

# Dekarbonizacja przemysłu stalowego – uwarunkowania i wyzwania

Eugeniusz Mokrzycki, Lidia Gawlik

Współczesne społeczeństwo potrzebuje stali – podstawowego surowca szeroko wykorzystywanego w wielu gałęziach gospodarki. Zastosowanie stali w budownictwie, transporcie i przemyśle maszynowym jest oczywiste. Łatwość obróbki, a także trwałość i wytrzymałość powodują, że stal jest powszechnie wykorzystywana także w wielu produktach będących dobrami konsumenckimi. W 2023 roku 71 krajów świata wyprodukowało 1,89 mld ton stali surowej. Jej zużycie (1,73 mld ton) dotyczy niemal wszystkich krajów i regionów. Trzeba przy tym wiedzieć, że prognozy wskazują, że w przyszłości nastąpi wzrost zapotrzebowania na ten surowiec.

Jednocześnie produkcja żelaza i stali jest jedną z najbardziej energochłonnych i emisyjnych branż na świecie odpowiadającą za około 7% globalnych emisji gazów cieplarnianych (GHG) i 11% globalnych emisji dwutlenku węgla (CO<sub>2</sub>).

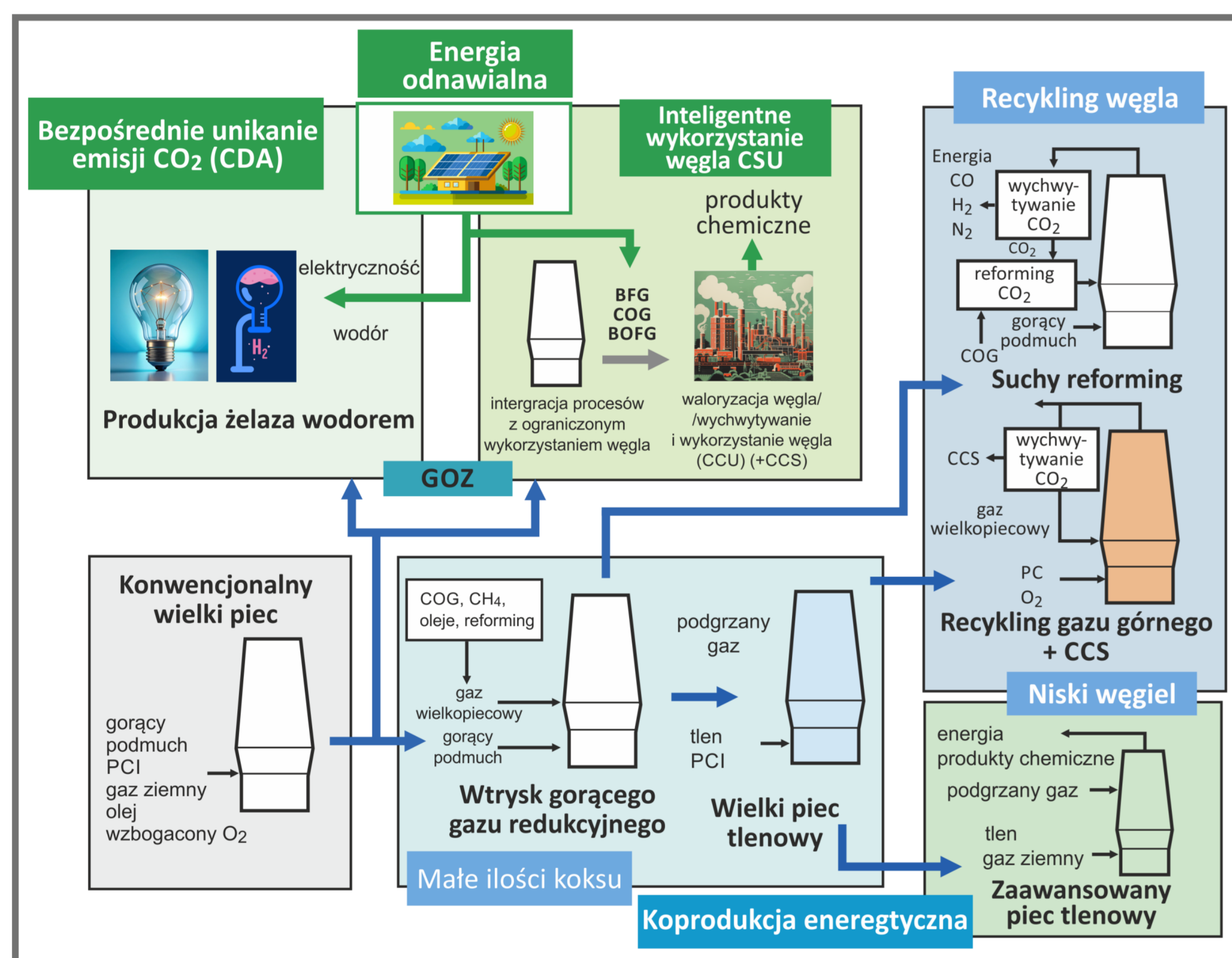
Postawione porozumieniem paryskim wymogi dotyczące ograniczenia wzrostu temperatury planety zmuszają do poważnego zastanowienia się nad kierunkami działań w zakresie redukcji emisji gazów cieplarnianych. Redukcja emisji z przemysłu metalowego jest bardzo ważnym elementem strategii osiągnięcia tego celu, ale jednocześnie jest bardzo trudna.

Obecnie najpopularniejszą technologią służącą produkcji stali (ponad 71%) jest proces wielkiego pieca – podstawowego pieca tlenowego (BF-BOF), który wykorzystuje strumień czystego tlenu do utleniania zanieczyszczeń w ciekłym żelazie w celu wytworzenia stali o wysokiej czystości. Obok tej technologii często wykorzystywana (ponad 28%) jest technologia pieców łukowych (EAF), która jest nieco mniej energochłonna i pozwala na wykorzystanie złomu. Jest to szczególnie ważne w kontekście recyklingu materiałów, ale wymaga dużej ilości energii elektrycznej.

O ile technologia pieca tlenowego wymaga wykorzystania węgla, to w piecu łukowym dekarbonizacja zależy między innymi od tego czy i w jakim stopniu możliwe jest wykorzystanie czystej energii elektrycznej i czy jest możliwe jej dostarczenie do procesu w wymaganej ilości.

Badania dotyczące redukcji emisji dwutlenku węgla w procesie produkcji stali prowadzone są intensywnie. Opracowuje się metody inteligentnego wykorzystania węgla, między innymi metodę PCI (wtrysk pyłu węglowego) oraz metody CCUS (wychwytywanie, składowanie i utylizacji dwutlenku węgla). Inną, wydaje się, że bardziej odpowiadającą idei dekarbonizacji, technologią jest metoda unikania węgla. Uważa się, że docelowo najlepszą metodą będzie bezpośrednia redukcja rudy żelaza wodorem.

Niestety metody te nie są dojrzałe a ich ostateczna komercjalizacja wymaga pokonania szeregu problemów. Dla uzyskania wymaganego efektu dekarbonizacji procesu produkcyjnego najistotniejszy będzie sposób wytworzenia wodoru z wykorzystaniem energii elektrycznej z odnawialnych źródeł energii.



Najwięksi producenci stali surowej i konsumenci wyrobów stalowych [Mt, %]

Kraj	Producenci		Konsumenci	
	Produkcja [Mt]	Udział w produkcji [%]	Zużycie [Mt]	Udział w zużyciu [%]
Chiny	1 019,1	53,9	895,7	50,8
Indie	140,8	7,4	133,4	7,6
Japonia	87,0	4,6	53,3	3,0
USA	81,4	4,3	90,5	5,1
Rosja	76,0	4,0	44,6	2,5
Korea Płd.	66,7	3,5	54,7	3,1
Niemcy	35,4	1,9	28	1,6
Turcja	33,7	1,8	38,1	2,2
Brazylia	31,8	1,7	23,9	1,4
Iran	31,0	1,6	19,5	1,1
Włochy	21,1	1,1	23,5	1,3
Meksyk	16,2	0,9	28,5	1,6
Razem Świat	1892,2	100,0	1763	100,0

## PODSUMOWANIE

W ramach dekarbonizacji hutnictwo z produkcją stali pierwotnej (z rudy żelaza) wykorzystującą koks powinno przejść na technologię bezpośredniej redukcji DRI, korzystającą z wodoru, może to znacznie obniżyć emisje CO<sub>2</sub>. Przejście hutnictwa na technologie wodorowe jest konieczne, ale będzie to związane ze znaczącym wzrostem zapotrzebowania na wodór i na energię elektryczną – to oznacza bardzo duże inwestycje. Należy mieć świadomość, że wytwarzanie H<sub>2</sub> do produkcji stali będzie wymagać dostarczenia do elektrolizerów znacznych ilości energii elektrycznej (zielonej). Stal z technologii wodorowej jest obecnie bardzo droga i przejście na produkcję stali niskoemisyjnej jest kosztowne, a ceny ETS musiałyby być znaczące aby ceny stali z wodorowej ścieżki DRI były porównywalne z obecnymi metodami.

1. Stal charakteryzuje się specyficznymi właściwościami dotyczącymi doskonałej wytrzymałości i trwałości oraz łatwości obróbki, jak również możliwością recyklingu i dlatego należy obecnie do najważniejszych surowców niezbędnych dla rozwoju gospodarki światowej. Zapotrzebowanie na nią jest we wszystkich sektorach gospodarki, przede wszystkim w budownictwie i infrastrukturze, które zużywają ponad połowę globalnej produkcji stali.

2. Stal obecnie produkowana jest przez 71 krajów i w 2023 roku produkcja wyniosła 1892,2 Mt, przy czym kraje grupy G20 (najbogatsze kraje świata) wytwarzają 85% światowej produkcji oraz za 80% jej konsumpcji. Największymi producentami stali są Chiny, których produkcja stali surowej stanowi ponad połowę światowej produkcji, następnie: UE, Indie, USA.

3. Obecnie produkcja stali jest przeprowadzana w technologii wielki piec – piec tlenowo-zasadowy (BF-BOF), z której w 2023 r. otrzymano 71,1% stali surowej oraz technologii pieca łukowego (EAF) – produkcja 28,6%, natomiast 0,3% stali jest otrzymywana w innych procesach. W UE produkcja stali w 2023 roku w technologii BF-BOF wyniosła 55,2% (ogółem produkcja stali wyniosła 126,3 Mt), a z technologii EAF – 44,8%. W Polsce produkcja stali w 2023 r. wyniosła 6,4 Mt, z tego BF-BOF – 48,8%, EAF – 51,2%.

4. Wykorzystanie złomu przynosi konkretne oszczędności materiałowe; 1 tona złomu stalowego skutkuje oszczędnościami surowca: ponad 1,4 t rudy żelaza, 740 kg węgla i 120 kg wapienia.

5. Produkcja żelaza i stali, pomimo znacznej efektywności pod względem zużycia energii, jest jednak energochłonną gałęzią przemysłu przyczyniającą się do około 7% globalnych emisji gazów cieplarnianych i 11% globalnej emisji CO<sub>2</sub>. W 2023 roku średnia emisja CO<sub>2</sub> z procesów produkcji stali kształtowała się następująco: BF-BOF – 2,33 t/t<sub>cs</sub>, DRI-EAF – 1,37 t/t<sub>cs</sub>, EAF – 0,68 t/t<sub>cs</sub>.

6. Szacuje się, że globalne antropogeniczne emisje netto gazów cieplarnianych w 2019 roku wyniosły 59+6,6 Gt ekwiwalentu CO<sub>2</sub>, co stanowi około 12% (6,5 Gt<sub>eCO2</sub>) więcej niż w 2010 r. i 54% (21 Gt<sub>eCO2</sub>) więcej niż w 1990 r. Aby osiągnąć cel 1,5°C określony w porozumieniu paryskim, emisje CO<sub>2</sub> muszą zostać zmniejszone o połowę do końca tej dekady i osiągnąć zerowy poziom netto do 2050 roku.

7. Przejście sektora stalowego na ścieżkę 1,5°C będzie wymagało polityki wdrożenia nowych technologii niskoemisyjnych i gospodarki o obiegu zamkniętym. Związane to będzie z wymogami skoordynowanego wysiłku szerokiego grona interesariuszy w zakresie rozwoju technologii: EAF, opartych na wodrze (DRI), wychwytywania, składowania i wykorzystania CO<sub>2</sub> (CCUS) oraz podniesienia efektywności energetycznej tych technologii.

8. Występuje wiele raportów, opracowań, jak również artykułów charakteryzujących dekarbonizację globalnego przemysłu stalowego, bądź poszczególnych analizowanych krajów i proponujących strategię przewyżczenia wyzwań związanych z emisjami gazów cieplarnianych, zwłaszcza CO<sub>2</sub>. Wszystkie te publikacje podkreślają, że ograniczenie znacznej emisji CO<sub>2</sub> z sektora stalowego jest trudnym zadaniem bez wsparcia nowoczesnych technologii: inteligentnego wykorzystania węgla (SCU), bezpośredniego unikania emisji CO<sub>2</sub> (CDA) i szeregu innych działań dotyczących zmian gospodarczych i zrównoważonych źródeł energii.