

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 925 855 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
30.06.1999 Patentblatt 1999/26

(51) Int. Cl.⁶: **B21B 45/02**

(21) Anmeldenummer: 98124114.4

(22) Anmeldetag: 18.12.1998

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

- Drügh, Hans-Peter
53909 Zülpich-Merz (DE)
- Behrens, Holger Dr.-Ing.
40699 Erkrath (DE)
- Böhmer, Bruno
40699 Erkrath (DE)

(30) Priorität: 23.12.1997 DE 19757485

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

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

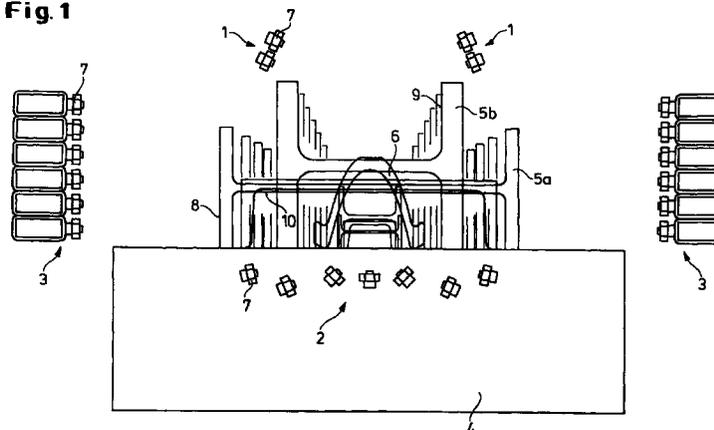
(72) Erfinder:
• Stodt, Rolf
41564 Kaarst (DE)

(54) Vorrichtung zum kontrollierten Abkühlen von warmgewalzten Profilen, insbesondere Trägern, direkt aus der Walzhitze

(57) Um eine Kühlvorrichtung für fertiggewalzte Profile, insbesondere Stahlträger, bereitzustellen, die bei Änderung des Walzprogramms auf unterschiedlicher Geometrien und Größen der Profile einstellbar ist und eine gleichförmige Kühlung aller Profile bzw. definierter Teilbereiche gewährleistet, wird eine Vorrichtung vorgeschlagen, die Kühlbereiche aufweist, wobei jeweils ein Kühlbereich von dem zu kühlenden Profil (5,

6) aus betrachtet zu diesem oberhalb (1), zu beiden Seiten (3) und unterhalb (2) angeordnet ist, wobei die Kühlbereiche jeweils einzeln oder kombiniert einsetzbar sind, und ein Kühlbereich jeweils aus mindestens einer Düse (7) oder einem Düsenverband besteht, und die Düsen einzeln oder im Verbund steuerbar sind.

Fig. 1



EP 0 925 855 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum kontrollierten Abkühlen von warmgewalzten Profilen, insbesondere Trägern aus Stahl, direkt aus der Walzhitze.

[0002] Es ist bekannt, die mechanischen Eigenschaften von Werkstoffen, insbesondere Stahl, durch Wärmebehandlungen und/oder durch den Zusatz von Legierungselementen zu beeinflussen. Der unbegrenzten Anwendung des bekannten thermomechanischen Walzens, insbesondere bei dem Walzen von Profilen, sind jedoch Grenzen gesetzt durch die Belastbarkeit der Walzgerüste, da diese Verfahren hohe Verformungsgrade bei vergleichsweise niedrigen Temperaturen voraussetzen.

[0003] Durch das sogenannte QST-Verfahren (QST: Quenching und Self Tempering, Härten und Selbstanlassen) können die mechanischen Eigenschaften beeinflusst werden. Hierbei werden die Bauteile, beispielsweise Walzprofile, nach dem Fertigstich aus der Walzhitze heraus mit Wasser abgeschreckt. Bevor der Kern des Werkstücks abgekühlt ist, wird die Kühlung unterbrochen und das Gefüge im Randbereich durch die im Kern noch vorhandene Wärme angelassen.

[0004] Bei der Behandlung von Stählen werden während des Abschreckvorgangs die Materialoberfläche und die darunter befindlichen Schichten je nach Kühldauer unter die Martensit-Starttemperatur abgekühlt, was die Bildung von Martensit in den Randzonen zur Folge hat. Über die Kühlzeit und das Kühlmedium kann dieser Vorgang beeinflusst werden, insbesondere wird über die Kühlzeit die Tiefe der Schicht (Eindringtiefe) eingestellt, in der sich Martensit bildet.

[0005] Nach dem Ende dieser Zwangskühlung erfolgt dann der Anlaßvorgang, bei dem durch die Restwärme im Profil die zuvor gebildete Martensitschicht angelassen wird. Die Temperatur steigt wieder über die Martensit-Starttemperatur an. Hierbei wird der martensitische Bereich entspannt und somit ein Material hoher Festigkeit bei gleichzeitig guter Zähigkeit eingestellt.

[0006] Bei dem sich anschließenden Abkühlvorgang an Luft bildet sich im Inneren des Querschnitts bainitisches und/oder (fein)-perlitisches Gefüge.

[0007] Soll das Material abgekühlt werden, ohne Martensit zu bilden, wird über die Kühlzeit und Kühlintensität die Oberflächentemperatur der Profile so abgekühlt, daß die Martensit-Starttemperatur nicht unterschritten wird. Auch hier erfolgt zur Homogenisierung der Temperaturverteilung ein Anlassen nach dem Ende der Zwangskühlung. Nach -lauf des Anlaßvorgangs ergibt sich eine Verbesserung der mechanischen Eigenschaften durch die Einstellung eines beispielsweise fein-perlitischen und ferritischen Gefüges.

[0008] Zur gleichmäßigen Einstellung der gewünschten Eigenschaften ist es wichtig, daß das Profil bzw. die zu kühlenden Flächen gezielt mit dem Kühlmedium beaufschlagt werden.

[0009] Eine Vorrichtung zum Abkühlen von Trägern ist aus dem europäischen Patent 0 140 026 bekannt. Die Beaufschlagung mit Kühlflüssigkeit erfolgt im Durchlauf über sog. Kühlkästen. Diese sind mit Öffnungen in gleichen Abständen zum Versprühen von Kühlflüssigkeit versehen. Zur Kühlung der äußeren bzw. inneren Bereiche des Trägers sind die Kästen für die Außenfläche mindestens so groß ausgebildet wie die Höhe der Flansche. Zur Kühlung der inneren Flansche überdecken die Kästen die gesamte innere Fläche der Flansche sowie mindestens 70% der Stegfläche. Es ist möglich, das Krümmungsverhalten auch bei unsymmetrischen Profilen zu beeinflussen.

[0010] Als Nachteil erweist sich hier, daß bei unterschiedlichen Geometrien der Profile bei Änderung des Walzprogramms eine Anpassung der inneren Kühlkästen notwendig ist. Weiterhin ist dieses Verfahren hauptsächlich bei großen Trägern einsetzbar, da ein Werkzeug von oben und unten zwischen die Flansche gefahren wird. Bei kleinen Trägern ist dies aufgrund des kleinen Bauraums nicht oder nur sehr eingeschränkt möglich.

[0011] Da die Beaufschlagung des Trägers mit Kühlwasser für alle Stellen einer Fläche näherungsweise gleich erfolgt und aufgrund der Konstruktion der Kühlkästen einzelne Öffnungen oder Reihen nicht abgeschaltet werden können, ist eine möglichst homogene Temperaturverteilung im Querschnitt erforderlich. Diese Temperaturverteilung muß daher in einem gewissen Maß bereits während des Walzvorgangs mit Hilfe einer selektiven Kühlung der Übergangszone Flansch-Steg eingestellt werden. Ferner ist eine Kühlung hinsichtlich der Reduzierung der Eigenspannungen im Träger mit dieser Vorrichtung nicht möglich.

[0012] Die europäische Patentschrift 0 462 783 offenbart ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Wärmebehandlung dünnwandiger Doppel-T-Profile. Es erfolgt eine Zwangskühlung der Walzprodukte zwischen den Walzvorgängen. Die Kühlvorrichtung selbst besteht aus einer Vielzahl von Düsen, die übereinander angeordnet sind. Sie werden mit Wasser betrieben und sind unterschiedlich zu- und abschaltbar. Die beschriebene Kühlvorrichtung kühlt allerdings allein die Flanschaußenseiten der Profile. Dies geschieht mit dem Zweck, die Außenfläche der Träger vor dem abschließenden Warmwalzen auf eine Temperatur von 700°C oder weniger abzukühlen. Durch eine Wiederholung der Zwangskühlung mit Wasser wird die Mikrostruktur der Flanschoberfläche bis zu einer bestimmten Tiefe umgewandelt.

[0013] Weiterhin ist ein Kühlverfahren und -vorrichtung aus dem europäischen Patent 0 098 492 bekannt. Hierbei wird eine Vorrichtung vorgeschlagen zur Abkühlung von Stahlprofilen, hier Schienen, die durch eine Kühlvorrichtung geführt werden. Eine Variation der Kühlung bzw. eine lokale Kühlung wird durch unterschiedliche Orientierung der transportierten Schienen sowie über Ablenkleche für das Kühlmedium erreicht.

[0014] Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Kühlvorrichtung für fertiggewalzte Profile, insbesondere Stahlträger, bereitzustellen, die bei Änderung des Walzprogramms auf unterschiedliche Geometrien und Größen der Profile einstellbar ist sowie eine gleichförmige Kühlung des Profils bzw. die Kühlung definierter Teilbereiche gewährleistet.

[0015] Die Aufgabe wird durch die Merkmale der Vorrichtung nach Anspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen offenbart.

[0016] Kern der Erfindung ist die Einstellung eines optimal angepaßten Spritzbildes der Kühlvorrichtung an unterschiedliche Profilgeometrien, indem die Kühlvorrichtung Kühlbereiche aufweist, wobei jeweils ein Kühlbereich von dem zu kühlenden Profil aus betrachtet zu diesem oberhalb angeordnet ist, und die Kühlbereiche jeweils einzeln oder kombiniert einsetzbar sind, wobei ein Kühlbereich jeweils aus mindestens einer Düse oder einem Düsenverbund besteht, wobei die Düsen einzeln oder im Verbund steuerbar sind, d. h. die einzelnen Kühlbereiche steuerbar sind.

[0017] Die Anpassung der Kühlwirkung wird im einzelnen erreicht durch Variation des Düsenabstandes zum Profil hin, durch kontrollierte Einstellung des Spritzdrucks, durch stufenlose Verdrehbarkeit einzelner Düsen sowie durch Zu- und Abschalten der einzelnen Düsen.

[0018] Dabei wird neben der Anpassung an die Profilgeometrie über die Variation des Düsenabstands und des Düsendrucks der für eine erfolgreiche Kühlung eines Profils erforderliche Wärmeübergangskoeffizient eingestellt. Die Einstellung des gewünschten Spritzbildes erfolgt zusätzlich über die Verdrehbarkeit der Düsen sowie Zu- und Abschalten einzelner Düsen und Düsenverbunde.

[0019] Der Düsenverbund besteht aus mehreren Düsen, deren Austrittsöffnungen eine Ebene aufspannen oder eine Gerade bilden. Durch die verschieden gestalteten Düsenverbunde als Flächen oder Düsenreihen und die hohe Variabilität der Düsen wird eine flexible Einstellung der Kühlvorrichtung erreicht, wobei die verschiedenen Teilflächen der Profile unterschiedlich gekühlt und die Kühlleistung den Anforderungen angepaßt werden können.

[0020] Damit ist es möglich, bei umgeformten Walzprofilen trotz einer unterschiedlichen Temperaturverteilung über den Querschnitt nach dem Verlassen der Walzstraße eine gleichzeitige Gefügeumwandlung im Werkstoff einzustellen. Insbesondere ist es möglich, die Zwangskühlung des QST-Verfahrens im gesamten Werkstück gleichmäßig durchzuführen. Es wird gewährleistet, daß die Randzone der Stahlprofile nach dem Kühlvorgang mit einer bestimmten Tiefe von der Oberfläche aus gesehen aus angelassenem Martensit und die Kernzone aus Perlit und/oder Ferrit besteht.

[0021] Mittels der vorgeschlagenen Kühlvorrichtung können unterschiedlich geformte Profile, die nacheinan-

der die Vorrichtung durchlaufen, ohne Umbau der Anlage gekühlt werden.

[0022] Weiterhin ist es möglich, unterschiedliche Kühlstrategien ohne Umbau der Anlage im Durchlauf zu realisieren. Hierunter sind Kühlprozesse zur Minimierung von Eigenspannungen im Werkstückkörper durch gleichzeitige Gefügeumwandlung im Werkstoff zu ziehen sowie Kühlprozesse zur Einstellung eines perlitischen Gefüges.

[0023] Es erweist sich hierbei von Vorteil, daß sich keine Werkzeuge zwischen den Flanschen der Profile befinden. Durch die verdrehbaren Düsenhalterungen und die flexiblen Ansteuerungen kann die Kühlvorrichtung optimal an die Träger- bzw. Profilabmessung angepaßt werden.

[0024] Durch die optimale Anpassung aufgrund der hohen Variierungsmöglichkeit der einzelnen Düsen wird verhindert, daß Kühlmedium an dem zu kühlenden Bereich vorbeispritzt. Damit wird eine hohe Kühlleistung gewährleistet, Verluste an Kühlmedium werden vermieden, es entstehen keine Störeffekte an anderen Düsenanlagen.

[0025] Weitere Einzelheiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus den Ansprüchen und der nachfolgenden Beschreibung, in der in den Zeichnungen dargestellte Ausführungsbeispiele der Erfindung näher erläutert werden. Es zeigen:

Figur 1 einen Querschnitt einer Gesamtanordnung der vorgeschlagenen Kühlvorrichtung;

Figur 2 eine schematische Darstellung der Sprühwinkel am Beispiel eines Doppel-T-Trägers;

Figur 3 eine schematische Darstellung der Sprühwinkel am Beispiel eines Grubenausbauprofils.

Figur 4 die Düsenanordnung zur Kühlung der Flanschaußenseite eines Doppel-T-Trägers durch Winkelverstellung der Düsen;

Figur 5 die Düsenanordnung zur Kühlung der Flanschaußenseite eines Doppel-T-Trägers durch Linearführung;

Figuren 6 a, b den definierten Einsatz von Düsen bei unterschiedlichen Profilgrößen und -typen;

[0026] Figur 1 zeigt einen Querschnitt der Gesamtanordnung der Kühlvorrichtung mit einem oberen 1, unteren 2 und seitlichen 3 Kühlbereich. Über einen Rollgang 4 wird das zu kühlende Walzgut aus dem Walzwerk nach dem Fertigstich durch die Kühlvorrichtung geführt.

Über die Längsrichtung bzw. Laufrichtung der schematisch gezeigten Doppel-T-Träger unterschiedlicher Staffelung und Typen 5 a und 5 b sowie Profile, hier ein Grubenausbauprofil 6, sind die einzelnen Düsen 7 in Düsenverbunden angeordnet.

[0027] Die Sprühwinkel sind schematisch in Figur 2 für einen Doppel-T-Trägers dargestellt.

[0028] Während bei der Kühlung eines Doppel-T-Trägers die seitlich angeordneten Düsen zur Kühlung der Außenflansche 8 dienen, kühlen die oberen Düsen die Innenseiten 9 der Flansche. Die unteren Innenseiten der Flansche sowie die unteren Stegflächen 10 werden von den Sprühstrahlen der Düsen des unteren Kühlbereichs erfaßt.

[0029] Je nach zu kühlendem Profil wird die beaufschlagte Kühlmediummenge der Profilgröße und -form durch Zu- oder Abschalten der Düsen über den Querschnitt sowie in Längsrichtung angepaßt, ohne einen Werkzeugwechsel vornehmen zu müssen. Somit ist es möglich, ein optimal angepaßtes Spritzbild zu schaffen und einzelne Profile einer Profilvereihe ohne Verluste durch Vorbeisprühen am Profil zu kühlen.

[0030] Die einzelnen Düsen 7 sind an außerhalb der Profilpalette befindlichen Drehpunkten gelagert und wahlweise stufenlos verdrehbar oder fest angeordnet.

[0031] Bei einer bevorzugten Ausführungsform sind die Düsenverbunde für die Kühlung der Flanschaußen-seiten drehbar und/oder verschiebbar angeordnet. Die Düsen für die Kühlung aus dem Rollgang heraus sind fest angeordnet.

[0032] Insbesondere bei Doppel-T-Trägern können so alle sich vertikal erstreckenden Flanschinnenseiten einer Profilvereihe durch Veränderung des Düsenwinkels und somit des Spritzwinkels sowie der geeigneten Wahl der im Eingriff befindlichen Düsen aus nahezu dem gleichen Abstand zwischen Düse und Innenfläche mit Kühlmedium beaufschlagt werden. Es ergibt sich so durch den gleichbleibenden Abstand für alle Träger eine gleiche Kühlwirkung.

[0033] Die vorgeschlagene Kühlvorrichtung findet nicht nur Anwendung bei Stahlträgern verschiedener Staffelungen und unterschiedlicher Typen. Gerade für Profile komplizierterer Formen eignet sich diese Kühlanordnung. Figur 3 zeigt die Einstellung der Düsen am Beispiel eines Grubenausbauprofils 6. Durch kontrollierten Einsatz nur bestimmter Düsen bei bestimmten Winkeln ist jede Teilfläche des Profils definiert kühlbar.

[0034] Bei Profilen von der Form eines Doppel-T-Trägers wird eine kontrollierte Kühlung der Flanschaußen-seiten 8 erreicht durch eine Winkelverstellung der Düsen (Figur 4) oder durch eine horizontale Linearführung (Figur 5) der Düsen.

[0035] In Figur 4 ist die Anpassung der Stellung der jeweiligen Düsen 7 des seitlichen Kühlbereichs 3 sowie deren Winkel im Hinblick auf zwei Doppel-T-Träger unterschiedlichen Typs 5 a und 5 b und verschiedener Größe bzw. eines Grubenausbauprofils 6 schematisch dargestellt. Die Winkelverstellung wird dadurch erreicht,

daß die Kühlung der Außenseiten der Flansche 8 durch mehrere übereinander angeordnete Düsen 7 erfolgt, die an einem außerhalb der Profilpalette befindlichen Drehpunkt gelagert und stufenlos verdrehbar sind.

[0036] Die Anordnung kann so eingestellt werden, daß sie an die Unterkante aller möglicher Profile aufgrund des großen Radius angepaßt wird, um nicht an dem Flansch vorbeizusprühen.

[0037] Bei der sukzessiven Bearbeitung einer Profilpalette ist die Unterkante 11 der Doppel-T-Träger oder Profile jeweils durch deren Lage auf dem Fördermittel vertikal fest definiert, während die Oberkante 12 in der Höhe variiert. Durch die Drehbarkeit der Düsenanordnung kann mittels des vorliegenden Kühlsystems das Spritzbild an die wechselnden Oberkanten angepaßt werden, ohne die Kühlwirkung an den Unterkanten zu verändern.

[0038] Neben der Winkelverstellung ist es auch denkbar, die Kühlwirkung und das Spritzbild über eine Linearführung der Düsenanordnung zu variieren. Figur 5 zeigt im Querschnitt schematisch eine seitliche Düsenanordnung 3, die sich in Längsrichtung fortsetzt. Die Düsenanordnung ist als Ganzes horizontal verschiebbar. Die Spritzwirkung wird über den einzustellenden Abstand, die Anzahl der Düsen 7 und ein gezieltes Zu- und Abschalten einzelner Düsen erreicht. Über den Düsenwinkel, der vom Abstand Trägerflansch-Düse abhängig ist, erfolgt eine Anpassung an den jeweiligen Träger 5 a,b oder Profil 6. Die Kühlleistung bzw. der Wärmeübergangskoeffizient wird über die Variation des Düsendrucks eingestellt. Es ist denkbar, daß die Funktionen der Winkelverstellung und der Linearführung kombiniert werden.

[0039] Die Figuren 6 a und b stellen die Kühlung der Unterseiten eines Doppel-T-Trägers durch Düsen aus dem Rollgang, d.h. der unteren Düsenanordnung 2, dar. Es ist ersichtlich, daß die Düsenanordnung sowohl an unterschiedlichen Profilstaffelungen als auch an Träger unterschiedlicher Typen mit unterschiedlich großen Stegbereichen und entsprechenden Flanschbereichen anpaßbar ist.

[0040] In Figur 6a ist dargestellt, daß bei Trägern 5 a mit breiteren Stegbereichen die äußeren sowie die zentralen Düsenreihen zur Anwendung kommen, während bei Trägern mit kürzeren Stegbereichen 5 b (Figur 6 b) eine optimale Sprühwirkung durch mittlere Sprühreihen erreicht wird. Durch Zu- und Abschalten der Düsen ist somit eine optimale Kühlwirkung gezielt einstellbar.

[0041] Es erweist sich als vorteilhaft, daß jeweils die Sprühfächerkante desjenigen Sprühstrahls, der die Flanschinnenseite 9 und den der Flanschinnenseite nächstliegenden Stegbereich beaufschlagt, parallel zu einer gedachten, näherungsweise geraden Verbindungslinie 13 des Übergangsbereichs Flanschinnenseite/Stegbereich aller Profile einer Staffelung verläuft.

[0042] Die Vorrichtung kann nicht nur für Doppel-T-Träger oder Grubenausbauprofile verwendet werden. Möglich ist ebenfalls die Verwendung für Schienen oder

gewinkelte Profile.

Bauteil gelagert sind.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum kontrollierten Abkühlen von warmgewalzten Profilen, insbesondere Trägern, direkt aus der Walzhitze, bestehend aus einer Anordnung von Düsen mit Austrittsöffnungen zum Sprühen von Kühlmittel auf die Profile, wobei die Profile entlang der Düsenanordnung transportiert werden, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Kühlvorrichtung Kühlbereiche aufweist, wobei jeweils ein Kühlbereich von dem zu kühlenden Profil (5,6) aus betrachtet zu diesem oberhalb (1) und zu beiden Seiten (3) und unterhalb (2) angeordnet ist, und die Kühlbereiche jeweils einzeln oder kombiniert einsetzbar sind, wobei ein Kühlbereich jeweils aus mindestens einer Düse (7) oder einem Düsenverbund besteht, wobei die Düsen einzeln oder im Verbund steuerbar sind.

5
10
15
20

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Düsen (7) durch Variation des Düsenabstandes zum Profil hin, durch kontrollierte Einstellung des Spritzdrucks, durch stufenlose Verdrehbarkeit der einzelnen Düsen sowie durch Zu- und Abschalten der einzelnen Düsen steuerbar sind.

25
30

3. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Düsenverbund aus mehreren Düsen (7) besteht, deren Austrittsöffnungen eine Ebene aufspannen oder auf einer Geraden liegen.

35

4. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Düsen (7) der Kühlbereiche (1,2,3) außerhalb des Bereichs angeordnet sind, den das größte zu bearbeitende Profil (5, 6) einer Profilstaffelung bzw. Profilvereinigung einnimmt.

40

5. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der untere Kühlungsbereich (2) unterhalb des Fördermittels der Profile, insbesondere eines Rollgangs (4), angeordnet ist.

45

6. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der seitliche Kühlungsbereich (3) in horizontaler Richtung zum Profil verschiebbar ist.

50

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Düsen des seitlichen Kühlungsbereichs (3) einzeln oder zusammen an einem bewegbaren

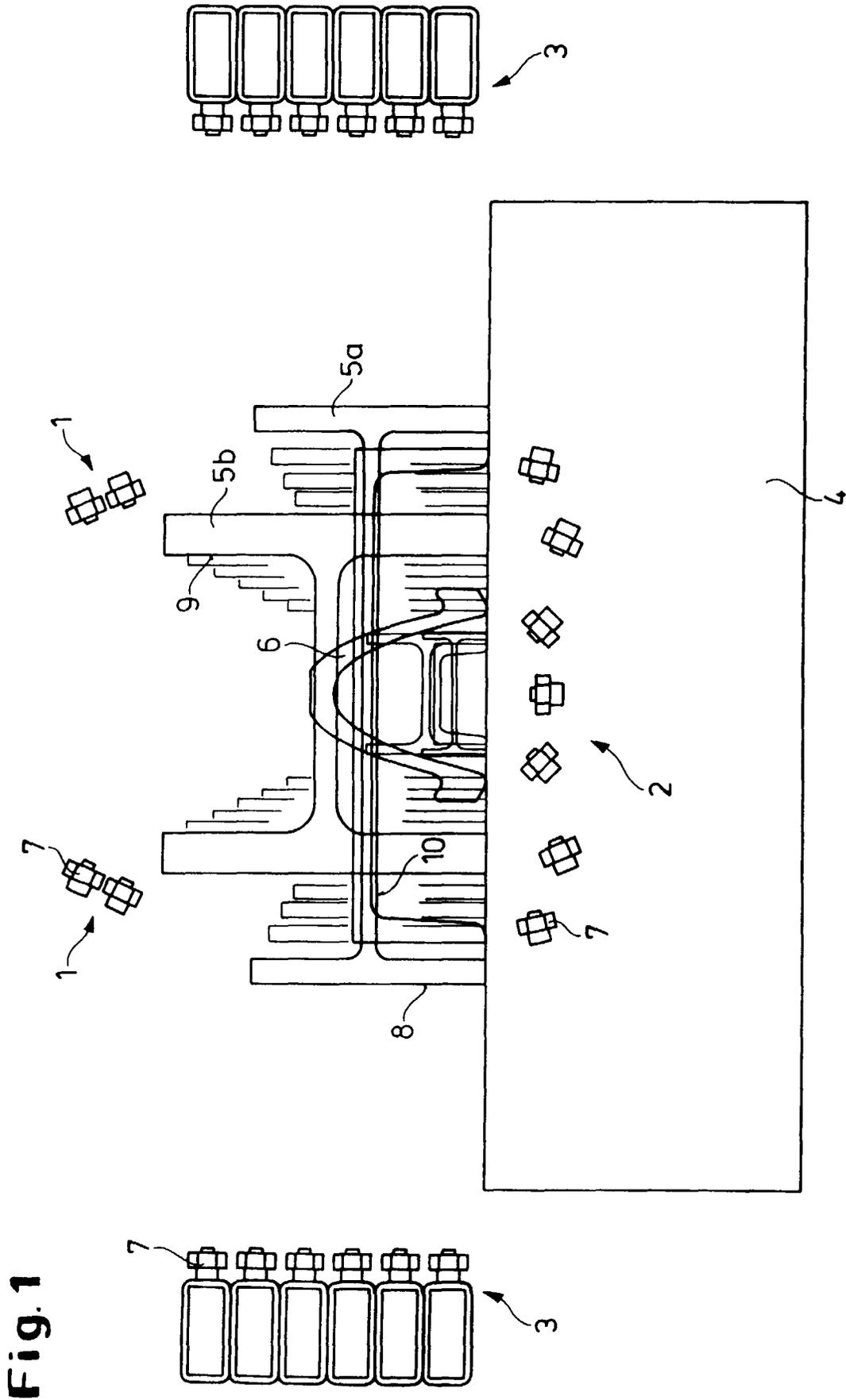
55

8. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß bei der Kühlung von als Doppel-T-Trägern ausgebildeten Stahlträgern (5), bestehend aus einem Steg und zwei Flanschen, die obere Sprühfächerkante des Sprühstrahls, der die Flanschinnenseiten (9) und den den Flanschinnenseiten nächstliegenden Stegbereich (10) beaufschlagt, parallel zu einer gedachten Verbindungslinie (13) des Übergangsbereichs Flanschinnenseite/Steg aller Profile einer Staffelung verläuft.

5

9. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß es sich bei dem Kühlmedium um Wasser, Aerosole oder andere Kühlfluide handelt.

5



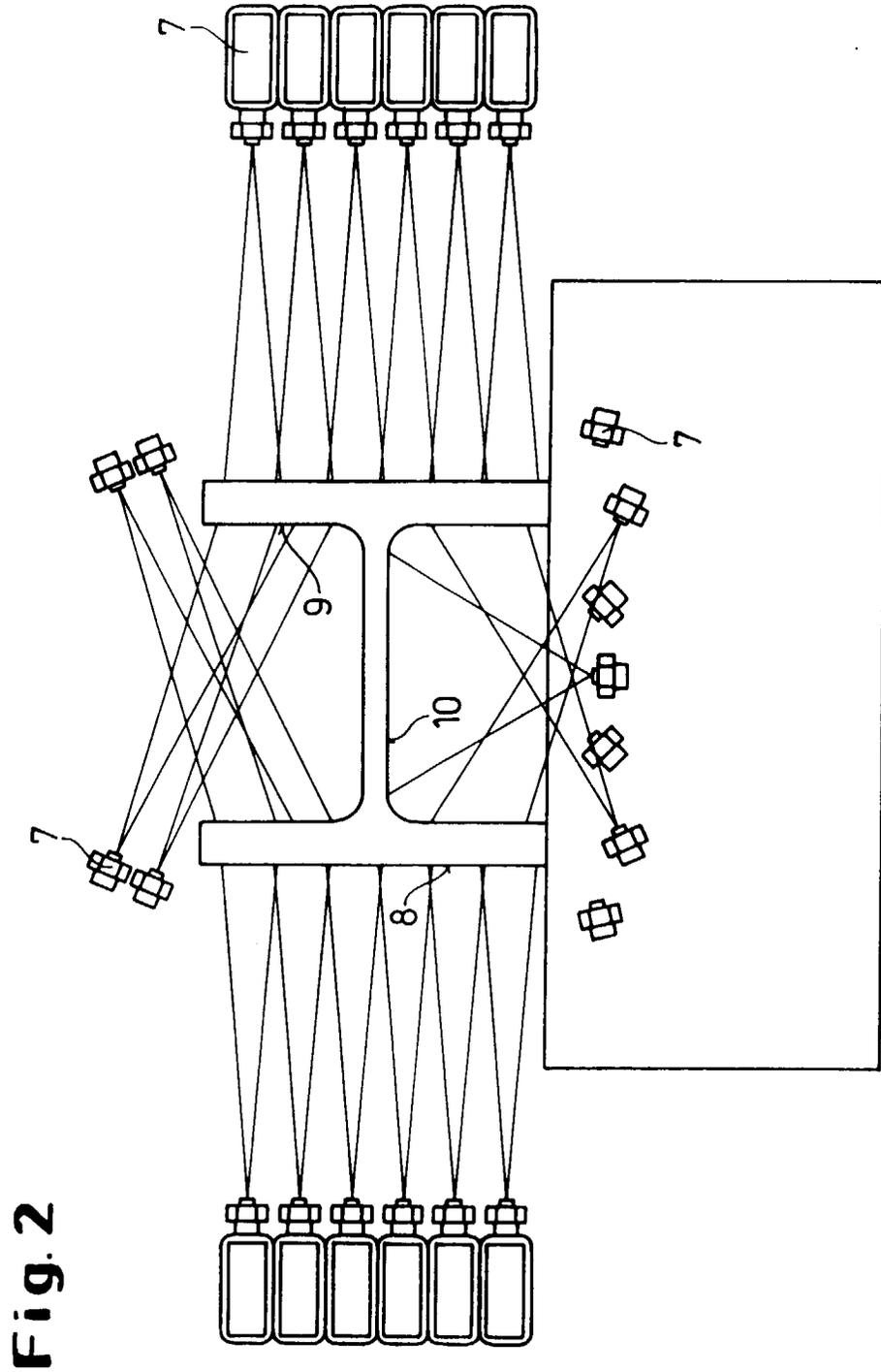


Fig. 2

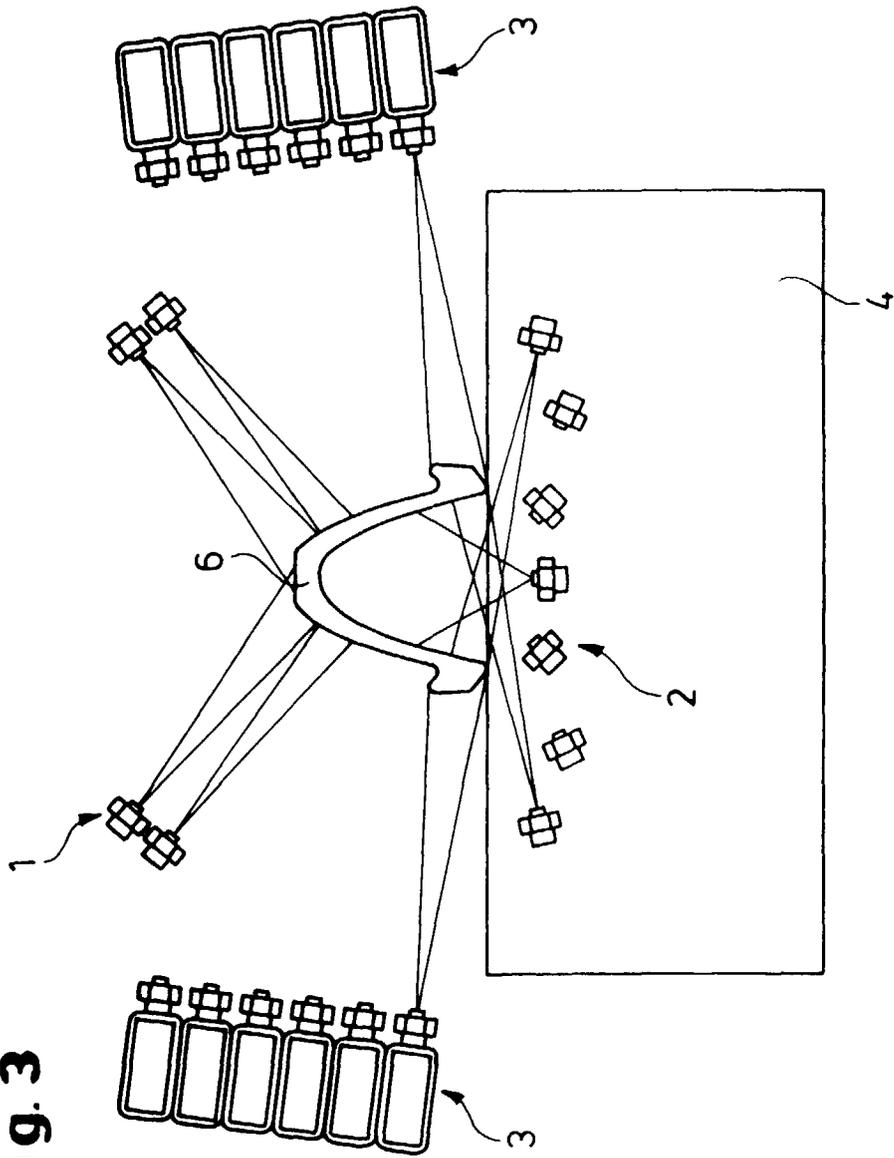


Fig. 3

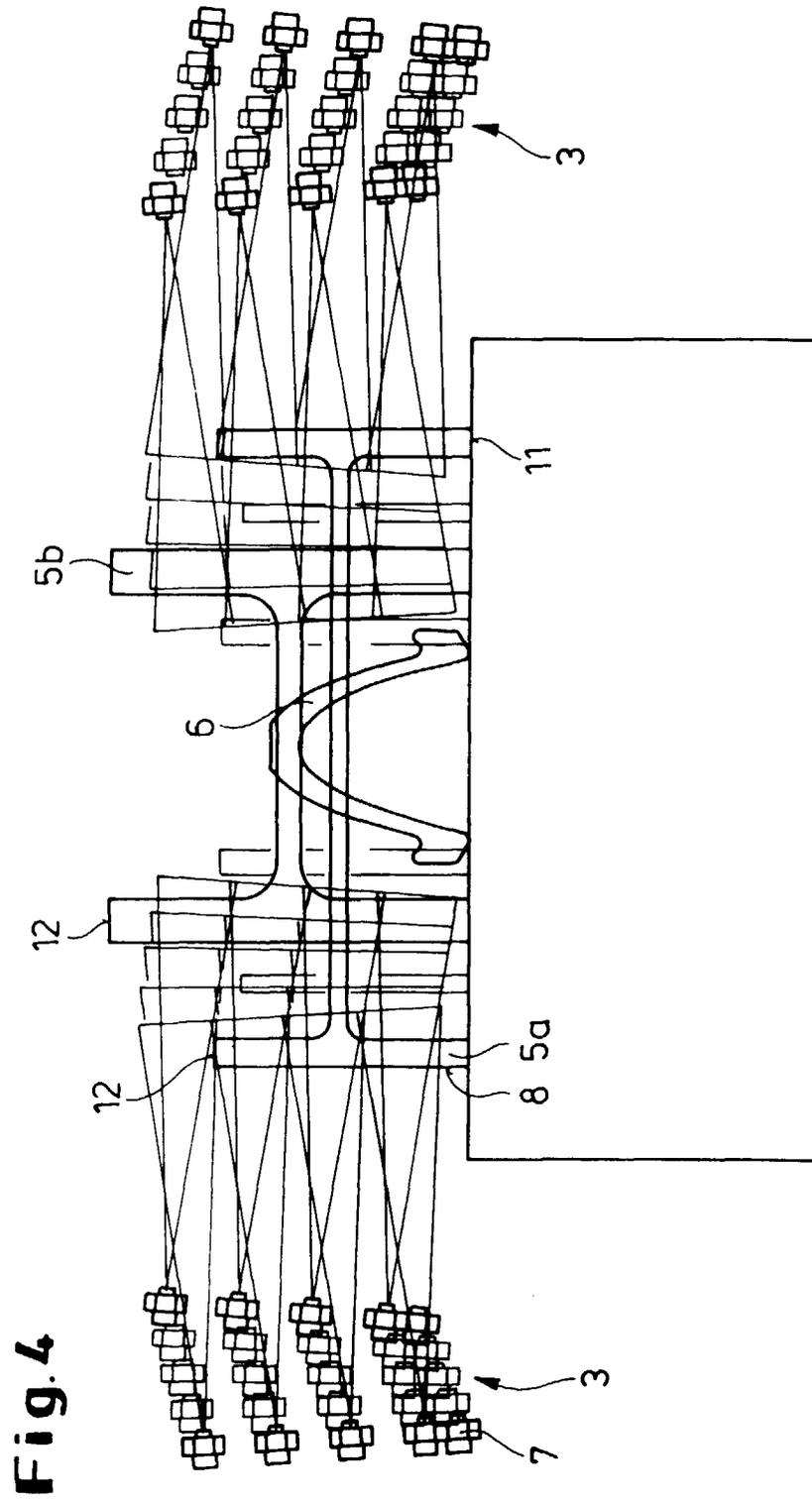


Fig. 4

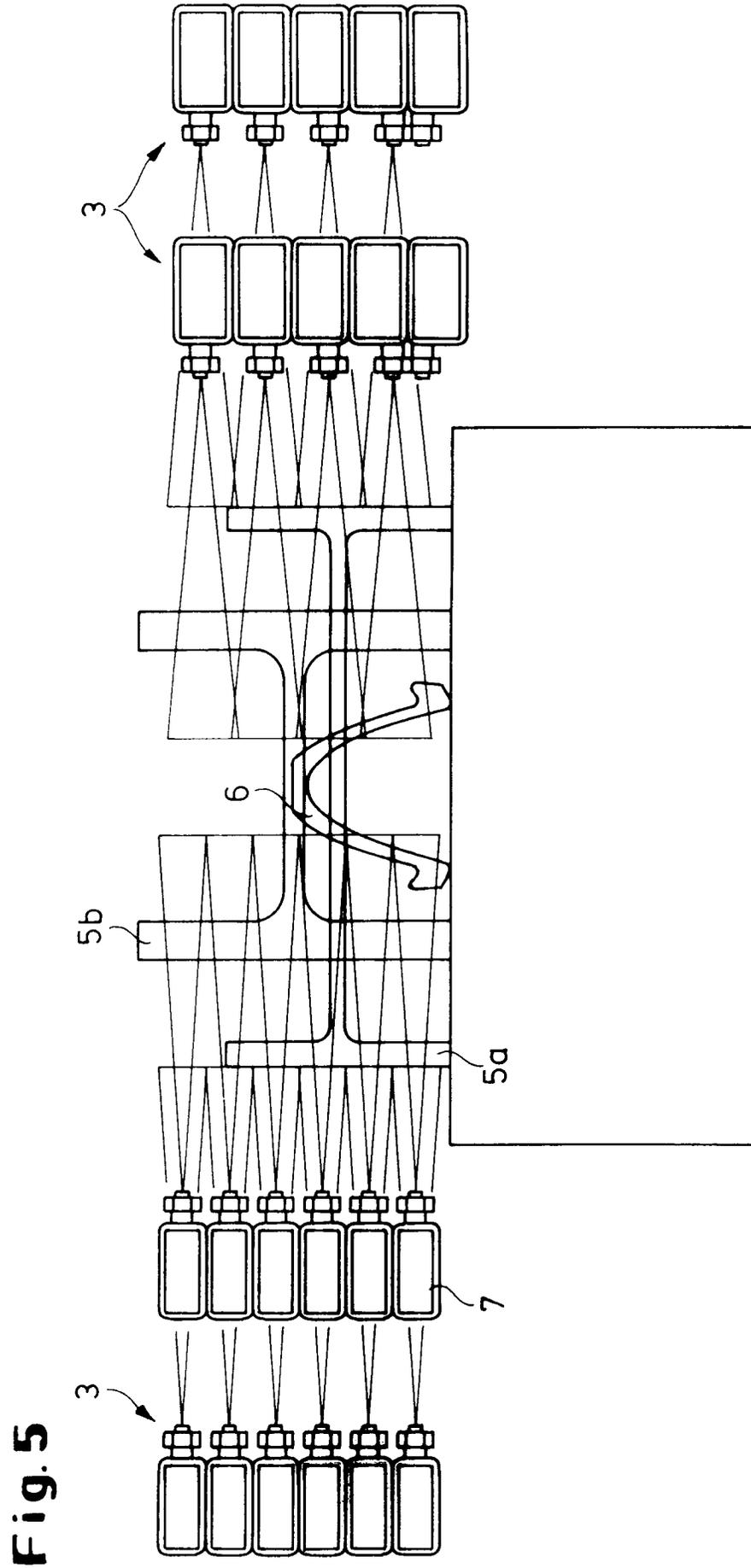
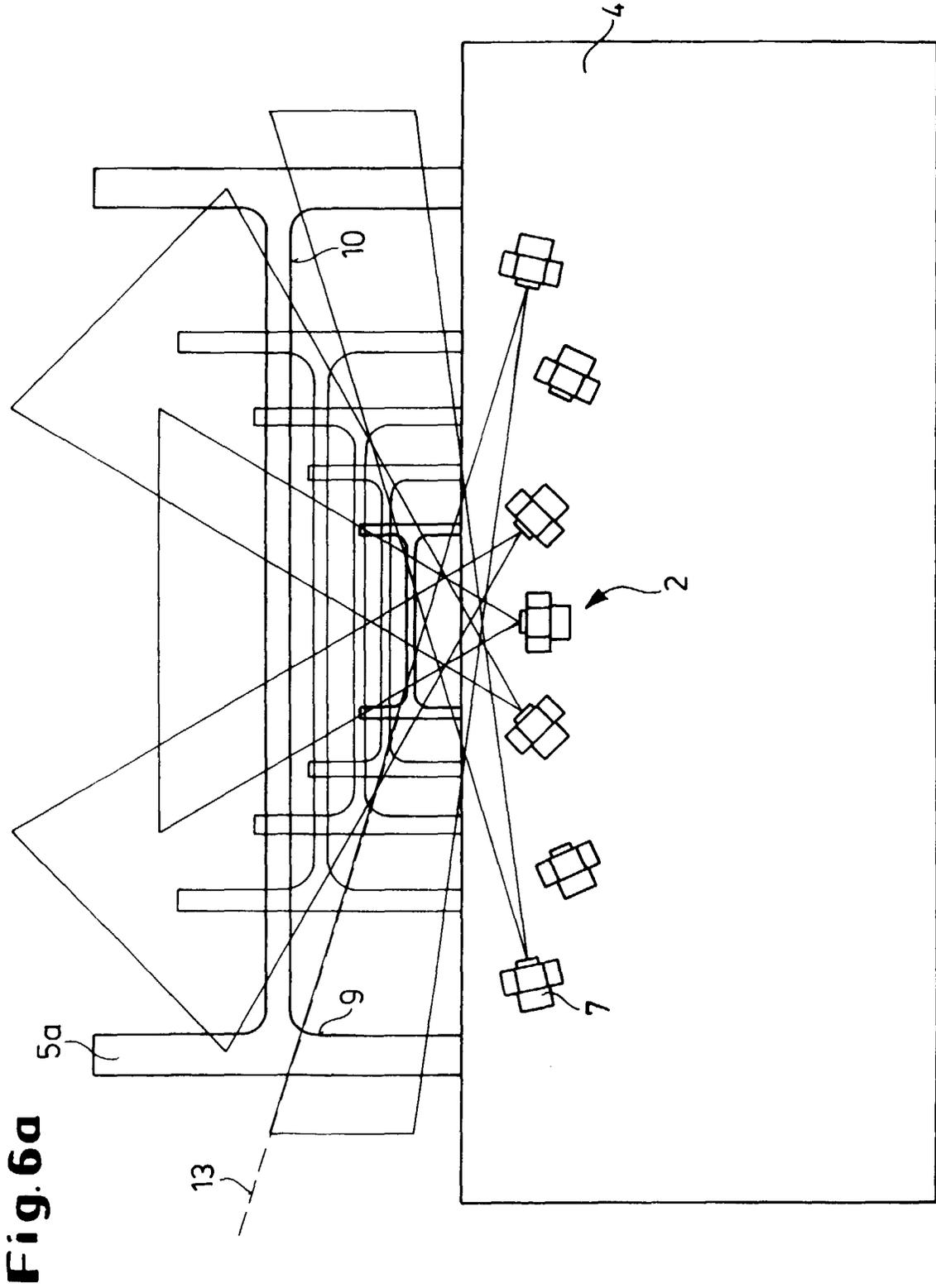


Fig. 5



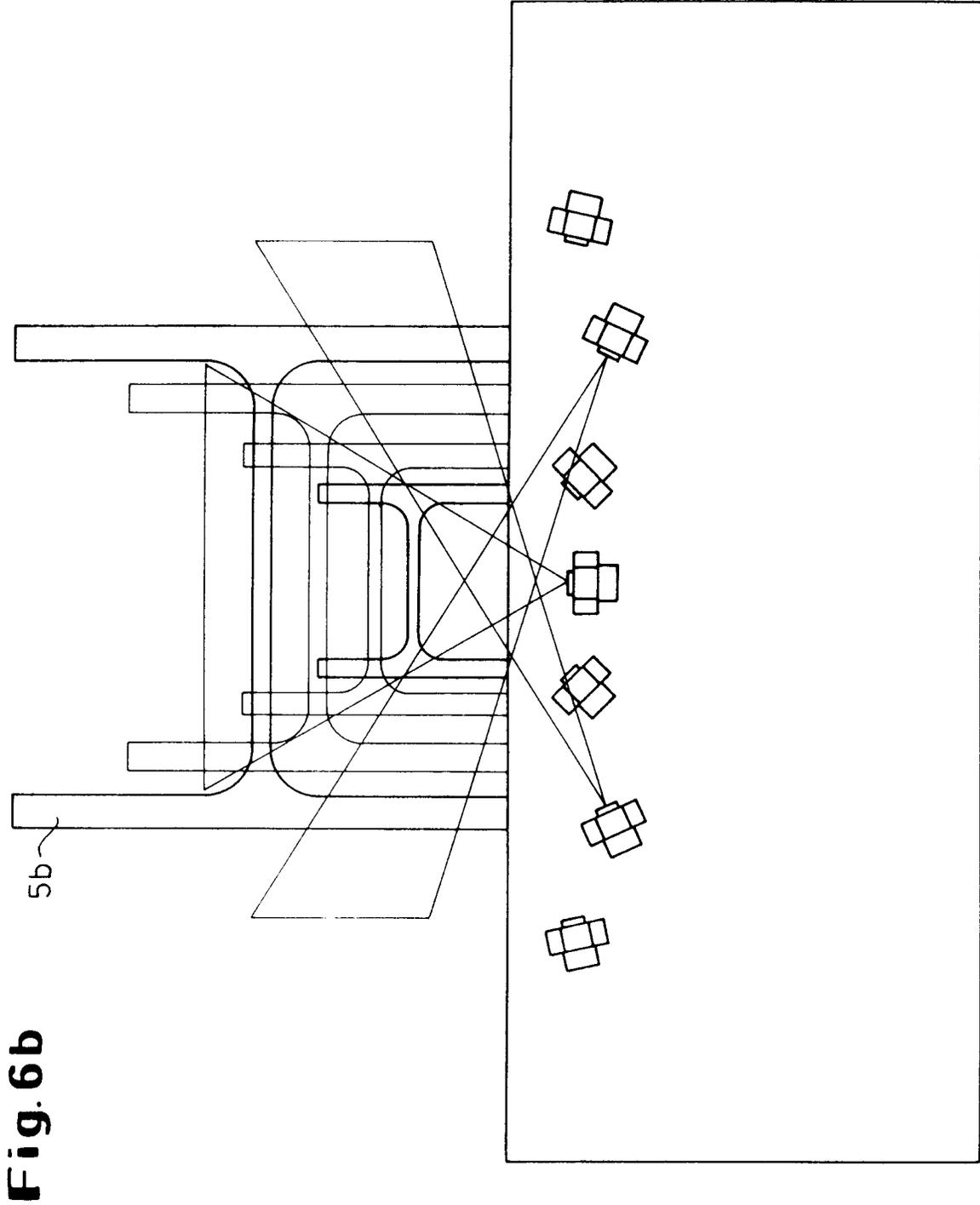


Fig. 6b