



(12) **PATENT**

(19) NO

(11) 324449

(13) B1

NORGE

(51) Int Cl.

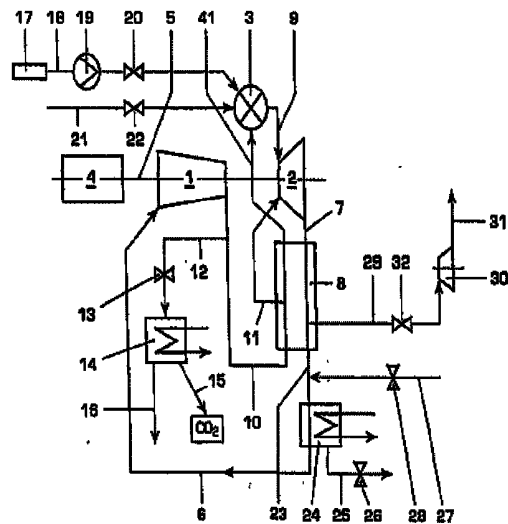
F02C 3/34 (2006.01)

F02C 3/20 (2006.01)

Patentstyret

(21)	Søknadsnr	19991978	(86)	Int.inng.dag og søknadsnr	
(22)	Inng.dag	1999.04.26	(85)	Videreføringsdag	
(24)	Løpedag	1999.04.26	(30)	Prioritet	1998.04.28, EP, 98810378
(41)	Alm.tilgj	1999.10.29			
(45)	Meddelt	2007.10.22			
(73)	Innehaver	Alstom, 3, avenue André Malraux, 92300 LEVALLOIS-PERRET, FR			
(72)	Oppfinner	Hans Ulrich Frutschi, Bruggerstrasse 9, 5223 RINIKON, CH Hans Wettstein, Clarastrasse 12, CH-5442 Fislisbach, CH			
(74)	Fullmektig	Oslo Patentkontor AS, Postboks 7007 Majorstua, 0306 OSLO			
(54)	Benevnelse	Kraftverkanlegg med en CO₂-prosess			
(56)	Anførte publikasjoner	DE 43 03 174 A, US 4 498 289 A, WO 95 02115 A			
(57)	Sammendrag				

Ved en fremgangsmåte for drift av et kraftverkanlegg med en lukket eller kvasi-lukket CO₂-prosess, blir det for den indre forbrenning innført en brennstoffmengde (21) og et for oksydasjonen nødvendig oksygen (18) i kretsløpet. På utstrøingssiden av en til kraftverkanlegget hørende turbin (2) virker en rekuperator (8), hvorved i det minste ett varmesluk (24) virker nedstrøms av denne rekuperator før sirkulasjonsmediet (6) strømmer tilbake til en kompressor (1), som likeledes tilhører kraftverkanlegget. En delmengde av det komprimerte sirkulasjonsmedium (10) føres inn i et utkondenseringsanlegg (14), hvorved det flytende CO₂ som dannes der bringes bort på best mulig måte.



Teknisk felt

Foreliggende oppfinnelse vedrører et kraftverkanlegg ifølge innledningen av krav 1.

Teknikkens stand

- 5 Motorer med innvendig forbrenning forbrenner sitt brennstoff i komprimert atmosfæreluft og blander sine forbrenningsgasser inherent med denne luft og med det ubenyttede restoksygen. Disse brennstoffer, som omtrent alltid inneholder karbon, danner derved bl.a. CO₂, som regnes som drivhusgass. Den utvidede anvendelse av fossile brennstoffer frigjør i dag CO₂-mengder som utgjør en over hele verden diskutert risiko for verdensklimate.
- 10 Det er derfor allerede i gang en intens søkning etter CO₂-frie teknologier.

Energiforsyningen er i dag bestemt av utnyttelsen av fossile brennstoffenergier i motorer med innvendig forbrenning, hvor utslipp av sterkt fortynnet CO₂ skjer til atmosfæren.

- 15 CO₂-utskillelse fra spillgassene med bortføring ved kondensasjon, separasjon og avsondring fra atmosfæren ville være nærliggende. På grunn av de store volumstrømmer vil imidlertid en slik plan ikke kunne la seg omsette i praksis.

- 20 En ytterligere kjent mulighet er resirkulasjon av kjølte spillgasser i innsugningen av motorer med innvendig forbrenning. Dette kan skje i en slik utstrekning at luftens oksygen akkurat brukes opp. I dette tilfelle forblir spillgassen imidlertid stadig blandet med luftens nitrogen, og CO₂-utslippsproblemet er dermed bare marginalt redusert.

- 25 Dessuten utvikler alle luftdrevne forbrenningsmotorer også nitrogenoksider som virker skadelige på luften, og hvis dannelse bekjempes med kostbare forholdsregler.

- 30 Fra DE-A1-4303174 er det kjent en fremgangsmåte og et anlegg for produksjon av elektrisk energi ved forbrenning av fortrinnsvis gassformede fossile brennstoffer med rent oksygen. For dette formål er det anordnet et lukket kretsløp med i det minste ett brennkammer, en gassturbin, en avgasskjele for forvarming og en kompressor for komprimering av arbeidsmediet til brennkammertrykk, hvor det i kretsløpet benyttes en inert gass som arbeidsmedium. Fortrinnsvis blir det benyttet karbondioksid som arbeidsmedium og naturgass som brennstoff.

- 35 US-A-4498289 viser et kraftverkanlegg med en kompressor, et brennkammer, en gassturbin og et CO₂-kretsløp. Fra WO 95/02115 er det kjent er fremgangsmåte for utnyttelse av avgassvarmen i et kraftverk.

Beskrivelse av oppfinnelsen

- 40 Dette vil oppfinnelsen avhjelpe. Til grunn for oppfinnelsen, slik den er karakterisert i kravene, ligger den oppgave å fjerne det produserte CO₂ mens omgivelsene skånes ved et kraftverkanlegg av den innledningsvis nevnte type, og til grunn for oppfinnelsen ligger samtidig den oppgave å eliminere de likeledes produserte luftnitrogenoksider, samt å maksimalisere kraftverkanleggets virkningsgradutbytte.

- 45 Kraftverkanlegget ifølge oppfinnelsen egner seg utmerket til å omsette sitt iboende potensial når det gjelder det kjølte kretsløpmedium, idet dette kraftverkanleggs viktigste enheter med det til grunn liggende kretsløp ifølge oppfinnelsen anordnes i en felles

trykkbeholder. Dermed lar samtlige kjøleproblemer seg løse på enklest mulig måte med en maksimalisering av virkningsgraden.

5 Fordelaktige og hensiktsmessige videreutviklinger av oppgaveløsningen ifølge oppfinnelsen er angitt i de øvrige patentkrav.

10 I det følgende er oppfinnelsen belyst nærmere ved utførelseseksempler under henvisning til de vedføyde tegninger. Alle trekk som er uten betydning for forståelsen av oppfinnelsen er utelatt. Like elementer er betegnet med samme henvisningstall på de forskjellige figurer. Medienes strømningsretning er angitt ved piler.

Kort beskrivelse av tegningene

På tegningene viser:

15

fig. 1 et kretsskjema for en gassturbinprosess med rekuperativ spillvarmeutnyttelse og med turbokompressor,

20

fig. 2 et ytterligere kretsskjema som i store trekk er bygget opp som på fig. 1, med forskjellige utvidelser i området for brennstoffberedskap, og

fig. 3 et ytterligere kretsskjema ifølge fig. 1, hvor varmesluket drives ved hjelp av et ytterligere etterkoblet varmesluk.

25

Fremgangsmåter for utførelse av oppfinnelsen, industriell anvendelighet

Fig. 1 viser en gassturbin med lukket kretsløp. Denne gassturbin, hhv. dette gassturbinanlegg består enhetsmessig av en kompressorenhet 1, en generator 4 som er koblet til denne kompressorenhet, en turbin 2 som er koblet til kompressorenheten og et brennkammer 3 som virker mellom kompressorenheten 1 og turbinen 2. Koblingen av gjennomstrømningsmaskinene 1 og 2 vil kunne gjennomføres ved hjelp av en felles aksel 5. Når det gjelder kompressorenheten 1, kan denne være forsynt med i det minste én ikke nærmere vist mellomkjøler eller med anordninger for isoterm kjøling. De fordeler som oppnås ved en slik krets med mellomkjøling vedrører virkningsgraden og den spesifikke ytelse. Det kretsløpsmedium 6 som suges inn av kompressorenheten 1 og som på inngangssiden av kompressorenheten 1 har et trykk på ca. 10 bar ved en temperatur på ca. 15°C, strømmer etter gjennomgått kompresjon 10 i motstrømsretning gjennom en rekuperator 8 som gjennomstrømmes av den nevnte spillgass 7, som har en temperatur på 780°C - 800°C, og deretter inn i brennkammeret 3, hvor varmebehandlingen av dette medium til varmgasser 9 finner sted, hvilke så gjennomstrømmer turbinen 2. Muligheten for å kunne gi kompressorenheten 1 en starthjelp skal forklares nærmere i forbindelse med fig. 2. For kjøling av de termisk høyt belastede enheter av gassturbinanlegget, spesielt turbinen 2, blir en delmengde 11 av det komprimerte medium 10, nemlig CO₂, avledet på egnet sted i rekuperatoren 8 og anvendt til kjøling av de nevnte enheter, det være seg i lukkede og/eller åpne strømningsbaner. Denne sidestrøm 11 ligger i størrelsesordenen 4% - 8% av den totale komprimerte sirkulasjonsgass. Denne sirkulasjonsgass består, som allerede antydnet, overveiende av CO₂, men inneholder kanskje også parasittgasser som er sluppet inn med oksygenet og brennstoffet samt ved igangkjøring med luft, så vel som omsetningsprodukter av disse, f.eks. NO_x. Det lukkede kretsløps ladningsgrad holdes på

ønsket nivå, idet en bestemt mengde av denne massestrøm intermitterende eller kontinuerlig blir avledet og kondensert på egnede steder. Fortrinnsvis skjer denne omsetning ved at en bestemt mengde 12 av det komprimerte kretsløpsmedium 10 avledes nedstrøms av kompressoren 1 og ledes gjennom en kjøler 14 i hvilken kondenseringen finner sted. Etter gjennomført kondensering blir denne kondenserte CO₂-massestrøm 15 ført bort for deponering, f.eks. og/eller fortrinnsvis på havbunnen eller i en anlagt lagringsplass for naturgass.

Denne deponering på egnede steder med egnede midler løser plutselig og varig problematikken med drivhuseffekten ved det stadige utslipp av gassformet CO₂ i atmosfæren. Dessuten utskilles likeledes parasittgassene i funksjonsmessig forbindelse med den nevnte kjøler 14, hvorved denne meget lille massestrøm 16 vil kunne underkastes en ytterligere separasjon, eller avgis til atmosfæren. I forbindelse med driften av brennkammeret 3, blir den oksygenmengde 18 som produseres i et luftseparasjonsanlegg 17 etterkomprimert i en kompressor 19 og ført inn i brennkammeret 3 via et reguleringsorgan 20. Parallelt med dette strømmer et brennstoff 21, fortrinnsvis naturgass, eller andre hydrokarboner eller CO, eller blandinger av disse, som er tilsvarende avstemt via et reguleringsorgan, inn i brennkammeret 3, hvorved varmebehandlingen av den komprimerte og ved strømmingen i rekuperatoren termisk behandlede sirkulasjonsgass 41 gjennomføres med den innførte oksygenmengde 18. Varmgassen 9 som kommer ut fra brennkammeret blir deretter ekspandert i den etterkoblede turbin 2. Når det gjelder det her viste lukkede kretsløp, blir de spillgasser 7 som strømmer ut fra turbinen 2, som allerede kort nevnt ovenfor, ført gjennom en rekuperator 8 før de igjen føres til den allerede beskrevne kompresjon. Nedstrøms av rekuperatoren 8 blir den for-kjølte sirkulasjonsgass 23 med en temperatur på 195°C - 245°C ført gjennom et varmesluk 24 i hvilket det skilles ut en vannmengde, idet det vann 25 som utskilles her føres bort via et reguleringsorgan 26. Dette varmesluk blir i det minste drevet ved omgivelsestemperatur. Kretsen ifølge fig. 1 viser dessuten en startmulighet for kretsløpet, som består i først å fylle kretsløpet med CO₂ 27 via et reguleringsystem 28, og deretter starte. Denne tilførsel er anordnet nedstrøms av rekuperatoren 8 og oppstrøms av varmesluket 24. Den her viste krets oppviser videre et ytterligere uttak på egnet sted av rekuperatoren 8, for en ytterligere mengde 29 av sirkulasjonsmediet 10 på lavtrykksiden, for regulert innstrømning 32 i en ekspander 30. Det bortførte ekspanderte sirkulasjonsmedium 31 lar seg f.eks. føre inn i kretsløpet igjen, og en kondensering av dette er her også mulig. Via denne ekspander 30 lar det seg f.eks. gjøre å oppnå et optimalt trykk for ladning av kretsløpet, hvor det i så tilfelle må anordnes en mengderegulering.

Ved den krets som er vist her, dreier det seg strengt tatt om et kvasi-lukket kretsløp, som er utført trykkfast, hvor det ved forskjellige typer drift også vil være mulig med en vakuumfast kretsløpsføring. Ved hjelp av strupning eller åpning av en overskuddsgass-ventil 13, som er anbrakt i ledningen 12, åpner eller lukker kretsløpet seg av seg selv, hvorved den sirkulerende massestrøm og ytelsen stiger og synker tilsvarende. Ved åpning av denne ventil 13 synker trykket i kretsløpet, hvorved det vil kunne skapes undertrykk i tilbakeløpet. Under hele trykkdriften har anlegget omtrent konstant virkningsgrad, altså ved et konstruksjons-trykkområde med hensyn på tilbakeløpet på 0,5 - 5 bar i ytelsesområdet fra 10 - 100%. I det nedre trykkområde synker kondensasjonstemperaturen i varmesluket 24, noe som vil øke virkningsgraden enda noe. De uheldige ytelsestap ved økende installasjonshøyde og ved økende innsugningstemperatur som er kjent fra stasjonære gasturbiner, unngås dermed. Hvis anlegget eventuelt drives med

overskuddsutslipp til atmosfæren, blir totalvirkningsgraden ytterligere forbedret, idet dets overtrykk anvendes i enda en turbin med ytterligere ytelsesavgivelse. Her henvises ganske enkelt til beskrivelsen av de etterfølgende figurer. Det må imidlertid nevnes at denne prosess utmerker seg ved at den er spesielt enkel, dvs. er billig å realisere og oppviser et høyt virkningsgradpotensial. Den er også bedre egnet for ladningen enn en prosess med spillvarmeutnyttelse via et vann/damp-kretsløp, da varmekapasitetsforholdet i rekupe-
 5 ratoren er uavhengig av ladningsforholdet. En stor fordel ved denne prosess består videre i at den allerede ved lave trykkforhold i området fra 4 - 10 bar har oppnådd sin optimale virkningsgrad. Lave trykkforhold begunstiger høye komponent-virkningsgrader og små
 10 innvendige lekkasjer.

Fig. 2 atskiller seg fra fig. 1 ved at det nødvendige oksygen 38 for drift av forbrenningen kommer fra et separasjonsanlegg 37, og i det minste ved en ladet driftsmåte komprimeres til et høyere trykk i en oksygenkompressor 39. Selve oksygenkompressoren 39 drives av
 15 en turbin 30, som på sin side pådras med en via et reguleringsorgan 37 tilført overskuddsgass 35, hvor denne avledes på lavtrykkssiden, umiddelbart nedstrøms av rekupe- ratoren 8. Alt etter ladningsgraden og temperaturen, kan dette uttak resp. denne avledning foretas på egnet sted på lavtrykkssiden inne i rekupe- ratoren 8. Den ekspanderte overskuddsgass 31 fra turbinen 30 vil da kunne anvendes for ytterligere formål. Hertil skal
 20 det henvises til utførelsene på fig. 1. Når det gjelder separasjonsanlegget 37, kan det her dreie seg om et kryoteknisk luftseparasjonsanlegg, hvor da det flytende brennstoff bringes på det nødvendige trykk og oppvarmes ved hjelp av en pumpe som krever liten ytelse. Denne oppvarming vil kunne gjennomføres med omgivelsesvarme, rekupe- ratorens 8 spillvarme eller i selve rekupe- ratoren 8. I foreliggende tilfelle blir et i kompressoren 39
 25 komprimert forbrenningsoksygen 40 tilført det komprimerte sirkulasjonsmedium 10 nedstrøms av kjølefluiduttaket 11, hvis ikke oksygenet innføres direkte i brennkammeret 3. Denne løsning utmerker seg ved at den fører til en høyere virkningsgrad. En ytterligere mulighet for oksygentilførsel, fortrinnsvis uten oppvarming, består i å bringe dette forbrenningsoksygen 33 inn i kretsløpet på lavtrykkssiden. På fig. 2 vedrører det
 30 ledningen 33 med reguleringsorgan 34. Det foreligger også en ytterligere mulighet når det gjelder oksygentilførsel, idet det forkomprimerte oksygen kan innføres i ledningen 6 på sirkulasjonsmediets innsugningsnivå. En slik forbrenningsoksygeninnføring lar seg like- ledes uten videre gjennomføre via ledningen 6, eventuelt via en ytterligere ikke nærmere vist ledning. Her foreligger den fordel at det ikke må anordnes noen separat oksygen-
 35 kompressor, hvorved det finner sted en automatisk deltagelse av det innførte forbrenningsoksygen i rekupe- rasjons-varmeopptaket.

Fig. 3 bygger i utstrakt grad på fig. 1. Forsjellen ligger her i at et andre varmesluk 42 som overtar funksjonen av en såkalt "chiller" (=etterkjøler) etterkobles det første varmesluk 24,
 40 som arbeider ved omgivelsestemperatur. Dette andre varmesluk 42 drives under omgivelsestemperaturen, idet vannutskillelsen 25 nå finner sted fra dette varmesluk 42. I funksjonsforbindelse med det første og andre varmesluk arbeider en kjølemaskin 43 hvis drift på den ene side opprettholdes ved hjelp av den termiske energi 45 fra det første varmesluk 24. På den annen side blir denne kjølemaskin matet med varme-energi 46 med
 45 lavere temperatur fra det andre varmesluk 42. Av driften av denne kjølemaskin 43 følger da en varmeavgivelse 44 med midlere temperatur for ytterligere formål. Ved at det andre varmesluk 42 står i funksjonsforbindelse med den nevnte kjølemaskin 43, kjøles sirkulasjonsmediet 6 som strømmer i kompressoren 1, slik at kompressorytelsen reduseres og virkningsgraden økes direkte, idet varmebehovet forblir uforandret på grunn av det

rekuperative trinn. Kjølemaskinens effektbehov utgjør derved bare en brøkdel av den virkningsgradbetingede effektøkning. Hva kjølemaskinen angår, kan det dreie seg om en absorpsjonsprosess eller en klassisk prosess med en kompressor. Ved f.eks. et kompressor-trykkforhold på 8 reduseres kompressorytelsen med 1% ved en temperaturreduksjon på 3,2°C. En temperaturreduksjon på 20°C - 40°C resulterer i en reduksjon av kompressorytelsen på 6% - 12%. Senere innbygning av det andre varmesluk 42 er til enhver tid mulig med lave omkostninger.

Variantene ifølge fig. 1 - 3 er spesielt også egnet for lavkalori- og/eller askeholdige brennstoffer, f.eks. tungoljer, karbonstøv-vannblandinger, LBTU- og MBTU-gasser etc. Ved lavkaloribrennstoffer stiger temperaturen etter rekuperatoren, slik at utnyttelsen i en damp- eller Kalina-prosess har sine fordeler. Det oppnås da meget høye virkningsgrader med slike brennstoffer.

Ved askeholdige brennstoffer kreves et rensetrinn for sirkulasjonsfluidet før eller etter et varmesluk 24. Det er her tenkelig å anvende en syklonseparator foran etterkjøleren, og en utførelse av etterkjøleren som sprøytekjøler. Derved oppnås en kompakt byggemåte og samtidig en god askepartikkel-utskillelse. Det utskilte vann 25 kan på kjent måte viderebehandles og anvendes igjen, hvorved det ved hydrogenholdige brennstoffer oppstår et vannoverskudd som er meget ønskelig i tørre områder.

Den spesielle egnethet av kretsene ifølge fig. 1 - 3 for askeholdige brennstoffer består på den ene side i at ved en turbin med bare to trinn forenkles en støvtolerant utførelse, og på den annen side at den høyere densitet ved ladningen utøver en høyere medrivningsvirkning på partiklene, hvilket fører til mindre avleiringer.

Gassturbinanlegget ifølge fig. 1 - 3 lar seg uten videre erstatte av et sekvensielt fyrt anlegg ifølge EP-0 620 362 A1, hvorved denne publikasjon danner en integrert del av foreliggende beskrivelse.

Kraftverkanleggets enheter, som kompressor 1, turbin 2, rekuperator 8 og varmesluk 24, anbringes i en trykkbeholder. Det kjølte sirkulasjonsmedium 6 strømmer derved innvendig i trykkbeholderen tilbake til kompressoren 1 på egnet måte. Ved denne forholdsregel oppnås at rekuperatoren 8 på den varme side bare må utføres for sine egne trykkfall og ikke for ladningstrykket i ledningen 6, da dette opptas av den inherent kolde trykkbeholder. Dessuten virker trykkbeholderen også som ytterligere etterkjølingsflate.

En ytterligere mulighet ved hovedtanken består i likeledes å anbringe generatoren 4 i trykkbeholderen. Derved oppnås at det ikke kreves noen bevegelig akseltetning mot ladningstrykket, samt at generatoren 4 vil kunne løpe i en eventuelt etterfiltrert CO₂-atmosfære. På grunn av de økede varmeoverføringer ved ladet drift, vil generatoren 4 kunne bygges mindre og kjøles direkte med det sirkulerende CO₂. Det vanlige separate kjølesystem innspares således. Ved dette system øker kjølevirkningen med ytelsen, som er proporsjonal med ladningstrykket, mens ventilasjonsmotstanden ved lavt ladningstrykk blir lavere og derved tilveiebringer en høy delbelastnings-virkningsgrad.

Hele modulen i trykkbeholderen vil kunne være fast forankret og anordnet flytende i eller under vann. Derved blir den for det meste lavere vanntemperatur på mange oppstillingssteder anvendt for ytterligere kjøling, og ut over dette spares fundamentet.

Trykkbeholderen oppviser adgangsåpninger for service på denne, så vel som ventilasjonsanordninger for utspyling av CO₂ før man arbeider på den.

- 5 Hvis generatoren 4 ikke er anbrakt i trykkbeholderen, anordnes egnede tetninger for den utragende rotoraksel 5.

P a t e n t k r a v

1. Kraftverkanlegg, hvor kraftverkanlegget kan drives i et lukket eller kvasi-lukket CO₂-kretsløp, og hvor kraftverkanlegget hovedsakelig består av i det minste én generator (4), én kompressorenhet (1), ett brennkammer (3), én turbin (2), én rekuperator (8), et utkondenseringsanlegg (14) oppstrøms for rekuperatoren (8) og ett varmesluk, k a r a k t e r i s e r t ved at de enheter (1, 2, 3, 8, 24) som tilhører gassturbinprosessen er anbrakt i en felles trykkbeholder.
5
- 10 2. Kraftverkanlegg ifølge krav 1, k a r a k t e r i s e r t ved at generatoren (4) likeledes er anbrakt i trykkbeholderen.
3. Kraftverkanlegg ifølge krav 2, k a r a k t e r i s e r t ved at trykkbeholderen oppviser adgangsåpninger.
15
4. Kraftverkanlegg ifølge krav 1, k a r a k t e r i s e r t ved at trykkbeholderen oppviser ventilasjonsanordninger for utspyling av CO₂.

Fig. 1

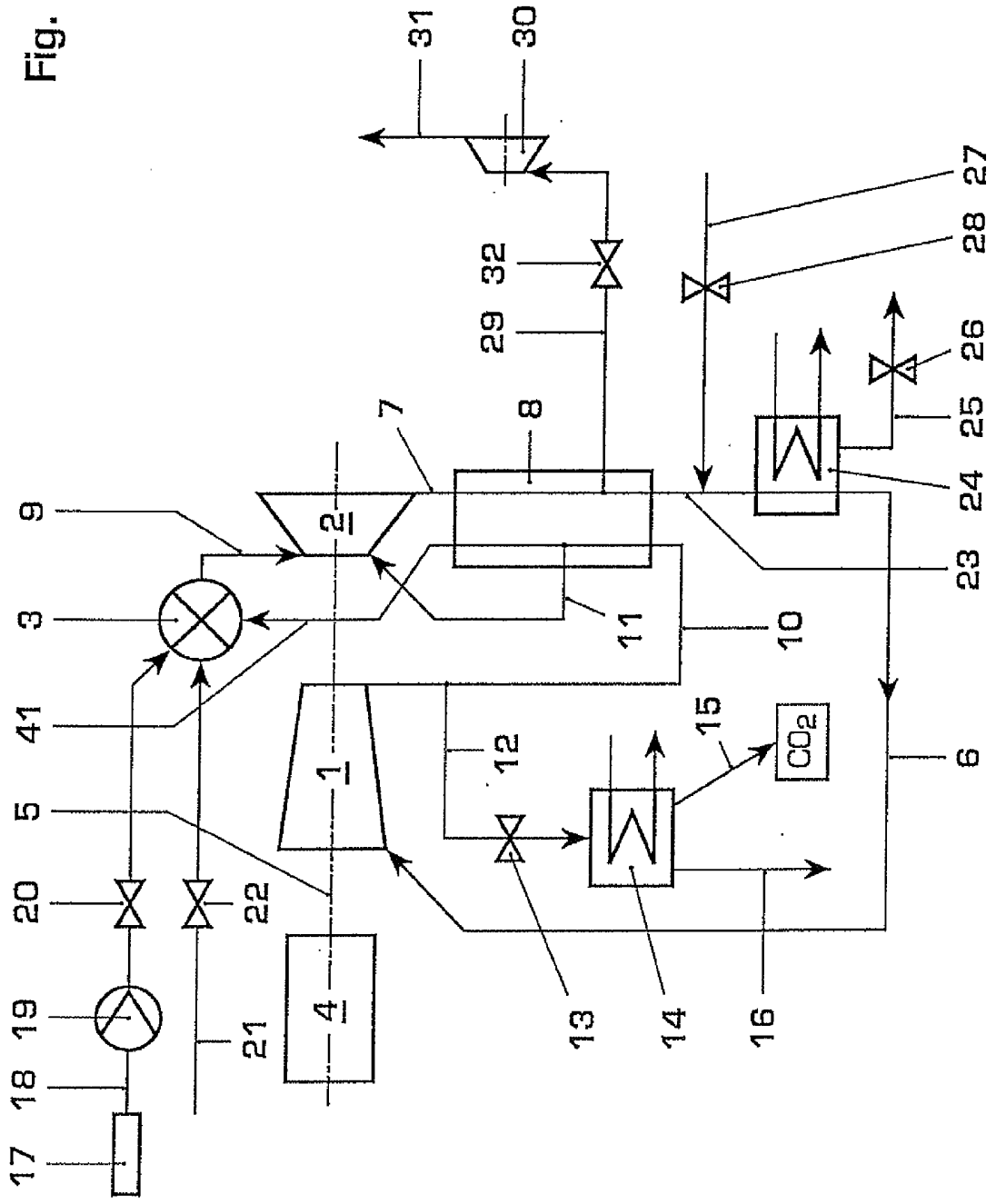


Fig. 2

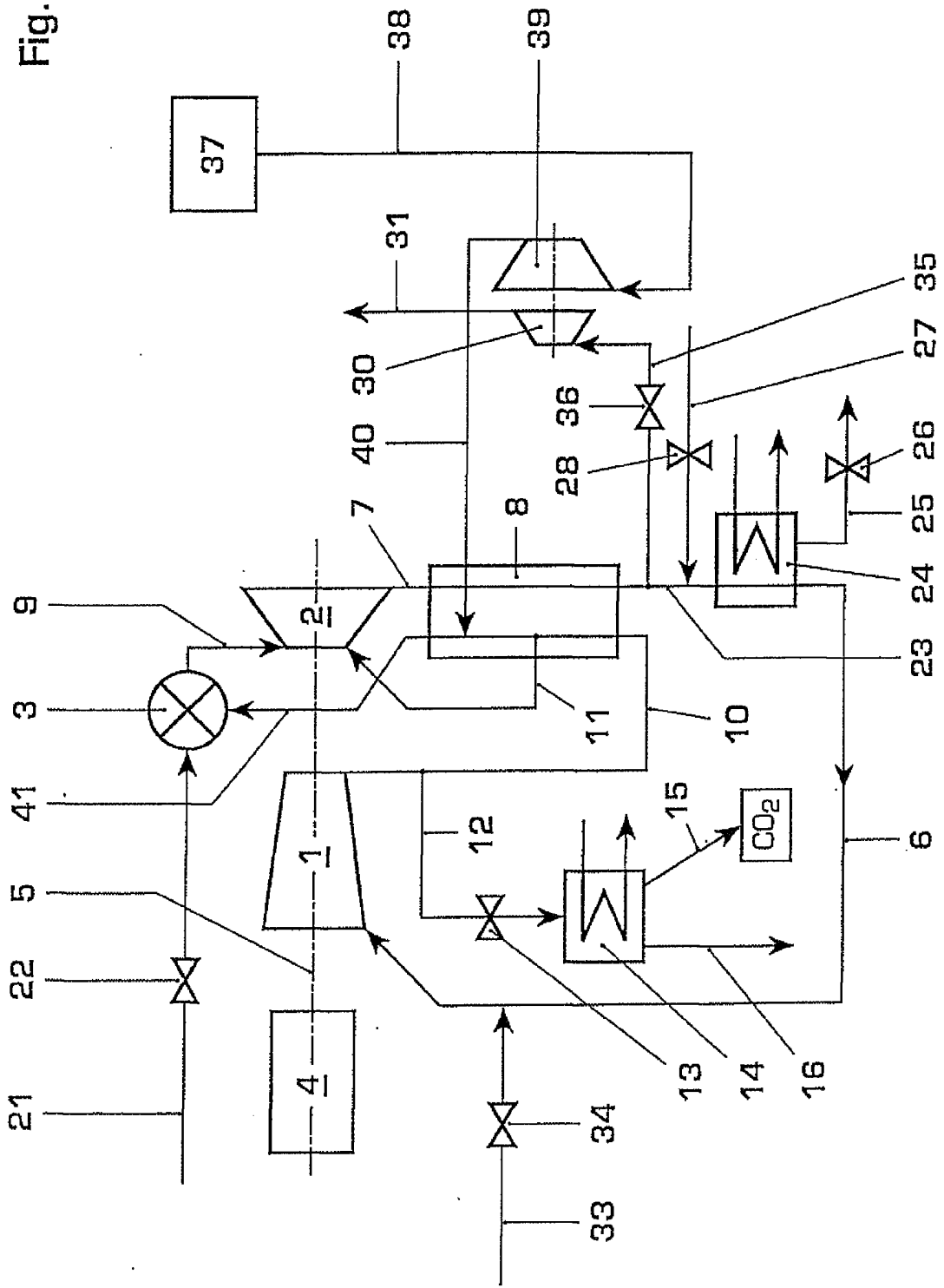


Fig. 3

