diese Nachteile vorhanden. Die Energieausnutzung ist zwar etwas besser, bedingt durch die Verknüpfung der Vorwärmung mit der Schnellerwärmung, z. B. durch direkte Flammenbeaufschlagung: Es fällt nur Abgas an, wenn die Flammenbeaufschlagung arbeitet, dafür ist die Temperaturregelung noch schwieriger und die Temperaturgenauigkeit im Gut, insbesondere bei Produktionsunterbrechungen, z. B. bei Werkzeugwechsel, unbefriedigend. Daher ist eine derartige Vorrichtung nicht einsetzbar, wenn an die Temperaturgleichmäßigkeit besondere Ansprüche gestellt werden müssen, wie z. B. beim Erwärmen von Aluminiumlegierungen AlMgSi auf Prestemperaturen im Homogenisierungstemperaturbereich und nahe der Schmelztemperatur mit anschließender Schnellkühlung vor dem Strangpressen zwecks Erhöhung der Produktivität und Qualität.

[0016] Für die Durchführung des Abkühlvorganges sind eine Reihe von Kühleinrichtungen bekannt. Die US-A 5,027,634 beschreibt eine Kühleinrichtung, die aus zumindest einem Kühlring besteht, durch welchen der Block während des Kühlvorganges mittels einer Stoßeinrichtung geschoben wird. Durch die Veränderung der Stoßgeschwindigkeit lässt sich die mit der Kühleinrichtung bewirkte Abkühlung über der Blocklänge beeinflussen. Der Kühlring selbst weist zahlreiche Bohrungen mit relativ geringem Durchmesser auf, durch welche das als Kühlfluid benutzte Wasser auf den Block gespritzt wird. Zur Durchfahrt der Stoßeinrichtung ist der Kühlring oben offen. Nachteilig sind bei dieser Vorrichtung außer der komplizierten Steuerung der Blockbewegungen und der aufwendigen Transportmechanik insbesondere die kleinen Kühldüsen, die leicht zum Verstopfen neigen, und die ungleiche Kühlwirkung über dem Umfang, die durch die Öffnung oben im Kühlring zur Durchfahrt der Stoßeinrichtung bedingt ist, weil in diesem Bereich Kühldüsen fehlen.

[0017] Durch die Vorrichtung nach der US-A 5,425,386 wird versucht, den Nachteil der kleinen Bohrungen im Kühlring durch einen Kreisringschlitz als Düsenöffnung zu vermeiden. Die komplizierte Transportmechanik und die aufwendige Steuerung der Blockbewegung sind aber nach wie vor erforderlich. Außerdem wird der Kreisring als Düsenöffnung aus einer Vorkammer mit dem Kühlfluid versorgt, so dass um den Umfang des ganzen Düsen Schlitzes der gleiche Druck zur Verfügung steht. Es gibt daher keine Möglichkeit, die Küh-

lung den Erfordernissen der Orientierung der Blockoberfläche anzupassen. Während eines beträchtlichen Teils des Kühlvorganges befindet sich die Blockoberflächentemperatur weit oberhalb der Leidenfrost-Temperatur, so dass der Kühlvorgang durch den Dampffilm unmittelbar an der Oberfläche des Blocks bestimmt wird. Bei horizontaler Lage des Blocks ist dieser Dampffilm auf der Unterseite, auf der Oberseite und an den beiden Seiten des Blocks, wo die Tangente an die Oberfläche vertikal verläuft, unterschiedlich. Folglich sollte auch die Wasserbeaufschlagung zwecks Erzielung einer gleichmäßigen Kühlung diesen unterschiedlichen Situationen angepasst werden können.

[0018] Mit der Vorrichtung nach der US-A 5,325,694 wird versucht, durch Aufbau eines Regelkreises, der die durch die Kühlung bewirkte Temperaturabsenkung des Blocks mit der Blockvorschubgeschwindigkeit verknüpft, die Handhabung der Vorrichtung zu vereinfachen und die Steuerung zu automatisieren. Dabei wird aber die Vorrichtung durch die zusätzlich erforderlichen Sensoren nicht nur aufwendiger, sondern auch störanfälliger.

[0019] Die US-A 5,337,768 beschreibt eine weitere Ausführungsform der Regelung einer solchen Vorrichtung, welche aber die gleichen prinzipiellen Nachteile wie die vorgenannte US-A 5,325,694 aufweist.

[0020] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, Verfahren zur Wärmebehandlung von metallischen Pressbolzen oder Stangenabschnitten vor dem Einbringen in die Strangpresse, sowie Vorrichtungen zur Durchführung des Verfahrens zu schaffen, bei denen die oben erwähnten Nachteile nicht auftreten. Insbesondere sollen Verfahren und Vorrichtungen vorgeschlagen werden, die eine sehr schnelle und gleichzeitig in der Temperaturführung sehr exakte Wärmebehandlung aus Wiedererwärmung und Kühlung ermöglichen.

[0021] Dies wird durch die Merkmale der jeweiligen Hauptansprüche 1, 2, 4 und 6 erreicht, während zweckmäßige Varianten dieser Verfahren und Vorrichtung durch die zugehörigen Unteransprüche definiert werden.

[0022] Beim Strangpressen, insbesondere von Leichtmetalllegierungen, kommt es zur Erzielung einer hohen Produktivität darauf an, dass der gesamte Strang mit möglichst hoher Geschwindigkeit bei Einhaltung einer bestimmten und optimalen Strangaustrittstemperatur verpresst wird. Um dieses Ziel zu erreichen, sind, abhängig von Profilform und Werkzeug - also vom Umformgrad - und von der gewünschten, aus Produktivitätsgründen möglichst hohen Pressgeschwindigkeit - also abhängig von der Umformleistung - unterschiedliche Anfangstemperaturen des Blocks erforderlich. Bei direkt arbeitenden Strangpressen, wie sie üblicherweise für Leichtmetalllegierungen verwendet werden, kommt es zusätzlich noch darauf an, dass der Block zu Beginn des Pressvorganges ein entgegen der Pressrichtung abfallendes Temperaturprofil, einen sogenannten "Temperaturtaper", aufweist. Dieser Temperaturtaper ist, wie

seit längerem als Stand der Technik bekannt, erforderlich, um den vom Blockanfang bis zum Blockende zunehmenden Eintrag an mechanischer Energie auszugleichen, die beim Pressvorgang in Wärme umgewandelt wird, so dass dennoch der Pressvorgang isotherm ablaufen kann. Je genauer dieser Temperaturtaper auf die jeweiligen Pressbedingungen abgestimmt ist, umso höher kann die Pressgeschwindigkeit gewählt werden und umso größer ist die Produktivität.

[0023] Erfindungsgemäß werden Bolzen bzw. Stangen, also Blöcke, zunächst möglichst rasch auf eine möglichst hohe, vom jeweiligen Material abhängige Presstemperatur erwärmt, wobei nach dieser Erwärmung die Temperatur im Block mit sehr geringer Temperaturtoleranz gleichmäßig verteilt ist. Typisch ist z. B. für Leichtmetalllegierungen eine Temperaturtoleranz von weniger als ± 10 K, z. B. ± 5 K für Blockdurchmesser von 250 mm bis 300 mm.

[0024] Nach dieser Erwärmung ist es besonders bei hochproduktivem Stangpressbetrieb vorteilhaft, den Block in einer Schroffkühleinrichtung mit Wasser möglichst rasch zu kühlen, so dass nach dieser Schroffabkühlung und dem Temperatenausgleich infolge der vom Blockmaterial abhängigen Wärmeleitung dieser mit der gewünschten engen Toleranz, die für das jeweilige Presswerkzeug - also die jeweilige Profilform - und die jeweils gewünschte, aus Produktivitätsgründen möglichst hohe Pressgeschwindigkeit optimale Anfangstemperatur an der dem Werkzeug zugewandten Seite des Blocks sowie die jeweils optimale Verteilung dieser Temperatur über der Länge des Blocks aufweist. Typisch ist für die möglichst rasche Abkühlung eine aktive Kühlzeit von ca. 30 s, an welche sich eine Zeit für den Temperatenausgleich durch Wärmeleitung, der vornehmlich über dem Querschnitt des Blocks stattfindet, anschließt, die typisch etwas länger ist als die aktive Kühlzeit. Nach der raschen Abkühlung wird der Block in die Strangpresse verbracht und verpresst. Die hierzu erforderliche Transferzeit wird bei der Bemessung der Zeitspanne für den Temperatenausgleich infolge Wärmeleitung mitberücksichtigt.

[0025] Das erfindungsgemäße Verfahren erlaubt im Gegensatz zum Stand der Technik die Bereitstellung des Blocks mit genau der jeweils erforderlichen Temperatur bzw. Temperaturverteilung und dies mit der notwendigen geringen Temperaturtoleranz.

[0026] Beim Verpressen schwer pressbarer Leichtmetalllegierungen, z. B. Legierungen mit den Nummern 7xxx und 2xxx, wozu üblicherweise indirekt arbeitende Strangpressen verwendet werden, um den Reibungseinfluss der Rezipientenwand auszuschließen, ist es vorteilhaft, dass der Block am Anfang eine definiert höhere Temperatur aufweist als die im übrigen Block möglichst gleichmäßig verteilte Presstemperatur. Auch dies ist mit dem erfindungsgemäßen Verfahren einfach möglich, da neben einer gleichmäßigen Temperaturverteilung auch über die Blocklänge örtlich Temperaturunterschiede, z. B. höhere Temperatur nur am Blockanfang,

erzeugt werden können.

[0027] Ein weiterer Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens ist die Eignung für den Pressbetrieb mit höchster Produktivität. Wenn nämlich Kühlzeit und Temperatenausgleichzeit länger sind als die Pressfolge, die sogenannte Blockfolgezeit, so können zwei Kühleinrichtungen parallel betrieben werden, so dass unabhängig von der Blockfolgezeit jeder Block individuell die notwendige Kühlzeit sowie Ausgleichszeit erfahren kann, auch wenn die beiden Zeitabschnitte in der Addition länger sind als die Blockfolgezeit.

[0028] Auch bei unbeabsichtigten Unterbrechungen des Pressbetriebs, deren Folgen umso gravierender sind, je höher die Produktivität der Strangpresse ist, weist das erfindungsgemäße Verfahren entscheidende Vorteile gegenüber dem Stand der Technik auf. Es wird nämlich erfindungsgemäß die Schnellerwärmung mittels direkter Flammenbeaufschlagung während des ersten Teils des Erwärmungsvorganges mit einer konvektiven Erwärmung im abschließenden Teil kombiniert. Bei dieser konvektiven Erwärmung kann durch geeignete Wahl der Gastemperatur jegliche Materialüberhitzung auch bei einer Pressunterbrechung und folglich Stillstand des Blocktransports ausgeschlossen werden. Sobald die Presse wieder betriebsklar ist, steht sofort ein Block mit genau der richtigen Presstemperatur zur Verfügung.

[0029] Dieser erfindungsgemäße wesentliche Vorteil wird bereits dadurch erreicht, dass nach der Erfindung eine Schnellerwärmungseinrichtung mit direkter Flammenbeaufschlagung entsprechend dem bekannten Stand der Technik mit einer konvektiven Nacherwärmung, in welcher auch der Temperatenausgleich stattfindet, kombiniert wird. Diese Lösung erfordert wegen der geringeren Kosten der üblichen Brenner im Vergleich zu den besonders vorteilhaft einzusetzenden Rekuperatorbrennern einen etwas geringeren Kostenaufwand. Der Hauptvorteil dieser einfachen Lösung ist jedoch, dass sie sich für Nachrüstungen zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens eignet, indem an eine vorhandene Schnellerwärmungsanlage mit direkter Flammenbeaufschlagung einfach mindestens eine Konvektionserwärmungszone angebaut wird.

[0030] Ein wesentlicher Vorteil, welcher die Produktionskosten betrifft, ist der im Vergleich zu Anlagen entsprechend dem Stand der Technik äußerst geringe Gasverbrauch, der durch den vorteilhaften Einsatz von Brennern mit integriertem Abgasrekuperator zur Vorwärmung der Verbrennungsluft erreicht wird. Neben diesem Kostenvorteil ist die Verwendung von Rekuperatorbrennern mit integrierter Verbrennungsluftvorwärmung auch regelungstechnisch von großem Vorteil, da Verbrennungsluftvorwärmung und Brennerbetrieb eindeutig miteinander verknüpft sind. Bei Anlagen gemäß dem Stand der Technik wird demgegenüber das Abgas aller Brenner gesammelt, an einer Stelle - üblich ist der Anfang der Flammenbeaufschlagungszone - abgezogen und einem zentralen Wärmetauscher für die Ver-

brennungsluftvorwärmung zugeführt. Durch die zentrale Abgasabsaugung entsteht im Ofen eine Längsströmung, welche das Temperaturregelverhalten der einzelnen Zonen nachteilig beeinflusst. Wenn bei der Entnahme eines Blocks die Tür auf der Austrittsseite der Erwärmungseinrichtung geöffnet wird, kann bei kontinuierlichem Betrieb der Abgasabsaugung sogar Kaltluft in den Ofen eintreten, was wiederum die Temperaturverteilung in der Materialsäule sowie die Temperaturregelung nachteilig beeinflusst. Beim Verfahren gemäß Erfindung und mit der erfindungsgemäßen Erwärmungsvorrichtung wird durch den Betrieb von Rekuperatorbrennern mit Abgaseduktor erreicht, dass nur dann Abgas in gleicher oder nahezu gleicher Menge wie das erzeugte Verbrennungsgas abgezogen wird, wenn der jeweilige Brenner auch wirklich eingeschaltet ist.

[0031] Zusätzlich zu diesem regelungstechnischen Vorteil ergibt sich auch noch ein Vorteil im Hinblick auf eine Verbesserung des Wärmeübergangs. Die Rekuperatorbrenner werden nämlich mit einer sehr hohen Flammenaustrittsgeschwindigkeit betrieben. Dadurch bildet sich ein Strahl, welcher den Block kräftig umspült und für eine Steigerung des konvektiven Wärmeübergangs auch ohne die Verwendung eines besonderen Strömungsantriebes sorgt. Hinzu kommt, dass durch die Induktionswirkung des impulsreichen Brennerstrahls auch das in der Erwärmungsvorrichtung vorhandene heiße Abgas mit umgewälzt wird, was wiederum den konvektiven Wärmeübergang steigert.

[0032] Ferner besteht noch die Möglichkeit, beim erfindungsgemäßen Verfahren, welches zur Erwärmung Rekuperatorbrenner vorsieht, auch solche Rekuperatorbrenner einzusetzen, welche bei entsprechend hohen Ofeninnenraumtemperaturen im sogenannten Flox-Modus mit flammenloser Oxidation arbeiten. Flammenlose Oxidation bedeutet, dass im Brenner eine Vermischung zwischen Gas, Abgas und Verbrennungsluft derart erfolgt, dass keine Flamme sichtbar ist und die Wärmeenergie freisetzende Oxidation gewissermaßen im Brennerstrahl stattfindet. Dies hat entscheidende Vorteile für die Vergleichmäßigung des Wärmeübergangs an der Blockoberfläche.

[0033] Die vorerwähnten Rekuperatorbrenner, teilweise auch für Flox-Betrieb geeignet, sind in der EP 0 463 218 B1, EP 0 685 683 B1 sowie DE 195 41 922 C2 beschrieben.

[0034] Schließlich führt die erfindungsgemäße Verwendung von Rekuperatorbrennern zu einer Verkürzung der erforderlichen Anlagenlänge im Vergleich mit einer Anlage gleicher Leistung nach dem Stand der Technik. Der Grund hierfür ist, dass die Vorwärmzone, welche bei Anlagen gemäß Stand der Technik erforderlich ist, um wenigstens einen Teil der Abgaswärme zu rekuperieren, entfällt. Diese kürzere Baulänge bei größerer Leistung bedeutet nicht nur eine Platzersparnis, sondern ist auch verfahrenstechnisch von Vorteil, da die in der Anlage enthaltene Blocksäule kürzer ist, was den Betrieb der Anlage mit unterschiedlichen Legierungen

wesentlich vereinfacht.

[0035] Zusammengefasst weist also das erfindungsgemäße Verfahren im Hinblick auf die Erwärmung folgende Vorteile auf:

1. Unterteilung der Erwärmung in Schnellerwärmung mittels direkter Flammenbeaufschlagung nur im vorderen Teil der Erwärmungsvorrichtung, wogegen am Ende der Erwärmungsvorrichtung die Wärmeübertragung konvektiv erfolgt. Dadurch wird die hohe Erwärmungsgeschwindigkeit bei direkter Flammenbeaufschlagung mit der gleichmäßigen Erwärmung ohne Gefahr der örtlichen Überhitzung bei konvektiver Erwärmung kombiniert.

2. Möglichkeit der Nachrüstung einer bestehenden Schnellerwärmungsanlage mit direkter Flammenbeaufschlagung durch Anfügen von mindestens einer Konvektionszone am Ende der vorhandenen Erwärmungsvorrichtung.

3. Einsatz von Rekupratorbrennern mit integrierter Frischluftvorwärmung. Dadurch wird das Regelverhalten der Erwärmungsvorrichtung verbessert und zusätzlich der Brennstoffverbrauch erheblich reduziert. Reduzierung der Anlagenlänge durch Fortfall der Vorwärmzone.

4. Möglichkeit des Einsatzes von Brennern zum Betrieb mit flammenloser Oxidation und dadurch Vergleichmäßigung der Wärmeübertragung bei direkter Brennerstrahlbeaufschlagung.

[0036] Weitere Vorteile weisen das erfindungsgemäße Kühlverfahren sowie die Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens auf. Es wird nämlich nicht, wie beim Stand der Technik, ein Block durch einen Kühlring in Längsrichtung hindurchbewegt, sondern der Block, an seinen Stirnflächen gehalten, insgesamt in eine stationäre Kühleinrichtung eingebracht. Die Kühlung erfolgt mittels ringförmiger Anordnung von Einzeldüsen, die sich während des Kühlvorganges in genau definierter, fester Position, bezogen auf den Block, befinden. Die gewünschte, zur Erzielung der geforderten Temperatur bzw. Temperaturverteilung notwendige Kühlwirkung wird durch den Betrieb dieser in Ringen angeordneten Einzeldüsen mit unterschiedlichen Drücken und/oder unterschiedlichen Einschaltzeit erreicht. Der Aufwand für Steuerung und Handhabung ist wesentlich geringer als für Einrichtungen gemäß dem Stand der Technik; zudem ist die Genauigkeit im Hinblick auf die zu erreichende Temperatur und Temperaturverteilung höher als bei bekannten Einrichtungen und Verfahren.

[0037] Die Erfindung wird im folgenden anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die beiliegende, schematische Zeichnung näher erläutert.

[0038] Es zeigen

Figur 1

den Temperaturverlauf für einen Block über der Zeit von Beginn der Schnellerwärmung über die Schroffabkühlung bis zum Verbringen in die Presse;

Figur 2

die Anordnung der einzelnen Aggregate zur Durchführung der erfindungsgemäßen Wärmebehandlung;

Figur 3

eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Durchführung der Schnellerwärmung mit Schnittdarstellungen der hintereinander angeordneten Vorrichtungsteile, wobei die Erwärmung mit direkter Flammenbeaufschlagung nach dem Stand der Technik erfolgt;

Figur 4

ein Fließbild der in Figur 3 schematisch dargestellten Anlage zur Durchführung der Schnellerwärmung;

Figur 5

eine andere erfindungsgemäße Ausführungsform der Zone der Vorrichtung mit direkter Flammenbeaufschlagung mit Verwendung von Rekuperatorbrennern;

Figur 6

vorteilhafte Düsen-Formen für Hochgeschwindigkeits-Rekuperator brenner;

Figur 7

einen typischen Temperaturverlauf in den einzelnen Teilen der Erwärmungsvorrichtung und im mit der Vorrichtung erwärmten Gut;

Figur 8

die Schroffabkühlvorrichtung in einem schematisch dargestellten, vereinfachten Querschnitt;

Figur 9

eine schematisch vereinfachte Längsansicht der Schroffabkühlvorrichtung, bei welcher das Gehäuse im Schnitt dargestellt ist;

Figur 10

ein Diagramm mit typischen Abkühlkurven für die im Diagramm bezeichneten Messpunkte im abzukühlenden Block.

[0039] Das Verfahren gemäß der vorliegenden Erfindung wird durch Figur 1 erläutert. In Figur 1 ist schematisch der Temperaturverlauf für einen Block über der Zeit vom Beginn der Erwärmung bis zum Verbringen in die Presse dargestellt. Zunächst erfährt der Block eine Schnellerwärmung in maximal 20 Minuten im Bereich der Vorrichtung, welche im Beispiel der Figur 1 mit direkter Flammenbeaufschlagung durch Rekuperator- bzw. Rekuperator-Flox-Brenner arbeitet, so dass keine Vorwärmzone zur Abgaskühlung vorhanden ist. Der Abschluss der Erwärmung erfolgt in mindestens einer Zone mit konvektiver Wärmeübertragung bei vergleichs-

weise geringer Übertemperatur. Hier findet auch der Temperatúrausgleich für maximal 3 Minuten statt. Anschließend erfolgt die Verbringung zur Kühlstation. Nach der aktiven Kühlzeit von maximal 30 Sekunden durchläuft der Block eine Temperatúrausgleichszeit. Im Endteil dieser Ausgleichszeit wird der Block zur Presse verbracht und weist dann bei isothermem Pressen eine Temperaturdifferenz zwischen Blockende und Blockanfang auf.

[0040] Figur 2 zeigt schematisch, wie die einzelnen Aggregate zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens angeordnet sind. Die Presse ist schematisch durch die Bezugszeichen 2 und 3 angedeutet. 2 bezeichnet den Rezipienten, in welchem der Block 1 eingeschoben und während des Extrusionsvorganges mit dem Pressenstempel 3 gepresst wird. Das extrudierte Profil, bzw. bei Werkzeugen mit mehreren Auslässen die Profile (nicht dargestellt), werden auf dem Pressenauslauf 12 geführt. Geladen wird der Block 1 in die Presse 2, 3 mit einem Blocklader 4, der ebenfalls nur schematisch angedeutet ist.

[0041] Die Erwärmung erfolgt in der Durchlaufrichtung 9 zunächst durch direkte Flammenbeaufschlagung in dem vorderen Teil der Erwärmungsvorrichtung 7 und anschließend beispielhaft in zwei hintereinander geschalteten Konvektionszonen 8a und 8b, wobei die in Durchlaufrichtung 9 letzte Konvektionszone 8b mit niedriger Gastemperatur betrieben wird als die vordere Zone 8a. Von der Erwärmungsvorrichtung 7 gelangt der Block in einen Quertransport 5. Die Bewegungsrichtung ist durch den Pfeil 10 angedeutet. Vom Quertransport 5 wird der Block entweder in die Kühlstation 6a oder in die Kühlstation 6b eingebracht und bewegt sich dabei in Richtung der Bewegungspfeile 11 a bzw. 11 b. Wie bereits erwähnt, ist mehr als eine Kühlstation dann sinnvoll, wenn eine Anlage mit hoher Produktivität und kurzer Blockfolgezeit arbeitet.

[0042] Das Gut 1, eine Säule aus bereits auf Länge abgesägten einzelnen Bolzen oder Stangen (in der Figur aus Gründen der Vereinfachung lediglich angedeutet), wird über eine Transporteinrichtung, z. B. wie in Figur 3 gezeigt, über einen Rollengang 20 durch die Vorrichtung geführt. Der Transport erfolgt bei nicht angetriebenen Rollen über Stoßeinrichtungen außerhalb der Vorrichtung. Andere, in den Figuren nicht dargestellte Möglichkeiten, sind der Transport des Gutes 1 durch die Vorrichtung mittels eines Hubbalkens oder einer Transportkette. Es können auch angetriebene Rollen oder andere Transportmöglichkeiten, die aus dem Stand der Technik bekannt sind, verwendet werden.

[0043] Der erste Teil der Vorrichtung besteht im wesentlichen aus dem Bereich der Flammenbeaufschlagung. In der Figur 3 sind beispielhaft zwei Flammenbeaufschlagungszonen 7a, 7b dargestellt. Vor der in Transportrichtung ersten Flammenbeaufschlagungszone 7 befindet sich eine Eingangszone 13 und hinter der zweiten (letzten) Flammenbeaufschlagungszone 7b eine Trennzone 14. An die Trennzone 14 schließt sich die

erste 8a von zwei Konvektionszonen 8a, 8b an; die in Transportrichtung letzte Konvektionszone 8b, die vornehmlich dem Temperatúrausgleich gilt, bildet den Abschluss der Vorrichtung. In den Flammenbeaufschlagungszonen 7a, 7b wird das Gut 1 durch die mit Brennerdüsen 15 erzeugten Flammen erwärmt. Dabei wird die Wärme zu einem wesentlichen Anteil über Strahlung von dem umgebenden Ofenraum auf das Gut 1 übertragen. In der Eingangszone 13 und der Trennzone 14 wird das Abgas der Brenner gesammelt und über Abgasleitungen 16 aus der Vorrichtung abgeleitet.

[0044] Die Konvektionszonen 8a, 8b verfügen über je ein Strömungssystem, das mindestens einen Ventilator 17, mindestens einen Brenner 22 zur Beheizung des Heizgases und zu beiden Seiten des Gutes angeordnete Düsen 18 zur Beblasung, des Gutes zum Zweck des konvektiven Wärmeübergangs enthält. Die Düsen 18 werden über ein Strömungskanalsystem 19 vom Ventilator 17 gespeist, s. Fig. 3.

[0045] Wie aus dem Fließbild nach Figur 4 ersichtlich, wird das Abgas durch einen Wärmetauscher 21 geleitet, mit welchem die Verbrennungsluft für die Gasbrenner vorgewärmt wird. In den Konvektionszonen 8a, 8b werden zweckmäßigerweise zur Beheizung Rekuperatorbrenner 22 eingesetzt, so dass hier das durch Vorwärmung der Verbrennungsluft abgekühlte Abgas an den Abgasstutzen der Brenner austritt.

[0046] Eine besonders vorteilhafte Ausführungsform der Flammenbeaufschlagungszone ist in Figur 5 schematisch dargestellt. Die Erwärmung erfolgt durch eine im Vergleich zur in Figur 3 dargestellten Flammenbeaufschlagungszone geringere Anzahl von Rekuperatorbrennern 22. Es entfällt also bei dieser Ausführungsform der externe Wärmetauscher 21 für die Verbrennungsluftvorwärmung. Außerdem lassen sich die verwendeten Rekuperatorbrenner günstig als Hochgeschwindigkeitsbrenner und/oder Hochgeschwindigkeits-Flox-Brenner, die selbsttätig bei Erreichen der entsprechenden Ofenraumtemperatur vom normalen Verbrennungsmodus in den Flox-Modus wechseln, ausführen.

[0047] Die Hochgeschwindigkeitsbrennerstrahlen können unter Nutzung des Coanda-Effekts bei günstiger Ausbildung der Brennerdüse das zu erwärmende Gut auf einer vergleichsweise großen Fläche beaufschlagen, wie in Figur 5 durch die schematischen Strömungspfeile 23 dargestellt ist. Die Achsen der Brenner und damit der Flammenstrahlen 24 bzw. Brennerstrahlen bei Flox-Betrieb können auch gegen die Senkrechte geneigt sein, um die Strömungsbeaufschlagung der Gutoberfläche zu verbessern. Es ist auch möglich, die Brennerstrahlen 24 zur Verbesserung der Gutbeaufschlagung durch Düsenmundstücke aus hochtemperaturbeständigem Werkstoff, z. B. Siliziumkarbid zu beeinflussen. Figur 6 stellt solche mögliche, vorteilhafte Beispiele für die Düsen von Hochgeschwindigkeitsbrennern dar. Figur 6a zeigt eine Brennerdüse, welche den runden Brennerstrahl zu einem Flachstrahl verformt; Fi-

gur 6b zeigt eine Brennerdüse, bei welcher der Flachstrahl in der Mitte einen Steg aufweist und die beiden Teilstrahlen dementsprechend kräftiger ausgebildet sind als bei Figur 6a. Figur 6c zeigt eine Brennerdüse mit einem Austrittsquerschnitt von der Art eines "Hundeknochens"; Figur 6d zeigt den Querschnitt einer Brennerdüse, mit welcher der Brennerstrahl aus der Vertikalen abgelenkt wird. Figur 6e zeigt eine Brennerdüse, welche den Brennerstrahl in mehrere - in der Figur in drei - Einzelstrahlen auflöst, welche mit unterschiedlicher Richtung auf die Gutoberfläche auftreffen. Auf diese Weise lassen sich Wärmestromdichten von 300 kW/m² und mehr auch über größere Anteile der Blockoberfläche erzielen.

[0048] Der große Vorteil der Schnellerwärmungsvorrichtung geht aus dem schematischen Temperaturverlauf für den Kern und die Oberfläche des Gutes 1 hervor, der in Figur 7 dargestellt ist. In den Flammenbeaufschlagungszonen, im Beispiel der Figur 7 sind zwei Zonen, F1 und F2, angenommen, ist die Ofenraumtemperatur extrem hoch, wie auch bei den üblichen Flammenbeaufschlagungszonen nach dem Stand der Technik. Da diese Zonen nunmehr aber am Anfang der Vorrichtung eingesetzt sind, besteht keine Gefahr der Überhitzung, und die in Figur 7 schematisch dargestellte Spreizung der Guttemperaturkurve für verschiedene Punkte des Gutes spielt keine Rolle, da sich in den nachfolgenden beiden Konvektionszonen K1 und K2 die Temperatur ausgleichen kann. In der zweiten Zone K2 schließlich liegt die Gastemperatur (=Ofenraumtemperatur) im Bereich der gewünschten Gutendtemperatur. Dadurch ist eine Überhitzung des Gutes auch bei ungeplanten Stillständen der Presse und dadurch bedingten Unterbrechungen des Guttransportes in der Vorrichtung ausgeschlossen.

[0049] Ein vorteilhaftes Ausführungsbeispiel einer Kühlvorrichtung zur Durchführung der Abkühlung des Blocks entsprechend des erfindungsgemäßen Wärmebehandlungsverfahrens wird anhand der Figuren 8 bis 10 beschrieben.

[0050] Der Block 1 ist von Gruppen von Einzeldüsen 25 umgeben, die mit einer dem Spritzbild der Düsen angepassten Teilung 26 in Längsrichtung des Blocks 1 um diesen ringförmig angeordnet sind. Die Düsen 25 einer Düsengruppe sind dabei durch ein Versorgungsrohr 27 miteinander verbunden. Ein Versorgungsrohr 27 wird von dem Versorgungsrohr einer Düsengruppe 28 mit dem Kühlfluid versorgt. Als Kühlfluid wird Wasser verwendet, das bei Bedarf noch besonders aufbereitet, z. B. demineralisiert, wird. Zwischen dem zentralen Versorgungsrohr 29, in welches die nicht dargestellte Pumpe fördert, befinden sich ein von der Steuerung betätigtes Absperrorgan 30 und ein Druckreguliertventil 31, das entweder von der Steuerung oder manuell verstellt werden kann. Unterhalb des Blocks 1 befindet sich ein Wasserbecken 32, aus welchem die nicht dargestellte Pumpe über eine Ansaugleitung 33 das Kühlfluid in die zentrale Versorgungsleitung 29 zurückfördert. In diesen

Kreislauf sind, entsprechend dem allgemeinen Stand der Technik, noch eine Filtereinheit sowie ein Rückkühler zur Abfuhr der vom Kühlfluid dem Block entzogenen Wärme eingebaut. Statt der Rückförderpumpe kann auch eine Fall-Leitung verwendet werden, wenn ein Wassertank mit entsprechender Höhendifferenz unterhalb der Kühlvorrichtung aufgestellt werden kann.

[0051] Statt einer Pumpe kann zur Versorgung der Spritzdüsen 25 auch ein Druckspeicher, z. B. ein Wasser-Hochbehälter, verwendet werden.

[0052] Der Block 1 wird von einer Klemmhalterung 34 auf beiden Stirnseiten gehalten, s. Fig. 9. Die Klemmhalterung 34 besteht, ähnlich wie eine Schraubzwinge, aus einem festen Teil 34a und einem beweglichen Teil 34b, wobei der bewegliche Teil z. B. mittels Zylindern 35 zum festen Teil hingezogen wird. Es können sowohl Pneumatikzylinder als auch Hydraulikzylinder eingesetzt werden. Zusätzlich ist die Klemmhalterung 34 so ausgeführt, dass eine Nase 34c ein Herabfallen des Blocks verhindern. Zur Führung des beweglichen Teils 34b der Klemmhalterung 34 dient eine Linearführung 36. Diese Linearführung ist mit Führungsschienen 37 fest verbunden, die in Führungsrollen 38 in Blocklängsrichtung verschieblich sind. Diese Verschiebung bewirkt das Ein- und Ausfahren des von der Be- und Entladeposition 39 mit der Klemmhalterung aufgenommenen Blocks. Die Verschiebung kann wie auch die Klemmung mittels Zylinder 45 pneumatisch oder hydraulisch oder mit einem anderen Linearantrieb, z. B. mittels Kettenantrieb, Spindel oder Zahnstange erfolgen.

[0053] In die Be- und Entladeposition 39 gelangt der Block mit einer Querverfahreinrichtung 40, welche den Block 1 in die geöffnete Klemmhalterung 34 einbringt. Mit der Klemmhalterung 34 ist es möglich, Blöcke unterschiedlicher Länge zu klemmen. Dabei liegt die Werkzeugseite des Blocks immer an der festen Klemmhalterung 34a an, so dass eine klare Zuordnung zwischen Temperaturprofil und Block gegeben ist. In Figur 9 ist die Möglichkeit des Klemmens von Blöcken unterschiedlicher Länge durch die gestrichelt dargestellte Position 34b der beweglichen Klemmhalterung angedeutet.

[0054] Der Spritzbereich der Vorrichtung ist von einem Gehäuse 41 umschlossen, das einfach entfernt werden kann. Das Gehäuse hat auf der Be- und Entladeseite eine Tür, z. B. eine Hubtür 42. Es ist vorteilhaft, in dem Gehäuse, z. B. mit einem entsprechend dimensionierten Ventilator, einen Unterdruck zu erzeugen, indem Abluft aus dem Gehäuse nach außen, z. B. über Dach, geleitet wird. Dadurch wird zuverlässig verhindert, dass Feuchtigkeit und Dampf in den Aufstellungsraum der Kühleinrichtung und damit in den Arbeitsbereich der Presse gelangen. Die gesamte Vorrichtung wird von einem Profilstahlgestell 43 getragen, das auf dem ebenen Hüttenboden aufgesetzt werden kann.

[0055] Abweichend von dieser beschriebenen Blockhalterung ist es auch möglich, bekannte Halterungen für den Block zu verwenden, wie sie von Block-Bürstma-

schinen bekannt sind.

[0056] Die Winkelteilung 44 der Einzeldüsen 25 richtet sich nach deren Spritzbild. Im allgemeinen ist ein Teilungswinkel von 45° ausreichend. Dieser Teilungswinkel gestattet die problemlose Anordnung der Linearführung 36 ohne Beeinträchtigung des Spritzbildes der Düsen auf der Blockoberfläche.

[0057] Mit Hilfe der von der Steuerung betätigten Absperrorgane können die Düsendruppen individuell aktiviert werden. Das zugehörige Regulierventil 31 erlaubt die individuelle Einstellung des für jede Düsendruppe gewünschten Düsendruckes. Die Einstellung der Regulierventile 31 und die Betätigung der Absperrorgane 30 erfolgen zweckmäßigerweise mittels einer Prozesssteuerung. Für einen Abkühlvorgang, bei welchem der Block 1 sowohl insgesamt abgekühlt wird als auch einen "Temperaturtaper" erhalten soll, werden zunächst alle Düsendruppen zugleich eingeschaltet. Nach einem für die Gesamtabkühlung ausreichenden Zeitintervall werden die Düsendruppen, an der Werkzeugseite des Blocks beginnend, nacheinander abgeschaltet, so dass die Gesamtkühldauer vom Blockanfang (Werkzeugseite) zum Blockende (Pressstempel) zunimmt. Je größer die Zeitdifferenz zwischen Abschalten der Düsendruppe am Blockanfang und am Blockende, umso größer ist die Temperaturdifferenz über der Blocklänge und umso ausgeprägter der "Temperaturtaper".

[0058] Die erfindungsgemäß für den Block 1 verwendete und an den Stirnflächen des Blocks angreifende Klemmhalterung 34 garantiert eine gleichmäßige, nicht durch irgendwelche Auflagerungen beeinträchtigte Beaufschlagung der Blockoberfläche mit dem Kühlfluid. Die Klemmhalterung schirmt zudem die Stirnflächen des Blocks ab, so dass der Wärmefluss im Block 1 auch an den Enden nahezu radial erfolgt und die durch die Abkühlung bewirkte Temperaturverteilung nicht störend durch Endeffekte an den Stirnseiten beeinflusst wird. Die gleichmäßige Beaufschlagung mit dem Kühlfluid, hier Wasser, garantiert im interessierenden Bereich der Blockoberflächentemperaturen eine gleichmäßige Abkühlung, da oberhalb der Leidenfrosttemperatur im Bereich der stabilen Filmverdampfung der Wärmeübergang an einer planen Fläche im wesentlichen nur von der Wasserbeaufschlagungsdichte abhängt. Der Einfluss der unterschiedlichen Orientierung der zylindrischen Blockoberfläche auf die Kühlwirkung - horizontal bei Kühlung von oben an der Blockoberseite, vertikal an den beiden Seiten und horizontal bei Kühlung von unten an der Blockunterseite - kann bei der erfindungsgemäßen Verwendung von Einzeldüsen durch entsprechend ausgewählte Spritzdüsen unterschiedlicher Größe, vorzugsweise des gleichen Typs, ausgeglichen werden.

[0059] Figur 10 zeigt typische Abkühlkurven für verschiedene Messstellen in einem Block. Die Lage der Messstellen 1 bis 12 ist in den Skizzen in der Figur verdeutlicht. Die an den Kurven verzeichneten Ziffern beziehen sich auf die Nummern der Temperaturmessstellen. Man erkennt, dass sich nach einer Kühlzeit von ca.

18 s und einer sich an die Kühlzeit anschließenden Ausgleichszeit von ca. 60 s der gewünschte "Temperaturtaper" von ca. 10 K/100 mm Blocklänge einstellt und die Temperatur auch über den Blockquerschnitt bis auf max. ca. 20 K ausgeglichen ist. Dieser Temperaturausgleich setzt sich während der bis zum Pressbeginn verstreichenden und für die Bewegung und Positionierung des Blocks erforderlichen Zeitspanne von ca. 25 s weiter fort, so dass während des Pressvorganges sowohl die gewünschte Abkühlung als auch der gewünschte "Temperaturtaper" mit guter, reproduzierbarer Genauigkeit vorliegen. Da die mit der erfindungsgemäßen Abkühlvorrichtung bewirkte Abkühlung insbesondere der Steigerung der Pressgeschwindigkeit und damit der Produktion dient, lassen sich kurze Blockfolgezeiten von 60 s und weniger erreichen. Für solch kurze Blockfolgezeiten ist es daher sinnvoll, mehr als eine der beschriebenen erfindungsgemäßen Kühleinrichtungen parallel zu betreiben, so dass trotz der kurzen Blockfolgezeit noch eine ausreichende Zeitspanne für den gewünschten Temperaturausgleich über dem Blockquerschnitt zur Verfügung steht.

[0060] Die erfindungsgemäße Abkühlung in fester Position bei unterschiedlicher Kühlzeit über die Blocklänge nutzt dabei die bekannte physikalische Eigenschaft von Temperaturausgleichsvorgängen, die mit zunehmender Distanz zwischen Punkten gleicher Temperaturdifferenz mit dem Quadrat langsamer ablaufen, also in radiale Richtung wesentlich rascher erfolgen als in Achsrichtung.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Wärmebehandlung eines gegossenen, homogenisierten und anschließend abgekühlten metallischen Pressbolzens oder, bei Verwendung einer Warmschere, eines Stangenabschnitts, vorzugsweise aus einer Leichtmetalllegierung, unmittelbar vor dem Einbringen in die Pressvorrichtung,
 - a) bei dem der Pressbolzen/Stangenabschnitt (1) wiedererwärmt wird,
 - b) der wieder erwärmte Pressbolzen/Stangenabschnitt (1) anschließend abgekühlt und
 - c) der Pressvorrichtung zugeführt wird, **dadurch gekennzeichnet, dass**
 - d) der Pressbolzen/Stangenabschnitt (1), bezogen auf 200 mm Durchmesser, in maximal 20 Minuten auf die erforderliche Temperatur wiedererwärmt wird, und dass
 - e) der wieder erwärmte Pressbolzen/Stangenabschnitt (1) für maximal 3 Minuten einem passiven Temperaturausgleich unterworfen wird,
 - f) der zu einer Temperaturgleichmäßigkeit, bezogen auf 200 mm Durchmesser, von weniger als ± 10 K führt.

2. Verfahren zur Wärmebehandlung eines gegossenen, homogenisierten und anschließend abgekühlten metallischen Pressbolzens oder, bei Verwendung einer Warmschere, eines Stangenabschnitts, vorzugsweise aus einer Leichtmetalllegierung, unmittelbar vor dem Einbringen in die Pressvorrichtung,
- a) bei dem der Pressbolzen/Stangenabschnitt (1) wiedererwärmt wird,
- b) der wiedererwärmte Pressbolzen/Stangenabschnitt (1) anschließend abgekühlt und
- c) der Pressvorrichtung zugeführt wird,
- dadurch gekennzeichnet, dass**
- d) der wiedererwärmte Pressbolzen/Stangenabschnitt (1) einer Schroffabkühlung mit Wasserspritzdüsen (25) derart unterworfen wird, dass sich, bezogen auf 200 mm Durchmesser, innerhalb einer Düsenspritzdauer von maximal 30 Sekunden auf der Oberfläche des Pressbolzens/Stangenabschnitts (1) eine Temperatur einstellt, die mindestens 150 K unter der Presstemperatur liegt, und dass
- e) sich die gewünschte Temperaturverteilung im Pressbolzen/Stangenabschnitt (1) sowohl über dem Querschnitt als auch in der Länge nach Ablauf einer Temperatursenkungszeit einstellt, die länger ist als die Düsenspritzdauer.
3. Verfahren zur Wärmebehandlung eines Pressbolzens/Stangenabschnitts (1) nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Pressbolzen /Stangenabschnitt (1) auf die für die jeweilige Legierung höchste optimale Temperatur erwärmt wird und bei einer gegenüber dieser Temperatur aufgrund der Erfordernisse des Pressvorganges niedrigeren Presstemperatur im Anschluss an die Erwärmung eine Schroffabkühlung erfolgt, bei welcher der Pressbolzen/Stangenabschnitt (1) derart abgekühlt wird, dass er nach aktiver Kühlzeit und einer sich daran anschließenden Temperatursenkungszeit die geforderte, niedrigere Presstemperatur aufweist, insbesondere, wenn bei der Abkühlung von der höchsten optimalen Temperatur für die jeweilige Legierung auf die für den Pressvorgang erforderliche niedrigere Presstemperatur ein sogenannter Temperaturtaper erzeugt wird.
4. Verfahren zur Wärmebehandlung eines Pressbolzens/Stangenabschnitts, **dadurch gekennzeichnet, dass** in einem ersten Teil (7) eine Erwärmung durch Gasbrennerflammen, welche die Oberfläche berühren, und in einem zweiten Teil (8) eine Erwärmung durch erzwungene Konvektion mittels auf die

Gutoberfläche aufgeblasener Heißgas-Düsenstrahlen erfolgen, dass der in Guttransportrichtung betrachtet letzte Unterbereich (8b) der Erwärmung durch erzwungene Konvektion im wesentlichen dem Temperatursenkungszeit im Gut dient und mit nur geringer Oberemperatur gegenüber der Endtemperatur betrieben wird, dass unmittelbar im Anschluss an eine vorangegangene Schnellerwärmung eine Schroffabkühlung mit einzelnen Wasserspritzdüsen (25) vorweggenommen wird, deren Achsen radial zur horizontalen Gutachse gerichtet sind und die einzeln oder in Gruppen mit unterschiedlichen Drücken und/oder unterschiedlichen Einschaltzeiten betreibbar sind.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Kühlfluid demineralisiertes Wasser verwendet wird.
6. Vorrichtung zur Wärmebehandlung eines gegossenen, homogenisierten metallischen Pressbolzens oder, bei Verwendung einer Warmschere, eines Stangenabschnitts, vorzugsweise aus einer Leichtmetalllegierung, unmittelbar vor dem Eindringen in die Pressvorrichtung,
- a) mit einer Erwärmungsvorrichtung (7, 8) und
- b) mit einer Abkühlungsvorrichtung, **dadurch gekennzeichnet, dass**
- c) die Erwärmungsvorrichtung einen ersten Teil (7) mit Erwärmung durch Gasbrennerflammen, welche die Oberfläche berühren, und einen zweiten Teil (8) mit Erwärmung durch erzwungene Konvektion mittels auf die Gutoberfläche aufgeblasene Heißgas-Düsenstrahlen aufweist,
- d) wobei der in Guttransportrichtung betrachtet letzte Unterbereich (8b) der Erwärmung durch erzwungene Konvektion im Wesentlichen dem Temperatursenkungszeit im Gut dient und mit nur geringer Temperatur über der Endtemperatur betrieben wird.
7. Vorrichtung nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Erzeugung der Gasbrennerflammen Rekuperatorbrenner (22) verwendet werden, und dass die Düsen der Rekuperatorbrenner (22) mit Mundstücken aus hoch hitzebeständigem Werkstoff zur Querschnittsveränderung der Brennerstrahlen (24) ausgestattet sind, wobei insbesondere die Düsen der Rekuperatorbrenner (2) die Richtung der Brennerstrahlen (24) verändern und/oder die Mundstücke die Brennerstrahlen (24) jeweils in mindestens zwei Einzelstrahlen aufteilen.
8. Vorrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich der Pressbolzen oder Stangenabschnitt (1) während

des Kühlvorganges in einer festen Position in der Schroff-Abkühlvorrichtung befindet, die aus ringförmigen Anordnungen von Einzeldüsen (25) besteht, wobei insbesondere eine Düsengruppe jeweils durch die Düsen einer ringförmigen Düsenanordnung gebildet wird und/oder die Düsen je nach Orientierung zur Mantelfläche des Bolzens unterschiedliche Größen aufweisen.

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Bolzen während des Kühlvorganges von einer an den Bolzenstimflächen angreifenden, auf verschiedene Bolzenlängen einstellbaren Klemmhalterung (34) gehalten ist, die insbesondere an der Bolzenunterseite Nasen (34c) zur zusätzlichen Sicherung des Bolzens durch Formschluss aufweist.

10. Vorrichtung nach Anspruche 9, **gekennzeichnet durch** eine Be- und Entladeposition für die Klemmvorrichtung (34) vor der Kühleinrichtung.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kühlzeit für die einzelnen Düsengruppen unterschiedlich ist, wobei sich insbesondere an die Kühlzeit eine Zeitspanne zum Temperatenausgleich anschließt.

12. Vorrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 6 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei kurzen Bolzenfolgezeiten mindestens zwei Abkühlvorrichtungen parallel betrieben werden.

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Düsen der Schroff Abkühlvorrichtung aus einem Druckspeicher mit dem Kühlfluid versorgt werden.

Claims

1. A method for heat treating a cast, homogenised and subsequently cooled metallic extrusion bolt or - when hot shears are used - slug, preferably made of a light metal alloy, immediately before it is fed into the extruder,
- a) wherein the extrusion bolt/slug (1) is reheated,
 - b) the reheated extrusion bolt/slug (1) is subsequently cooled, and
 - c) is delivered to the extrusion device, **characterised in that**
 - d) the extrusion bolt/slug (1), based on a diameter of 200 mm, is reheated to the desired temperature in 20 minutes at most, and **in that**
 - e) the reheated extrusion bolt/slug (1) is exposed to passive temperature equalisation for

3 minutes at most,

f) said temperature equalisation resulting in a temperature uniformity, based on a diameter of 200 mm, of less than ± 10 K.

2. A method for heat treating a cast, homogenised and subsequently cooled metallic extrusion bolt or - when hot shears are used - slug, preferably made of a light metal alloy, immediately before it is fed into the extruder,

a) wherein the extrusion bolt/slug (1) is reheated,

b) the reheated extrusion bolt/slug (1) is subsequently cooled, and

c) is delivered to the extrusion device,

characterised in that

d) the reheated extrusion bolt/slug (1) is exposed to rapid cooling using water spray nozzles (25), such that - based on a diameter of 200 mm - a temperature at least 150 K below the extrusion temperature is set on the surface of the extrusion bolt/slug (1) within a nozzle spraying period of 30 seconds at most, and **in that**

e) the desired temperature distribution is set in the extrusion bolt/slug (1), both over its cross-section and along its length, by the end of a temperature equalisation period which is longer than the nozzle spraying period.

3. The method for heat treating an extrusion bolt/slug (1) as set forth in any one of claims 1 or 2, **characterised in that** the extrusion bolt/slug (1) is heated to the highest optimal temperature for the respective alloy, and at an extrusion temperature which is lower than this temperature due to the requirements of the extrusion process is rapidly cooled following said heating, wherein the extrusion bolt/slug (1) is cooled such that after an active cooling period and a following temperature equalisation period it exhibits the desired, lower extrusion temperature, in particular when a so-called temperature taper is generated while cooling from the highest optimal temperature for the respective alloy to the lower extrusion temperature required for the extrusion process.

4. A method for heat treating an extrusion bolt/slug, **characterised in that:** the extrusion bolt/slug is heated in a first part (7) by gas burner flames which contact the surface, and in a second part (8) by forced convection by means of hot gas nozzle jets blown onto the surface of the material; **in that** the last sub-section (8b) of heating by forced convection, as viewed in the material transport direction,

substantially serves to equalise the temperature in the material and is operated with only a low excess temperature as compared to the end temperature; **in that** - directly following a preceding rapid heating - rapid cooling is anticipated using individual water spray nozzles (25) whose axes are radially directed towards the horizontal axis of the material and which may be operated, individually or in groups, at different pressures and/or with different activation times.

5. The method as set forth in any one of claims 1 to 4, **characterised in that** de-mineralised water is used as the cooling fluid.

6. A device for heat treating a cast, homogenised metallic extrusion bolt or - when hot shears are used - slug, preferably made of a light metal alloy, immediately before it is fed into the extruder,

- a) comprising a heating device (7, 8) and
b) comprising a cooling device, **characterised in that**

c) the heating device comprises a first part (7) using heating by gas burner flames which contact the surface, and a second part (8) using heating by forced convection by means of hot gas nozzle jets blown onto the surface of the material,

d) wherein the last sub-section (8b) of heating by forced convection, as viewed in the material transport direction, substantially serves to equalise the temperature in the material and is operated with only a low temperature above the end temperature.

7. The device as set forth in claim 6, **characterised in that** recuperation burners (22) are used to generate the gas burner flames, and **in that** the nozzles of the recuperation burners (22) are fitted with dies made of a material with high temperature stability, to alter the cross-section of the burner jets (24), wherein in particular the nozzles of the recuperation burners (22) change the direction of the burner jets (24) and/or the dies divide the burner jets (24) up respectively into at least two individual jets.

8. The device as set forth in at least one of claims 6 or 7, **characterised in that** the extrusion bolt or slug (1) is in a fixed position in the rapid cooling device during the cooling process, said rapid cooling device consisting of annular arrangements of individual nozzles (25), wherein in particular each group of nozzles is formed by the nozzles of an annular arrangement of nozzles and/or the nozzles exhibit different sizes according to their orientation with respect to the shell surface of the bolt.

9. The device as set forth in any one of claims 6 to 8, **characterised in that** during the cooling process, the bolt is held by a clamp mounting (34) which grips the facing sides of the bolt and may be set to various bolt lengths, and which in particular comprises catches (34c) on the lower face of the bolt, for additionally securing the bolt through a positive lock.

10. The device as set forth in claim 9, **characterised by** a loading and unloading position for the clamp mounting (34), before the cooling means.

11. The device as set forth in any one of claims 6 to 10, **characterised in that** the cooling period is different for the individual groups of nozzles, wherein in particular a period of time for temperature equalisation follows the cooling period.

12. The device as set forth in at least one of claims 6 to 11, **characterised in that** - for short times per bolt - at least two cooling devices are operated in parallel.

13. The device as set forth in any one of claims 6 to 12, **characterised in that** the nozzles of the rapid cooling device are supplied with cooling fluid from a pressure accumulator.

Revendications

1. Procédé de traitement thermique d'une billette métallique coulée, homogénéisée et ensuite refroidie, ou, dans le cas de l'utilisation de cisailles à chaud, d'un tronçon de barre, de préférence en un alliage de métaux légers, immédiatement avant introduction dans la presse,

a) dans lequel la billette/le tronçon de barre (1) est à nouveau chauffé,

b) la billette/le tronçon de barre (1) à nouveau chauffé est ensuite refroidi, et

c) est amené à la presse,

caractérisé en ce que

d) la billette/le tronçon de barre (1), rapporté à un diamètre de 200 mm, est à nouveau chauffé en 20 minutes au maximum à la température nécessaire, et **en ce que**

e) la billette/le tronçon de barre (1) à nouveau chauffé est soumis pendant 3 minutes au maximum à un équilibre passif de la température,

f) qui mène à une uniformité de température,

rapporté à un diamètre de 200 mm, inférieure à ± 10 K.

2. Procédé de traitement thermique d'une billette métallique coulée, homogénéisée et ensuite refroidie, ou, dans le cas de l'utilisation de cisailles à chaud, d'un tronçon de barre, de préférence en un alliage de métaux légers, immédiatement avant introduction dans la presse,

a) dans lequel la billette/le tronçon de barre (1) est à nouveau chauffé,

b) la billette/le tronçon de barre (1) à nouveau chauffé est ensuite refroidi, et

c) est amené à la presse,

caractérisé en ce que

d) la billette/le tronçon de barre (1) à nouveau chauffé est soumis à un refroidissement brusque au moyen de buses de pulvérisation d'eau (25) de manière que, rapporté à un diamètre de 200 mm, pendant une durée de pulvérisation des buses de 30 secondes au maximum, il s'établisse à la surface de la billette/du tronçon de barre (1), une température qui est au moins inférieure de 150 K à la température de pressage, et en ce que

e) la distribution voulue de la température dans la billette/le tronçon de barre (1) s'établit aussi bien sur la section transversale que dans la longueur à l'expiration d'un temps d'équilibrage de la température, qui est plus long que la durée de pulvérisation des buses.

3. Procédé de traitement thermique d'une billette/d'un tronçon de barre (1) selon l'une des revendications 1 ou 2, **caractérisé en ce que** la billette/le tronçon de barre (1) est chauffé à la température optimale maximale pour l'alliage considéré et, à une température de pressage inférieure à cette température, en raison des exigences du processus de pressage, il s'effectue, à la suite de l'échauffement, un refroidissement brusque pendant lequel la billette/le tronçon de barre (1) est refroidi de manière qu'après le temps de refroidissement actif et un temps d'équilibrage de la température consécutif, elle/il présente la température de pressage plus basse exigée, en particulier lorsque lors du refroidissement de la température optimale maximale pour l'alliage considéré à la température de pressage plus basse, nécessaire au processus de pressage, il est produit ce qu'on appelle un biseau de température.

4. Procédé de traitement thermique d'une billette/d'un

tronçon de barre, **caractérisé en ce que** dans une première partie (7), s'effectue un échauffement par des flammes d'un chalumeau, qui sont en contact avec la surface, et dans une deuxième partie (8) s'effectue un échauffement par convection forcée au moyen de jets de gaz chauds soufflés par des buses sur la surface du produit, **en ce que** la dernière zone inférieure (8b), vue dans le sens de transport du produit, de l'échauffement par convection forcée sert essentiellement à l'équilibrage de la température dans le produit et n'est mise en oeuvre qu'à une température légèrement supérieure à la température finale, **en ce qu'**immédiatement à la suite d'un échauffement rapide précédent il est procédé à un refroidissement brusque avec des buses individuelles de pulvérisation d'eau (25) dont les axes sont orientés radialement par rapport à l'axe horizontal du produit, et qui peuvent être mises en oeuvre individuellement ou en groupes avec des pressions différentes et/ou des temps de fonctionnement différents.

5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce qu'**on utilise de l'eau déminéralisée comme fluide de refroidissement.

6. Dispositif de traitement thermique d'une billette métallique homogénéisée et coulée ou, dans le cas d'utilisation de cisailles à chaud, d'un tronçon de barre, de préférence en un alliage de métaux légers, immédiatement avant l'introduction dans la presse,

a) comportant un dispositif de chauffage (7, 8), et

b) un dispositif de refroidissement, **caractérisé en ce que**

c) le dispositif de chauffage comporte une première partie (7) avec échauffement par des flammes d'un chalumeau, qui sont en contact avec la surface, ainsi qu'une deuxième partie (8) avec échauffement par convection forcée au moyen de jets de gaz chauds soufflés par des buses sur la surface du produit,

d) la dernière zone inférieure (8b), vue dans le sens de transport du produit, de l'échauffement par convection forcée sert essentiellement à l'équilibrage de la température dans le produit et n'est mise en oeuvre qu'à une température légèrement supérieure à la température finale.

7. Dispositif selon la revendication 6, **caractérisé en ce que** pour produire les flammes d'un chalumeau, on utilise des chalumeaux à récupération (22), et **en ce que** les buses des chalumeaux à récupéra-

tion (22) sont équipées d'embouts constitués d'un matériau très résistant à la chaleur pour modifier la section transversale des jets (24) du chalumeau, les buses des chalumeaux à récupération (22) modifiant en particulier la direction des jets de chalumeau (24) et/ou les embouts divisant chacun des jets de chalumeau (24) en au moins deux jets individuels.

8. Dispositif selon l'une au moins des revendications 6 ou 7, **caractérisé en ce que** la billette ou le tronçon de barre (1) se trouve, pendant le processus de refroidissement, dans une position fixe dans le dispositif de refroidissement brusque, qui est constitué d'ensembles de buses individuelles (25) disposés en forme d'anneau, un groupe de buses étant formé en particulier par les buses d'un ensemble de buses en forme d'anneau et/ou les buses présentent, suivant leur orientation par rapport à la surface d'enveloppe de la billette, des tailles différentes. 10
15
20
9. Dispositif selon l'une des revendications 6 à 8, **caractérisé en ce que** pendant le processus de refroidissement la billette est maintenue par une fixation par serrage (34) agissant sur les faces frontales de la billette et réglable sur différentes longueurs de billette, laquelle fixation présente, en particulier sur le côté inférieur de la billette, des ergots (34c) pour le blocage supplémentaire de la billette par complémentarité de forme. 25
30
10. Dispositif selon la revendication 9, **caractérisé par** une position de chargement et déchargement pour le dispositif de serrage (34) en amont du dispositif de refroidissement. 35
11. Dispositif selon l'une des revendications 6 à 10, **caractérisé en ce que** le temps de refroidissement est différent pour les différents groupes de buses, au temps de refroidissement faisant suite en particulier à un laps de temps pour l'équilibrage de la température. 40
12. Dispositif selon l'une au moins des revendications 6 à 11, **caractérisé en ce que** dans le cas où les billettes se succèdent rapidement, au moins deux dispositifs de refroidissement fonctionnent en parallèle. 45
13. Dispositif selon les revendications 6 à 12, **caractérisé en ce que** les buses du dispositif de refroidissement brusque sont alimentées en fluide de refroidissement à partir d'un accumulateur de pression. 50

55

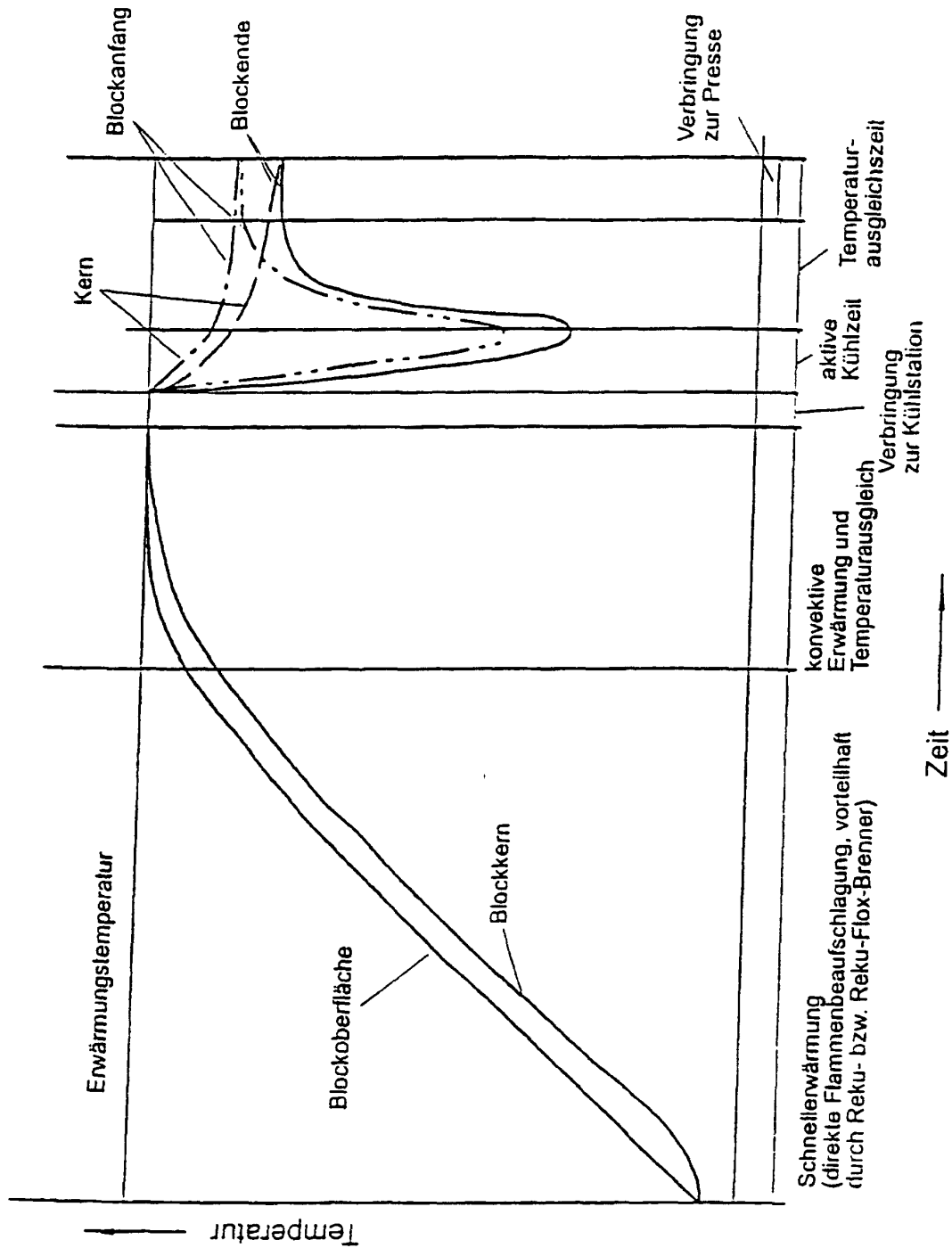


Fig. 1

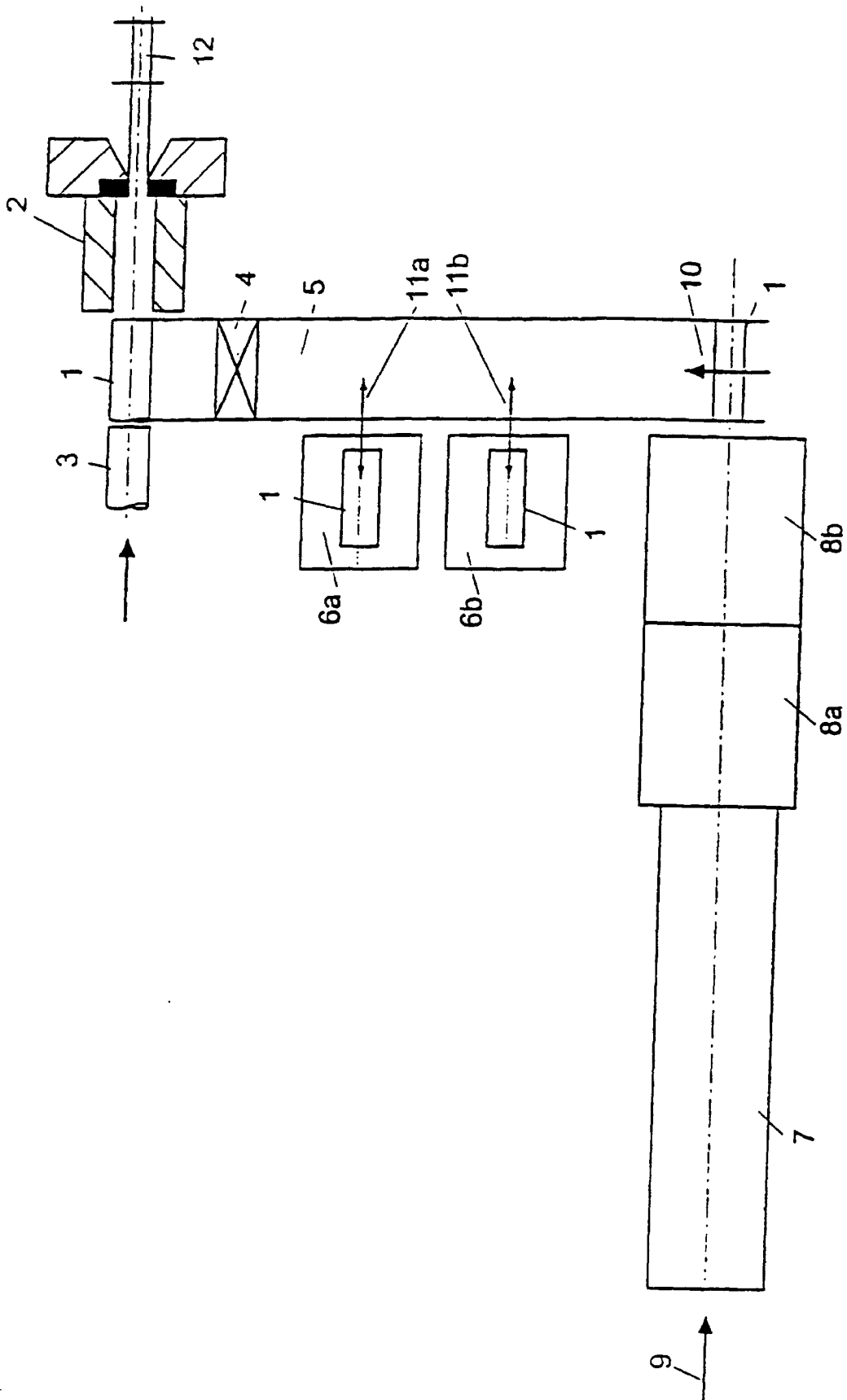


Fig. 2

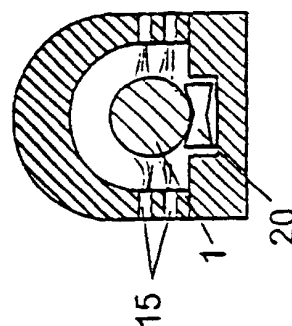
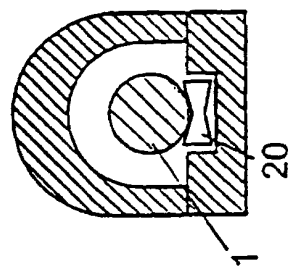
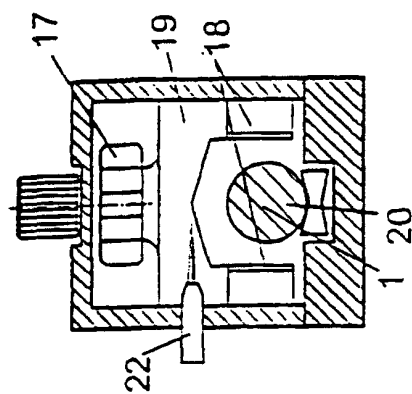
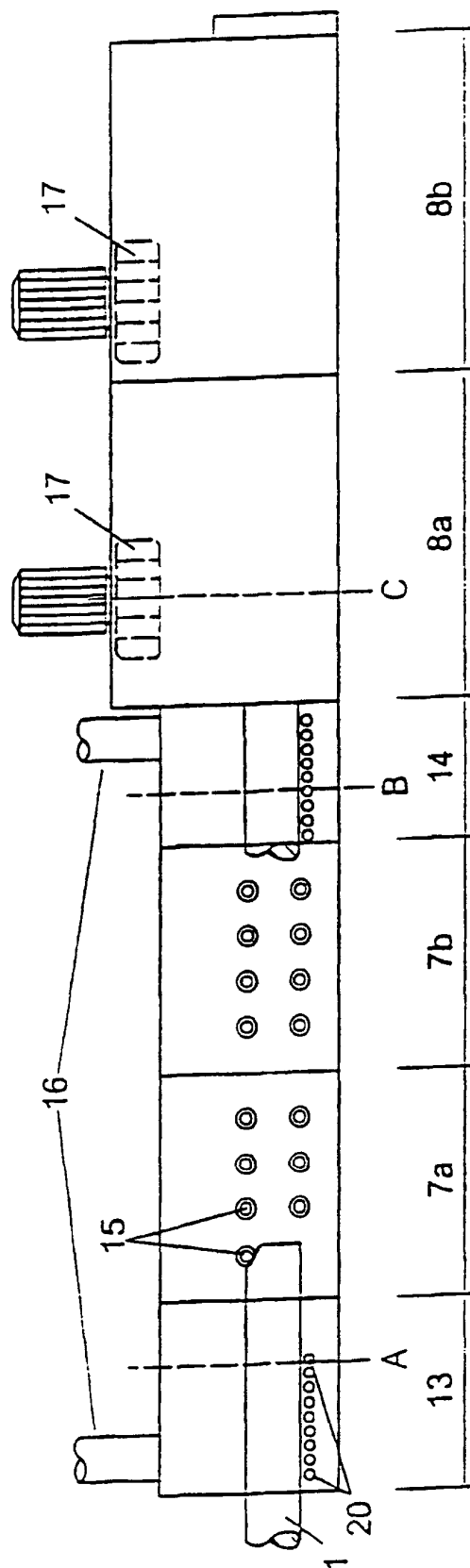


Fig. 3

Schnitt C

Schnitt B

Schnitt A

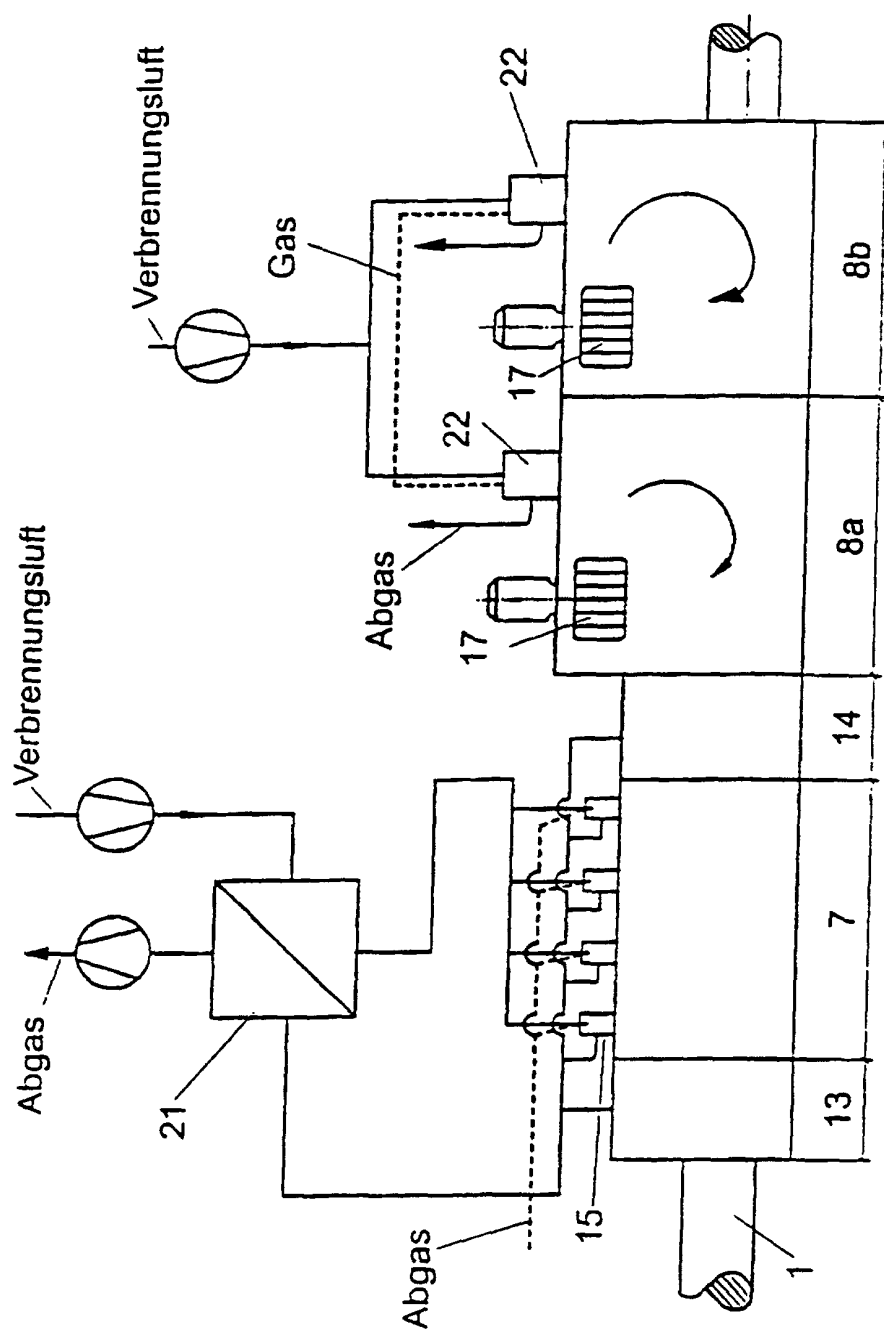


Fig. 4

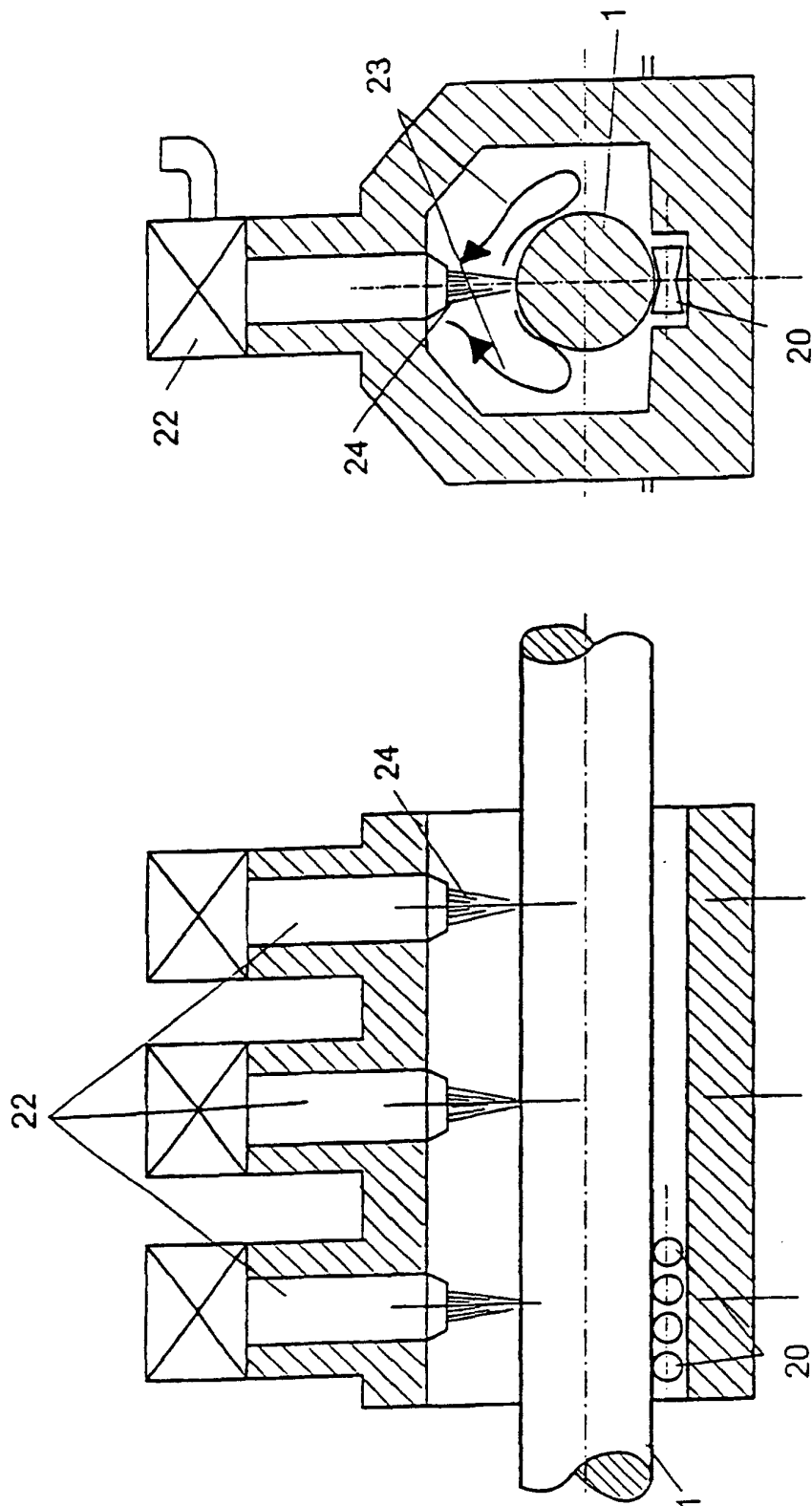


Fig. 5

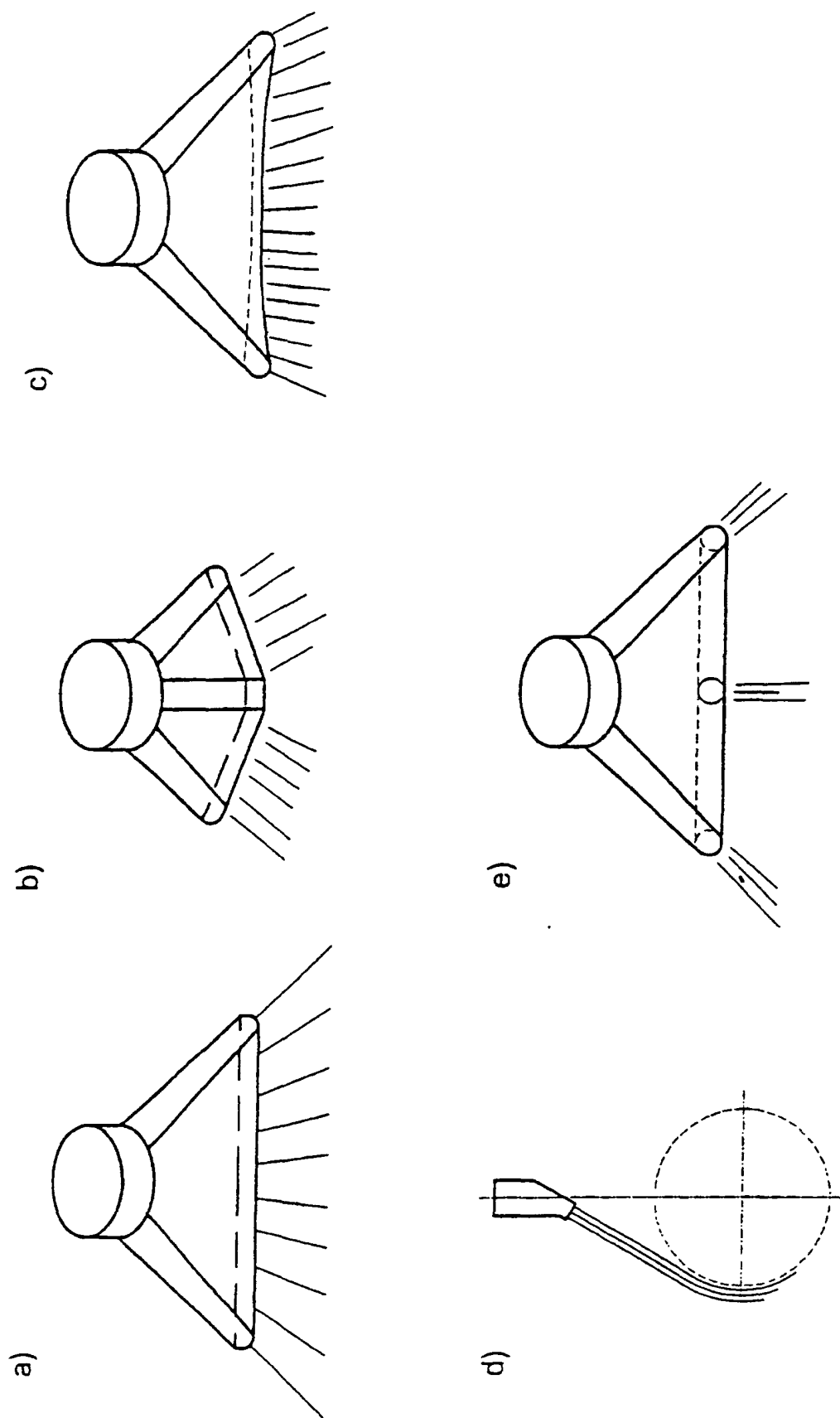


Fig. 6

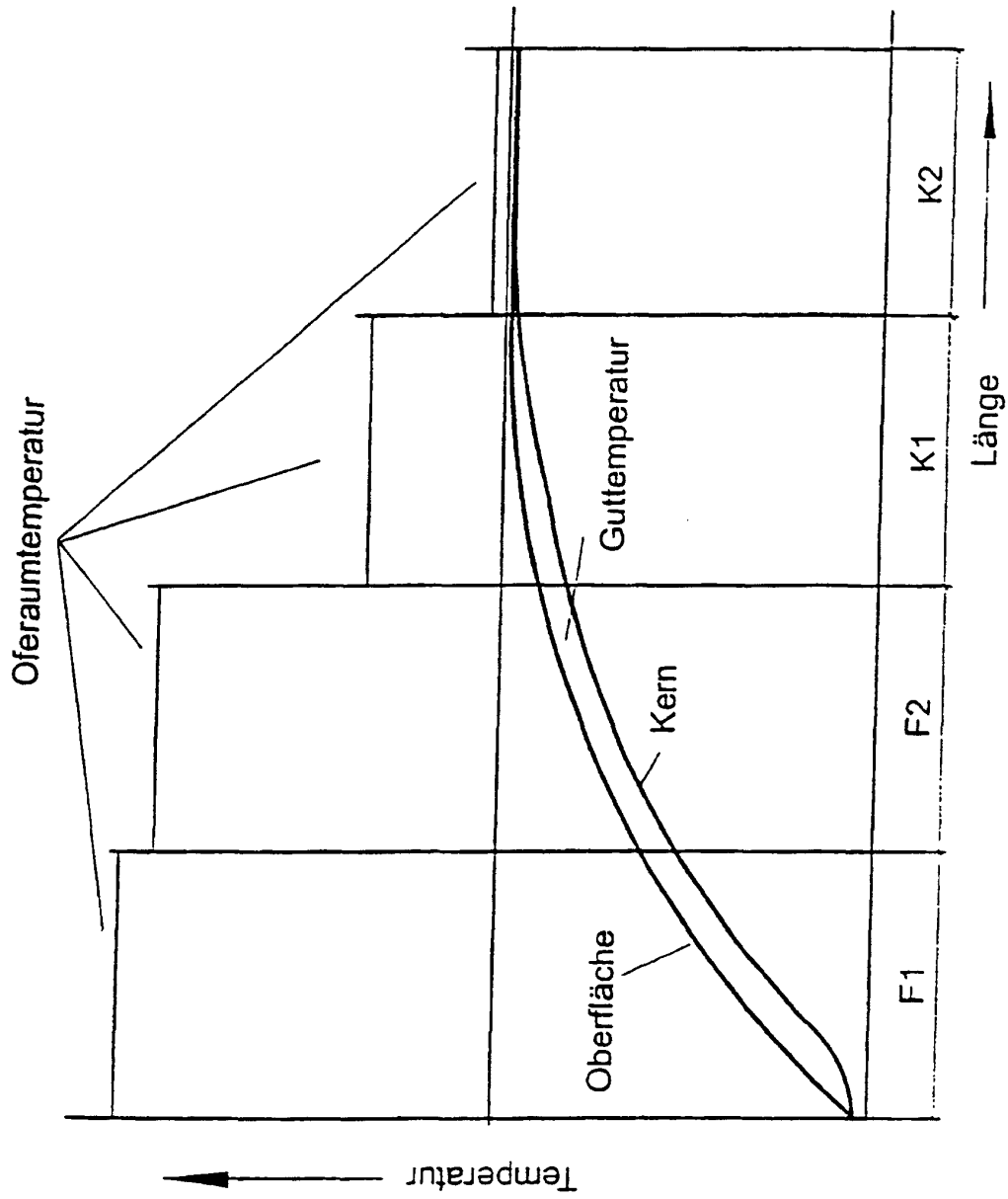


Fig. 7

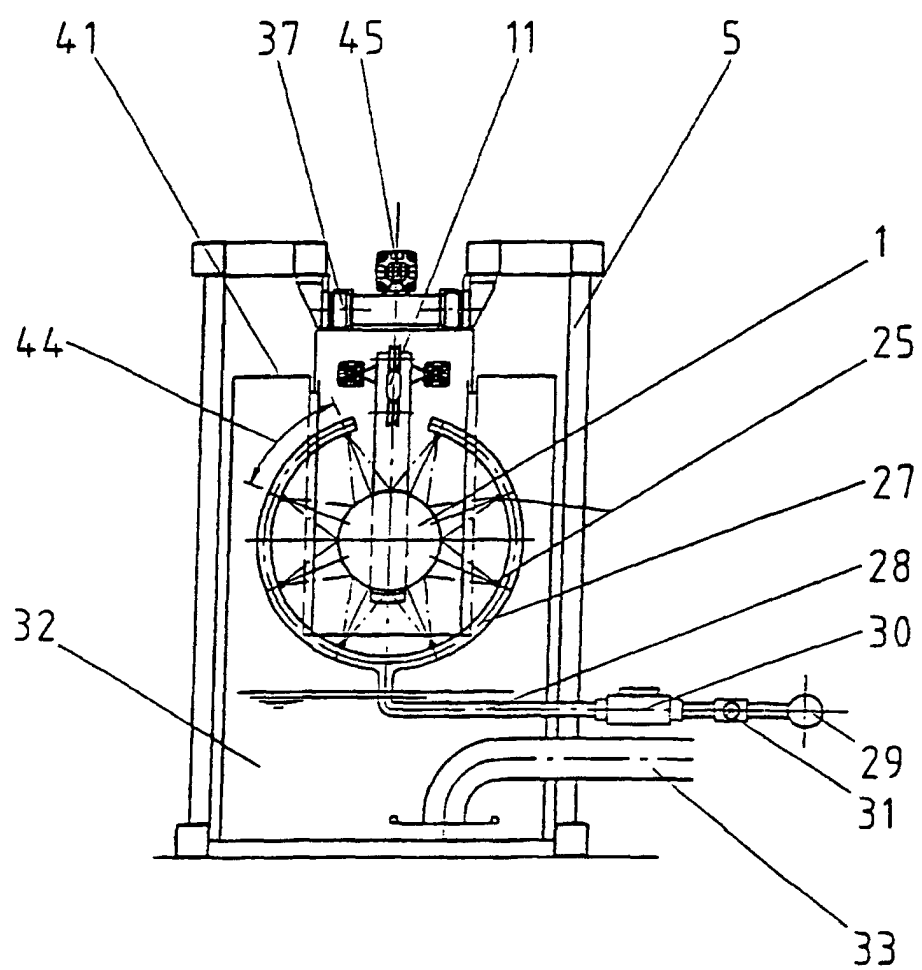
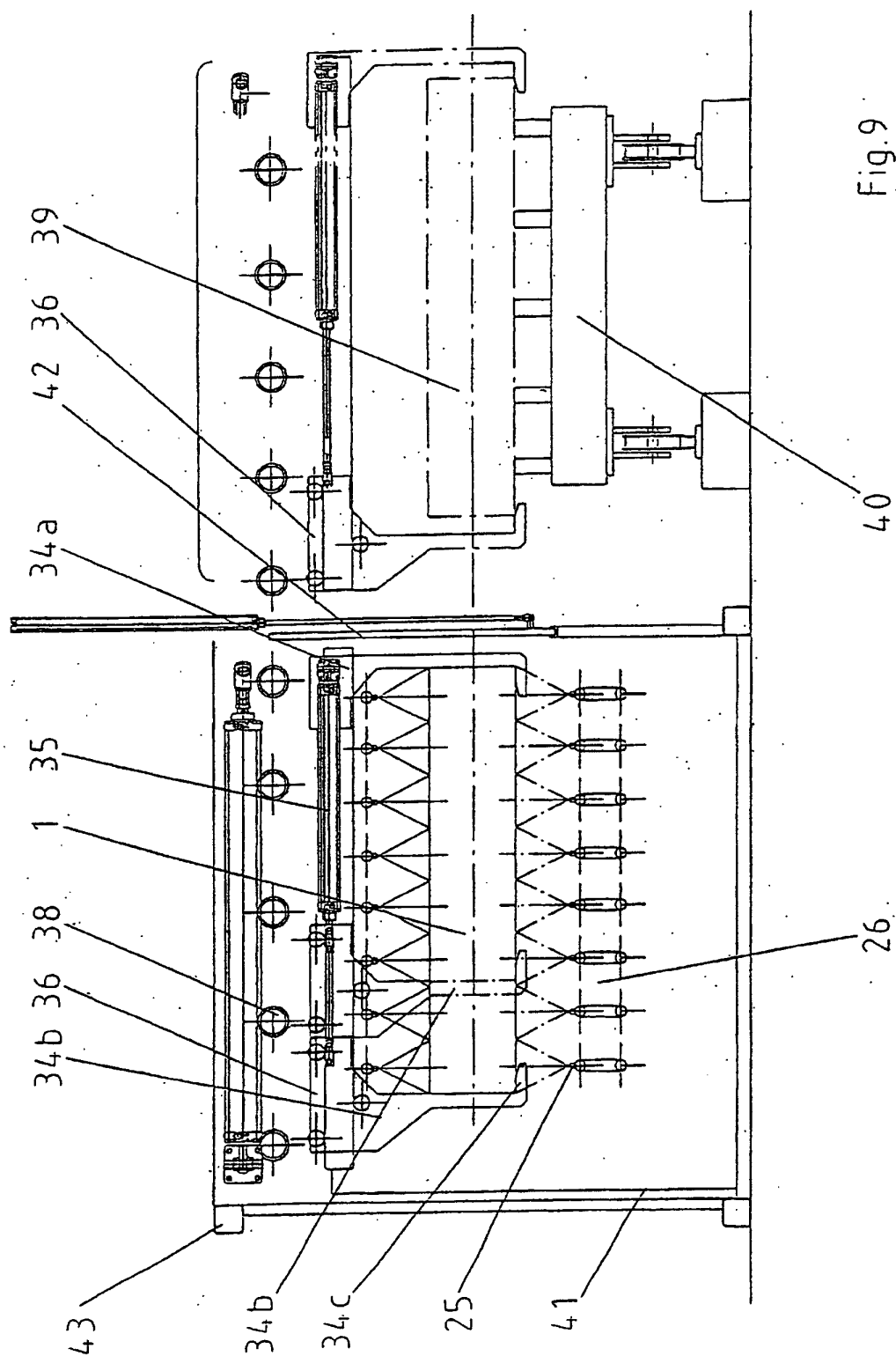


Fig.8



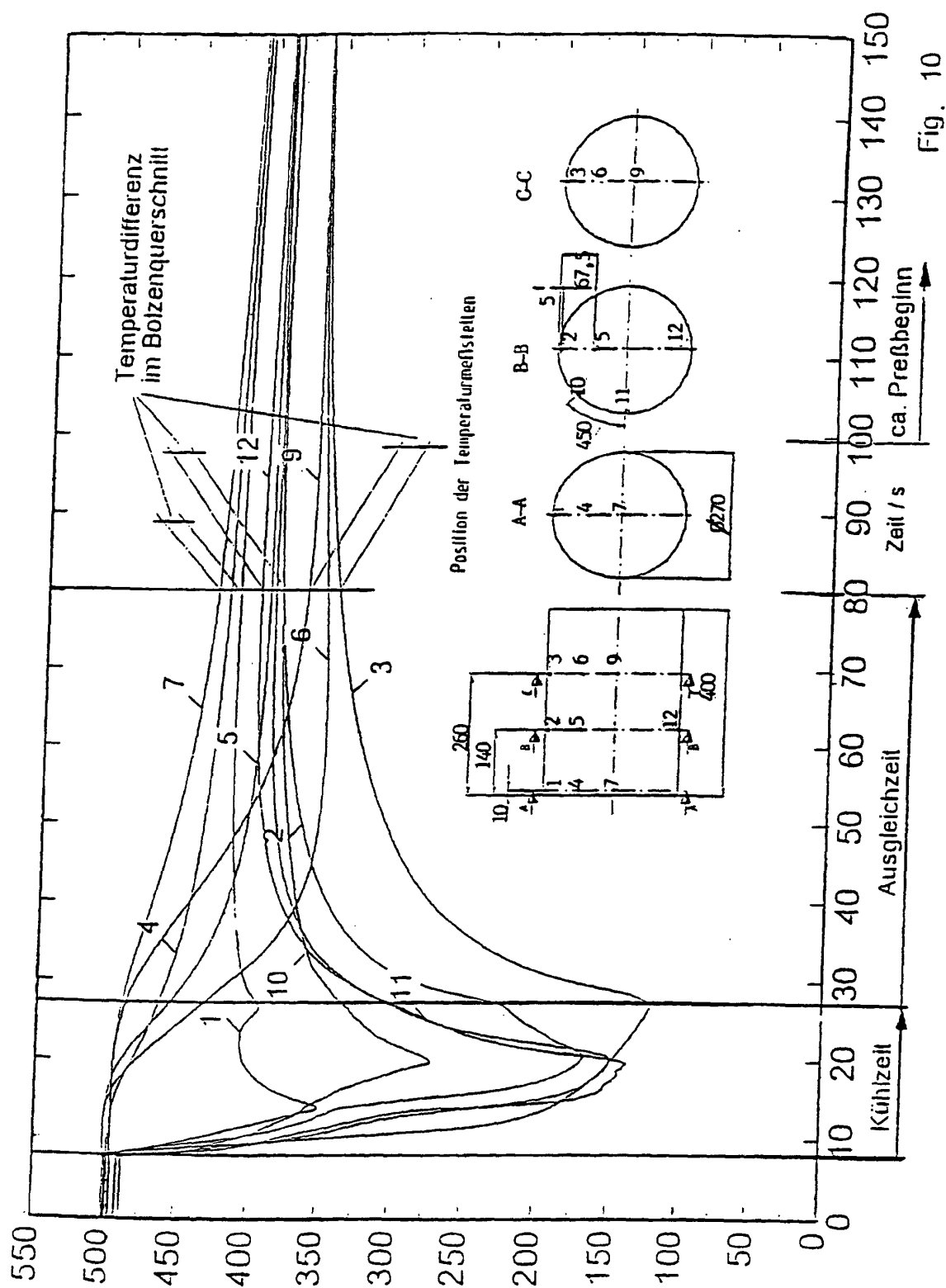


Fig. 10