



(12) Wirtschaftspatent

Korrigiert gemäß § 23 Absatz 2 Anordnung
über die Verfahren vor dem Patentamt(19) **DD** (11) **234 169 C2**4(51) **C 12 M 1/00**
C 12 N 1/00
F 26 B 7/00**AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN**

(21) WP C 12 M / 253 188 8

(22) 19 07 83

(45) 01 04 87

(45) 26 03 86

(71) Institut für Technische Mikrobiologie, 1017 Berlin, Alt-Stralau 62, DD, Vsesojuzny Nauchno-Issledovatelsky
Institut Biosinteza Belkovykh Veschestv Moskva, Sch-4, B Kommunistitscheskaja 27, SU(72) Hemmann, Hans-Georg, Dipl.-Ing., Puchner, Klaus, Dipl.-Ing., Pannach, Max, Dr. Dipl.-Chem., Rosenheim-
rich, Dieter, Dipl.-Jur., DD(54) **Verfahren und technologische Schaltungsanordnung zur energetischen Nutzung von Fermentorabgasen**

(57) Anwendungsgebiet der Erfindung Die Erfindung betrifft ein Verfahren und technologische Schaltungsanordnungen zur energetischen Nutzung der bei aeroben unter Druck betriebenen Fermentationsprozessen zur Verdichtung der Luft anfallenden Kompressionswärme und der Druckenergie des Fermentorabgases zur Bereitstellung des Trockenmittels für die Trocknung der in der Fermentation entstehenden Biomasse. Charakteristik bekannter technischer Lösungen Es ist bekannt, daß aerobe Fermentationsprozesse sowohl drucklos als auch unter einem Überdruck betrieben werden können. Die für den aeroben Druckfermentationsprozeß erforderliche Luft wird vor dem Fermentor mittels Verdichter auf den im Fermentor herrschenden Überdruck gebracht, wobei sie sich entsprechend dem gewählten Überdruck erwärmt. Diese fühlbare Wärme wird in der Regel über einen Wärmeübertrager an das Rückkühlwasser abgegeben und üblicherweise über ein Rückkühlwerk an die Umgebung abgeführt (Rehm H.-J. „Industrielle Mikrobiologie“ 1977).

Erfindungsanspruch:

- 1 Verfahren zur energetischen Nutzung von Fermentorabgasen für die Trocknung der in dem Fermentor erzeugten Biomasse, wobei das unter Druck stehende Fermentorabgas durch die für die Druckfermentation komprimierte Luft auf eine Temperatur von 50–150°C vorgewärmt wird, **gekennzeichnet dadurch**, daß die bei der Entspannung freierwerdende Energie zur Verdichtung der Frischluft, die durch die für die Druckfermentation komprimierte Luft auf eine Temperatur von 30–35°C vorgewärmt wurde, genutzt und als Trockenmittel der Trocknung, insbesondere einer Wirbelschichtgranuliertrocknung, zugeführt wird, indem das Abgas-Luft-Gemisch vor dem Eintritt in die Trocknung in bekannter Weise auf eine Temperatur von 150–400°C erwärmt wird
- 2 Verfahren nach Punkt 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß ein Teil der Trocknerabluft im Gemisch mit Fermentorabgas und Frischluft als Trockenmittel wieder in die Trocknung zurückgeführt wird
- 3 Verfahren nach Punkt 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß bei mehreren Trocknern die Abluft aus der 1. Trocknungsstufe im Gemisch mit Fermentorabgas als Trockenmittel der 2. Trocknungsstufe zugeführt wird
- 4 Verfahren nach Punkt 1, 2 und 3, **gekennzeichnet dadurch**, daß das Fermentorabgas ganz oder teilweise auf eine Temperatur von 400–800°C, vorzugsweise auf 450–600°C erhitzt wird, wobei das Heizmittel bei Erhitzung eines Teilstromes des Fermentorabgases stufenweise genutzt wird, indem es nach der Erhitzung des Fermentorabgases noch zur Erhitzung der Frischluft verwendet wird
- 5 Technologische Schaltungsanordnung zur Durchführung des Verfahrens nach Punkt 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß zur Abgasführung dem Fermentor (6), ein Abscheider (7), in bekannter Weise ein Wärmeübertrager (3), ein oder mehrere Luftstrahlverdichter (10, 22) sowie nochmals in bekannter Weise ein Wärmeübertrager 12 nachgeschaltet sind.
- 6 Technologische Schaltungsanordnung nach Punkt 1, 2 und 5, **gekennzeichnet dadurch**, daß der über Wärmeübertrager (3, 19) vorgewärmte Fermentorabgasstrom geteilt, ein Teilstrom über einen Luftstrahlverdichter (10), an den eine Frischluftzufuhr (11) angeschlossen ist, geführt, der andere Teilstrom über einen Luftstrahlverdichter (22), an den eine Trocknerabluftzufuhr (23) angeschlossen ist, geführt, im Falle einer einstufigen Trocknung anschließend beide Teilstrome wieder vereinigt und in den Trockner (13) geleitet oder im Falle einer mehrstufigen Trocknung der erste Teilstrom in die erste Trocknerstufe (13) und der zweite Teilstrom in die zweite Trocknerstufe (24) geführt wird

Hierzu 3 Seiten Zeichnungen

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und technologische Schaltungsanordnungen zur energetischen Nutzung der bei aeroben unter Druck betriebenen Fermentationsprozessen zur Verdichtung der Luft anfallenden Kompressionswärme und der Druckenergie des Fermentorabgases zur Bereitstellung des Trockenmittels für die Trocknung der in der Fermentation entstehenden Biomasse.

Charakteristik bekannter technischer Lösungen

Es ist bekannt, daß aerobe Fermentationsprozesse sowohl drucklos als auch unter einem Überdruck betrieben werden können. Die für den aeroben Druckfermentationsprozeß erforderliche Luft wird vor dem Fermentor mittels Verdichter auf den im Fermentor herrschenden Überdruck gebracht, wobei sie sich entsprechend dem gewählten Überdruck erwärmt. Diese fühlbare Wärme wird in der Regel über einen Wärmeübertrager an das Rückkühlwasser abgegeben und üblicherweise über ein Rückkühlwerk an die Umgebung abgeführt (Rehm H.-J. „Industrielle Mikrobiologie“ 1977).

Dabei ist es von Nachteil, daß die bei der Luftverdichtung zugeführten bedeutenden Energiemengen ohne weitere Nutzung an die Atmosphäre abgegeben werden, wofür außerdem noch beträchtliche materiell-technische Aufwendungen erforderlich sind. Nach ihrer Abkühlung wird die Druckluft in den Fermentor gegeben, in welchem die mikrobiologische Reaktion unter Ausnutzung eines Teiles des Sauerstoffes der Druckluft erfolgt. Das unter Druck stehende Fermentorabgas entweicht aus dem Fermentor und wird in der Regel über Entspannungseinrichtungen ohne Arbeitsleistung in die Atmosphäre abgegeben (Annu Rev Microbiol 25, 111–152/1971). Diese Lösung hat den Nachteil, daß die in dem Fermentorabgas enthaltene Energie nicht genutzt wird und noch zusätzlich technische Einrichtungen zur Druckentspannung des Fermentorabgases erforderlich sind. Die Trocknung der in dem Fermentor erzeugten Biomasse ist eine nachgeschaltete Verfahrensstufe und üblicherweise mit der Fermentation nur über den Zielproduktstrom gekoppelt. Das Trockenmittel Luft wird dabei aus der Atmosphäre entnommen, mit Hilfe eines Gebläses auf den erforderlichen Trocknereintrittsdruck gebracht, auf die Trocknereintrittstemperatur von 150–300°C erwärmt und in den Trockner gegeben (Lykov, M. V. „Trocknung in der chemischen Industrie“, Moskau 1970). Die aus dem Trockner austretende Trocknerabluft wird vom Staub gereinigt und mit einer Temperatur von 80–90°C an die Umgebung abgegeben. Bei diesem Verfahren zur Trocknung der Biomasse sind beträchtliche Energien für die Verdichtung und die Erwärmung der Luft aufzubringen, die das Endprodukt mit hohen laufenden Aufwendungen belasten. Die Trocknung mittels Wirbelschichtgranuliertrockner, wie sie in dem DD-WP 140 005 beschrieben ist, stellt eine übliche Ausführung des oben beschriebenen Trocknungsverfahrens dar.

Weiterhin ist bekannt, daß ein brennbare Bestandteile enthaltendes und unter Druck stehendes Fermentorabgas entspannt, in einer Verbrennungseinrichtung ganz oder teilweise verbrannt und die dabei entstehende Wärme ganz oder teilweise für die Trocknung von Biomasse verwendet wird (DD-WP 126 443). Außerdem erfolgt eine Kühlung der zu verdichtenden bzw. verdichteten Luft durch das einer Entspannungsturbine abgekühlte Fermentorabgas. Voraussetzung für die Realisierung eines solchen Verfahrens ist ein Fermentorabgas, das brennbare Bestandteile in einer solchen Menge enthält, daß es als brennbares Gemisch in einer Verbrennungseinrichtung verbrannt werden kann.

Es wurde auch vorgeschlagen, den Fermentationsprozeß unter Druck mit einem Gasturbinenprozeß zu koppeln und mit Hilfe

dieses Gasturbinenprozesses nicht nur die Druckluft für den Fermentor zur Verfügung zu stellen, sondern gleichzeitig auch die Druckenergie des Fermentorabgases für den Gasturbinenprozeß und die Abgaswärme aus diesem Prozeß für die Trocknung zu nutzen (DD-WP 100016). Bei dieser Kombination von Gasturbinen- und Fermentations- sowie Trocknungsprozeß ist es jedoch von Nachteil, daß parallel zum Fermentations- und Trocknungsprozeß ein aufwendiger Gasturbinenprozeß betrieben werden muß, der durch seine Kopplung mit anderen Prozessen störanfällig und kompliziert wird. Nachteilig ist weiterhin, daß ein hochwertiger Energieträger wie Erdgas oder Heizöl als Energiequelle für die Gasturbine erforderlich ist.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist es, die der Luft bei ihrer Verdichtung zugeführte Energie so in einem sich an den Biosyntheseprozess anschließenden Trocknungsprozeß zu nutzen, daß dabei der Elektroenergiebedarf des Trockners zur Bereitstellung des Trockenmittels vollständig gedeckt wird.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, das unter Druck stehende Fermentorabgas zur Bereitstellung des erforderlichen Trockenmittels zu nutzen und dadurch die für den Antrieb des Trockenmittelgebläses erforderliche Elektroenergie einzusparen und andererseits die nach der Verdichtung der Fermentationsluft in ihr enthaltene fühlbare Wärme an das unter Druck stehende Fermentorabgas und an das Trockenmittel ganz oder teilweise abzugeben und so in bekannter Weise eine Vorwärmung des Trockenmittels vorzunehmen. Erfindungsgemäß erfolgt die Nutzung der in dem Fermentorabgas enthaltenen Druckenergie dadurch, daß das Fermentorabgas entweder als Treibmittel in einem Luftstrahlverdichter oder in bekannter Weise in einer Entspannungsturbine eingesetzt wird, wobei beide Vorrichtungen zur Verdichtung der für die Trocknung erforderlichen Frischluft geeignet sind, indem beim Luftstrahlverdichter die Kompression der Frischluft direkt und bei der Entspannungsturbine in bekannter Weise über die Kopplung mit einem Gebläse erfolgt. Die Nutzung der bei der Luftverdichtung freiwerdenden Kompressionswärme erfolgt in bekannter Weise dadurch, daß das unter Überdruck stehende Fermentorabgas mittels Wärmeübertrager auf eine Temperatur von mindestens 100°C erwärmt wird, indem die Druckluft ihre Kompressionswärme nach dem Verdichter über diesen Wärmeübertrager an das Fermentorabgas oder an die für den Trockner anzugsaugende Frischluft ganz oder teilweise abgibt. Dabei wird die Druckluft soweit abgekühlt, daß unter bestimmten Bedingungen sogar auf eine Nachkühlung der Druckluft verzichtet und diese unmittelbar in den Fermentor gegeben werden kann. Die Frischluft wird gemeinsam mit dem Fermentorabgas in bekannter Weise auf die Trockenmitteltemperatur von 150–400°C erwärmt und in den Trockner gegeben. Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren kann eine Verbesserung des Trocknerwirkungsgrades erreicht werden, indem ein Teil der Trocknerabluft nach ihrer Reinigung durch einen weiteren Luftstrahlverdichter angesaugt und nach ihrer Erwärmung nochmals in den Trockner gegeben wird. Es ist aber auch möglich, die gesamte Trocknerabluft auf diese Weise abzusaugen, zu verdichten und in eine 2. Trocknungsstufe zu geben. Bei der Rückführung eines Teiles der Trocknerabluft oder ihrer mehrstufigen Ausnutzung ist es zweckmäßig, das unter Druck stehende Fermentorabgas vor seiner Entspannung auf 400–600°C, vorzugsweise 400–500°C zu erhitzen, so daß gleichzeitig mit der Verdichtung der Frischluft ihre Erwärmung auf 140–350°C, vorzugsweise auf 180–240°C erfolgen kann. Dabei ist es zweckmäßig, nur den Teil des Fermentorabgases auf 400–600°C zu erhitzen, der zum Ansaugen und Verdichten der Trocknerabluft verwendet wird, während die angesaugte Frischluft erst nach ihrer Verdichtung auf die Trocknereintrittstemperatur erwärmt wird. Mit Hilfe dieser technologischen Schaltungsanordnung kann eine Verbesserung der Ausnutzung des Temperaturgefälles für das Heizmittel erreicht werden, indem dieses zunächst den Teilstrom des Fermentorabgases auf 400–600°C erhitzt, welcher zur Verdichtung der Trocknerabluft verwendet wird und sich dabei auf 200–400°C abkühlt und anschließend die angesaugte und verdichtete Frischluft auf die Trocknereintrittstemperatur erwärmt. Bei der Verwendung der bekannten Kombination aus Entspannungsturbine und Gebläse anstelle eines Luftstrahlverdichters wird in bekannter Weise eine zusätzliche Kühlung der Fermentationsdruckluft erreicht, indem das nach der Entspannungsturbine auf den Trocknereintrittsdruck entspannte Fermentorabgas, das sich dabei auf eine Temperatur unter 10°C abkühlt, mit Hilfe eines Wärmeübertragers der Fermentationsdruckluft Wärme entzieht und diese mit einer Temperatur unter 30°C in den Fermentor eintritt und damit einen Beitrag zur Kühlung des Fermentors leistet, während das erwärmte Entspannungsgas der verdichteten Frischluft zugemischt wird.

Ausführungsbeispiele

Die Erfindung soll nachstehend an einigen Beispielen sowie anhand von Zeichnungen erläutert werden.

Beispiel 1

Fig. 1 zeigt das Grundprinzip der Erfindung. Die Frischluft für die Fermentation wird über die Leitung 1 angesaugt und in dem Verdichter 2 auf den im Fermentor 6 herrschenden Druck von 350 kPa komprimiert. Dabei erwärmt sie sich auf 112°C. Die Abkühlung der komprimierten Luft erfolgt in den Wärmeübertragern 3, 4 auf die Fermentationstemperatur von 35°C. Danach wird die Druckluft über eine spezielle Begasungsvorrichtung 5 in den Fermentor 6 gegeben, in welchem ein aerobes Wachstum der Mikroorganismen auf Methanol erfolgt. Dabei wird ein Teil des Sauerstoffs der Luft verbraucht und gleichzeitig Kohlendioxid gebildet. Bei dem dargestellten Fermentor 6 handelt es sich um einen Tauchstrahlfermentor, bei welchem das Fermentorabgas unter demselben Druck wie die in den Fermentor 6 eintretende Frischluft steht. In dem Zyklon 7 werden mit dem Fermentorabgas mitgerissene Flüssigkeitsteilchen abgeschieden und in den Fermentor 6 zurückgeführt. Das austretende Fermentorabgas wird über die Leitung 8 in den Wärmeübertrager 3 gegeben, in welchem es auf 100°C erwärmt und die Druckluft auf 47°C abgekühlt wird. Das erwärmte Fermentorabgas tritt über die Leitung 9 in den Luftstrahlverdichter 10 ein und wird in diesem auf 120 kPa entspannt, wobei es als Treibmittel dient und über die Leitung 11 Frischluft angesaugt und verdichtet wird. Die über die Leitung 11 eintretende Frischluft für den Trockner 13 kühlt zunächst in dem Wärmeübertrager 4 die Fermentordruckluft auf 30°C ab und erwärmt sich dabei gleichzeitig auf 32°C. Das Gemisch aus Fermentorabgas und Frischluft, das eine Temperatur von 29°C besitzt, wird in dem Wärmeübertrager 12 auf 180°C erwärmt und dient in dem Wirbelschichtgranuliertrockner 13, der hier stellvertretend für andere Trocknertypen gewählt wurde, als Trockenmittel.

Das beladene Trockenmittel verläßt den Trockner 13 über die Leitung 15 mit einer Temperatur von 90°C, nachdem in dem Zyklon 14 die in dem Abgas enthaltenen staubförmigen Bestandteile entfernt wurden. Die zu trocknende Suspension wird über die Leitung 16 zugegeben und mit Hilfe der Leitung 17 ausgetragen. Der Zyklonstaub wird über die Leitung 18 entnommen. Mit Hilfe der in diesem Beispiel erläuterten Schaltung kann die für die Verdichtung des Trockenmittels erforderliche Elektroenergie vollständig durch das Fermentorabgas aufgebracht werden.

Beispiel 2:

Zur Verbesserung des energetischen Wirkungsgrades in der Trocknung dient die in Fig. 2 dargestellte Schaltung, deren Grundprinzip im Beispiel 1 erläutert wurde. Das vorgewärmte Fermentorabgas tritt über die Leitung 9 in den Wärmeübertrager 19 ein und wird in diesem auf 490°C erhitzt. Das erhitzte Fermentorabgas wird auf die Leitungen 20 und 21 aufgeteilt. Ein Teilstrom des erhitzten Fermentorabgases tritt über die Leitung 20 in den Luftstrahlverdichter 10 ein und saugt über die Leitung 11 auf 32°C vorgewärmte Frischluft an. Das verdichtete Luftgemisch hat eine Temperatur von 180°C und wird direkt in den Trockner 13 gegeben. Die restliche Menge des erhitzten Fermentorabgases gelangt über die Leitung 21 in den Luftstrahlverdichter 22, mit dessen Hilfe über die Leitung 23 aus dem Zyklon 14 ein Teilstrom der gereinigten Trocknerabluft angesaugt und auf den Trocknereintrittsdruck verdichtet wird. Das aus dem Luftstrahlverdichter 22 austretende Luftgemisch hat ebenfalls eine Temperatur von 180°C und wird in den Trockner 13 gegeben.

Die in Fig. 2 dargestellte Schaltung ermöglicht durch die Rückführung eines Teiles der Trocknerabluft eine Verringerung des Wärmeenergiebedarfes für den Trockner um 25%. Durch die Erhitzung des Fermentorabgases in dem Wärmeübertrager 19 wird eine Verschmutzung des Wärmeübertragers durch die zurückgeführte Trocknerabluft vermieden. Bei großen Anlagen, in denen die Trocknung der anfallenden Biomasse nicht durch einen Trockner bewältigt werden kann, ist eine Schaltungsanordnung der Apparate zweckmäßig, wie sie in Fig. 3 dargestellt ist. Das in Fig. 2 angegebene Grundprinzip wurde dabei in der Weise abgewandelt, daß nur der über die Leitung 21 in den Luftstrahlverdichter 22 eintretende Fermentorabgasstrom mit Hilfe des Wärmeübertragers 19 auf 450°C erhitzt wird, während der andere Teilstrom über die Leitung 20 für den Luftstrahlverdichter 10 nur auf 100°C vorgewärmt wurde und das austretende Luftgemisch danach in dem Wärmeübertrager 12 auf 180°C erhitzt wird. Dabei wurde für die Heizseite der Wärmeübertrager 19 und 12 eine Reihenschaltung gewählt, um das Temperaturgefälle des Heizmediums besser auszunutzen. Nach dem Wärmeübertrager gelangt das Trockenmittel in den Trockner 13, aus welchem die Trocknerabluft ganz oder teilweise nach ihrer Entstaubung in dem Zyklon 14 über die Leitung 23 in den Luftstrahlverdichter 22 und anschließend mit einer Temperatur von 180°C in den Trockner 24, in welchem die Trocknung des Produktes in der bereits beschriebenen Weise erfolgt, geführt wird.

Beispiel 3:

In Fig. 4 ist eine Schaltung dargestellt, die im wesentlichen dem im Beispiel 1 erläuterten Grundprinzip entspricht. Das in dem Wärmeübertrager 3 auf 100°C vorgewärmte Fermentorabgas gelangt über die Leitung 9 in die Entspannungsturbine 25, wobei es sich auf 7°C abkühlt und über die Leitung 27 in den Wärmeübertrager 4 gegeben wird, in welchem eine Erwärmung auf 34°C erfolgt. Die Frischluft für die Trocknung wird über die Leitung 11 angesaugt und in dem Gebläse 26, das von der Entspannungsturbine angetrieben wird, auf den Trocknereintrittsdruck verdichtet. Nach dem Gebläse 26 werden der Frischluftstrom und der entspannte Fermentorabgasstrom vereinigt und in dem Wärmeübertrager 12 auf die erforderliche Trocknereintrittstemperatur erwärmt. Die Trocknung erfolgt analog dem Beispiel 1.

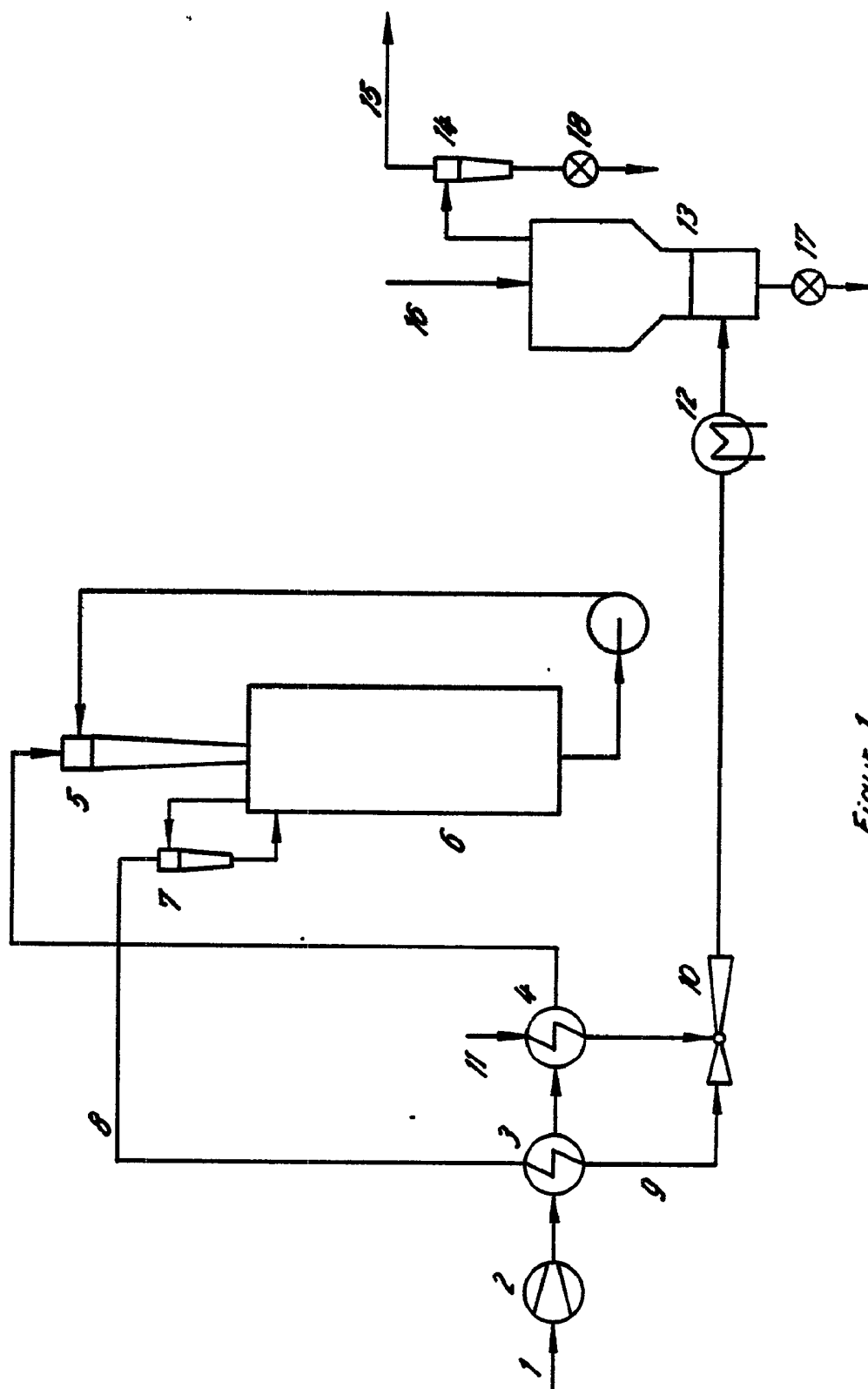
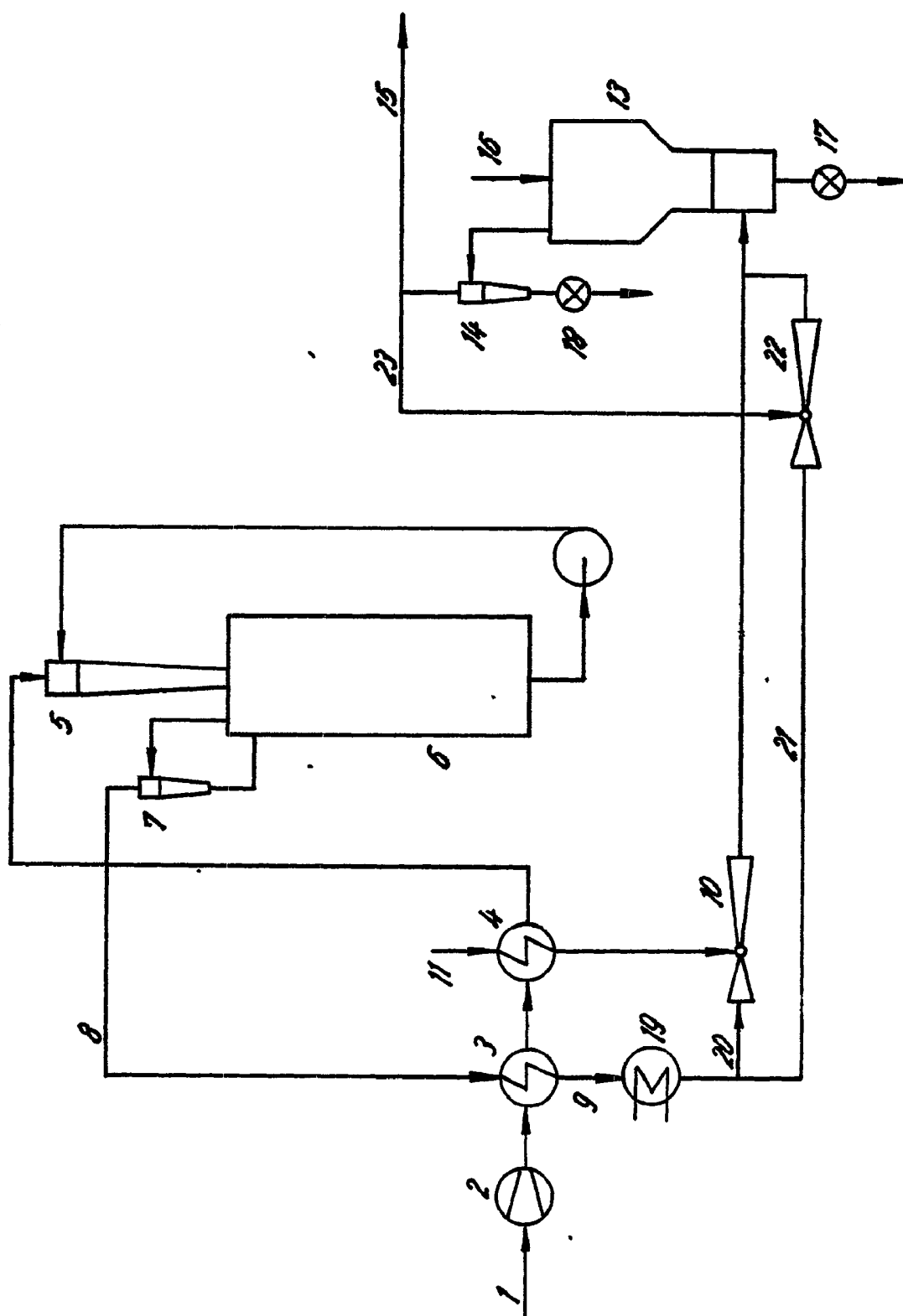
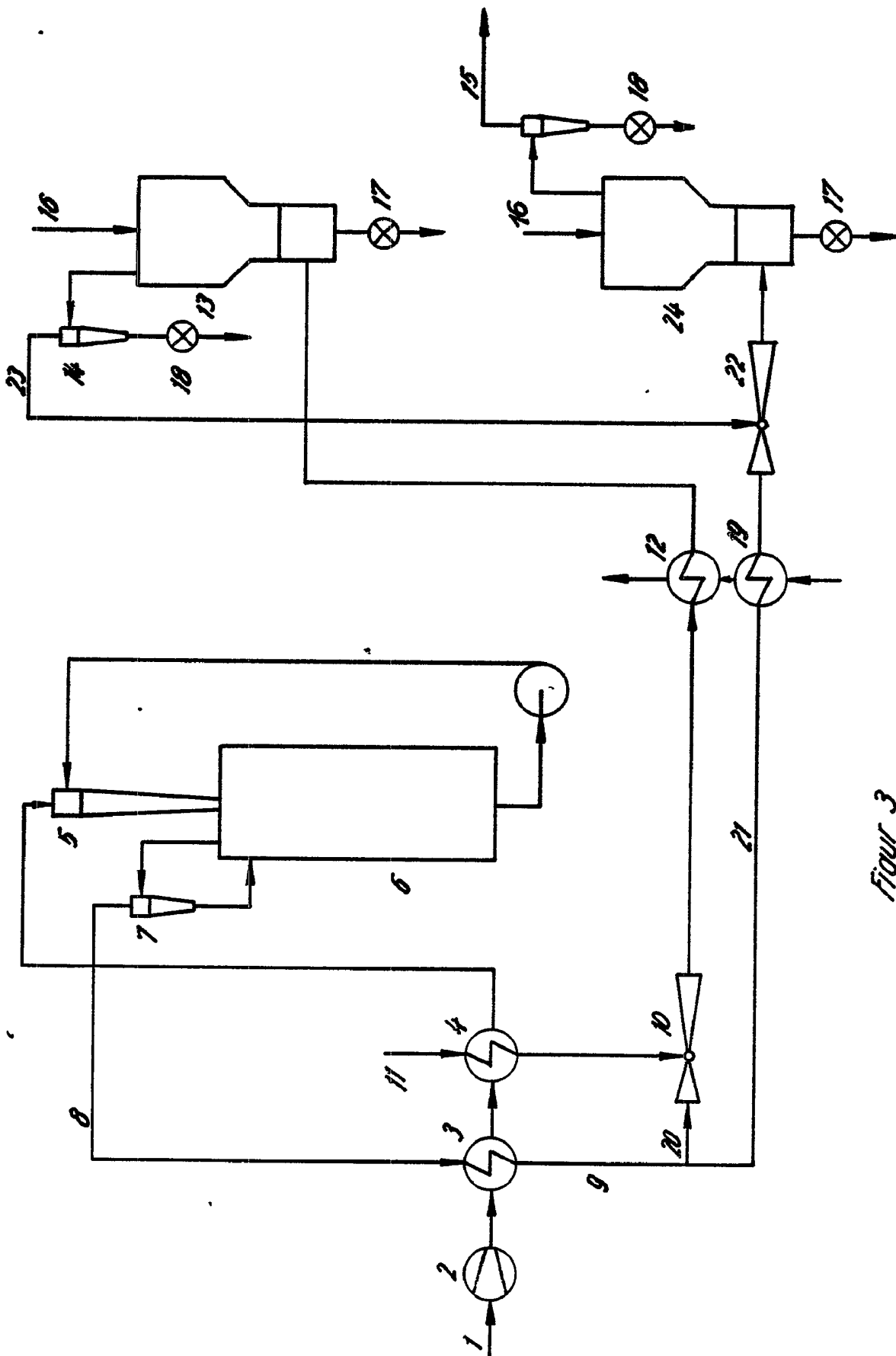


Figure 1



Figur 2



Figur 3