


 INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

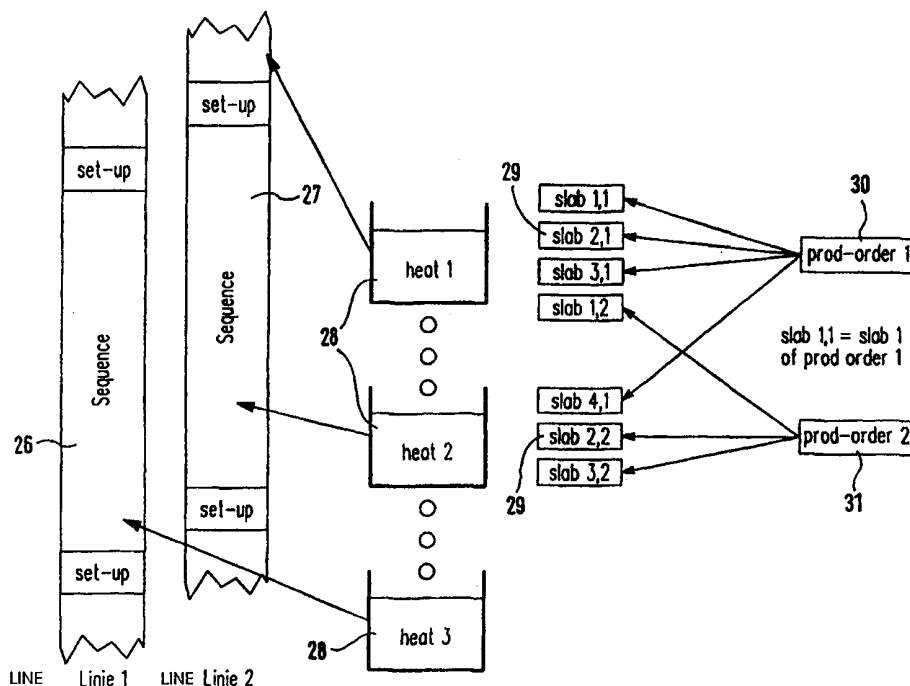
(51) Internationale Patentklassifikation ⁷ : B22D 11/16	A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 00/05014 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 3. Februar 2000 (03.02.00)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE99/02107 (22) Internationales Anmeldedatum: 8. Juli 1999 (08.07.99) (30) Prioritätsdaten: 198 32 762.5 21. Juli 1998 (21.07.98) DE (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wiltelsbacherplatz 2, D-80333 München (DE). FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V. [DE/DE]; Leonrodstrasse 54, D-80636 München (DE). (72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): BÜRVENICH, Hans-Peter [DE/DE]; Killinger Strasse 81, D-91056 Erlangen (DE). DACHTLER, Gerhard [DE/DE]; Johann-Sebastian-Bach-Strasse 2, D-91083 Baiersdorf (DE). WELLER, Rüdiger [DE/DE]; Märzenbaumstrasse 2, D-70567 Stuttgart (DE). (74) Anwalt: ZEDLITZ, Peter; Postfach 22 13 17, D-80503 München (DE).		(81) Bestimmungsstaaten: AU, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE). Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht.</i> <i>Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist; Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.</i>

(54) Title: CONTINUOUS CASTING INSTALLATION, ESPECIALLY A THIN SLAB CONTINUOUS CASTING INSTALLATION

(54) Bezeichnung: GIESSWALZANLAGE, INSBESONDERE DÜNNBRAMMENGIESSWALZANLAGE

(57) Abstract

The invention relates to a method for operating a continuous casting installation, especially a thin slab continuous casting installation, using a computing unit. A plurality of slabs (29) which belong to different production orders (30, 31) are produced within sequences (26, 27) on the continuous casting installation. The computing unit determines the sequence of the slabs (29) belonging to the production orders (30, 31) within the sequences (26, 27) by using a genetic algorithm. The continuous casting installation is controlled by the computing unit according to the determined sequence.



(57) Zusammenfassung

Es wird ein Verfahren zum Betreiben einer Gießwalzanlage, insbesondere einer Dünnbrammengießwalzanlage, mit einem Rechenggerät beschrieben. Auf der Gießwalzanlage werden innerhalb von Sequenzen (26, 27) eine Mehrzahl von Brammen (29) hergestellt, die unterschiedlichen Produktionsaufträgen (30, 31) zugehören. Die Abfolge der den Produktionsaufträgen (30, 31) zugehörigen Brammen (29) innerhalb der Sequenzen (26, 27) werden mit dem Rechenggerät durch einen genetischen Algorithmus ermittelt. Die Gießwalzanlage wird entsprechend der ermittelten Abfolge von dem Rechenggerät gesteuert.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidshan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland			TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	ML	Mali	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MN	Mongolei	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MR	Mauretanien	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MW	Malawi	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	MX	Mexiko		
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CG	Kongo	KE	Kenia	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CM	Kamerun			PL	Polen		
CN	China	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CU	Kuba	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CZ	Tschechische Republik	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
DE	Deutschland	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DK	Dänemark	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
EE	Estland	LR	Liberia	SG	Singapur		

Titel: Gießwalzanlage, insbesondere
 Dünnbrammengießwalzanlage

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer Gießwalzanlage, insbesondere einer Dünnbrammengießwalzanlage, mit einem Rechengerät, wobei auf der Gießwalzanlage innerhalb von Sequenzen eine Mehrzahl von Brammen hergestellt werden, die unterschiedlichen Produktionsaufträgen zugehören. Ebenfalls betrifft die Erfindung eine Gießwalzanlage, insbesondere Dünnbrammengießwalzanlage, mit einem Rechengerät, wobei auf der Gießwalzanlage innerhalb von Sequenzen eine Mehrzahl von Brammen herstellbar sind, die unterschiedlichen Produktionsaufträgen zugehören.

Derartige Verfahren zum Betreiben von Gießwalzanlagen, wie auch derartige Gießwalzanlagen sind allgemein bekannt und vielfach in Betrieb.

Ebenfalls ist bekannt, daß Gießwalzanlagen technischen Restriktionen unterworfen sind, die sich beispielsweise aus den Standzeiten von Teilen der Anlage ergeben. Beispielsweise die Aufteilung des Betriebs der Gießwalzanlage in einzelne Sequenzen ist eine Folge derartiger technischer Restriktionen.

Mit Gießwalzanlagen, wie auch mit Dünnbrammengießwalzanlagen, werden unterschiedliche Produktionsaufträge abgearbeitet. Aus diesen Produktionsaufträgen ergeben sich auftragsbedingte Restriktionen, beispielsweise bezüglich der erwünschten Stahlmarke oder der erwünschten Dicke und Breite des jeweiligen Endprodukts.

Die technischen und die auftragsbedingten Restriktionen führen bekannterweise dazu, daß es sehr schwierig ist, die Gießwalzanlage optimal mit unterschiedlichen Produktionsaufträgen in einem sogenannten Produktionsmix zu betreiben. Beispielsweise im Hinblick auf die Auslastung der Gießwalzanlage sind die technischen und die auftragsbedingten Restriktionen einander nahezu entgegengerichtet, so daß es bisher kaum möglich ist, diesbezüglich einen optimalen Betrieb mit unterschiedlichen Aufträgen der Gießwalzanlage zu erreichen.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zum Betreiben einer Gießwalzanlage, insbesondere einer Dünnbrammengießwalzanlage, zu schaffen, das einen optimierten Betrieb ermöglicht.

Diese Aufgabe wird bei einem Verfahren der eingangs genannten Art erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die Abfolge der den Produktionsaufträgen zugehörigen Brammen innerhalb der Sequenzen mit dem Rechengerät durch einen genetischen Algorithmus ermittelt wird, und daß die Gießwalzanlage entsprechend der ermittelten Abfolge von dem Rechengerät gesteuert wird. Bei einer Gießwalzanlage der eingangs genannten Art wird die Aufgabe erfindungsgemäß durch die Verwendung eines genetischen Algorithmus zur Ermittlung der Abfolge der den Produktionsaufträgen zugehörigen Brammen innerhalb der Sequenzen gelöst.

Es hat sich herausgestellt, daß mittels des genetischen Algorithmus ein weitgehend optimierter Betrieb der Gießwalzanlage erreicht werden kann. Der genetische Algorithmus ist in der Lage, die technischen und die auftragsbedingten Restriktionen auf eine optimierte Weise zu berücksichtigen. Mit Hilfe des genetischen Algorithmus kann eine Abfolge der Brammen innerhalb der Sequenzen erzeugt werden, die trotz der genannten Restriktionen einen beispielsweise im Hinblick auf die Auslastung der Gießwalzanlage optimierten Betrieb derselben ermöglicht.

Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird die Abfolge der den Produktionsaufträgen zugehörigen Brammen innerhalb der Sequenzen mit dem Rechenggerät durch eine ereignisorientierte Bewertung ermittelt, und es wird die Gießwalzanlage entsprechend der ermittelten Abfolge von dem Rechenggerät gesteuert.

Es hat sich gezeigt, daß die ereignisorientierte Bewertung besonders gut mit dem genetischen Algorithmus zusammenwirkt. Es ergibt sich mit der ereignisorientierten Bewertung und dem genetischen Algorithmus ein besonders weitgehend optimierter Betrieb der Gießwalzanlage.

Das erfindungsgemäße Verfahren ist besonders gut bei Dünnbrammengießwalzanlagen einsetzbar. Aufgrund der dort vorhandenen, noch weitergehenden technischen Restriktionen ist gerade der genetische Algorithmus besonders gut dazu geeignet, einen optimierten Betrieb der Anlage zu gewährleisten.

Weitere Merkmale, Anwendungsmöglichkeiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen der Erfindung, die in den Figuren der Zeichnung dargestellt sind. Dabei bilden alle beschriebenen oder dargestellten Merkmale für sich oder in beliebiger Kombination den Gegenstand der Erfindung, unabhängig von ihrer Zusammenfassung in den Patentansprüchen oder deren

Rückbeziehung sowie unabhängig von ihrer Formulierung bzw. Darstellung in der Beschreibung bzw. in der Zeichnung.

- Figur 1 zeigt ein schematisches Blockschaltbild eines Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Dünnbrammengießwalzanlage,
- Figur 2 zeigt eine schematische Darstellung beispielhafter Sequenzen der Dünnbrammengießwalzanlage der Figur 1,
- Figur 3 zeigt ein schematisches Blockschaltbild eines Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Verfahrens zum Betreiben der Dünnbrammengießwalzanlage der Figur 1, und
- Figur 4 zeigt eine schematische Darstellung produktabhängiger Sequenzen der Dünnbrammengießwalzanlage der Figur 1, die nach dem Verfahren der Figur 3 erstellt worden sind.

In der Figur 1 ist eine Dünnbrammengießwalzanlage 1 dargestellt, die zur Herstellung beispielsweise von Blechen vorgesehen ist. Die Dünnbrammengießwalzanlage 1 besteht aus drei Gießsträngen 2, 3, 4, die in einem nachfolgenden Tunnelofen (CFT = Tunnel Furnace) 5 zusammengeführt sind. Danach folgt eine Warmwalzanlage (HSM = Hot Strip Mill) 6 zur weiteren Verarbeitung.

In dem Gießstrang 2 wird Rohstahl einer Legierungspfanne (Ladle Furnace) 7 zugeführt, die dazu dient, den Stahl in

Abhängigkeit von erwünschten Schmelzengrößen zu legieren. Der Legierungspfanne 7 ist eine Entgasungsanlage (VD = Vacuum Degassing) 8 nachgeordnet, mit der der Stahl in Abhängigkeit von einer erwünschten Stahlmarke entgast wird. Dann folgt eine Gießanlage (CC = Continous Caster) 9, mit der der Stahl zu Brammen vergossen wird. Nach dem Gießprozess wird die Bramme auf ihre im Auftrag ausgearbeitete Länge geschnitten, um anschließend in den Tunnelofen einzutreten.

Es ist möglich, daß in dem Gießstrang 2 die Legierungspfanne 7 und die Entgasungsanlage 8 nicht vorhanden sind, so daß der Rohstahl direkt in die Gießanlage 9 eingebracht wird.

In den beiden Gießsträngen 3, 4 ist jeweils ein Elektroofen (EAF = Electric Arc Furnace) 10 vorgesehen, die beide mit Schrott beschickt werden. In den Elektroöfen 10 wird der Schrott geschmolzen. Den Elektroöfen 10 ist jeweils eine Legierungspfanne 11 und eine Entgasungsanlage 12 nachgeordnet, die die bereits im Zusammenhang mit dem Gießstrang 2 beschriebenen Funktionen besitzen. Danach folgt jeweils eine Gießanlage 13.

Durch das Gießen des Stahls mittels der Gießanlagen 9, 13 entstehen Brammen, die den Tunnelofen 5 durchlaufen. Die Brammen gelangen direkt von den jeweiligen Verteilern in den Tunnelofen. Innerhalb des Tunnelofens 5 können diese Brammen

zumindest kurzzeitig gepuffert werden und es ist auch ein Vorziehen einzelner Brammen möglich.

Für die Formung der Brammen sind an jeder Gießanlage ein Verteiler sowie Kokillen und Segmente vorgesehen, durch die die Schmelze vergossen und zu Brammen werden. Die Kokillen und die Segmente können in ihrem Abstand zueinander verstellt werden, so daß die Breite und die Dicke der Bramme einstellbar ist. Vor der Warmwalzanlage 6 sind Brammen vorhanden, die - da es sich um eine Dünnbrammengießwalzanlage handelt - eine kokillenabhängige Dicke im Bereich von etwa 50 mm aufweisen.

Im Unterschied zu Gießwalzverfahren allgemein erfolgt bei der Dünnbrammengießwalzanlage 1 der Figur 1 keine Lagerung der erstellten Brammen. Stattdessen werden die Brammen sofort der Warmwalzanlage 6 zugeführt. Wie dies in der Figur 1 mit der Bezugsziffer 15 gekennzeichnet ist, werden die Brammen nacheinander der Warmwalzanlage 6 zur Verarbeitung zugeführt, also nicht mehr zwei Brammen gleichzeitig bzw. parallel, wie dies in dem Tunnelofen 5 der Fall ist.

In der Warmwalzanlage 6 werden die Brammen mehrfach durch Walzenpaare hindurchgeführt und dadurch in ihrer Dicke reduziert. Es entsteht das Warmband, das ungefähr Dicken zwischen 1 mm und 12 mm aufweist. Der Warmwalzanlage 6 folgt häufig eine Kaltwalzanlage, mit der die Brammen einer weiteren Dickenreduktion unterzogen werden. Als Endprodukt ergibt sich

am Ausgang der Kaltwalzanlage das Kaltband, bei dem es sich beispielsweise um ein Blech mit einer Dicke von 0,8 mm bis 1 mm handelt.

Unter anderem die beschriebenen Teile der Dünnbrammengießwalzanlage 1 besitzen jeweils bestimmte Standzeiten. So müssen beispielsweise die Verteiler der Gießanlagen 9, 13 nach einer bestimmten Menge von durchgeführtem flüssigen Stahl gereinigt, angewärmt und gegebenenfalls auch teilweise erneuert werden. Entsprechendes gilt für die Kokillen und die Segmente. Bei der Warmwalzanlage 6 und der Kaltwalzanlage müssen nach einer bestimmten gewalzten Länge von durchgeführten Brammen die Walzen erneuert werden. Diese Vorgänge werden als Rüstung oder Rüsten oder Set Up bezeichnet.

Die Rüstung der Gießanlagen 9, 13 kann zu unterschiedlichen Zeitpunkten voneinander unabhängig geschehen. Das Rüsten der Warmwalzanlage geschieht ohne Unterbrechung der Gießprozesse. Die Rüstung an den Gießwalzanlagen 9, 13 unterbricht das kontinuierliche Gießen von Brammen. Das Intervall zwischen zwei Set Up's wird als Sequenz oder Sequence bezeichnet.

Betrachtet man die Dünnbrammengießwalzanlage 1 aus der Sicht des Tunnelofens 5, so ergibt sich ein Bild, das nachfolgend anhand der Figur 2 erläutert ist. Bei der Figur 2 handelt es

sich dabei um ein Diagramm über der Zeit t , das die zeitliche Abfolge von Vorgängen in dem Tunnelofen 5 angibt.

Wie beschrieben wurde, wird der Tunnelofen 5 von zwei Strängen 16, 17 mit aufeinanderfolgenden Brammen durchlaufen. Jeder dieser Stränge besteht aus aufeinanderfolgenden Sequenzen 18 und Rüstungen 19. Jede der Sequenzen 18 setzt sich aus einzelnen Schmelzen 20 zusammen, wobei den einzelnen Schmelzen 20 jeweils bestimmte Brammen 21 zugeordnet sind.

Die Sequenzen 18 und Rüstungen 19 ergeben sich wie beschrieben aus den Standzeiten der Teile der Dünnbrammengießwalzanlage 1. Bei den Schmelzen 20, die auch als Heats bezeichnet werden, handelt es sich um unterschiedliche Stähle, beispielsweise um unterschiedliche Stahlmarken, die über die verschiedenen Gießstränge 2, 3, 4 erzeugt und dem Tunnelofen 5 zugeführt werden. Die Brammen 21, die auch als Slab bezeichnet werden, weisen jeweils z.B. die Stahlmarke derjenigen Schmelze 20 auf, aus der sie hergestellt worden sind. Aus einer der Schmelzen 20 können dabei, wie dies in der Figur 2 dargestellt ist, mehrere Brammen 21 hergestellt werden.

Beispielhaft ist in der Figur 2 dargestellt, wie sich bei dem Strang 17 die erste Sequenz 18 aus insgesamt vier Schmelzen 20 zusammensetzt, die ihrerseits zur Herstellung von insgesamt 87 Brammen 21 vorgesehen sind.

Innerhalb einer der Sequenzen 18, also beispielsweise innerhalb der vorgenannten ersten Sequenz 18, können nur Schmelzen 20 verarbeitet werden, deren Stahlmarken miteinander verträglich sind. Die Schmelzen 20 müssen einer sogenannten Stahlmarkenfamilie angehören. Erst nach einer Rüstung 19 können Schmelzen 20 mit anderen Stahlmarken zum Einsatz kommen. Dies stellt eine technische Restriktion für die Dünnbrammengießwalzanlage 1 dar.

Wie erläutert wurde, hängen die Sequenzen 18 von den Standzeiten der Teile der Dünnbrammengießwalzanlage 1 ab. Dies stellt eine weitere technische Restriktion für die Dünnbrammengießwalzanlage 1 dar.

Wie ebenfalls beschrieben wurde, kann die Breite und die Dicke der Brammen mittels der Kokillen und der Segmente beeinflusst werden. Dies ist jedoch nicht beliebig möglich. So kann z.B. die Breite der Brammen nur von einer größeren Breite in Richtung zu einer kleineren Breite innerhalb ein- und derselben Sequenz verändert werden. Auf diese Weise sind weitere technische Restriktionen für die Dünnbrammengießwalzanlage 1 vorhanden, die beim Betrieb derselben berücksichtigt werden müssen.

Mit der beschriebenen Dünnbrammengießwalzanlage 1, die die ebenfalls beschriebenen technischen Restriktionen aufweist,

werden Produktionsaufträge ausgeführt, die auftragsbedingte Restriktionen aufweisen.

Bei diesen auftragsbedingten Restriktionen handelt es sich beispielsweise um die Stahlmarke und die Qualität des Stahls, der bei einem Produktionsauftrag erwünscht ist und verwendet werden soll. Eine weitere auftragsbedingte Restriktion eines Produktionsauftrags besteht in der erwünschten Dicke und Breite des herzustellenden Endprodukts, also z.B. des erwünschten Blechs. Schließlich stellt auch die Menge bzw. Tonnage des jeweiligen Produktionsauftrags eine auftragsbedingte Restriktion dar.

In der Figur 3 ist ein Verfahren zum Betreiben der Dünnbrammengießwalzanlage 1 dargestellt, mit dem die vorgenannten technischen und auftragsbedingten Restriktionen berücksichtigt werden können.

Das Verfahren der Figur 3 stellt eine Verknüpfung eines genetischen Algorithmus und einer ereignisorientierten Bewertung dar. Bei dem Verfahren wird zuerst eine Ausgangs- oder Startlösung definiert, um danach einen Iterationsprozeß für den Betrieb der Dünnbrammengießwalzanlage 1 zu ermitteln. Ist ein Abbruchkriterium erfüllt, wird das Verfahren beendet. Die beste ermittelte Lösung stellt dann eine Lösung dar, mit der die Dünnbrammengießwalzanlage 1 im Hinblick auf die

technischen und auftragsbedingten Restriktionen optimiert betrieben werden kann.

In der Figur 3 ist ein Block 22 dargestellt, der zur Ermittlung und Definition des Lösungsraumes vorgesehen ist. Dort werden von einem Benutzer sämtliche für die Durchführung des Verfahrens erforderlichen Daten in ein Rechengerät eingegeben. Dieser Vorgang wird auch als Codierung bezeichnet.

Dabei handelt es sich unter anderem um die zu den einzelnen Produktionsaufträgen gehörigen Daten, also beispielsweise Liefertermine, zu liefernde Mengen, und dergleichen. Insbesondere handelt es sich um diejenigen Daten, die die auftragsbedingten Restriktionen charakterisieren, also z.B. die Stahlmarken des jeweiligen Produktionsauftrags, die Qualität des Stahls, die erwünschte Breite und Dicke des Endprodukts, und dergleichen.

Aus diesen Daten ermittelt das Rechengerät in dem Block 22 eine erste Lösung, mit der die vorhandenen technischen und auftragsbedingten Restriktionen bei der Dünnbrammengießwalzanlage 1 an sich erfüllt werden könnten. Diese erste Lösung stellt dabei einen Vorschlag dar, wie die einzelnen, zu den Produktionsaufträgen zugehörigen Brammen auf der Dünnbrammengießwalzanlage 1 zeitlich nacheinander hergestellt werden sollen. Bei der ersten Lösung, die auch als Startlösung bezeichnet wird, handelt es sich um eine Lösung,

bei der die Dünnbrammengießwalzanlage 1 eher unbefriedigend betrieben werden würde.

In einem Block 23 wird die im Block 22 ermittelte erste Lösung von dem Rechengerät bewertet. Hierzu wird eine ereignisorientierte Bewertung auf der Grundlage der vorhandenen Startlösung durchgeführt. Dabei wird mit den Werten der Startlösung der Betrieb der Dünnbrammengießwalzanlage 1 von dem Rechengerät simuliert.

Bei dieser Simulation werden die technischen Restriktionen der Dünnbrammengießwalzanlage 1 berücksichtigt. Dabei handelt es sich unter anderem um die Betriebsparameter der Dünnbrammengießwalzanlage 1, also z.B. der Anzahl der Gießstränge 2, 3, 4, der Anzahl und Art der Gießanlagen 9, 13, der Anzahl der in dem Tunnelofen 5 hindurchgeführten Stränge von Brammen, der Anzahl und der Art der Walzen der Warmwalzanlage 6, und dergleichen. Ebenfalls handelt es sich dabei um diejenigen Daten, die die technischen Restriktionen charakterisieren, also beispielsweise die möglichen Breiten und Dicken der Brammen oder die Sprungweiten oder dergleichen.

Es werden also sämtliche planungsnotwendigen Ereignisse, die im Betrieb der Dünnbrammengießwalzanlage 1 stattfinden würden, simulativ von dem Rechengerät nachgebildet. Damit ist es möglich, daß das Rechengerät bestimmte Simulationsergebnisse ermittelt.

Bei diesen Simulationsergebnissen kann es sich unter anderem um die Bearbeitungszeit handeln, die erforderlich ist, um einen bestimmten Produktionsauftrag zu erfüllen. Es kann sich um die Zeitdauern handeln, die sich bei Verwendung der ersten Lösung für die einzelnen Sequenzen 18 ergeben. Es kann sich um die Auslastung der Dünnbrammengießwalzanlage 1 handeln, die sich bei dieser Startlösung ergibt. Derartige und andere Simulationsergebnisse können von dem Rechengerät ermittelt und als Ausgangsinformation des Blocks 23 zur Verfügung gestellt werden.

In einem Block 24 wird von dem Rechengerät auf der Grundlage des zur Verfügung gestellten Simulationsergebnisses eine Auswahl getroffen. Das Kriterium für diese Auswahl ist die Güte des Simulationsergebnisses. Diese Güte wird von dem Rechengerät aus dem Simulationsergebnis berechnet, und zwar im Hinblick auf eine möglichst optimierte Erfüllung der technischen und auftragsbedingten Restriktionen.

In diese Berechnung der Güte eines Simulationsergebnisses können die folgenden Kriterien eingehen. Die Dünnbrammengießwalzanlage 1 soll möglichst gut ausgelastet sein. Es sollen die einzelnen Teile der Dünnbrammengießwalzanlage 1 ebenfalls möglichst gut und gleichmäßig ausgelastet sein. Es sollen die vorhandenen Gießstränge 2, 3, 4 und Gießanlagen 9, 13 möglichst synchron betrieben werden. Es sollen möglichst große Standzeiten der

Teile der Dünnbrammengießwalzanlage 1 erreicht werden. Es soll möglichst wenig Ausschuß bei dem gesamten Herstellungsverfahren entstehen. Die in den einzelnen Produktionsaufträgen vorgesehenen Liefertermine sollen eingehalten werden. Die vorgesehenen Anforderungen an das herzustellende Endprodukt, also z.B. die Breite, die Qualität, und dergleichen sollen eingehalten werden.

Derartige und andere Kriterien können von dem Rechengerät bei der in dem Block 24 erfolgenden Ermittlung der Güte des von dem Block 23 zur Verfügung gestellten Simulationsergebnisses berücksichtigt werden.

In Abhängigkeit von der von dem Rechengerät ermittelten Güte wird entschieden, ob das Verfahren fortgesetzt oder beendet wird. Überschreitet die Güte ein vorgegebenes Abbruchkriterium, so bedeutet dies, daß die erwünschte Güte erreicht ist und das Verfahren wird beendet. Ist dies jedoch nicht der Fall, so wird das Verfahren mit dem Block 25 fortgesetzt. Dies ist bei dem ersten Durchlauf auf der Grundlage der von dem Block 22 ermittelten Startlösung üblicherweise immer der Fall.

In dem Block 25 wird ein genetischer Algorithmus auf die aktuelle Generation von Lösungen angewendet. Dabei werden die einzelnen Werte der Lösung einer Auswahl und/oder einer

Rekombination und/oder einer Mutation unterzogen. Diese Maßnahmen werden auch als genetische Operatoren bezeichnet.

Unter der vorgenannten Auswahl wird eine Reproduktion verstanden, bei der bestimmte Werte der Lösung in Abhängigkeit von ihrer Qualität vermehrt werden. Bei der Rekombination werden Werte der Lösung untereinander ausgetauscht und gegebenenfalls zusätzlich miteinander kombiniert. Bei der Mutation der Lösung werden bestimmte Werte derselben individuell verändert und es werden gegebenenfalls zusätzlich neue Werte hinzugefügt.

Genetische Algorithmen und deren Anwendung sind aus folgenden Veröffentlichungen bekannt:

DeJong, K. (1985): Genetic Algorithms: A 10 Year Perspective, Proceedings of an International Conference on Genetic Algorithms and their Applications: Seiten 169 - 177, Hillsdale, N.J.;

Goldberg, D.E. (1989): Genetic Algorithms in Search, Optimization, Machine Learning, Addison-Wesley Publishing Company, Inc., Reading, Massachusetts;

Goldberg, D.E. (1989): Zen and the Art of Genetic Algorithms, Proceedings of the Third International Conference on Genetic Algorithms, Seiten 80 - 85, Morgan Kaufmann Pub., Palo Alto;

Schulte, J.W., Becker, B.D. (1993): Optimierung in der Werkstattsteuerung: Simulation und Genetische Algorithmen, Simulationstechnik 8. Symposium in Berlin, ASIM Berlin, September 1993, Seiten 599 - 602.

Nachdem die Werte der Lösung dem genetischen Algorithmus unterzogen worden sind, wird die entstandene neue Lösung wieder dem Block 23 zugeführt. Dort wird, wie bereits erläutert wurde, eine Bewertung der Lösung durchgeführt. Danach werden die ermittelten Simulationsergebnisse dem Block 24 zugeführt, der, wie ebenfalls beschrieben wurde, die Güte der Simulationsergebnisse ermittelt und in Abhängigkeit davon das Verfahren fortsetzt oder abbricht.

Auf diese Weise wird das Verfahren fortgesetzt, bis die erwünschte Güte erreicht ist und damit eine diese Güte erreichende Lösung gefunden ist. Bei dieser Lösung handelt es sich um eine optimierte Lösung, die dem Betrieb der Dünnbrammengießwalzanlage 1 zugrundegelegt wird.

In der Figur 4 ist beispielhaft eine produktabhängige Sequenz 26 der Dünnbrammengießwalzanlage 1 der Figur 1 dargestellt, die nach dem Verfahren der Figur 3 erstellt worden ist. Wie schon im Zusammenhang mit der Figur 2 erläutert wurde, folgen die Sequenz 26, 27 jeweils einer Rüstung. In den Sequenzen 26, 27 sind mehrere Schmelzen 28 vorhanden, die zur Herstellung von einer Vielzahl von Brammen 29 vorgesehen sind.

Bei den Brammen 29 handelt es sich im Unterschied zu der Darstellung der Figur 2 nicht mehr um "irgendwelche" Brammen, sondern um bestimmte Brammen, die bestimmten Produktionsaufträgen 30, 31 zugeordnet sind. Dies ergibt sich aus der Figur 4 dadurch, daß die einzelnen Brammen 29 mit Kennzeichen versehen sind, deren zweite Ziffer den jeweiligen Produktionsauftrag 30, 31 kennzeichnet, und deren erste Ziffer die Nummer der Bramme 29 innerhalb des Produktionsauftrags 30, 31 angibt. Mit der "Bramme 4,1" ist damit die vierte Bramme 29 des ersten Produktionsauftrags 30 gemeint.

Wesentlich bei der Figur 4 ist, daß die Brammen 29 der einzelnen Produktionsaufträge 30, 31 nicht mehr nacheinander innerhalb der Sequenzen 26, 27 abgearbeitet werden. Diese Änderung der Reihenfolge der Abarbeitung wird durch das Verfahren der Figur 3 ermittelt und gesteuert. Mit der Änderung werden die technischen und die auftragsbedingten Restriktionen der Dünnbrammengießwalzanlage 1 durch das Verfahren der Figur 3 berücksichtigt. Das im Zusammenhang mit der Figur 3 erwähnte Rechenggerät steuert die Dünnbrammengießwalzanlage 1 daraufhin derart, daß der in der Figur 4 dargestellte Ablauf der Sequenzen 26, 27 entsteht.

Mit Hilfe des beschriebenen Verfahrens ist es damit möglich, die Brammen 29 der einzelnen Produktionsaufträge 30, 31 derart auf die Sequenzen 26, 27 zu verteilen, daß die Dünnbrammengießwalzanlage 1 optimiert betrieben wird. Diese

Verteilung wird von dem Rechengerät nach dem Verfahren der Figur 3 ermittelt. Danach wird die Dünnbrammengießwalzanlage 1 derart von dem Rechengerät gesteuert, daß die ermittelte Abfolge der einzelnen, zu den Produktionsaufträgen 30, 31 zugehörigen Brammen 29 innerhalb der Sequenzen 26, 27 tatsächlich ausgeführt wird.

Patentansprüche:

1. Verfahren zum Betreiben einer Gießwalzanlage, insbesondere einer Dünnbrammengießwalzanlage, mit einem Rechengerät, wobei auf der Gießwalzanlage innerhalb von Sequenzen (26, 27) eine Mehrzahl von Brammen (29) hergestellt werden, die unterschiedlichen Produktionsaufträgen (30, 31) zugehören, dadurch gekennzeichnet, daß die Abfolge der den Produktionsaufträgen (30, 31) zugehörigen Brammen (29) innerhalb der Sequenzen (26, 27) mit dem Rechengerät durch einen genetischen Algorithmus ermittelt wird, und daß die Gießwalzanlage entsprechend der ermittelten Abfolge von dem Rechengerät gesteuert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß von dem genetischen Algorithmus eine Auswahl und/oder eine Rekombination und/oder eine Mutation durchgeführt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Abfolge der den Produktionsaufträgen (30, 31) zugehörigen Brammen (29) innerhalb der Sequenzen (26, 27) mit dem Rechengerät durch eine ereignisorientierte Bewertung ermittelt wird, und daß die Gießwalzanlage entsprechend der ermittelten Abfolge von dem Rechengerät gesteuert wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß von der ereignisorientierten Bewertung eine Bewertung von Lösungen nach deren Güte durchgeführt wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß von dem Rechengerät als Ausgangspunkt eine Startlösung ermittelt wird.

6. Gießwalzanlage, insbesondere Dünnbrammengießwalzanlage, mit einem Rechengerät, wobei auf der Gießwalzanlage innerhalb von Sequenzen (26, 27) eine Mehrzahl von Brammen (29) herstellbar sind, die unterschiedlichen Produktionsaufträgen (30, 31) zugehören, gekennzeichnet durch die Verwendung eines genetischen Algorithmus zur Ermittlung der Abfolge der den Produktionsaufträgen (30, 31) zugehörigen Brammen (29) innerhalb der Sequenzen (26, 27).

7. Gießwalzanlage nach Anspruch 6, gekennzeichnet durch die Verwendung einer ereignisorientierten Bewertung zur Ermittlung der Abfolge der den Produktionsaufträgen (30, 31) zugehörigen Brammen (29) innerhalb der Sequenzen (26, 27).

1/4

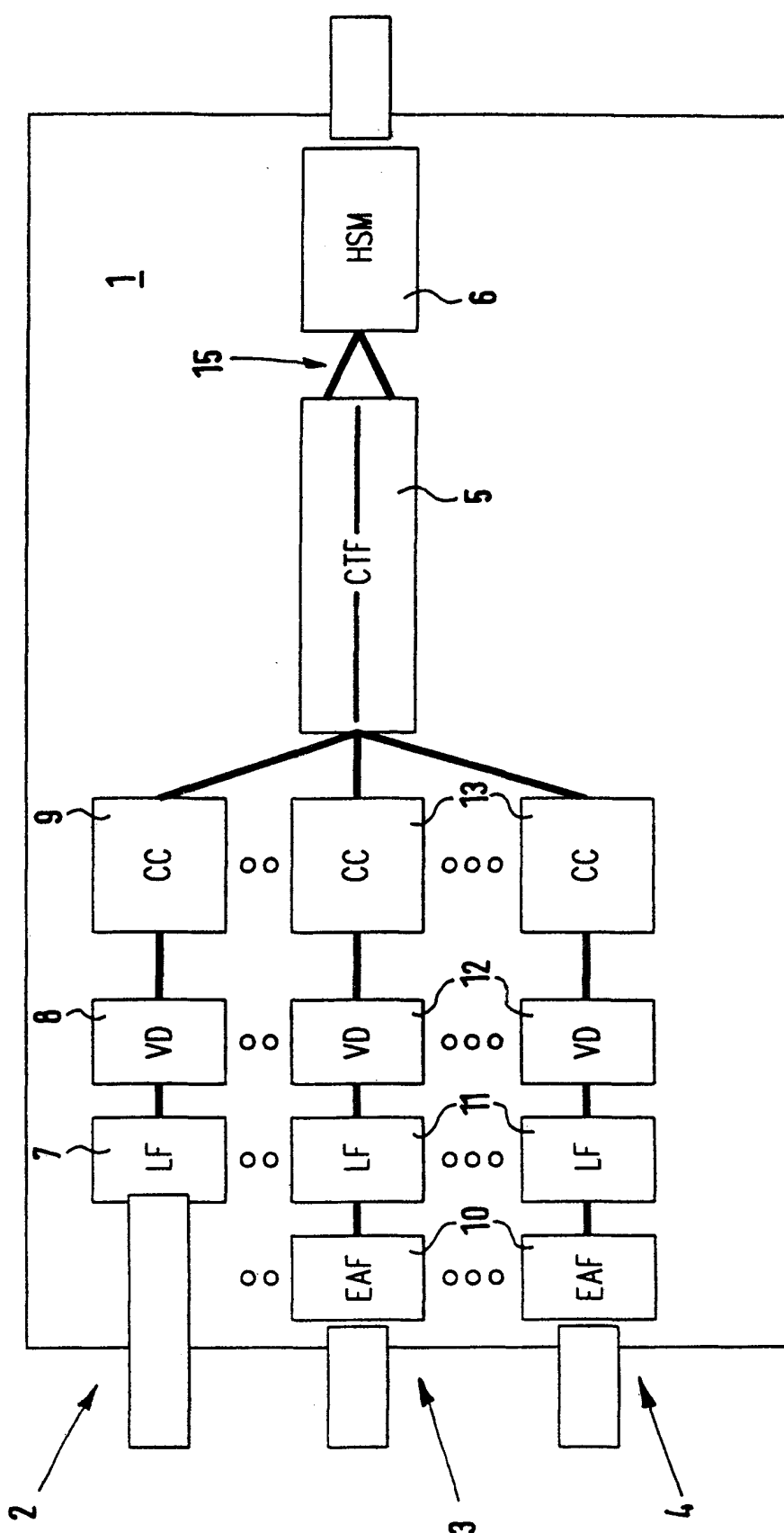
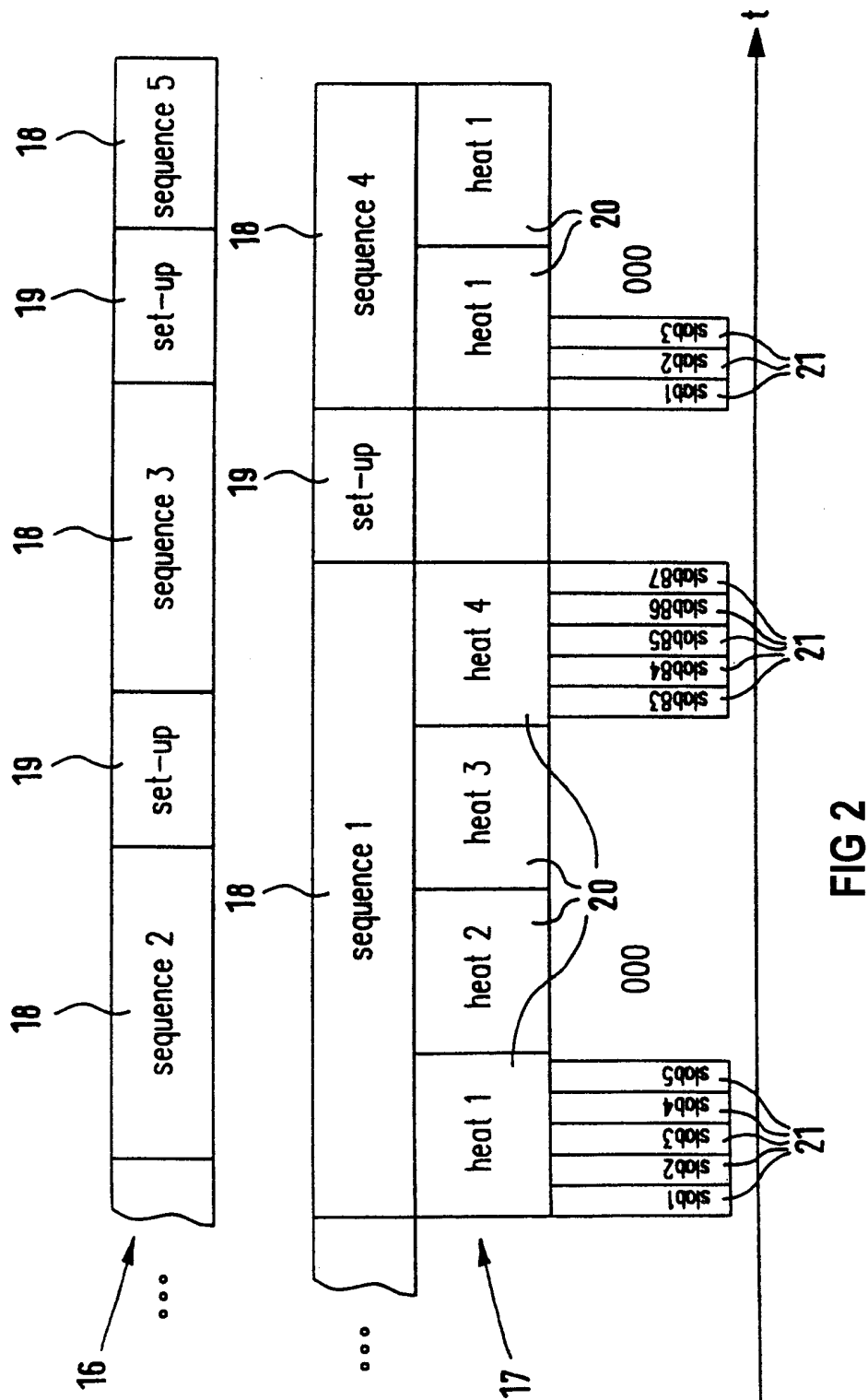


FIG 1

2/4



3/4

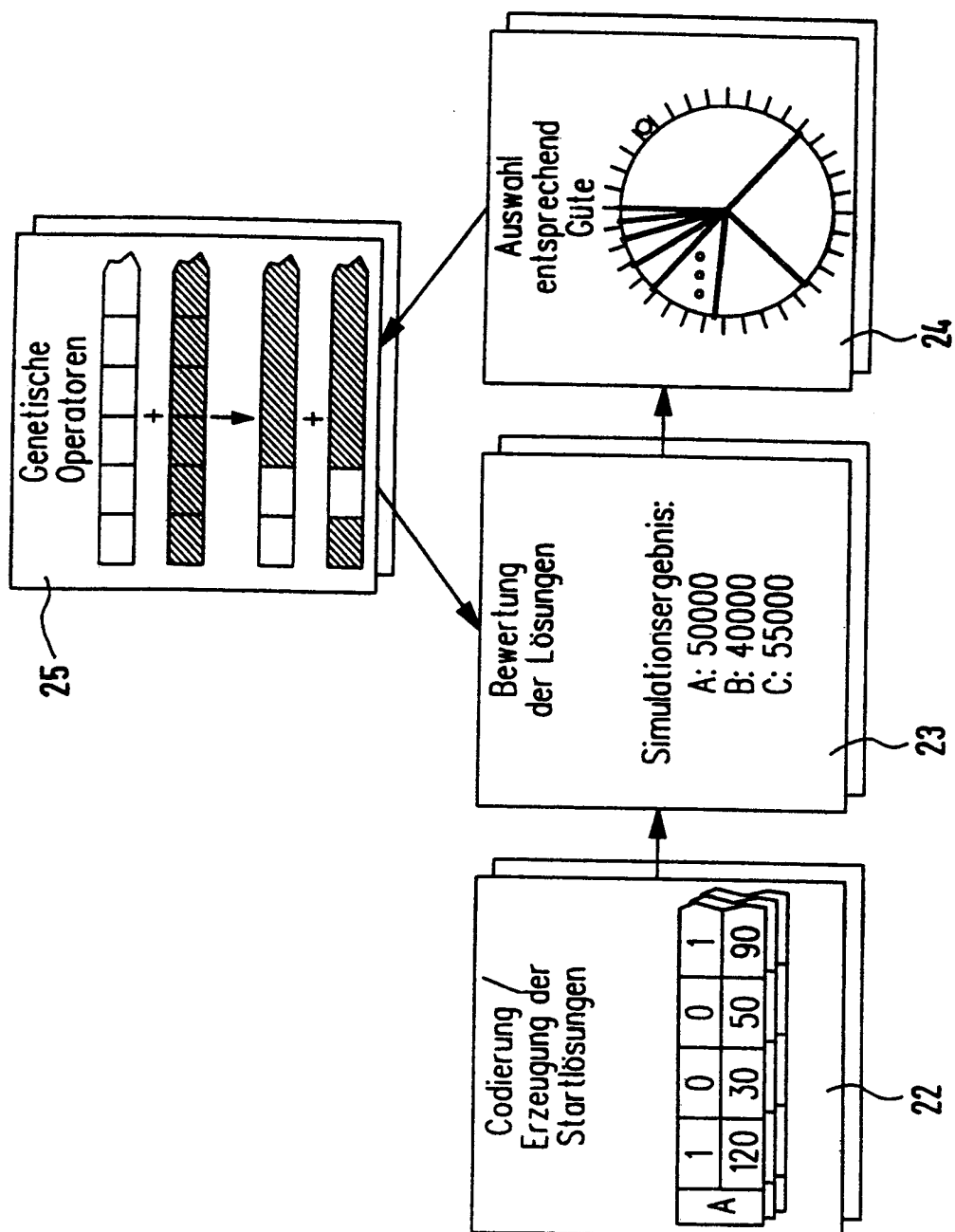


FIG 3

4/4

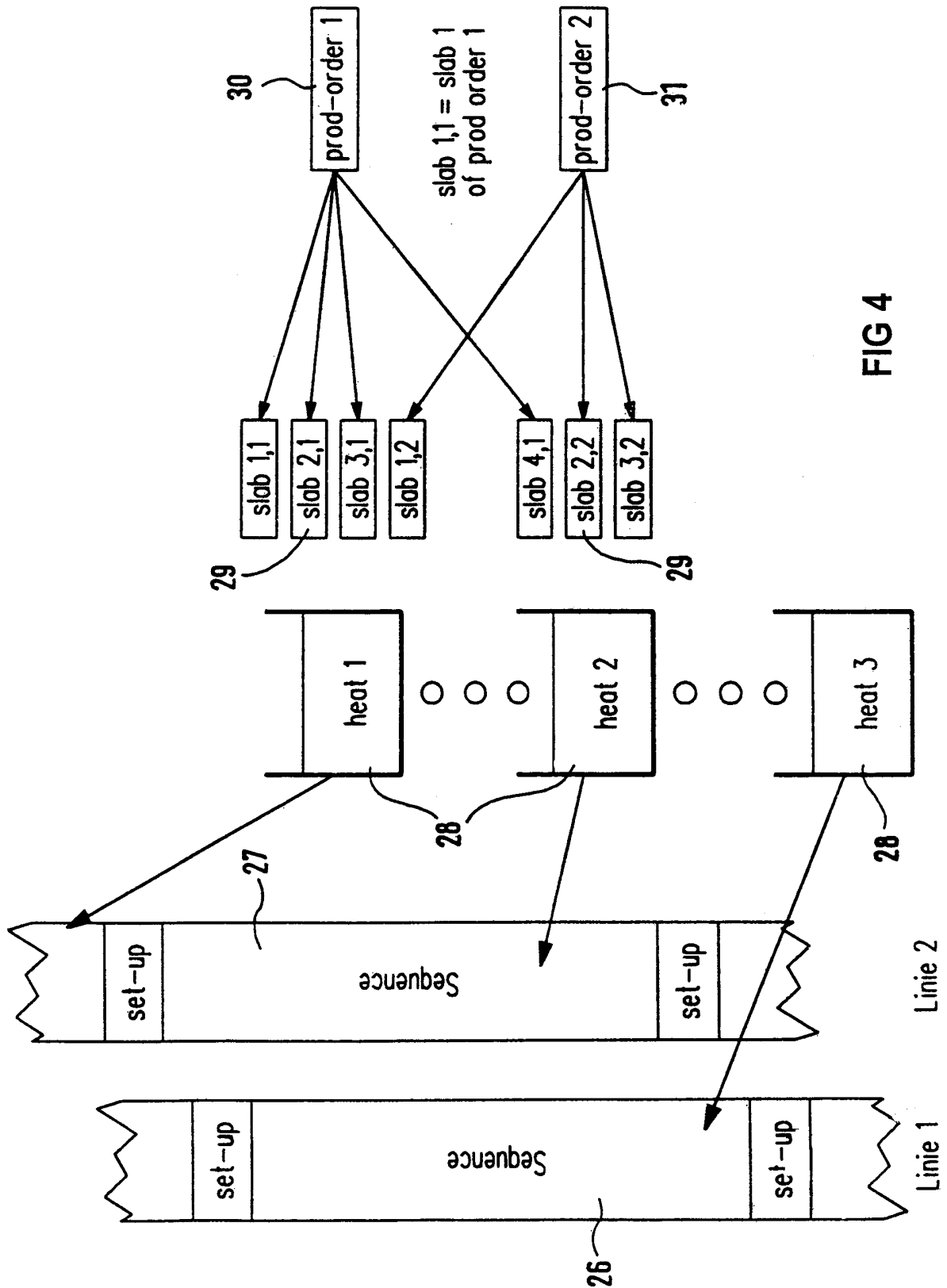


FIG 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Additional Application No.

PCT/DE 99/02107

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 B22D11/16

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 B22D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 196 23 671 A (SIEMENS AG) 7 August 1997 (1997-08-07) claim 1; figures 1,2 —	1
A	DE 195 08 474 A (SIEMENS AG) 19 September 1996 (1996-09-19) claim 1 —	1
A	DE 195 08 476 A (SIEMENS AG) 12 September 1996 (1996-09-12) claim 1 — —/—	1

☒

Further documents are listed in the continuation of box C.

X

Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

*T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

26 November 1999

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Date of mailing of the international search report

03/12/1999

Authorized officer

Sutor, W

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 99/02107

C. (Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	KRUEGER B ET AL: "SALDANHE STEEL - DIE NEUE MINIMILL-PRODUKTIONSLINIE FUER DUENNE FLACHERZEUGNISSE HOHER QUALITAET" STAHL UND EISEN, DE, VERLAG STAHL EISEN GMBH. DUSSELDORF, vol. 117, no. 11, 10 November 1997 (1997-11-10), page 81-93, 154 XP000737189 ISSN: 0340-4803	
A	FERNANDEZ A ET AL: "FIRST OPERATING RESULTS OF HYLSA'S CSP PLANT" CAHIERS D'INFORMATIONS TECHNIQUES DE LA REVUE DE METALLURGIE, FR, REVUE DE METALLURGIE. PARIS, vol. 93, no. 4, April 1996 (1996-04), page 541-549 XP000623493 ISSN: 0035-1563	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE 99/02107

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 19623671 A	07-08-1997	NONE	
DE 19508474 A	19-09-1996	WO 9628771 A EP 0813700 A	19-09-1996 29-12-1997
DE 19508476 A	12-09-1996	AT 185626 T WO 9628772 A DE 59603352 D EP 0813701 A US 5727127 A	15-10-1999 19-09-1996 18-11-1999 29-12-1997 10-03-1998

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

ationales Abkürzzeichen

PCT/DE 99/02107

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	KRUEGER B ET AL: "SALDANHE STEEL - DIE NEUE MINIMILL-PRODUKTIONS-LINIE FÜR DÜNNFLACHERZEUGNISSE HOHER QUALITÄT" STAHL UND EISEN, DE, VERLAG STAHL EISEN GMBH. DÜSSELDORF, Bd. 117, Nr. 11, 10. November 1997 (1997-11-10), Seite 81-93, 154 XP000737189 ISSN: 0340-4803	
A	FERNANDEZ A ET AL: "FIRST OPERATING RESULTS OF HYLSA'S CSP PLANT" CAHIERS D'INFORMATIONS TECHNIQUES DE LA REVUE DE METALLURGIE, FR, REVUE DE METALLURGIE. PARIS, Bd. 93, Nr. 4, April 1996 (1996-04), Seite 541-549 XP000623493 ISSN: 0035-1563	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

In Nationales Aktenzeichen

PCT/DE 99/02107

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 19623671 A	07-08-1997	KEINE	
DE 19508474 A	19-09-1996	WO 9628771 A	19-09-1996
		EP 0813700 A	29-12-1997
DE 19508476 A	12-09-1996	AT 185626 T	15-10-1999
		WO 9628772 A	19-09-1996
		DE 59603352 D	18-11-1999
		EP 0813701 A	29-12-1997
		US 5727127 A	10-03-1998