

NAPAWANIE JAKO FORMA ZABEZPIECZENIA ANTYKOROZYJNEGO ELEMENTÓW CIŚNIENIOWYCH KOTŁÓW ENERGETYCZNYCH W ASPEKCIE ZRÓWNOWAŻONEGO ROZWOJU

Anna Maciejczyk, Bartłomiej Hernik, Szymon Ciukaj

Streszczenie

Obserwowany w ostatnich dziesięcioleciach intensywny rozwój gospodarczy i technologiczny oraz związana z tym ekspansja w środowisko przyrodnicze wymusiły konieczność zminimalizowania efektów presji wywołanej przez aktywność człowieka. Narzędziem do tego stała się koncepcja zrównoważonego rozwoju, zgodnie z którą możliwe jest zaspokojenie potrzeb obecnego pokolenia przy jednoczesnej ochronie środowiska przyrodniczego i zasobów naturalnych, tak aby przyszłe pokolenia również mogły z nich korzystać. W przypadku branży energetycznej ograniczenie stosowania paliw kopalnych generuje kolosalne wyzwanie w postaci konieczności szukania alternatywnych źródeł energii. Jednakże w jednostkach energetycznych spalających paliwa alternatywne takie jak odpady, biomasa czy też pozostałości przemysłowe, często występują problemy związane z korozją oraz osadzaniem się popiołów na elementach wymieniających ciepło. Koniecznym jest zatem wprowadzenie alternatywnych rozwiązań na przykład w postaci dodatkowego zabezpieczenia antykorozyjnego, tak aby zminimalizować negatywne skutki związane ze stosowaniem paliw alternatywnych.

Słowa kluczowe: zrównoważony rozwój, paliwa kopalniane, paliwa alternatywne, korozja, spalanie, napawanie, powłoka, Inconel 625, Alloy 310

CLADDING OF PRESSURE COMPONENTS IN POWER BOILERS AS A FORM OF CORROSION PROTECTION IN TERMS OF SUSTAINABLE ECONOMY DEVELOPMENT

Abstract

The intensive economic and technological development observed in recent decades and the associated human activity expansion into the natural environment have emerged the need to minimize the negative effects caused by human activity. A useful process for this has become the concept of sustainable economic development, according to which it is possible to meet the needs of the present generation while protecting the natural environment and natural

resources so that future generations can also benefit from them. In the case of the energy industry, the reduction in the use of fossil fuels generates the need to look for alternative energy sources. However, power boilers burning alternative fuels such as waste, biomass or industrial residues often experience operational problems of corrosion and severe ash deposition on heat-exchanging elements. It is, therefore, necessary to introduce alternative technology solutions, such as easily applicable additional corrosion protection on the tube exchangers to mitigate the negative effects of burning alternative fuels.

Keywords: sustainable economy development, fossil fuels, alternative fuels, corrosion, waste firing, cladding, Inconel 625, Alloy 310

Autorzy:

Anna Maciejczyk, Bartłomiej Hernik, Szymon Ciukaj

Politechnika Śląska, Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki
ul. Konarskiego 18, 44-100 Gliwice

Cytowanie: Maciejczyk A., Hernik B., Ciukaj Sz. (2023). Napawanie jako forma zabezpieczenia antykorozyjnego elementów ciśnieniowych kotłów energetycznych w aspekcie zrównoważonego rozwoju. *Etyka Biznesu i Zrównoważony Rozwój. Interdyscyplinarne studia teoretyczno-empiryczne*, 3, 50–71.

Czym jest zrównoważony rozwój?

Termin „zrównoważony rozwój” (sustainable development) został po raz pierwszy użyty przez niemieckiego leśnika Hansa Karla Carlowitza, który był zwolennikiem prowadzenia gospodarki leśnej opartej na zrównoważonych zasadach, tzn. utrzymywanie drzewostanu na tym samym poziomie ilościowym.

Natomiast definicja zrównoważonego rozwoju wywodzi się z Raportu Brundtland, zgodnie z którym jest on określany jako „(...) rozwój, który zaspokaja potrzeby obecne, nie zagrażając możliwościom zaspokojenia potrzeb przyszłych pokoleń”. Warto odwołać się również do definicji ONZ, zgodnie z którą: „Zrównoważony rozwój Ziemi to rozwój, który zaspokaja podstawowe potrzeby wszystkich ludzi oraz zachowuje, chroni i przywraca zdrowie i integralność ekosystemu Ziemi, bez zagrożenia możliwości zaspokojenia potrzeb przyszłych pokoleń i bez przekraczania długookresowych granic pojemności ekosystemu Ziemi” [1].

O zasadzie zrównoważonego rozwoju mowa także w art. 5 Konstytucji RP, który stanowi, że: „Rzeczpospolita Polska strzeże niepodległości i nienaruszalności swojego terytorium, zapewnia wolności i prawa człowieka i obywatela oraz bezpieczeństwo obywateli, strzeże dziedzictwa narodowego oraz zapewnia ochronę środowiska, kierując się zasadą zrównoważonego rozwoju”.

Definicja zrównoważonego rozwoju znalazła się również w ustawie Prawo Ochrony Środowiska i wyjaśnia, że jest to „(...) taki rozwój społeczno-gospodarczy, w którym następuje proces integrowania działań politycznych, gospodarczych i społecznych, z zachowaniem równowagi przyrodniczej oraz trwałości podstawowych procesów przyrodniczych, w celu zagwarantowania możliwości zaspokajania podstawowych potrzeb poszczególnych społeczności lub obywateli zarówno współczesnego pokolenia, jak i przyszłych pokoleń”.

Rozwój strategii zrównoważonego rozwoju oraz jego główne cele

Genezą koncepcji zrównoważonego rozwoju jest raport z 1969 roku, ogłoszony przez Sekretarza ONZ U Thanta, w którym po raz pierwszy w historii zaprezentowano dane, wskazujące na zniszczenie środowiska naturalnego wskutek m.in. zbyt dużej eksploatacji surowców mineralnych, drastycznego zmniejszenia powierzchni lasów, niszczenia i degradacji pokrywy glebowej, zmniejszenia się zasobów wód słodkich, niszczenia szaty roślinnej oraz zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego i wynikające z tego niekorzystne konsekwencje i zagrożenia istotne dla całej ludzkości. Dokument ten wzywał wszystkie kraje do globalnego rozpatrywania problemów ochrony środowiska oraz ostrzegał, że dotychczasowy sposób korzystania ze środowiska naturalnego spowoduje światową katastrofę, której można zapobiec jedynie poprzez rozpoczęcie w krajach cywilizowanych działań chroniących środowisko. Do dziś raport ten uważany jest za punkt zwrotny w postrzeganiu problemów środowiskowych [2, 3, 4].

W odpowiedzi na potrzebę zmiany podejścia ludzkości do postrzegania ochrony środowiska i wzbudzenia odpowiedzialności za nie powstał Klub Rzymski, czyli organizacja określana jako „globalny think tank”, zrzeszająca naukowców, polityków i biznesmenów zaangażowanych w badanie i upowszechnianie globalnych problemów świata, w tym związanych również z problemami środowiskowymi. Przygotowany przez Klub Rzymski raport pn. „Granice wzrostu” prezentuje bardzo niekorzystną koncepcję przyszłości Ziemi, tzn. „Jeśli obecne trendy wzrostowe światowej populacji, industrializacji, zanieczyszczenia, produkcji żywności i zużycia zasobów zostaną utrzymane, to w ciągu najbliższych stu lat osiągnięte zostaną granice wzrostu tej planety. Najbardziej prawdopodobnym skutkiem będzie raczej gwałtowny i niekontrolowany spadek zarówno liczebności populacji, jak i produkcji przemysłowej” [5].

Wg autorów tego raportu przedstawione w nim zagrożenia mogłyby zostać zahamowane w sytuacji tzw. wzrostu zerowego, czyli utrzymania rozwoju gospodarczego na osiągniętym poziomie.

Kolejnym ważnym etapem w ewolucji koncepcji zrównoważonego rozwoju była Konferencja Sztokholmska, zorganizowana w 1972 roku, w wyniku której przyjęta została Deklaracja Sztokholmska, czyli tzw. Deklaracja Konferencji Narodów Zjednoczonych w sprawie naturalnego środowiska człowieka [6]. Deklaracja ta stwierdza m.in., że „człowiek ma podstawowe prawo do wolności, równości i odpowiednich warunków życia w środowisku takim, które pozwalałoby na przyzwoite życie w dobrobycie. Człowiek ponosi poważną odpowiedzialność za ochronę i poprawę środowiska naturalnego dla obecnych i przyszłych pokoleń” [7]. Deklaracja ta zwraca również uwagę na konieczność „ograniczania wpływu człowieka na zasoby Ziemi, na powietrze, wodę, glebę, florę i faunę, na szczególną odpowiedzialność za ochronę i mądre zarządzanie pozostałościami dzikiej zwierzyny i miejsc, w których ona przebywa, na konieczność odpowiedzialnego i sprawiedliwego użytkowania zasobów nieodnawialnych, zapobiegając ich wyczerpaniu” [8].

W ramach Organizacji Narodów Zjednoczonych w roku 1983 pod kierownictwem premier Norwegii Gro Harlem Brundtland rozpoczęła działalność Komisja ONZ ds. Środowiska i Rozwoju, a efektem tej działalności stało się opublikowanie w 1987 roku raportu pn. „Nasza wspólna przyszłość”, w którym zostało zdefiniowane pojęcie zróżnicowanego rozwoju jako „pozwalającego na zaspokojenie potrzeb bieżącego pokolenia bez uszczerbku dla szans na zaspokojenie takich potrzeb w przyszłości” [9]. Ponadto raport ten podnosi konieczność przedsięwzięcia różnorodnych czynności w poszczególnych rejonach świata tak, aby możliwym stało się wykreowanie zrównoważonego modelu życia, w szczególności w celu poprawy jakości egzystencji danego pokolenia przy minimalizacji rabunkowej eksploatacji zasobów naturalnych tak, aby mogły służyć one pokoleniom przyszłym. Dla osiągnięcia tego celu konieczne jest zintegrowanie działań ludzkich w obszarze wzrostu gospodarczego, ochrony zasobów naturalnych i środowiska oraz rozwoju społecznego [10].

Raport komisji Brundtland stał się podstawą do zwołania Szczytu Ziemi w Rio de Janeiro w 1992 roku. W wyniku prac tej konferencji uchwalona została Deklaracja o środowisku i rozwoju, zawierająca 27 zasad definiujących działania na rzecz środowiska [11], „mając na celu ustanowienie nowego i sprawiedliwego światowego partnerstwa przez stworzenie nowych form współpracy między państwami, podstawowymi grupami społecznymi i narodami, pracując w celu osiągnięcia międzynarodowych porozumień, korzystnych dla wszystkich i chroniących integralność światowego systemu środowiska i rozwoju, uznając niepodzielną i powiązaną współzależnościami istotę Ziemi — naszego domu” [12]. Zasada nr 3 deklaracji odnosi się bezpośrednio do definicji zrównoważonego rozwoju zawartej w raporcie

Brundtland i głosi, że „prawo do rozwoju musi być egzekwowane tak, aby sprawiedliwie uwzględniać rozwojowe i środowiskowe potrzeby obecnych i przyszłych pokoleń” [12].

Podczas konferencji w Rio de Janeiro została również przyjęta Agenda 21, która jest dokumentem programowym, przedstawiającym plan działania dla Narodów Zjednoczonych, rządów i grup społecznych na rzecz ochrony środowiska i rozwoju. Zwraca ona uwagę na fakt, że „ludzkość doszła do przełomowego momentu w historii. Kontynuując dotychczasową politykę, przyczyniamy się do pogłębienia przepaści gospodarczej w społeczeństwach i między państwami, rozszerzenia się sfer ubóstwa, głodu, chorób i analfabetyzmu. Będziemy też powodować postępującą degradację środowiska naturalnego, od którego zależy życie na Ziemi” [13]. Agenda 21 została podzielona na cztery części, z których pierwsza dotyczy zagadnień społecznych i ekonomicznych (tj. współpraca międzynarodowa w celu przyspieszenia zrównoważonego rozwoju, walka z ubóstwem, ochrona zdrowia ludzkiego, rozwój osiedli ludzkich), druga – zasad ochrony i gospodarowania zasobami naturalnymi (tj. ochrona atmosfery, ochrona powierzchni ziemi, ochrona oceanów, mórz i wód śródlądowych, ochrona różnorodności biologicznej, bezpieczna dla środowiska gospodarka odpadami stałymi, toksycznymi, niebezpiecznymi, ściekowymi i radioaktywnymi), trzecia – wzmacniania roli grup społecznych i organizacji (tj. wzmacnianie roli kobiet, młodzieży, związków zawodowych, ludności wiejskiej, władz lokalnych, przemysłu, nauki) oraz czwarta – zagadnień związanych z możliwościami realizacyjnymi zrównoważonego rozwoju (tj. środki i mechanizmy finansowania, transfer technologii proekologicznych, współpraca naukowa i edukacja ekologiczna, współpraca międzynarodowa w tworzeniu możliwości realizacyjnych) [14]. Opierając się na działaniach propagowanych przez Agendę 21, w Polsce od roku 1998 ponad 80 samorządów opracowało i rozpoczęło realizację programów aktywizujących zrównoważony rozwój. W roku 2002, podczas konferencji „Zarządzanie zrównoważonym rozwojem. Agenda 21 w Polsce – 10 lat po Rio”, została podpisana Deklaracja Polskiej Sieci Miast, Gmin i Powiatów na rzecz zrównoważonego rozwoju [15].

Niezwykle ważnym wydarzeniem był Szczyt Ziemi 2002, zorganizowany przez Organizację Narodów Zjednoczonych w Johannesburgu, który służyć miał dyskusji środowisk międzynarodowych na temat globalnego zrównoważonego rozwoju, czyli rozwoju gospodarczego, społecznego i ochrony środowiska. Przyjęty 65-stronicowy Plan Działania zobowiązał uczestników Szczytu do współpracy na rzecz ochrony środowiska i rozwoju w zakresie m.in. ograniczenia ubóstwa, ograniczenia śmiertelności niemowląt i dzieci poniżej 5 lat, poprawy służby zdrowia, ograniczenia nadmiernej produkcji i konsumpcji, a także zarządzania międzynarodowymi zasobami i rozwoju alternatywnych źródeł energii [6].

W 2012 roku, w 20. rocznicę Konferencji Narodów Zjednoczonych dotyczącej środowiska i rozwoju, zakończoną przyjętym planem działania (Agenda 21) dla XXI wieku w obszarach

dotyczących wpływu człowieka na środowisko, odbył się Szczyt Ziemi Rio +20, zwołany w sprawie oceny postępów w realizacji wcześniejszych zobowiązań związanych ze zrównoważonym rozwojem, a także opracowania nowych celów, mających rozwiązać m.in. problemy dotyczące rosnącej skali ubóstwa i egzystencji w warunkach prymitywnych, zapewnić ochronę środowiska naturalnego w świetle coraz większego zaludnienia Ziemi, a także promować sprawiedliwość społeczną. Efektem międzynarodowych dyskusji stało się przyjęcie Deklaracji „Przyszłość jaką chcemy mieć”, którą należy rozpatrywać jako wspólne, międzynarodowe, ustalone w drodze porozumienia i kompromisu stanowisko, dotyczące zrównoważonego rozwoju w płaszczyźnie ekonomicznej, społecznej i środowiskowej [16]. Deklaracja została podzielona na sześć części, w których ujęto 280 artykułów poruszających szereg różnych tematów związanych ze zrównoważonym rozwojem. Ujęte zostały m.in. kwestie światowej gospodarki energetycznej w zakresie poprawy efektywności, dostępu do nowoczesnych usług energetycznych, czy też zwiększenia wykorzystania alternatywnych źródeł energii przy jednoczesnym zapewnianiu, że nie spowoduje to zmian klimatycznych. Jeśli chodzi o kwestie związane z tematem ubóstwa podkreślone zostało, że bezpieczeństwo żywnościowe i zrównoważone rolnictwo, a także działania gospodarcze w zakresie tworzenia nowych miejsc pracy mają tutaj kolosalne znaczenie. W szczególności należy zaakcentować propagowanie powstawania „zielonych stanowisk pracy”, przyczyniających się do ochrony i poprawy jakości środowiska naturalnego. Zrównoważony rozwój miast to kolejny ujęty w deklaracji temat. Należy tutaj wskazać, że ideą takich miast jest wzrost jakości życia i dobrobytu ludzi przy jednoczesnej symbiozie środowiska zurbanizowanego ze środowiskiem przyrodniczym. Miasta powinny podjąć niezbędne działania, aby „przyczynić się do osiągnięcia celów neutralności klimatycznej, gospodarki o obiegu zamkniętym i bioróżnorodności, zapewniając jednocześnie czystsze i zdrowsze środowisko oraz oferując swoim mieszkańcom lepsze możliwości społeczne i gospodarcze” [17]. W deklaracji poruszony został również problem zapewniania każdemu człowiekowi dostępu do wody, która jest niezbędna w ludzkiej egzystencji. Co prawda na naszej planecie jest wystarczająco dużo wody, jednakże mimo tego wiele ludzi cierpi i umiera z powodu jej niedoboru. Jest to niestety spowodowane jej niewłaściwym gospodarowaniem oraz błędami logistycznymi, zapobieganie którym powinno stanowić jeden z najistotniejszych celów środowisk międzynarodowych. W tym miejscu należy także wskazać, że równie istotne jest podjęcie działań w celu ochrony wód mórz i oceanów przed ich nadmierną eksploatacją, niszczeniem morskich ekosystemów oraz przed zagrożeniami wynikającymi ze zmian klimatycznych, ponieważ odgrywają one kluczową rolę nie tylko w rozwoju handlu i transportu, lecz również regulują klimat i wytwarzają większość dostępnego tlenu [18]. Problemy i wyzwania ujęte w deklaracji są więc ogromne i stanowią rzeczywiste zagrożenie dla świata, a ich rozwiązanie lub przynajmniej ograniczenie winno stanowić punkt wyjścia dla dalszych działań na rzecz zrównoważonego rozwoju.

Ostatnim ważnym etapem był Szczyt Zrównoważonego Rozwoju, który odbył się w 2015 roku w Nowym Jorku. Miał on na celu przyjęcie nowej agendy o historycznym znaczeniu „Przekształcanie naszego świata: Agenda na Rzecz Zrównoważonego Rozwoju – 2030” [19]. Zgodnie z preambułą agenda „jest planem działań na rzecz ludzi, naszej planety i dobrobytu. Celem agendy jest również wzmocnienie powszechnego pokoju w warunkach większej wolności” [20]. Została podpisana przez 193 państwa członkowskie ONZ, które zobowiązały się „(...) wyeliminować, od chwili obecnej do roku 2030, ubóstwo i głód na całym świecie; zwalczyć nierówności wewnątrz oraz między krajami; zbudować pokojowe i sprawiedliwe społeczeństwa sprzyjające włączeniu społecznemu; chronić prawa człowieka i promować równość płci; wzmacniać pozycję kobiet i dziewcząt oraz zapewnić trwałą ochronę naszej planety i jej zasobów naturalnych, (...) stworzyć warunki dla zrównoważonego, trwałego i sprzyjającego włączeniu społecznemu wzrostu gospodarczego, wspólnego dobrobytu i godnej pracy dla wszystkich, uwzględniając różne poziomy rozwoju i potencjału krajowego” [20]. Agenda przedstawia 17 celów zrównoważonego rozwoju oraz powiązanych z nim 169 zadań, oddających trzy wymiary zrównoważonego rozwoju, czyli gospodarczy, społeczny i środowiskowy. Ujęte w agendzie zmiany transformacyjne zostały przedstawione jako zasada 5P: People (ludzie – eliminacja ubóstwa i głodu, godność i równość), Planet (planeta – ochrona przed jej degradacją poprzez zrównoważoną konsumpcję i produkcję, gospodarowanie zasobami naturalnymi oraz ochrona klimatu), Prosperity (dobrobyt – zapewnienie możliwości korzystania z dóbr takich jak edukacja, opieka zdrowotna, czysta woda, elektryczność przy jednoczesnym respektowaniu środowiska naturalnego), Peace (pokój – wzmocnienie roli prawa i odpowiedzialności instytucji, wolność polityczna, wolność słowa i mediów, sprawiedliwość i brak dyskryminacji), Partnership (partnerstwo – globalne partnerstwo na rzecz zrównoważonego rozwoju, koncentracja na potrzebach najuboższych i najuboższych) [19]. Każdemu przedstawionemu w Agendzie działaniu, w celu jego monitorowania, przypisane zostały mierzące postępy realizacji wskaźniki, za których raportowanie odpowiadają rządy poszczególnych krajów. W Polsce organem odpowiedzialnym za mierzenie postępów w realizacji Agendy jest GUS, który przygotował specjalny portal prezentujący wyniki. Polska w tej chwili zajmuje 12 miejsce na świecie pod względem realizacji Agendy 2030 [21].

Polityka energetyczna w świetle idei zrównoważonego rozwoju

W koncepcji zrównoważonego rozwoju szczególną rolę odgrywa temat odpowiedniego wykorzystywania zasobów naturalnych, w szczególności tych, których nie da się odtworzyć. Sektorem szczególnie eksploatującym dobra naturalne jest energetyka, która korzystając

z paliw kopalnych, przyczynia się do degradacji środowiska naturalnego, co stanowi jedno z głównych zagrożeń dla rozwoju gospodarczego [22]. Tradycyjnie prowadzona gospodarka energetyczna zakładała wytworzenie niezbędnej ilości energetycznej bez zwracania uwagi na możliwe negatywne skutki ekologiczne. W procesie energetycznym dominowało wówczas wykorzystywanie zasobów naturalnych, a kwestie finansowe miały kluczowe znaczenie. Obecnie, w myśl idei zrównoważonego rozwoju, polityka energetyczna powinna opierać się na trzech kluczowych aspektach, tj. efektywność energetyczna, wykorzystanie odnawialnych źródeł energii oraz redukcja emisji gazów cieplarnianych [23]. Działania w obszarze poprawy efektywności energetycznej są skupione na zmniejszeniu zużycia energii przez poprawę efektywności wytwarzania, przesyłu i użytkowania energii. Pozytywne aspekty ulepszonej efektywności energetycznej to przede wszystkim obniżenie kosztów energii, ograniczenie zużycia surowców naturalnych, redukcja emisji gazów cieplarnianych i innych zanieczyszczeń powodowanych przez produkcję i użytkowanie energii, a także zwiększenie bezpieczeństwa energetycznego kraju poprzez ograniczenie zależności od importu energii [24]. Kluczowym elementem zrównoważonej polityki energetycznej jest wykorzystanie odnawialnych źródeł energii, nieograniczonych jeśli chodzi o dostępność i jednocześnie minimalizujących korzystanie z paliw kopalnych [22]. Jednak promowanie paliw alternatywnych to nie tylko oszczędzanie paliw tradycyjnych. Warto tutaj wskazać na zrównoważony rozwój obszarów wiejskich, gdzie produkowana jest biomasa, której użytkowanie może wspierać rozwój lokalnej gospodarki, rolnictwa, leśnictwa, a także zwiększać bezpieczeństwo żywnościowe [25]. Rozwój paliw alternatywnych pozwala również na dywersyfikację źródeł energii, co ma istotne znaczenie dla zapewnienia bezpieczeństwa energetycznego kraju i odporności na zmiany na rynku paliw. W świetle zrównoważonego rozwoju godny podkreślenia jest również pozytywny wpływ redukcji gazów cieplarnianych na środowisko. Należy tutaj wskazać nie tylko na poprawę jakości powietrza czy ochronę zasobów wodnych, lecz również na zachowanie różnorodności biologicznej, jak również tworzenie zrównoważonych miast. Do działań, które należy przedsięwziąć w tym zakresie, należy zaliczyć stosowanie nowych technologii oczyszczania spalin oraz modernizację elektrowni węglowych już istniejących. Reasumując, prowadzenie zrównoważonej polityki energetycznej stanowi nie tylko odpowiedź na wyzwania klimatyczne, lecz również dzięki prowadzeniu szeregu zgodnych z tą polityką działań, możliwa jest poprawa jakości życia społeczeństwa, a także wzrost bezpieczeństwa energetycznego kraju.

Obecnie obowiązująca polityka energetyczna Polski, wyznaczająca kierunki rozwoju sektora paliwowo-energetycznego, została przedstawiona w dokumencie pt. „Polityka energetyczna Polski do 2040 r.”, czyli jest to tak zwany PEP2040. Polityka ta została podpisana 2 lutego 2021 roku i zastąpiła dokument poprzednio obowiązujący, tj. „Polityka energetyczna Polski

do 2030 r.". Polityka ta oparta jest na trzech filarach: I filar: sprawiedliwa transformacja, II filar: zeroemisyjny system energetyczny, III filar: dobra jakość powietrza [26]. Sprawiedliwa transformacja zakłada ograniczenie ubóstwa energetycznego, a także, dzięki rozwojowi nowych gałęzi przemysłu związanych z energią odnawialną i jądrową, powstanie nowych miejsc pracy. Rejony, gdzie szczególnie intensywnie eksploatowane są paliwa kopalne, mają otrzymać wsparcie finansowe w kwocie ok. 60 mld złotych. W ramach drugiego filaru przewidziane jest wdrożenie morskiej energetyki wiatrowej, energetyki jądrowej oraz energetyki lokalnej i obywatelskiej w celu utrzymania ciągłości zaopatrzenia w energię elektryczną. Z kolei zapewnienie dobrej jakości powietrza, stanowiącej trzeci filar polityki energetycznej, ma zostać uzyskane w wyniku transformacji sektora ciepłowniczego (zastępowanie paliw kopalnych innymi źródłami ciepła) i elektryfikacji transportu. Ważnym faktorem jest tutaj również promowanie domów pasywnych i zeroemisyjnych, które pozwalają nie tylko na zminimalizowane koszty użytkowania, lecz również dzięki stosowanym w nich innowacyjnym rozwiązaniom możliwa jest poprawa jakości powietrza [27]. Na bazie przedstawionych wyżej filarów polityki energetycznej opracowano osiem celów szczegółowych wraz z działaniami niezbędnymi do ich realizacji [28]. Pierwszy cel szczegółowy to optymalne wykorzystanie własnych zasobów energetycznych. W ramach tego celu wyspecyfikowane zostało, w jaki sposób pokrywane będzie zapotrzebowanie na węgiel kamienny, brunatny, gaz ziemny i ropę naftową oraz surowce odnawialne. Wskazano również, że ograniczanie wpływu branży energetycznej na środowisko może zostać uzyskane dzięki wysokiej efektywności wydobycia danego surowca oraz jego bardziej racjonalnego zagospodarowania. Rozbudowa infrastruktury wytwórczej i sieciowej energii elektrycznej przedstawia cel szczegółowy nr 2. Jest on niezbędny, aby móc zapewnić bezpieczeństwo dostaw energii elektrycznej oraz stworzyć nowy system elektroenergetyczny, oparty na źródłach nisko- i zeroemisyjnych [29]. Zgodnie z zapisami PEP2040, Polska będzie dążyć do pokrycia zapotrzebowania na moc własnymi zasobami, udział węgla kamiennego może spaść nawet do 37,5%, natomiast coraz większą rolę odgrywać będą paliwa alternatywne, w przypadku których należy mieć na uwadze konieczność nie tylko rozwoju infrastruktury sieciowej, lecz również technologii magazynowania energii, a także rozbudowę jednostek gazowych. Kolejnym celem jest dywersyfikacja dostaw gazu ziemnego i ropy naftowej oraz rozbudowa infrastruktury. Niestety krajowe wydobycie gazu ziemnego i ropy naftowej nie pokrywa popytu na te paliwa, wobec czego Polska zmuszona jest do ich zapewnienia z innych źródeł. Głównym niebezpieczeństwem w zakresie dostaw tych surowców do kraju jest skupienie się jedynie na jednym dostawcy, co może generować zakłócenia w bezpieczeństwie energetycznym kraju. Kluczowym zadaniem jest zatem uniezależnienie się Polski od dostaw gazu i ropy z jednego kierunku. Cel szczegółowy nr 4 to rozwój

rynków energii mający wpływ zarówno na konkurencyjność gospodarki i zapewnienie bezpieczeństwa dostaw energii, jak również na realizację wymagań środowiskowych. Promowany w tym przypadku będzie nie tylko rozwój rynku energii elektrycznej czy gazu ziemnego, lecz również wykorzystanie biokomponentów i paliw alternatywnych oraz technologii wodorowych. W ramach celu piątego, tj. wdrożenie energetyki jądrowej, Polska zakłada uruchomienie bloków jądrowych, zapewniających „stabilność wytwarzania energii przy zerowej emisji zanieczyszczeń powietrza” oraz „dywersyfikację struktury wytwarzania energii przy racjonalnym koszcie” [28]. Obecnie w Polsce nie ma elektrowni jądrowych, uruchomienie pierwszego bloku pierwszej polskiej elektrowni jądrowej zaplanowano na rok 2033, a kolejne 5 bloków ma zostać uruchomione w odstępach 2–3 lat. Cel nr 6 zakłada rozwój odnawialnych źródeł energii, co ma prowadzić do ograniczenia wydobycia paliw kopalnych i tym samym obniżenia emisyjności sektora energetycznego, a także do poprawy bezpieczeństwa energetycznego państwa w wyniku uniezależnienia się od importu paliw. W tym zakresie Polska deklaruje, że udział paliw alternatywnych w końcowym zużyciu energii wyniesie co najmniej 23%. W realizacji tego celu ważną rolę odegrają morskie farmy wiatrowe, fotowoltaika, pompy ciepła oraz wzrost znaczenia biomasy, biogazu i geotermii. Rozwijać się będzie także energetyka, rozproszona w oparciu o podmioty indywidualne i społeczności energetyczne. Cel nr 7 polityki energetycznej wskazuje na rozwój ciepłownictwa i kogeneracji. W zakresie tego rozwoju zostanie zwiększony udział paliw alternatywnych w produkcji ciepła, a także wzrośnie wykorzystywanie ciepłownictwa systemowego. Ponadto planowane jest monitorowanie emisji z instalacji indywidualnych oraz ograniczenie wykorzystania paliw stałych w gospodarstwach domowych, jak również budowa ogólnopolskiej mapy ciepła. Poprawa efektywności energetycznej jest ostatnim celem PEP2040. Promowanie termomodernizacji budynków, osiągnięcie zeroemisyjności komunikacji miejskiej, a także zapewnienie efektywnego i ekologicznego dostępu do ciepła to główne narzędzia, dzięki którym Polska do roku 2030 zamierza osiągnąć poprawę efektywności energetycznej na poziomie 23% w stosunku do prognoz zużycia energii pierwotnej w roku 2020 [28].

Podsumowując, zapewnienie bezpieczeństwa energetycznego kraju przy jednoczesnej ochronie zasobów naturalnych i środowiska jest nadrzędnym celem PEP2040. Wobec tego transformacja energetyczna jest nieunikniona i związana w głównej mierze z dekarbonizacją gospodarki. Kluczowe znaczenie ma tutaj błyskawiczny rozwój odnawialnych źródeł energii, które nie tylko pozwalają na ograniczenie zużycia paliw kopalnych, ale również przyczyniają się do ochrony klimatu, m.in. ograniczają emisję substancji szkodliwych. Wymagane jest więc nie tylko wdrożenie nowych gałęzi przemysłu jak np. energetyka jądrowa, wiatrowa czy wodorowa, ale również zastosowanie nowych technologii, które pozwolą na częściowe zastąpienie paliw kopalnych alternatywnymi. Niestety taka zmiana miksu

energetycznego (związanego z odchodzeniem od paliw kopalnych i wprowadzaniem paliw alternatywnych) stosowanego w jednostkach energetycznych generuje często poważne problemy związane z korozją wysokotemperaturową i tworzeniem się osadów popiołowych na powierzchniach wymieniających ciepło, takich jak powierzchnie parownika oraz powierzchnie konwekcyjne. W przypadku kotłów spalających jeden rodzaj paliwa zagrożenia termodynamiczne zostały dostatecznie zbadane i są stosowane odpowiednie rozwiązania technologiczne przez producentów kotłów. Natomiast zaprojektowanie kotła spalającego tzw. miks paliwowy jest dużym wyzwaniem technicznym, a wzajemny wpływ poszczególnych paliw na wspólny proces spalania jest nierozpoznany z uwagi na małą ilość takich kotłów.

Zagospodarowanie odpadów jako element zrównoważonego rozwoju

Za powstawanie śmieci od zarania dziejów odpowiada tylko i wyłącznie człowiek. Każda forma jego działalności jest ściśle związana z powstawaniem odpadów, które determinują procesy produkcyjne i konsumpcyjne. Przyroda sama w sobie nie produkuje śmieci, gdyż wszystko co jest przez nią stworzone, zostaje całkowicie rozłożone i podlega cyklicznym przemianom nazywanym krążeniem materii. Wytwarzane przez człowieka śmieci, których środowisko przetworzyć nie może lub też trwa to niezmiernie długo, stanowią ogromne zagrożenie dla powietrza, wód powierzchniowych i podziemnych oraz dla gleby [30]. Coraz szybszy rozwój cywilizacyjny oraz wzrost konsumpcji prowadzą niestety do zwiększania ilości produkowanych odpadów przemysłowych i komunalnych, a składowanie jest ostatnią i najmniej pożądaną formą ich zagospodarowania. Celem dzisiejszego świata, kiedy ochrona środowiska jest najwyższym priorytetem, jest zatem wdrożenie zróżnicowanej gospodarki odpadami tak, aby skutek bieżącej konsumpcji nie ograniczać przyszłym pokoleniom zaspokajania własnych potrzeb i rozwoju cywilizacyjnego. Zgodnie z postulatami zróżnicowanego rozwoju należy przede wszystkim ograniczać powstawanie śmieci, zmniejszać negatywny wpływ działalności człowieka na klimat i środowisko, racjonalnie wykorzystywać zasoby naturalne, a także dostrzec pozytywne aspekty recyklingu, dzięki któremu można nie tylko ograniczyć ilość odpadów, lecz również z uwagi na powtórne użycie odzyskanych surowców wtórnych, zredukować korzystanie ze źródeł naturalnych [31]. Znaczącą rolę w procesie gospodarowania odpadami odgrywa proponowana przez Unię Europejską strategia 5R: Refuse (odmawiaj), Reduce (unikaj, ogranicz), Reuse (użyj ponownie), Recycle (utylizuj, poddaj recyklingowi), Rot (kompostuj) [32]. Zgodnie z zasadą „refuse” winniśmy nauczyć się mówić „nie”. Taka asertywność konsumencka w pozornie błahych sprawach jak np. używanie jednorazowych reklamówek i opakowań niskiej jakości, serwowanie napojów bez słomki lub kolorowych parasolek czy też nieprzyjmowanie ulotek, reklamowych gadżetów

i broszur ma kolosalne znaczenie w ograniczeniu ilości powstających odpadów [33]. Zasada „reduce” to po prostu „nie kupuj, jeśli tego nie potrzebujesz”, czyli ograniczenie konsumpcji w postaci odmówienia sobie zakupu nowych dóbr, które są zazwyczaj tylko chwilowymi zachciankami i szybko stają się odpadami niebezpiecznymi, zagrażającymi zdrowiu i życiu ludzi oraz środowisku naturalnemu. W myśl zasady „reuse” należy ponownie wykorzystywać posiadane już produkty, czyli dawać im tzw. drugie życie. Jeśli natomiast nie jest to możliwe, to zgodnie z zasadą „recycle” należy się postarać, aby takie przedmioty trafiły do recyklingu. Szczęólnego podkreślenia wymaga tutaj jednak właściwa segregacja śmieci. Ostatnia zasada to „rot”, czyli kompostuj. Odpady zielone, które się w naturalny sposób rozkładają, zamiast trafić na wysypisko, mogą zasilić przydomowy kompostownik, a dzięki temu powrócić do środowiska w przyjaznej dla niego formie [34]. Wdrożenie zasady 5R to olbrzymia korzyść dla środowiska, a dzięki jej zastosowaniu możliwe jest nie tylko ograniczenie zanieczyszczenia naszej planety, ale również zaoszczędzenie surowców naturalnych. Potrzebna jest jednak ogromna „praca u podstaw” – zwiększenie świadomości ludzi i wzbudzenie społecznej odpowiedzialności.

Nie ma jednak możliwości, aby ludzkość całkowicie przestała produkować odpady. Są one bowiem ściśle związane z prowadzoną przez człowieka działalnością handlową, produkcyjną czy usługową i dopóki będą one prowadzone, dopóty śmieci będą wytwarzane. Niestety w Polsce do roku 2004 wiodącą metodą unieszkodliwiania odpadów było ich składowanie na wysypiskach śmieci (ponad 95% wytworzonych odpadów). W ostatnich latach propagowany jest na szeroką skalę recykling. Jest on ważnym elementem gospodarki krajów rozwiniętych, który pozwala na oszczędność energii, surowców i środowiska naturalnego. Ponadto dzięki temu tworzone są nowe miejsca pracy w przedsiębiorstwach odbierających i segregujących odpady, a samych wysypisk śmieci jest mniej. Na podkreślenie tutaj zasługuje również aspekt finansowy dla obywateli, gdyż koszt pozbycia się śmieci posegregowanych jest czasami kilkukrotnie niższy niż rachunek za śmieci w postaci zmieszanej. Obecnie blisko 30% śmieci poddawanych jest recyklingowi, a 40% jest składowanych. Pozostałe odpady, nienadające się do recyklingu lub ich składowania na wysypiskach śmieci, poddawane są spalaniu [35]. Dotyczy to w głównej mierze wysokokalorycznej frakcji resztkowej odpadów komunalnych, która ze względu na swoje właściwości, tj. potencjał energetyczny zbliżony do poziomu wartości opałowej węgla kamiennego, z powodzeniem mogłaby być stosowana jako paliwo alternatywne w elektrociepłowniach i elektrowniach [36].

Alternatywne źródła energii stanowią więc nie tylko idealną odpowiedź na rosnące zapotrzebowanie na energię, ale także poprzez ich wykorzystanie przyczyniają się do zabezpieczenia środowiska naturalnego przed dalszą degradacją. Należy jednak wyraźnie podkreślić, że paliwa takie charakteryzują się niejednorodnym składem oraz

brakiem stabilności parametrów fizyko-chemicznych, co w konsekwencji może powodować zagrożenia techniczne oraz środowiskowe podczas ich energetycznego wykorzystania [37]. Szczególnym problemem eksploatacyjnym jest w tym przypadku wzmożona degradacja konwekcyjnych powierzchni ogrzewalnych. Problemy z korozją i osadami występują głównie na powierzchniach wymieniających ciepło, takich jak parownik i przegrzewacze. Proces utleniania wysokotemperaturowego jest intensyfikowany poprzez łatwo topliwe popioły, które osiadają na elementach kotłów rozgrzanych do temperatury zbliżonej do temperatury ich topnienia, szczególnie intensywnie w obszarze przegrzewaczy kotłowych, a następnie reagują z żelazem [38]. Obecnie problem tempa degradacji korozyjnej elementów kotłów energetycznych, na którego wpływ ma wiele parametrów, nie jest całkowicie rozwiązany i stanowi duże utrudnienie w prawidłowej i efektywnej eksploatacji.

Napawanie jako forma ochrony antykorozyjnej materiałów narażonych na korozję

Obecnie najskuteczniejszym sposobem ograniczania negatywnego oddziaływania spalania w kotłach energetycznych coraz to trudniejszych i agresywnych paliw jest stosowanie dodatkowego zabezpieczenia antykorozyjnego w postaci warstw napawanych [39]. Napawanie jest metodą spawalniczą, polegającą na metalurgicznym pokrywaniu materiału bazowego materiałem dodatkowym, będącym najczęściej stopem metalu. Cały proces odbywa się w wysokiej temperaturze. Głównym kryterium, które determinuje możliwość wykonania takiego zabezpieczania antykorozyjnego, jest gatunek materiału podłoża, natomiast rodzaj zastosowanego materiału ochronnego jest uzależniony od wymagań stawianych przez konstruktorów i operatorów elementów kotłów lub warunków pracy tych elementów. Dzięki zastosowaniu napawania można ulepszać standardowe właściwości materiału bazowego, np. zwiększyć odporność na korozję, na ścieranie, naciski. Na właściwości uzyskanej warstwy napawanej wpływ mają nie tylko rodzaj użytego materiału dodatkowego czy stopień wymieszania materiału podstawowego z materiałem dodatkowym, lecz również wybór metody napawania, do których należy zaliczyć spawanie metodą MIG/MAG, MIG/TIG, PTA, TIG, CMT [40]. Dzięki zastosowaniu napawania metodą CMT możliwe jest łączenie materiałów o skrajnie różnych temperaturach topnienia oraz uzyskanie mniejszego, nawet o 75% w porównaniu do innych metod, wymieszania materiału bazowego z materiałem napawanym, co przekłada się na ograniczenie deformacji napawanego elementu, a w konsekwencji zapewni wydłużoną żywotność instalacji.

Metodyka badań eksperymentalnych oraz wyniki

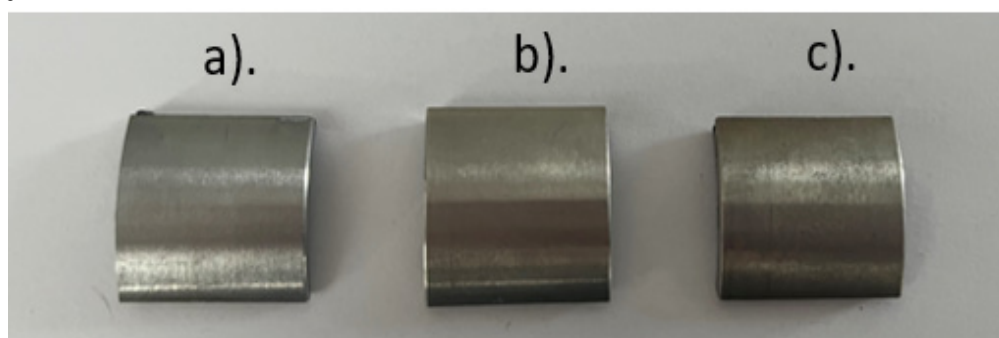
Do badań eksperymentalnych wyspecyfikowano dwa materiały (stal P235 oraz 16Mo3), używane do wykonania powierzchni elementów ciśnieniowych kotłów (wielopaliwowych oraz na paliwa odpadowe czy biomasę), na których mogą występować uszkodzenia korozyjne. Przeprowadzenie badań eksperymentalnych na tych konkretnych materiałach pozwoli na predykcję uszkodzeń powierzchni elementów ciśnieniowych kotłów, co jest istotne nie tylko dla wytwórcy tych elementów, ale również dla operatorów kotłów, gdyż umożliwi takie planowanie ewentualnych działań naprawczych, które nie zakłócą pracy całej jednostki energetycznej. Ponadto wybrano dwa rodzaje warstw ochronnych, którymi pokryte zostaną stale w celu zwiększenia ich odporności na tempo korozji i degradację powierzchni elementów ciśnieniowych kotłów.

Rury wybranych gatunków stali (o średnicy 48,3 mm) pocięte zostały na pierścienie o szerokości ok. 25 mm. Powierzchnię zewnętrzną pierścieni wypolerowano tak, aby nie było widocznych rys czy załamań. Następnie każdy z pierścieni pocięto piłą tarczową z chłodzeniem na kupony pomiarowe o wymiarach ok. 25 x 25 x 2 mm. W kolejnym etapie powierzchnię zewnętrzną kuponów ponownie wypolerowano papierem ściernym o różnej granulacji tak, aby była idealnie płaska i gładka.

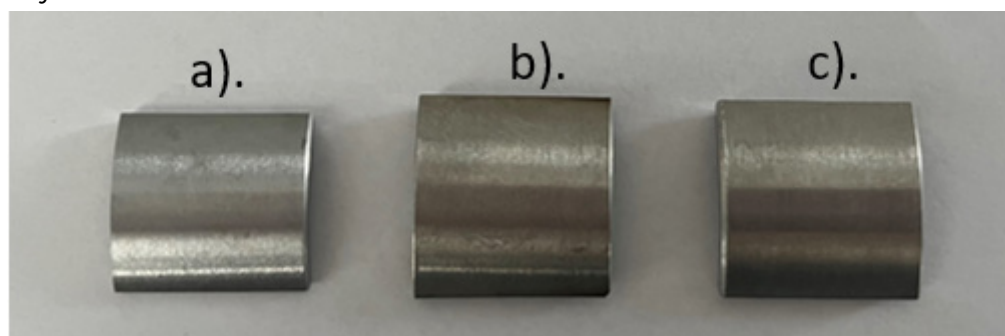
Aby określić zasadność stosowania powłok ochronnych w celu zwiększenia odporności na korozję, rury ze stali P235 oraz 16Mo3 zostały napawane. Jako powłoki ochronne wybrano dwa materiały: Inconel 625 oraz Alloy 310. Inconel 625 należy do rodziny austenitycznych rudstopów na bazie niklu. Z uwagi na dużą odporność na korozję, erozję i utlenianie Inconel 625 sprawdza się w wymagających i ekstremalnych środowiskach, które są narażone na wysokie ciśnienie i temperaturę. Tworzy grubą, stabilną pasywowującą warstwę tlenku, która stanowi skuteczną barierę dla procesów korozyjnych. Ponadto powłoka ta utrzymuje wytrzymałość w szerokim zakresie temperatur, co ma szczególne znaczenie w środowiskach wysokotemperaturowych [41]. Alloy 310 również jest austenityczną stalą nierdzewną, opracowaną do stosowania w środowiskach wysoko korozyjnych. Posiada wysoką zawartość chromu i umiarkowaną zawartość niklu, dzięki czemu może skutecznie zabezpieczać stale przed procesami korozyjnymi [42]. Z przygotowanych rur napawanych warstwami ochronnymi, analogicznie jak w przypadku rur nienapawanych, przygotowano kupony pomiarowe o podobnych wymiarach, tj. 25 x 25 mm, przy czym grubość kuponów wynosiła 3 mm, z czego 2 mm stanowiła warstwa napawana.

Kupony pomiarowe ze stali P235 oraz 16Mo3 bez oraz z warstwami napawanymi zostały zaprezentowane na rys. 1 oraz rys. 2.

Rys. 1. Kupony pomiarowe ze stali P235: a) P235; b) P235 + Inconel 625; c) P235 + Alloy 310



Rys. 2. Kupony pomiarowe ze stali 16Mo3: a) 16Mo3; b) 16Mo3 + Inconel 625; c) 16Mo3 + Alloy 310



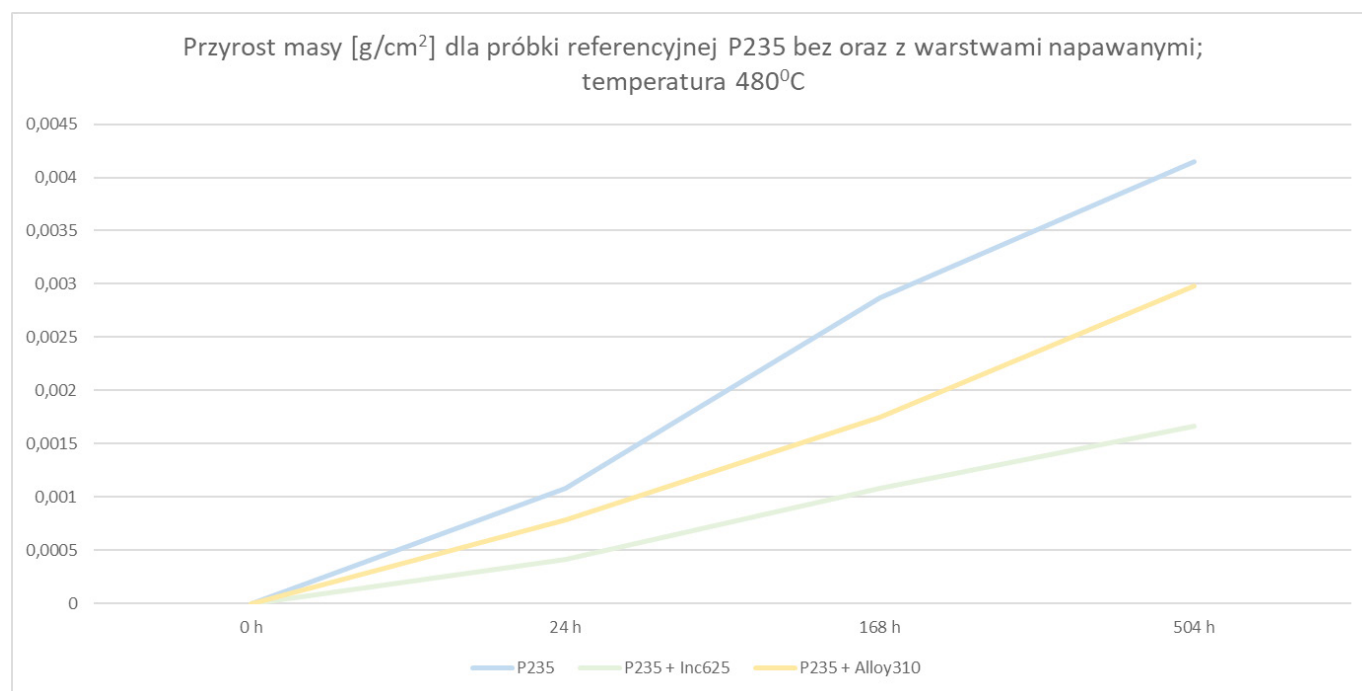
W celu wykonania badań kinematyki korozji w warunkach laboratoryjnych użyto pieca muflowego, wyposażonego w główny regulator temperatury oraz w dwa dodatkowe regulatory służące do kontroli temperatury w trzonie pieca, co pozwoliło na precyzyjną kontrolę temperatury, której poddane zostały kupony pomiarowe. Podczas procesu wypiekania kupony pomiarowe umieszczono w naczyniu wykonanym ze stali żaroodpornej i żarowytrzymałej austenitycznej wysokostopowej z dodatkiem ceru (253 MA®, X9CrNiSiNCe21-11-2), idealnej do pracy w bardzo wysokich temperaturach.

W piecu muflowym kupony pomiarowe zostały poddane badaniom w temperaturach 480°C oraz 580°C. Ma to na celu określenie wpływu temperatury na występowanie i szybkość procesu korozji. Kinetykę korozji można określić na podstawie przyrostu masy badanych kuponów pomiarowych, który wynika z procesu utleniania stali, tzn. tlenki metali są zdecydowanie cięższe niż czyste metale [43]. Pomiary masy były dokonywane dla wybranych długości przebywania w warunkach korozyjnych, tj. po 24 h, 168 h oraz 504 h. Biorąc pod uwagę liczne problemy, które mogą się pojawiać podczas cyklicznego wygrzewania

i chłodzenia kuponów pomiarowych, zdecydowano, że pomiary masy kuponów badawczych po określonych długościach przebywania w piecu muflowym były prowadzone każdorazowo dla nowej próbki.

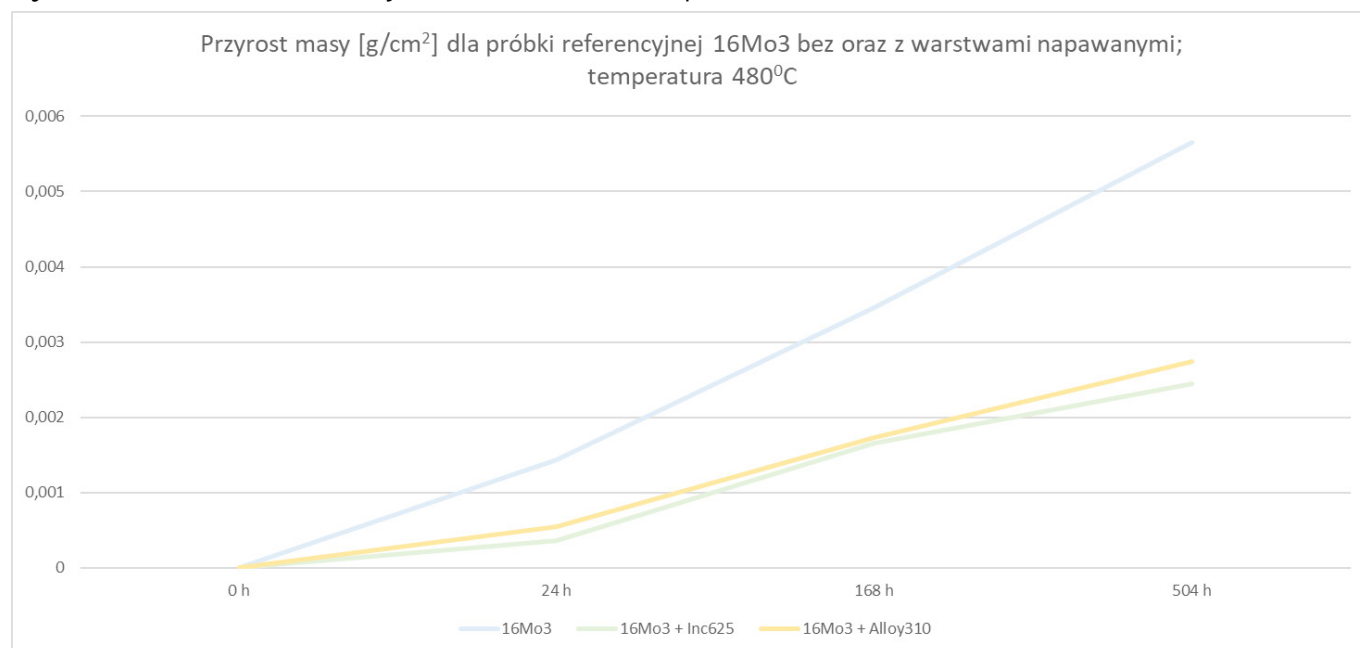
Na rysunkach 3–6 zaprezentowano wyniki badań eksperymentalnych dla kuponów pomiarowych wykonanych ze stali P235 oraz 16Mo3 i wypiekanych w temperaturze 480°C oraz 580°C.

Rys. 3. Badania korozji stali P235 w temperaturze 480°C



Po 3 tygodniach przebywania w piecu muflowym w temperaturze 480°C dla stali P235 zaobserwowano największy przyrost masy (tj. 4,15 mg/cm²) dla kuponu pomiarowego niezabezpieczonego żadną warstwą napawaną. Kupony z warstwami napawanymi wykazały znacznie mniejsze przyrosty masy, tzn. zabezpieczenie stali materiałem Alloy 310 spowodowało zmniejszenie tempa korozji o ok. 70%, natomiast materiałem Inconel 625 o ok. 30%.

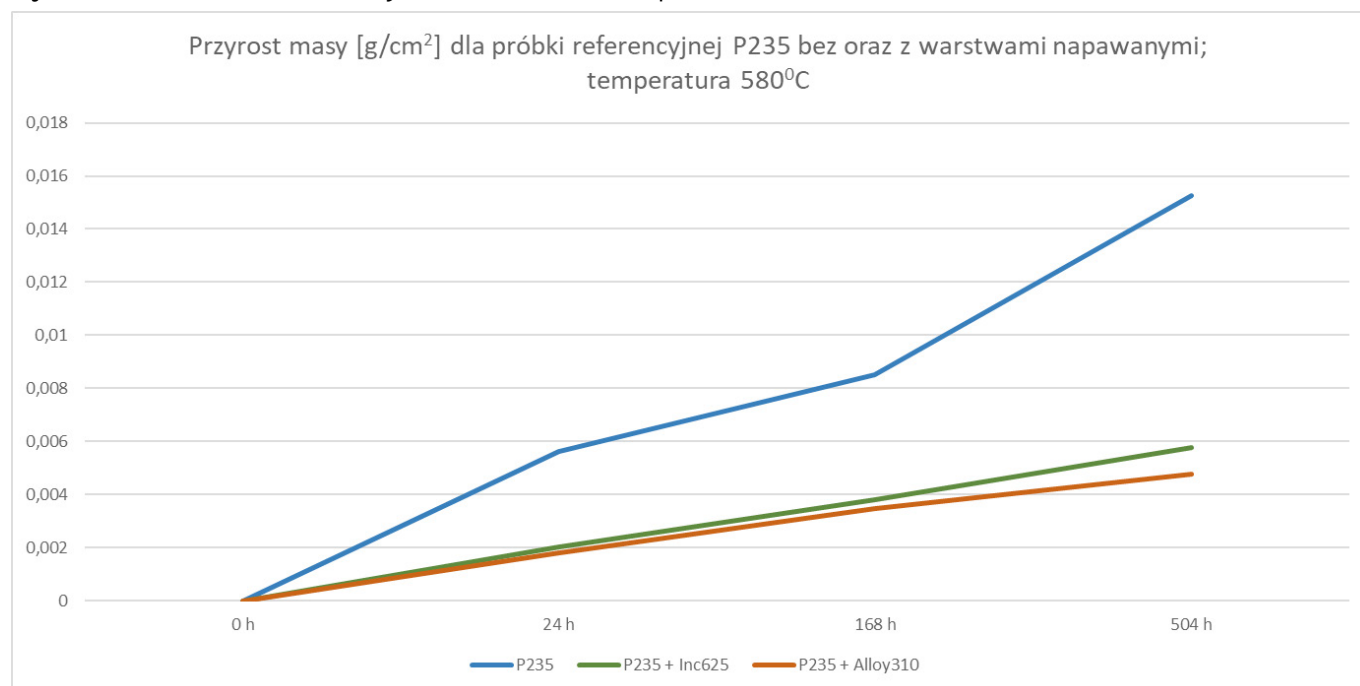
Rys. 4. Badania korozji stali 16Mo3 w temperaturze 480°C



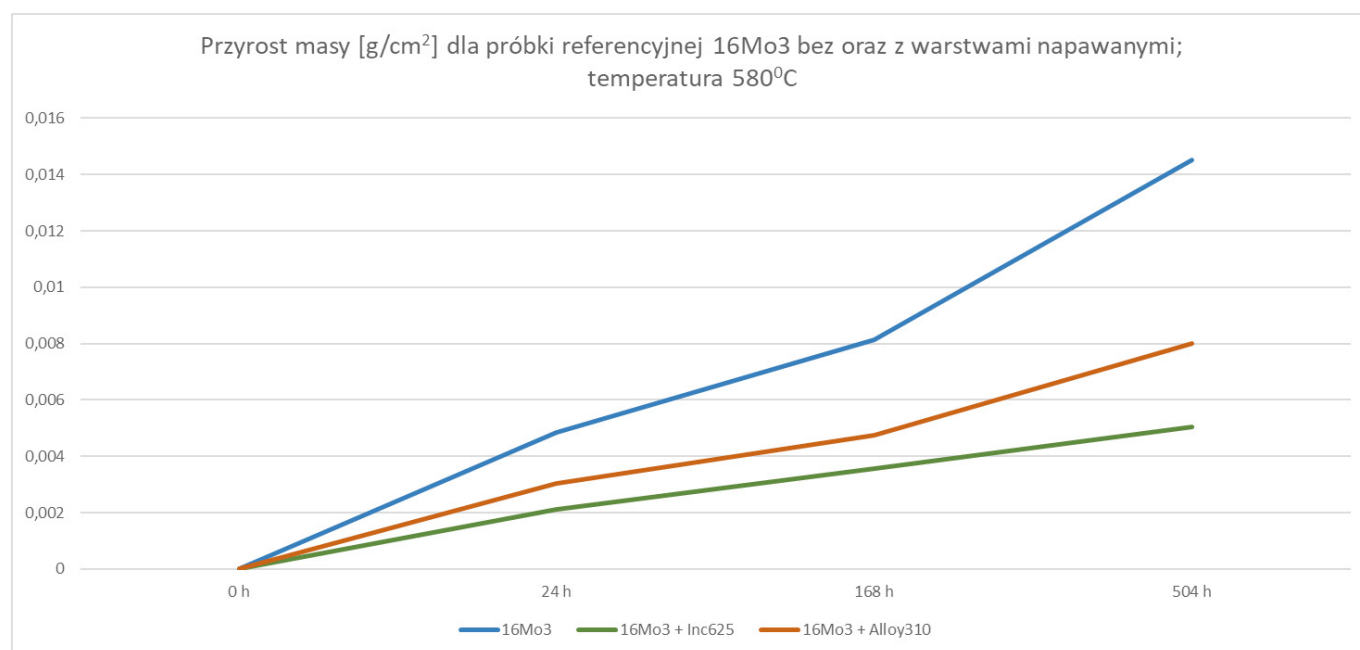
Podobnie dla stali 16Mo3 w temperaturze 480°C największy przyrost masy (tj. 5,65 mg/cm²) zaobserwowano dla kuponu pomiarowego niezabezpieczonego żadną warstwą napawaną. W przypadku kuponów z warstwami napawanymi wykazały one przyrosty masy mniejsze o 50–60% w stosunku do nienapawanego kuponu pomiarowego, przy czym zabezpieczenie materiałem Inconel 625 dało lepsze rezultaty niż zastosowanie materiału Alloy 310.

W temperaturze 580°C dla stali P235 (rys. 5) największy przyrost masy (tj. 15,2 mg/cm²) zaobserwowano dla stali niepokrytej zabezpieczeniem antykorozyjnym. Jest to analogiczne jak w przypadku temperatury 480°C, jednakże patrząc bezpośrednio na wartości przyrostu masy, to są one dla temperatury 580°C nawet trzykrotnie wyższe niż w przypadku, gdy kupony referencyjne poddane zostały temperaturze 480°C. Dla kuponów pomiarowych napawanych warstwami ochronnymi zaobserwowano dość zbliżone przyrosty masy (ok. 60–70% mniejsze niż w przypadku stali niezabezpieczonej), jednakże w tym przypadku materiał Alloy 310 stanowi lepsze zabezpieczenie antykorozyjne, powodujące wolniejszą kinetykę korozji.

Rys. 5. Badania korozji stali P235 w temperaturze 580°C



Rys. 6. Badania korozji stali 16Mo3 w temperaturze 580°C



Dla stali 16Mo3 w temperaturze 580°C największy przyrost masy (tj. 14,5 mg/cm²) tak jak w każdym poprzednim przypadku zaobserwowano dla próbki, która nie została dodatkowo zabezpieczona antykorozyjnie. W przypadku zastosowania warstwy napawanej z materiału Alloy 310 widoczne jest, że przyrost masy jest prawie dwukrotnie mniejszy, natomiast użycie

materiału Inconel 625 spowodowało zmniejszenie przyrostu masy trzykrotnie. Natomiast rozpatrując temperaturę przebywania próbek ze stali 16Mo3 w warunkach korozyjnych, można zauważyć, że wzrost temperatury o 100°C spowodował przyspieszenie kinetyki korozji ponad dwukrotnie (dla temperatury 480°C przyrost masy wyniósł 5,65 mg/cm², natomiast dla temperatury 580°C – 14,5 mg/cm²).

Analizując wyniki przeprowadzonych badań doświadczalnych można z całą pewnością stwierdzić, że stosowanie dodatkowego zabezpieczenia korozyjnego powierzchni elementów ciśnieniowych kotłów w postaci warstw napawanych znacznie zwiększa ich odporność na korozję. W przypadku zastosowanych warstw napawanych z materiału Inconel 625 oraz Alloy 310 należy wskazać, że dla kuponów pomiarowych zabezpieczonych warstwą napawaną Inconel 625 wystąpiły mniejsze przyrosty masy, co potwierdza, że stosowanie tego materiału w celu ograniczenia kinetyki korozji daje najlepsze korzyści.

Podsumowanie

Podsumowując powyższe rozważania, można stwierdzić, że koncepcja zrównoważonego rozwoju jest ideą, która dała początek globalnym rozważaniom na temat związku problemów środowiskowych z rozwojem społeczno-gospodarczym. Międzynarodowe rozważania zaowocowały podpisaniem szeregu porozumień i deklaracji, dotyczących podjęcia działań umożliwiających dalszy rozwój jakości życia przy jednoczesnej maksymalnej dbałości o środowisko przyrodnicze. Do działań zasługujących na szczególne podkreślenie zgodnie z zasadami zrównoważonego rozwoju zaliczyć można ograniczanie wykorzystywania naturalnych źródeł energii i zastępowanie ich nośnikami alternatywnymi, a także ograniczenie poziomu zanieczyszczeń związanych z działalnością człowieka.

Z uwagi na fakt, że gospodarka energetyczna skoncentrowana była w przeszłości na paliwach kopalnych, koniecznym stało się nie tylko propagowanie zastąpienia tych nośników energii paliwami alternatywnymi, ale również podjęcie szeregu niezbędnych działań, mających na celu taką transformację energetyczną, która zapewni bezpieczeństwo energetyczne kraju przy minimalnym negatywnym działaniu sektora energetycznego na środowisko naturalne oraz warunki życia społeczeństwa. Niestety zastosowanie w obiektach energetycznych paliw alternatywnych prowadzi do szeregu problemów eksploatacyjnych, które na ten moment nie zostały jeszcze rozwiązane. Jednym z nich jest korozja wysokotemperaturowa, prowadząca do degradacji powierzchni wymieniających ciepło. W celu jej ograniczenia bądź też spowolnienia producenci elementów ciśnieniowych kotłów energetycznych stosują różnego rodzaju zabezpieczenia m.in. w postaci powłok ochronnych, którymi zostają zabezpieczone elementy kotłów narażone na korozję. Analizując wykonane badania

doświadczalne, można z całą stanowczością stwierdzić, że stosowanie takich powłok daje wymierne korzyści w spowolnieniu kinetyki korozji i wydłużeniu żywotności instalacji energetycznej, a tym samym prowadzi do zmniejszenia zużycia materiałów poprzez ograniczenie częstotliwości wymiany rur, co przyczynia się do oszczędności surowców i energii. W kontekście zrównoważonego rozwoju kluczowe jest wdrażanie takich właśnie rozwiązań, które minimalizują negatywne oddziaływanie na środowisko przyrodnicze przy jednoczesnym oszczędzaniu zasobów naturalnych i poprawie efektywności energetycznej.

Bibliografia

- [1] L. Pawłowski. Rola monitoringu środowiska w realizacji zrównoważonego rozwoju. Środково-pomorskie Towarzystwo Naukowe Ochrony Środowiska, tom 13, 2011, s. 333–346.
- [2] P. Trzepacz. Geneza i istota koncepcji rozwoju zrównoważonego. Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej UJ, 2012, s. 13–35.
- [3] R. Rosicki. Międzynarodowe i europejskie koncepcje zrównoważonego rozwoju, Przegląd Naukowo-Metodyczny, nr 4, 2010, s. 44–56.
- [4] Tekst polski Raportu U Thanta, [w:] Biuletyn Polskiego Komitetu do Spraw UNESCO (Numer specjalny), Warszawa 1969.
- [5] Donella H. Meadows, Dennis L. Meadows, Jorgen Randers, William W. Behrens III. The Limits to Growth. Abstract established by Eduard Pestel. A Report to The Club of Rome. 1972. – streszczenie raportu.
- [6] J. Bagiński, B. Gołota. Wprowadzenie do zrównoważonego rozwoju w przedsiębiorstwach poligraficznych, Centralny Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Przemysłu Poligraficznego, tom 5, 2015, s. 27–40.
- [7] Tekst Deklaracji Sztokholmskiej, [w:] K. Kocot, K. Wolfke. Wybór dokumentów do nauki prawa międzynarodowego, Wrocław–Warszawa 1976, s. 581–588.
- [8] <https://strefazieleni.org/etykiety/deklaracja-sztokholmska> [dostęp: 20.06.2023].
- [9] <https://ptgeo.org.pl/geodesola/zrownowazony-rozwoj> [dostęp: 20.06.2023].
- [10] <https://www.naszaziemia.pl/aktualnosci/30-lat-raportu-nasza-wspolna-przyszlosc.html> [dostęp: 20.06.2023].
- [11] A. Płachciak. Idea zrównoważonego rozwoju jako zasada sprawiedliwości, Etyka w życiu gospodarczym 12/1, 2019, s. 197–204.
- [12] <http://libr.sejm.gov.pl/tek01/txt/inne/1992.html> [dostęp: 20.06.2023].
- [13] https://www.unic.un.org.pl/johannesburg/info_agenda21.php [dostęp: 20.06.2023].
- [14] https://pl.wikipedia.org/wiki/Agenda_21 [dostęp: 20.06.2023].
- [15] <https://odpowiedzialnybiznes.pl/hasla-encyklopedii/agenda-21/> [dostęp: 20.06.2023].

- [16] K. Czech. Szczyt Ziemi Rio +20 – jaka przyszłość zrównoważonego rozwoju? Studia Ekonomiczne / Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach, nr 170 Międzynarodowe stosunki gospodarcze : wybrane czynniki instytucjonalne i procesy realne w warunkach światowej niestabilności, 2013, s. 32–41.
- [17] <https://www.eea.europa.eu/pl/articles/zrownowazone-miasta-2013-przekształcanie-krajobrazow> [dostęp: 20.06.2023].
- [18] <https://www.unic.un.org.pl/rio20/index.php> [dostęp: 20.06.2023].
- [19] <https://www.gov.pl/web/rozwoj-technologie/agenda-2030> [dostęp: 20.06.2023].
- [20] https://www.unic.un.org.pl/files/164/Agenda%202030_pl_2016_ostateczna.pdf [dostęp: 20.06.2023].
- [21] <https://kampania17celow.pl/agenda-2030/> [dostęp: 20.06.2023].
- [22] A. Czech. Uwarunkowania polskiej polityki energetycznej w kontekście postulatu zrównoważonego rozwoju. Studia Ekonomiczne. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach, Nr 269, 2016, s. 50–61.
- [23] K. Prandecki. Teoretyczne podstawy zrównoważonej energetyki. Studia Ekonomiczne / Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach, 2014, s. 238–248.
- [24] <https://luxmat.pl/czym-jest-efektywnosc-energetyczna-i-jak-ja-zoptymalizowac/> [dostęp: 20.06.2023].
- [25] <https://www.forest-monitor.com/pl/uzytkowanie-biomasy/> [dostęp: 20.06.2023].
- [26] Polityka energetyczna Polski do 2040 r. – Magiczny Kraków, www.krakow.pl [dostęp: 20.06.2023].
- [27] <https://www.cire.pl/artykuly/serwis-informacyjny-cire-24/174947-trzy-glowne-filary-projektu-polityki-energetycznej-polski-do-2040-r> [dostęp: 20.06.2023].
- [28] Obwieszczenie Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 2 marca 2021 r. w sprawie polityki energetycznej państwa do 2040 r. Dziennik urzędowy RP, poz. 264, Warszawa 2021.
- [29] <https://www.energetyka.plus/polityka-energetyczna-polski-do-2040-pep2040/> [dostęp: 20.06.2023].
- [30] K. Lysenko. Zrównoważona gospodarka odpadami na przykładzie Rzeszowa, Studia Miejskie, tom 15, 2014, s. 31–41.
- [31] <https://ddbelchatow.pl/rozmaitosci/zrownowazona-gospodarka-odpadami-na-czym-polega/fufjCZsgnYifLzOzGcQ> [dostęp: 20.06.2023].
- [32] <https://ekowymiar.pl/zasada-5-r/> [dostęp: 20.06.2023].
- [33] <https://wieluszki.pl/5r-czyli-zlote-zasady-ograniczania-ilosci-odpadow/> [dostęp: 20.06.2023].
- [34] Zasada 5R: Refuse, Reduce, Reuse, Recycle, Rot | Włącz oszczędzanie. włączoszczedzanie.pl [dostęp: 20.06.2023].
- [35] <https://odpady.katowice.eu/gospodarka-odpadami-czym-jest-i-czemu-sluzy/> [dostęp: 20.06.2023].
- [36] S. Rapior. Energia z odpadów – spalać czy nie spalać. Energia i recykling, 2019, ezodp.pdf (cire.pl).

- [37] A. Skawińska, B. Micek, J. Hrabak. Ocena wartości opałowej oraz zawartości chloru i siarki w wybranych odpadach w aspekcie ich energetycznego wykorzystania, *Ochrona środowiska*, 2017, s. 39–43.
- [38] A. Śliwa, P. Gawron. Uszkodzenia korozyjne węzownic przegrzewaczy pary, *Energetyka*, 2007, tom 6, 7, s. 470–475.
- [39] Napawanie ścian szczelnych w technologii CMT, polskiprzemysl.com.pl [dostęp: 20.06.2024].
- [40] <https://www.plasmasystem.pl/uslugi/technologie-laserowe> [dostęp: 20.06.2023].
- [41] <https://www.plasmasystem.pl/powloki-ochronne/inconel-625> [dostęp: 20.06.2023].
- [42] <https://www.sandmeyersteel.com/310-310S.html> [dostęp: 20.06.2023].
- [43] S. Mrowec, T. Weber. *Korozja gazowa metali*, Wydawnictwo Śląsk, 1974.