



УКРАЇНА

(19) UA (11) 20622 (13) A

(51) C 21 B 7/20

ДЕРЖАВНЕ
ПАТЕНТНЕ
ВІДОМСТВООПИС ДО ПАТЕНТУ
НА ВІНАХІДбез проведення експертизи по суті
на підставі Постанови Верховної Ради України
№ 3769-XII від 23 XII 1993 рПублікується
в редакції заявника

(54) СПОСІБ ЗАВАНТАЖУВАННЯ ЗАЛІЗОРУДНОЇ ШИХТИ У ДОМЕННУ ПІЧ

1

- (21) 96020705
(22) 23.02.96
(24) 05.08.97
(46) 27.02.98. Бюл. № 1
(47) 05.08.97
(56) 1. Тарасов В.П. Газодинамика доменного процесса. - М.: Металлургия, 1990. - 216с.
2. Авторское свидетельство СССР № 1133294, кл. C 21 B 7/20.
3. Изучение характеристик размягчения железорудных материалов в частично восстановленном состоянии (Тарасов В.П., Темнохунд Н.Н., Крылов И.Э. и др. // Известия вузов. Черная металлургия, 1987, - № 1. - С. 18-20.
4. Ефименко Г.Г., Гиммельфарб А.А., Левченко В.Е. Металлургия чугуна. - Киев: Вища школа, 1988. - 352 с.

2

- (72) Тарасов Володимир Петрович, Семакова Вікторія Борисівна, Томаш Олександр Анатолійович, Калачев Валентин Анатолійович, Зотов Олексій Володимирович, Биков Леонід Всеволодович, Борткевич Юрій Олександрович
(73) Приазовський державний технічний університет
(57) Способ загрузки железорудной шихты в доменную печь, включающий перераспределение железорудных материалов с различными физико-химическими свойствами по радиусу колошника, отличающийся тем, что трудновосстановленные материалы подают в зону с максимальным содержанием диоксида углерода в колошниковом газе, а легковосстановленные - в зону с низким содержанием диоксида углерода.

Изобретение относится к доменному производству и может быть использовано при загрузке доменных печей, работающих на многокомпонентной железорудной шихте.

Общепринятым является способ загрузки доменной печи, включающий подачу на колошник порций кокса и железорудных материалов и предусматривающий различное их соотношение (рудную нагрузку) в разных точках радиуса колошника [Тарасов В.П. Газодинамика доменного процесса. - М.: Металлургия, 1990. - 216 с].

Известен также способ загрузки железорудной шихты в доменную печь, предусматривающий повышение рудной нагрузки на периферии при увеличении скорости опускания шихты у стен колошника [Авт. св. СССР № 1133294, кл. C 21 B 7/24].

Общим с изобретением в обоих способах является достижение различных рудных нагрузок в разных точках радиуса колошника.

Наиболее близким способом (прототипом) является способ загрузки доменной печи, включающий перераспределение железорудных материалов с различными физико-химическими свойствами по радиусу

(19) UA (11) 20622 (13) A

колошника, предусматривающий расположение компонентов железорудной шихты от стен к оси печи по мере уменьшения их температур начала и конца размягчения [Изучение характеристик размягчения железорудных материалов в частично восстановленном состоянии (Тарасов В.П., Темнохуд Н.Н., Крылов И.Э. и др. // Известия вузов. Черная металлургия, 1987. - № 1. - С. 18-20).

Общим признаком с изобретением в способе-прототипе является перераспределение железорудных материалов с различными физико-химическими свойствами по радиусу колошника.

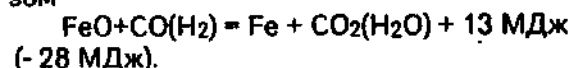
Применение всех описанных способов при загрузке многокомпонентной шихты не позволяет достичь максимальной степени использования восстановительной способности доменного газа из-за неполного восстановления легковосстановимых материалов в области с высоким содержанием диоксида углерода (CO_2) в колошниковом газе и малого развития реакций восстановления газами трудновосстановимых материалов в зоне и низким содержанием CO_2 в колошниковом газе.

В основу изобретения поставлена задача разработать способ загрузки железорудной шихты в доменную печь, в котором иные условия осуществления действий позволяет обеспечить повышение степени использования восстановительной способности доменного газа и снизить за счет этого удельный расход кокса.

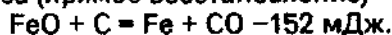
Поставленная задача решается тем, что в способе загрузки железорудной шихты в доменную печь, включающем перераспределение железорудных материалов с различными физико-химическими свойствами по радиусу колошника, согласно изобретению, трудновосстановимые материалы подают преимущественно в зону с максимальным содержанием диоксида углерода в колошниковом газе, а легковосстановимые в зону с низким содержанием диоксида углерода.

На фиг. 1 показан график радиального распределения CO_2 в колошниковом газе, степени восстановления агломерата на расстоянии 2-2,5 м от поверхности засыпи и степени прямого восстановления Fe ; на фиг. 2 - кинетические кривые восстановления железорудных материалов; на фиг. 3 - положение лотка бесконусного загрузочного устройства (БЗУ) при перераспределении рудных материалов с различной восстановимостью по радиусу доменной печи.

Восстановление оксидов железа в доменной печи протекает двумя путями. При температуре менее 900°C восстановителями преимущественно являются CO и H_2 (косвенное восстановление). Так восстановление вюстита протекает следующим образом



При температурах выше 900°C восстановителем преимущественно является углерод кокса (прямое восстановление)



Поскольку реакция прямого восстановления протекает со значительными затратами тепла, ее развитие в доменной печи требует увеличения расхода кокса. Железорудные материалы,двигающиеся сверху из области низких температур, первоначально восстанавливаются газами. Прямым путем восстанавливается только та часть оксидов железа, которая не успевает восстановиться в области относительно низких температур.

Развитие косвенного и прямого восстановления в доменной печи характеризуется степенью прямого восстановления Fe , представляющей отношение количества железа, восстановленного углеродом кокса, к общему количеству восстановленного железа.

Для снижения расхода кокса необходимо максимальное развитие косвенного восстановления оксидов железа и снижение доли железа, восстановленного твердым углеродом с большим поглощением тепла. Доля железа, восстановленного твердым углеродом, Fe во многом предопределяется распределением шихты и газа по сечению рабочего пространства доменной печи.

Основные составляющие доменной шихты, кокс и рудные материалы, значительно различаются газопроницаемостью. Перед загрузкой в доменную печь из кокса отсеивают фракции менее 25 мм. Поэтому кокс, не содержащий мелких частиц, обладает более высокой газопроницаемостью чем рудные материалы, в составе которых много мелочи. В результате в зонах, где рудная нагрузка (отношение массы рудных материалов к массе кокса) больше, скорость газа невелика. Напротив, в зонах, где преобладает кокс и рудная нагрузка мала, формируется интенсивный газовый поток. Из-за необходимости обеспечения определенной газопроницаемости столба шихты стремятся к некоторой степени неравномерности в радиальном распределении кокса и рудных материалов. Обычно на расстоянии 0,5-2 м от стен колошника формируют рудный гребень - область с наибольшей рудной нагрузкой и наибольшей массой рудного

материала. У стен печи и в осевой зоне рудная нагрузка меньше чем в гребне. В настоящее время нет технических средств для непосредственного определения положения рудного гребня на колошнике доменной печи. О его положении судят по характеру радиального распределения CO_2 в колошниковом газе. При ровном ходе печи максимальное содержание CO_2 в колошниковом газе обычно соответствует рудному гребню и зоне с низкой скоростью газового потока. Низкое содержание CO_2 , как правило, соответствует зонам с низкой рудной нагрузкой и интенсивным газовым потоком.

Диоксид углерода является продуктом реакций восстановления оксидов железа CO . Поэтому его содержание в колошниковом газе является показателем развития восстановительных процессов и степени использования восстановительной способности доменного газа. Чем больше количество CO_2 проходит через определенный сектор колошника, тем большее развитие в этой зоне получило косвенное восстановление. Увеличение содержания CO_2 в колошниковом газе при постоянном расходе известняка может быть обусловлено двумя причинами:

1) улучшение условий восстановления оксидов железа газами;

2) увеличение отношения массы рудных материалов, проходящих в единицу время через определенную зону, к массовому расходу доменного газа. Последней причиной обусловлено высокое содержание CO_2 в колошниковом газе в районе рудного гребня, где сосредоточена железорудная шихта, а расход доменного газа невелик из-за большого газодинамического сопротивления рудного материала. Содержание CO_2 в районе рудного гребня может достигать 20–24% при общем содержании CO и CO_2 в колошниковом газе 43–47%. Отношение CO_2/CO в гребне может достигать 0,80–1,0 и приближаться к равновесному значению для реакции восстановления Fe_3O_4 до Fe при температуре 300–400°C (условия колошника), или даже превышает его за счет реакции восстановления Fe_2O_3 до Fe_3O_4 . Приближение состава доменного газа в гребне к равновесному замедляет и ограничивает развитие процессов косвенного восстановления в этой зоне.

Об этом свидетельствует сопоставление кривых радиального распределения (фиг. 1) CO_2 в колошниковом газе 1 и степени восстановления железорудной шихты 2 на расстоянии 2–2,5 м от поверхности засыпи в доменных печах Магнитогорского металлургического комбината, полученных при зон-

дировании доменной печи (Ефименко Г.Г., Гиммельфарб Ф.Ф., Левченко В.У. Металлургия чугуна. – Киев: Вища школа, 1988. – 154 с). Максимальному содержанию CO_2 в колошниковом газе, 16%, соответствует минимальная степень восстановления рудных материалов – 5%. Максимальное содержание CO_2 свидетельствует о размещении в этой зоне рудного гребня. В зонах с меньшим содержанием CO_2 достигается большая степень восстановления. У стен печи содержание CO_2 6%, а степень восстановления – 56%. В осевой зоне эти характеристики соответственно составили 9% и 19%. Замедление процесса восстановления оксидов железа в районе рудного гребня из-за перегрузки железосодержащими материалами приводит к тому, что в область высоких температур рудная шихта опускается недостаточно восстановленная. Вследствие этого степень прямого восстановления возрастает. Таким образом максимальная g_d 57%, (кривая 3) также приходится на зону рудного гребня. В периферийной и осевой зонах g_d составляет соответственно 30% и 10%.

Существенное влияние на соотношение развития реакций косвенного и прямого восстановления оказывает восстановимость шихты.

Увеличению косвенного восстановления (снижению g_d) способствует увеличение восстановимости железорудной шихты. Трудновосстановимый материал реагирует с газами более медленно. За период времени пока такой железорудный материал опускается в зону прямого восстановления, он достигает меньшей степени восстановления, чем легковосстановимый материал. Соответственно степень прямого восстановления при использовании трудновосстановимого материала возрастает. При использовании многокомпонентной шихты в тех зонах, куда подается трудновосстановимый материал, степень прямого восстановления будет увеличиваться, а в тех куда загружают легковосстановимые компоненты, степень прямого восстановления уменьшится. Это касается прежде всего зон, где содержание CO_2 в колошниковом газе невелико и отсутствуют термодинамические условия для торможения реакций восстановления. Загрузка трудновосстановимой шихты в район рудного гребня в меньшей степени скажется на развитии реакций косвенного восстановления, так как ход реакций восстановления газами лимитируется здесь термодинамическими условиями и степень восстановления рудных материалов в области низких температур невелика. Материалы в районе максимальной рудной на-

грузки восстанавливаются медленно независимо от их восстановимости. С другой стороны, подача в зону максимального сосредоточения рудной шихты легковосстановимого материала также не обеспечит ускорения восстановительных процессов и увеличения доли косвенного восстановления.

Таким образом, влияние восстановимости рудной шихты на развитие реакций косвенного восстановления сильнее в зонах, где содержание CO_2 в колошниковом газе невелико, и практически не сказывается в области рудного гребня, где состав газа близок к равновесному. В связи с этим для снижения степени прямого восстановления Fe и соответствующего уменьшения расхода кокса целесообразно подавать трудновосстановимый материал в область рудного гребня, где негативное влияние трудновосстановимого материала минимально. Легковосстановимый материал лучше подавать в зону с малым содержанием CO_2 , где положительное влияние легковосстановимого материала будет наибольшим. В результате развития восстановления оксидов железа газами в зонах с небольшим содержанием CO_2 увеличится, а в зоне с максимальным содержанием CO_2 развитие косвенного восстановления практически не уменьшится.

Способ может быть реализован на доменной печи, оборудованной лотковым загрузочным устройством и скиповым подъемником, в которую загружают рудную шихту, содержащую три компонента: окисленные скатыши, например Северного горно-обогатительного комбината (СевГок), легковосстановимый агломерат, например агломерат металлургического комбината "Азовсталь", трудновосстановимый агломерат, например агломерат Южного горно-обогатительного комбината (ЮГОК).

На фиг. 2 представлены кривые изменения степени восстановления окатышей 4, агломерата МК "Азовсталь" 5 и агломерата ЮГОК 6, полученные в лабораторных условиях в ходе восстановления образцов крупностью 3-5 в потоке газа-восстановителя, содержащего 98% CO , при температуре 1000°C . Наибольшей восстановимостью в лабораторных условиях обладают окатыши. Однако в доменной печи окатыши в ходе нагрева и восстановления интенсивно разрушаются, что приводит к резкому ухудшению условий контакта газа-восстановителя и рудного материала. Вследствие этого процессы восстановления окатышей газами замедляются. Поэтому в доменной печи окатыши ведут себя как трудновосстановимый материал, значительная часть которого

восстанавливается прямым путем в нижних горизонтах печи. Агломерат МК "Азовсталь" восстанавливается быстрее, чем агломерат ЮГОК. Таким образом, в область с максимальным содержанием CO_2 в колошниковом газе необходимо подать трудновосстановимые окатыши и агломерат ЮГОК. В зону с меньшим содержанием CO_2 - легковосстановимый агломерат МК "Азовсталь". В качестве примера рассмотрим случай, когда рудная колоша составляет 24 т; 10 т агломерата ЮГОК, 6 т окатышей, 8 т агломерата МК "Азовсталь". Способ реализуется следующим образом. Отбираются пробы колошникового газа по радиусу доменной печи для анализа. Строится график радиального распределения CO_2 в колошниковом газе. На фиг. 3, поз. 7 представлено фактическое распределение CO_2 по радиусу колошника доменной печи № 3 МК "Азовсталь". По максимальному содержанию CO_2 определяется расположение рудного гребня. В данном случае рудный гребень расположен на расстоянии 1 м от стен колошника, где содержание CO_2 - 23%. Задают такое положение лотка 8, чтобы материалы ссыпались с него в район рудного гребня. В данном случае лоток устанавливают в положение 9 под углом 50° к горизонту. Через вращающийся в таком положении лоток в печь загружают четыре скипа кокса и четыре скипа рудных материалов, каждый из которых содержит 7,5 т агломерата ЮГОК и 4,5 т окатышей. После этого лоток переводят в положение 10, обеспечивающего сыпание шихты к стенкам колошника (угол наклона лотка 45° к горизонту), где содержание CO_2 в колошниковом газе существенно меньше, чем в рудном гребне - 13,8%. Через вращающийся в таком положении лоток в доменную печь подают два скипа кокса и два скипа агломерата МК "Азовсталь", по 12 т в каждом. Затем лоток переводится в положение 11, максимально приближенное к вертикальному, насколько позволяет его конструкция и схема управления. Непосредственно в центр колошника сыпается один скип кокса. После чего весь цикл загрузки повторяется вновь. Таким образом в районе рудного гребня укладывают преимущественно трудновосстановимые материалы 12: окатыши и агломерат ЮГОК. У стен печи располагается легковосстановимый агломерат МК "Азовсталь" 13. Размещение скипа кокса непосредственно у оси печи 14 обеспечивает разгрузку осевой зоны и более развитый осевой газовый поток. Подача в область с максимальным содержанием CO_2 основной массы железорудной шихты. 48 т из 72 т рудных материалов, загружаемых на ко-

лошник за один цикл загрузки, сохранит в этой области рудный гребень. Цикл загрузки включает подачу на колошник трех подач, в каждой из которой содержится по два рудных скипа и два скипа кокса, и одну подачу, состоящую из одного коксового скипа:

КА ↓ АК ↓ - 3

К ↓

В 72 т рудного материала, загружаемого тремя подачами, содержится 30 т агломерата ЮГОК, 18 т окатышей и 24 т агломерата МК "Азовсталь". В среднем в каждой подаче содержится 30 : 3 = 10 т агломерата ЮГОК, 18 : 3 = 6 т окатышей и 24 : 3 = 8 т агломерата "Азовсталь", что полностью соответствует заданному составу рудной колоши. В результате реализации нового способа загрузки изменится радиальное распределение CO₂ в колошниковом газе 15. У стен печи содержание CO₂ в газе увеличится за счет более быстрого и полного восстановления легковосстановимого агломерата МК "Азовсталь". У оси печи содержание CO₂ снизится за счет целенаправленной подачи в эту зону кокса и усиления в этой зоне газового потока.

При неровном ходе доменной печи из-за нарушения радиального распределения газового потока максимальное значение CO₂ может не соответствовать максимальной рудной нагрузке. Поэтому заявляемый спо-

соб загрузки целесообразно применять при ровном ходе печи. При этом трудновосстановимый материал следует подавать в область, ограниченную отрезком радиуса от 0,5 до 2 м от стен колошника, где обычно размещается рудный гребень, даже если максимальное содержание CO₂ выходит за пределы этой зоны.

В результате реализации нового способа загрузки степень прямого восстановления легковосстановимого агломерата уменьшится на 2%, а окатышей и трудновосстановимого агломерата практически не изменится. Так как доля легковосстановимого агломерата в общей массе рудной шихты составляет 1/3, общее снижение γ_d составит 2 : 3 = 0,67 %. Снижение расхода кокса составляет

$$\frac{0,0067 \cdot 940 \cdot 12 \cdot 165,8}{0,86 \cdot 117,8 \cdot 56} = 2,2 \text{ кг/т чугуна.}$$

где 117,8 и 165,8 – тепловые эффекты реакций

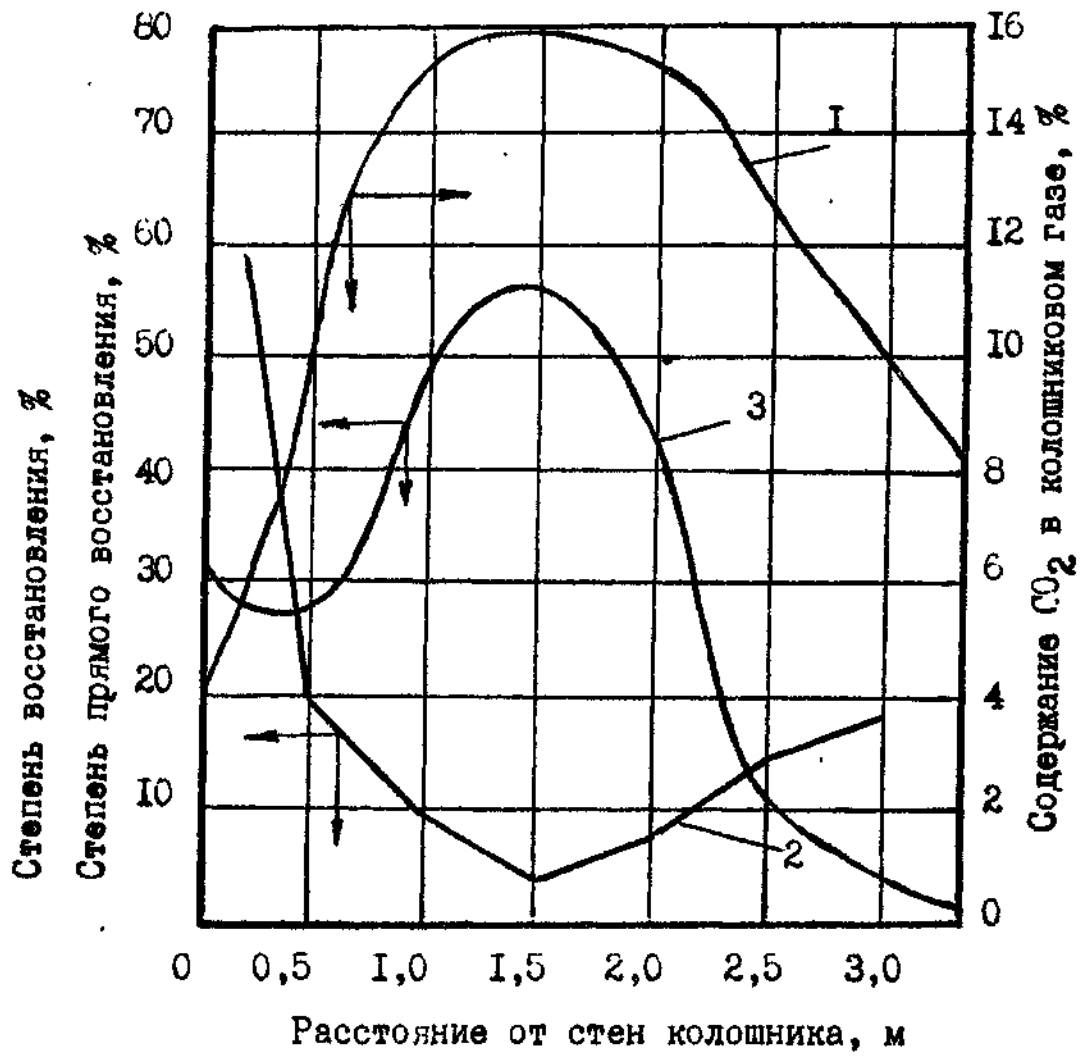


0,86 – содержание углерода в коксе, доли ед.;

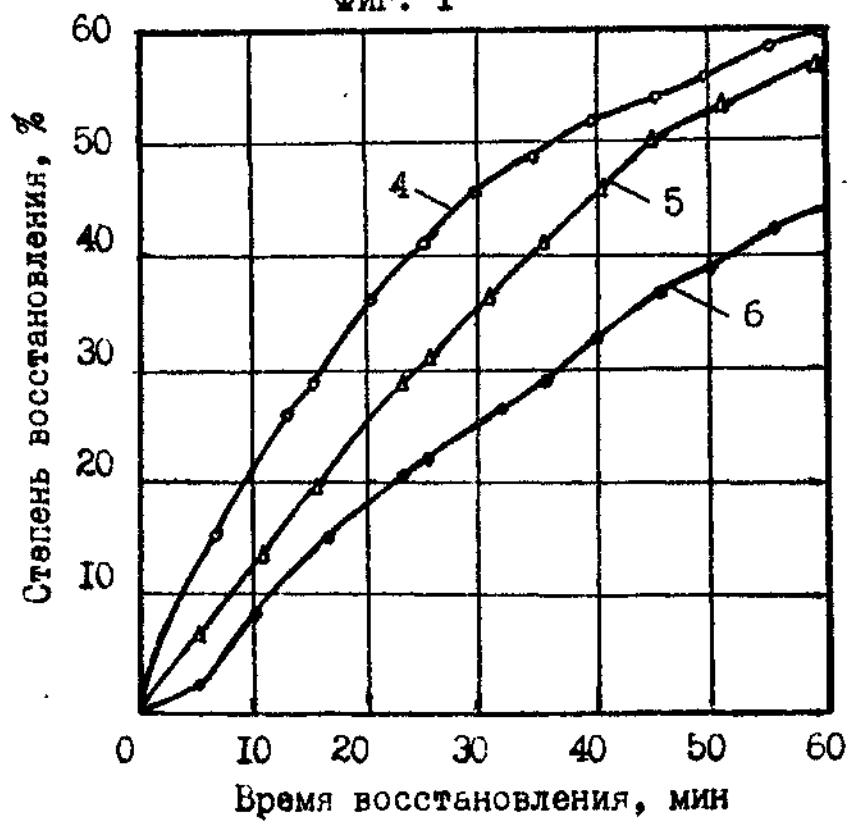
12 и 56 – молярные массы углерода и железа;

940 – масса железа, восстанавливающаяся при производстве 1 т чугуна, кг;

0,0067 – снижение γ_d, доли ед.

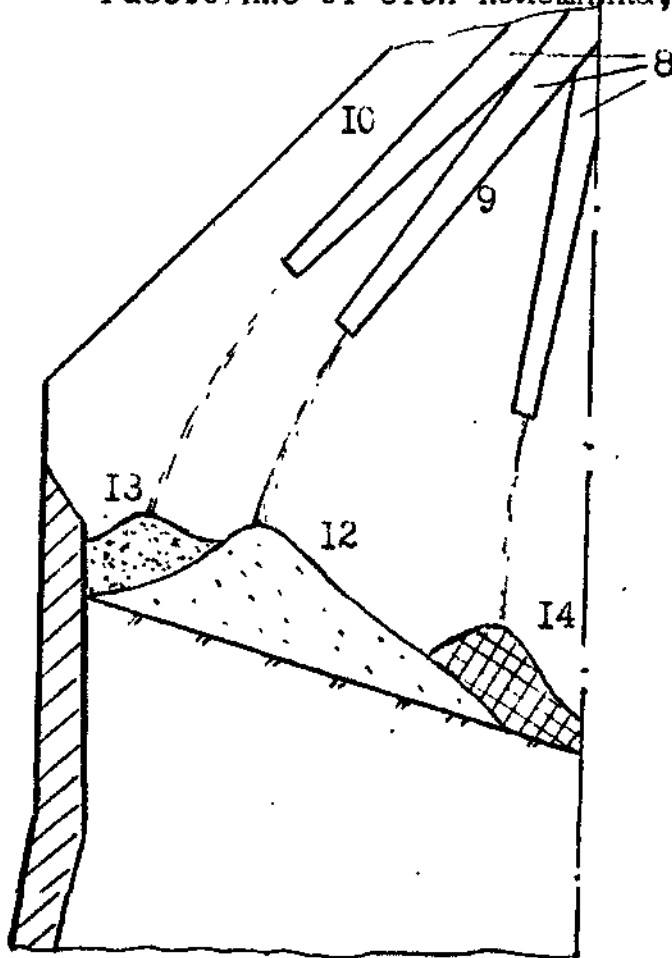
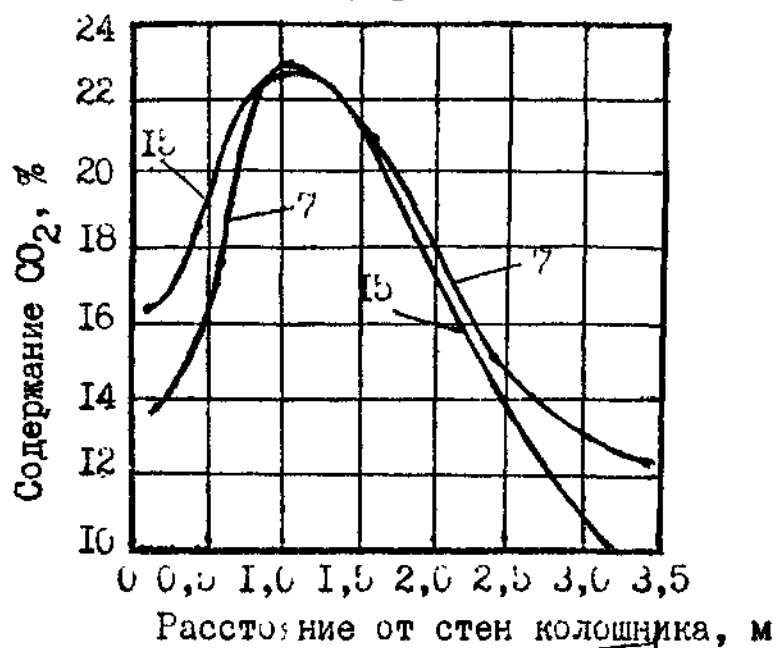


Фиг. 1



Фиг. 2

20622



Фиг. 3

Упорядник

Техред М.Келемеш

Коректор Л. Лукач

Замовлення 4394

Тираж

Підписне

Державне патентне відомство України,
254655, ГСП, Київ-53, Львівська пл., 8

Відкрите акціонерне товариство "Патент", м. Ужгород, вул.Гагаріна, 101

