

ВОДОРОДНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ДЕКАРБОНИЗАЦИИ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

Гамов Павел Александрович

*к.т.н., доцент, зав. каф.
пиromеталлургических
и литейных технологий
ЮУрГУ*



1. Парижское соглашение по климату 2015 года
2. План мероприятий «Развитие водородной энергетики в Российской Федерации до 2024 года»
3. Энергетическая стратегия России на период до 2035 г. (ЭС-2035)

Россия взяла обязательство к 2030 году снизить уровень выбросов парниковых газов на 25-30% по отношению к уровню 1991 года

Для решения этих задач в России создан научный консорциум

Основную ответственность за выполнение программы правительство возложило на госкорпорации «Газпром» и «Росатом».

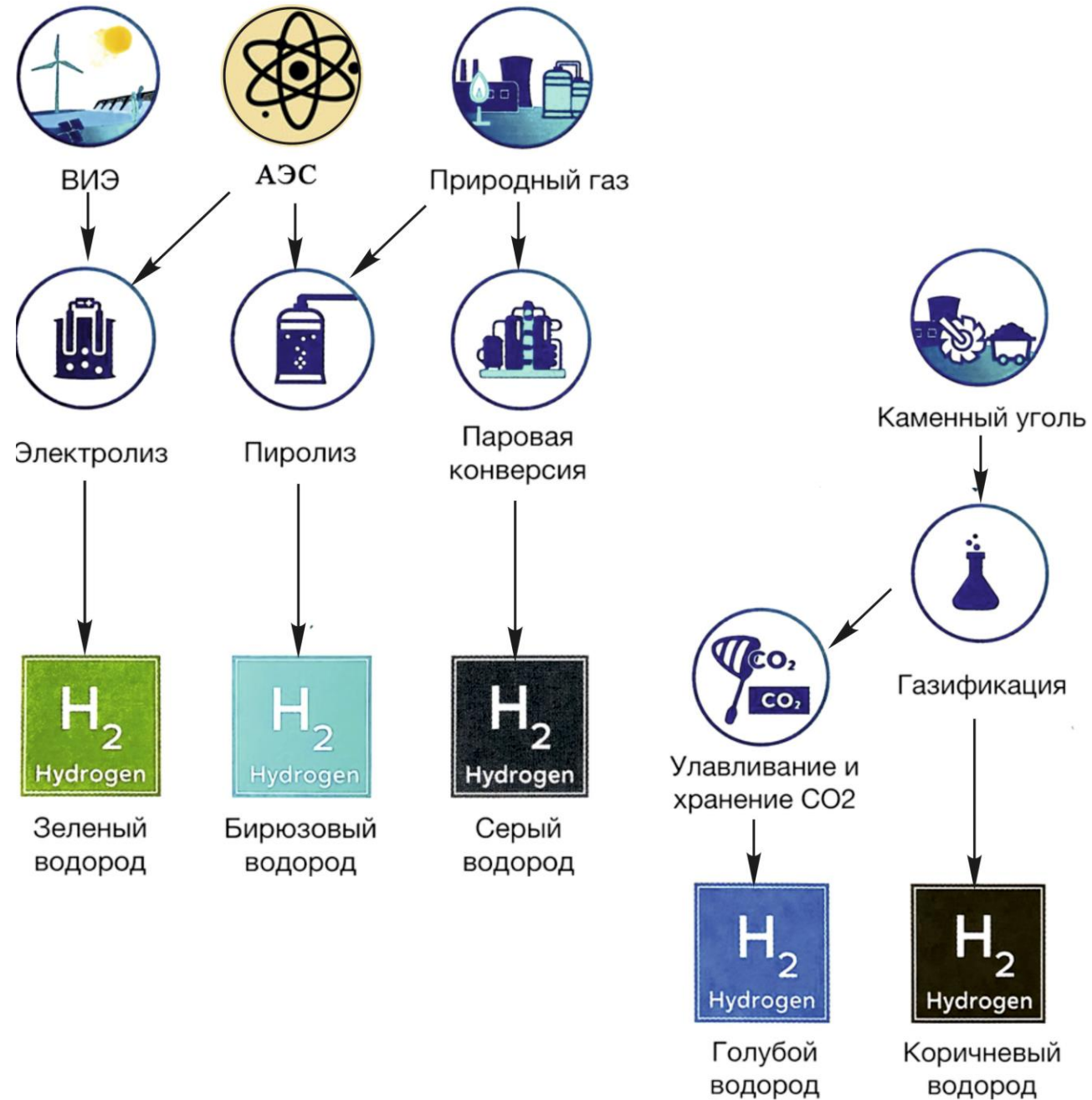
Рощин В.Е., Дрозин А.Д., Гамов П.А., Смирнов К.И. Декарбонизация сталеплавильного производства с позиций электронной теории восстановления металлов. Чёрные металлы. 2023. №2. – С. 10–16. DOI: 10.17580/chm.2023.02.02



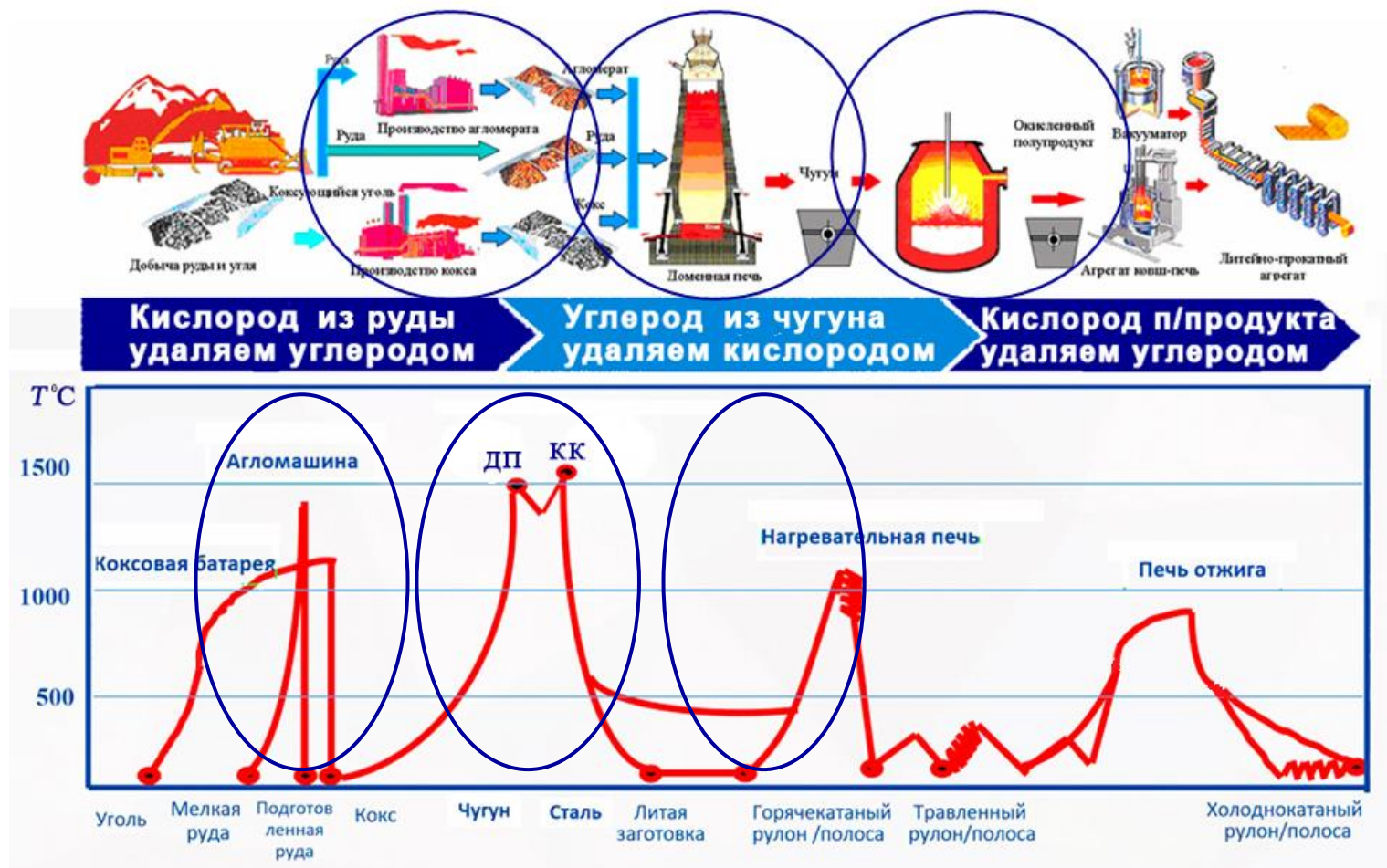
➤ **Целевая модель Росатома** – вертикально интегрированный поставщик водорода в РФ и на международном рынке

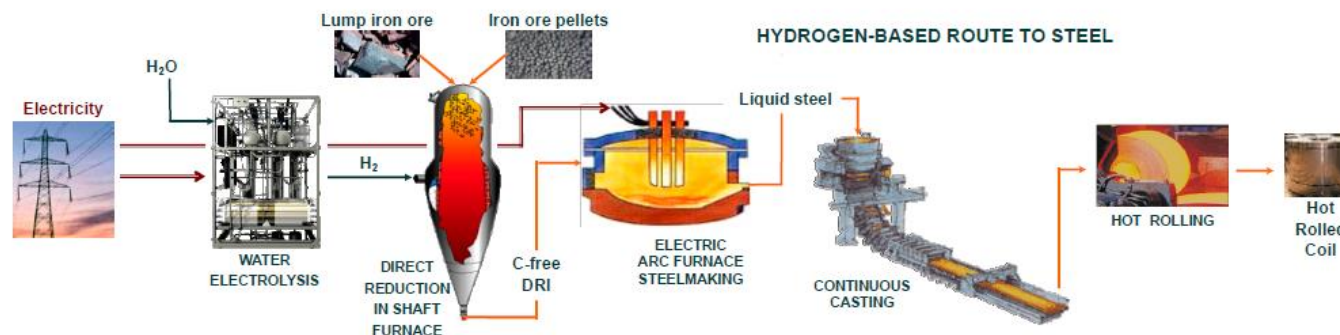
Водородные проекты в РФ	Проекты экспортной направленности
Реализация в формате локальных «кластеров» в России	Производство водорода: на западе РФ - для экспорта в страны Европы и на востоке РФ - для экспорта в страны азиатско-тихоокеанского региона
Применение водорода на транспорте (общественный, муниципальный, грузовой)	
Применение водорода для декарбонизации отраслей промышленности (НПЗ, сталелитейные заводы)	Стратегическая цель - стать одним из ключевых экспортеров водорода

Производство водорода с разным «углеродным следом»



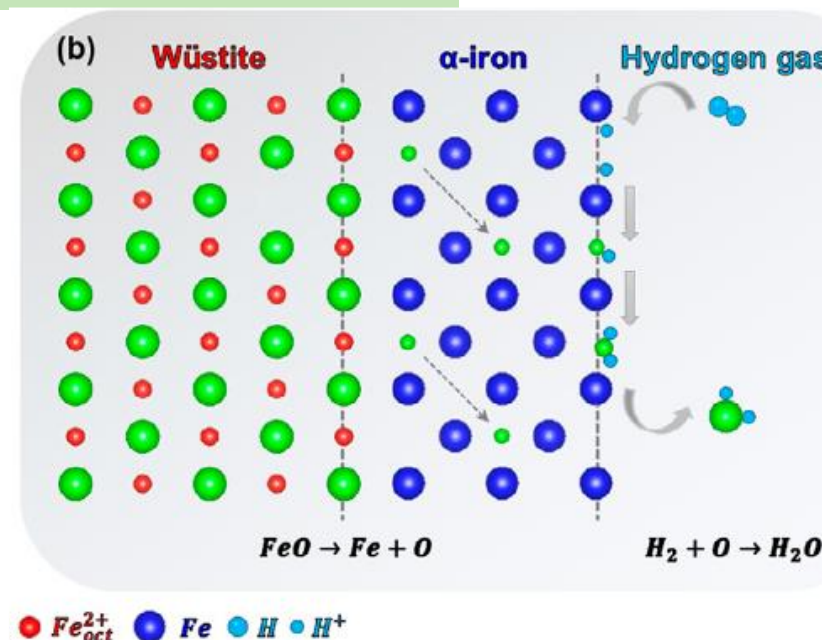
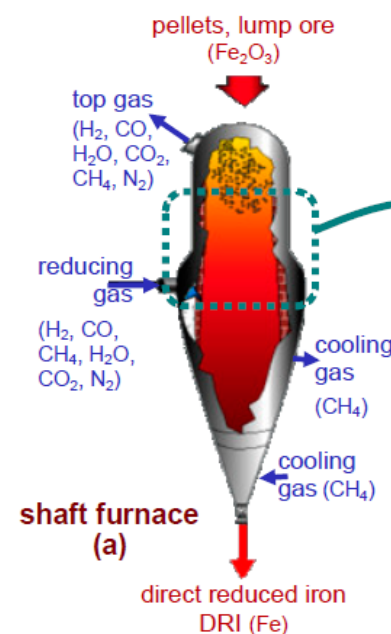
Многостадийный процесс обуславливает
высокие потери тепла





Получение водородного железа: как это работает.

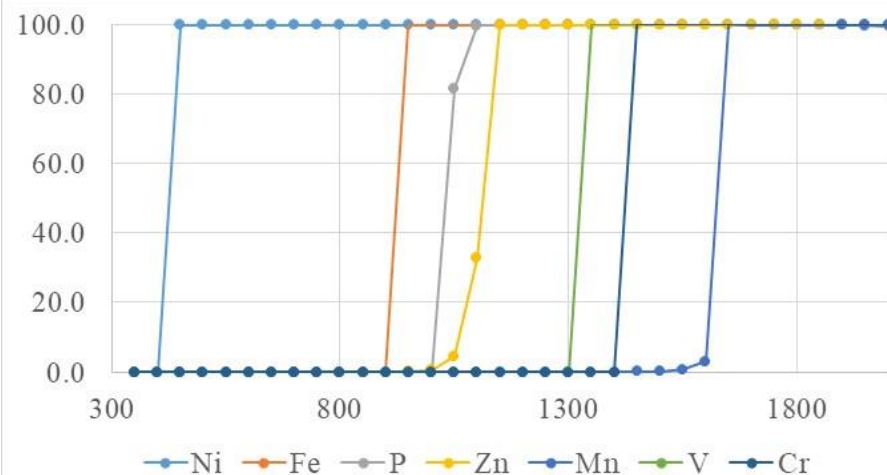
F. Patisson and O. Mirgaux. Hydrogen Iron making: How it Works. *Metals*, 2020, 10, 922



Иерархическая природа прямого восстановления оксидов железа водородом

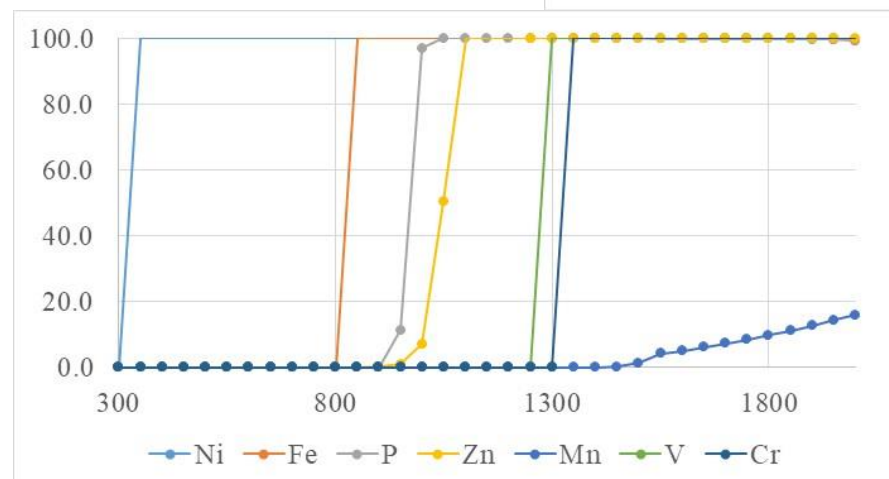
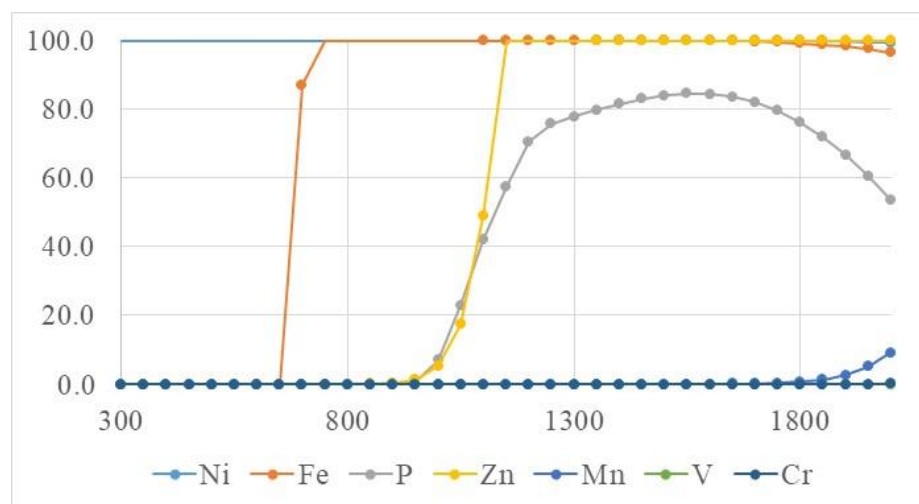
(16 авторов из 7 стран) Scripta Materialia.

<https://doi.org/10.1016/j.scriptamat.2022.114571>

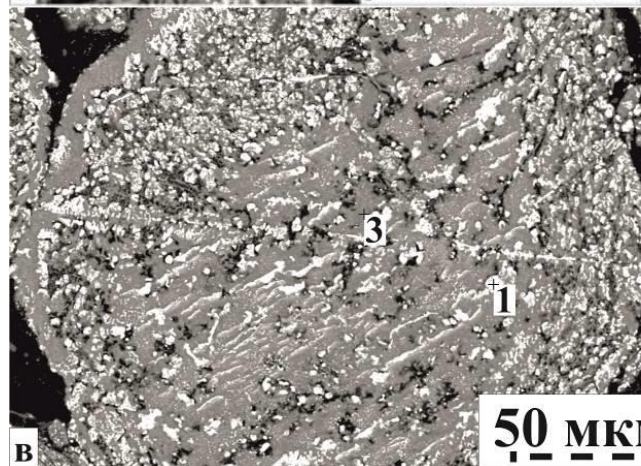
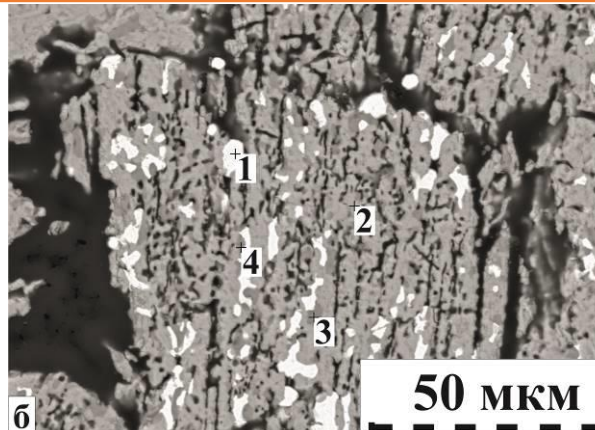
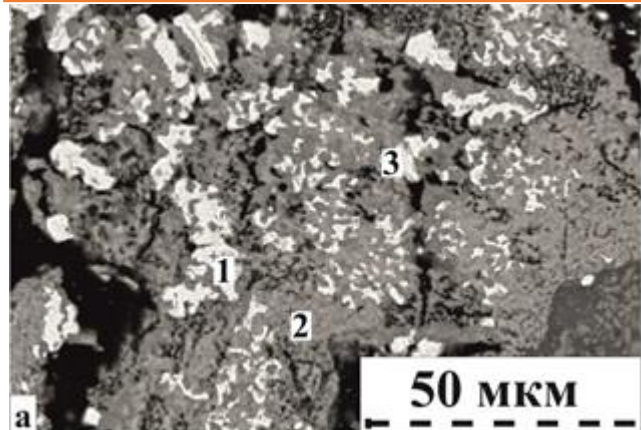


Влияние температуры на степень металлизации элементов в системе, содержащей углерод

Влияние температуры на степень металлизации элементов в системе, содержащей водород



Влияние температуры на степень металлизации элементов в системе, содержащей углерод и водород



Содержание элемента, ат. %		Fe	Ti	O
а	1	100	-	-
	2	13,9	16,0	70,1
	3	2,3	27,7	76,0
б	1	100	-	-
	2	14,2	17,0	68,8
	3	2,4	23,9	73,8
	4	11,1	20,3	68,6
в	1	100	-	-
	3	3,9	21,5	74,6

Вид и состав фаз ильменитового концентрата после восстановительного обжига:

а – при 900 °С и выдержке 60 мин в контакте с Ств;

б – при 1000 °С и выдержке 60 мин в контакте с Ств;

в – при 900 °С и выдержке 30 мин в проточной атмосфере водорода.

1. Водород является наиболее энергоэффективным энергоносителем и достаточно хорошим восстановителем железа. Для определения оптимальных условий восстановления железа водородом из разных руд в разных агрегатах необходимы исследования кинетики процессов.
2. Восстановление железа без выбросов диоксида углерода возможно, как с использованием «зеленого» водорода, получаемого электролизом воды от возобновляемых источников энергии или АЭС, так и «бирюзового» водорода, производимого методом пиролиза природного газа с получением твердого углерода.
3. Селективное восстановление железа водородом в комплексных рудах можно проводить при более высокой температуре с более высокой скоростью и в относительно крупных кусках руд по сравнению с селективным восстановлением углеродом.
4. Освоение водородного восстановления целесообразно начать уже в настоящее время с твердофазного селективного восстановления железа в сидероплезитовых, титаномагнетитовых, ильменитовых рудах с одновременным получением концентрата оксидов титана и магния. Возможно, целесообразным окажется также селективное предварительное восстановление железа водородом в хромовых рудах.
5. Важным преимуществом селективного восстановления железа водородом является возможность производить разделение металлической и оксидных фаз плавлением продуктов твердофазного восстановления при полном отсутствии восстановителя.
6. Для селективного твердофазного восстановления железа водородом пригодны промышленно используемые в настоящее время агрегаты прямого восстановления, а продукты твердофазного восстановления легко разделить плавлением в обычных плавильных агрегатах.



Спасибо за внимание!

