

przez podmioty prawne posiadające uzgodnione z dozorem technicznym procedury badawcze.

5.8. W przypadkach uzasadnionych wątpliwości związanych z bezpieczeństwem eksploatacyjnym zabudowanych elementów ze staliwa L21HMF należy je wymienić na nowe.

PIŚMIENNICTWO

- [1] PN-62/H-83157 Staliwo konstrukcyjne do pracy w podwyższonych temperaturach. Gatunki
- [2] Inż. Wiesław Bęczkowski, Rurociągi Energetyczne. Część I – Konstrukcja i obliczenia. Część II – Sprężystość i wytrzymałość układów. WNT Warszawa, 1964

- [3] KER – 69/2.48 Trójniki stalowe – Karta Katalogowa. Katalog Elementów Rurociągów, Tom II, część I podstawowe elementy ciśnieniowe – łuki, zwęzki, trójniki, króćce, dna (zaślepki) itd. BSiPE Energoprojekt Warszawa
- [4] PN-EN 10213-2 Gatunki staliwa do stosowania w temperaturze pokojowej i w temperaturze podwyższonej. Wydawnictwo Normalizacyjne, 1999
- [5] Mc Kellogg Co. Design of piping systems. New York 1957
- [6] Sprawozdanie nr N-06390/BM/98 Praca Badawcza „Skrócone próby pełzania wybranych trzech elementów instalacji energetycznych po długotrwałej eksploatacji” IMŻ – czerwiec 1998 r.
- [7] VGB-R 509L Wytyczne VGB – Badania okresowe instalacji rurociągowych w siłowniach opalanych paliwami kopalnymi – wydanie VGB 1984 rok

ALFRED ŚLIWA
PAWEŁ GAWRON
Pro Novum Sp. z o.o.
Katowice

Miedź w osadach w urządzeniach energetycznych – problem eksploatacyjny i remontowy

Od Redakcji: *Prezentacja zasadniczych tez zamieszczonego artykułu miała miejsce w trakcie X Sympozjum z cyklu DIAGNOSTYKA I REMONTY DŁUGO-EKSPLOATOWANYCH URZĄDZEŃ ENERGETYCZNYCH nt „Wydłużania czasu pracujących urządzeń energetycznych – szanse i ograniczenia” – Ustroń 2008.*

Wstęp

W ostatnich latach coraz szerzej sygnalizowane są problemy z występowaniem znacznych ilości związków miedzi, tak w osadach na powierzchniach wewnętrznych rur ekranowych, jak również w całym układzie wodno-parowym. Stwierdza się obecność miedzi w osadach pobranych z kondensatorów, zbiorników wody zasilającej, walczków, jak również coraz częściej, w przegrzewaczach (szczególnie pierwotnych), zaworach szybkozamykających oraz w układzie przepływowym turbin (głównie na łopatkach i pod bandażami). Na stan taki wpływ ma szereg parametrów i czynników, które przy słabym rozpoznaniu w trakcie badań i braku reakcji ze strony eksploatujących powodują, że miedź i jej związki uwalniają i osadzają się na różnych elementach urządzeń powodując okresowe problemy eksploatacyjne i remontowe.

Analiza uszkodzeń korozyjnych elementów urządzeń energetycznych (przede wszystkim kotłów), prawie zawsze wskazuje na obecność związków miedzi w uszkodzonych obszarach. Z analizy teorii o roli miedzi w przebiegu procesów korozyjnych, wnioskować można, że jej rola w procesach fizykochemicznych zachodzących np. w kotle nie jest jednoznacznie wyjaśniona a opracowywane wytyczne ustalają stężenia związków miedzi w wodach i parach w wartościach $< 3 \mu\text{g}/\text{dm}^3$.

Co prawda, nowoczesne wysokoprężne kotły parowe są zasilane wodą o bardzo wysokiej jakości, jednak w wyniku postępujących procesów erozyjno-korozyjnych w układach zasilania i kondensacji wody te są wzbogacane w śladowe ilości związków miedzi. Szczególnie niekorzystne pod tym względem są stany nieustalone pracy urządzeń w czasie, których ilość miedzi przechodzącej do czynnika obiegowego może sięgać ppm. Postęp procesów korozyjnych, a dalej ilość związków miedzi w czynniku obiegowym można ograniczyć utrzymując właściwe

warunki reżimowe i optymalnie dobrany do warunków pracy kotła sposób korekcji wód i par, jednak pewne ilości miedzi będą wraz z wodą wnoszone do kotła.

Niezwykle istotnym jest, aby ilości te były ograniczane do minimum i w odpowiednim czasie usuwane z kotła przez właściwie dobraną technologię chemicznego czyszczenia. Ograniczenia analityczne nie pozwalają w normalnych warunkach eksploatacji określić dokładnie całkowitej ilości związków miedzi przenoszonych przez czynnik obiegowy. Jedynym skutecznym obecnie sposobem określenia przyrostu ilości związków miedzi w układzie są badania niszczące wycinków kontrolnych powierzchni ogrzewalnych. Niestety obecna praktyka eksploatacyjno-remontowa jest tak prowadzona, że ze względów ekonomicznych coraz rzadziej pobierane są wycinki kontrolne rur w oparciu, o które można by wnioskować o dynamice procesów korozyjno-erozyjnych w odniesieniu do związków miedzi.

Z uwagi na małą rozpuszczalność miedzi usunięcie jej z powierzchni ogrzewalnych nawet procesami chemicznymi jest bardzo trudne. Brak regularności w podejmowaniu tych działań jest często przyczyną „przespania” momentu, w którym proces usuwania osadów zawierających związki miedzi jest technologicznie skuteczny i racjonalny ekonomicznie ze względu na procentową zawartość związków miedzi w tych osadach.

Na podstawie szeregu badań rur ekranowych wyciętych z kotłów po procesach chemicznego czyszczenia stwierdza się również, że nie we wszystkich przypadkach usuwana jest całkowita ilość związków miedzi pomimo prowadzenia procesów tzw. odmiedziowania. Nie wnikając w przebieg procesów fizyko-chemicznych zachodzących w kotle w czasie eksploatacji i podczas chemicznego czyszczenia stwierdzić należy, że osadzające się zanieczyszczenia wody kotłowej (tlenki żelaza, miedzi, sole metali) szczególnie w obszarach najbardziej obciążonych cieplnie oraz w okolicach spoin i zgrzein powodują problemy eksploatacyjne w dłuższej perspektywie skutkujące różnego rodzaju uszkodzeniami korozyjnymi i potrzebą odtawiania urządzeń z eksploatacji. Poza problemami eksploatacyjnymi, osady zawierające znaczący udział związków miedzi powodują określone problemy remontowe.

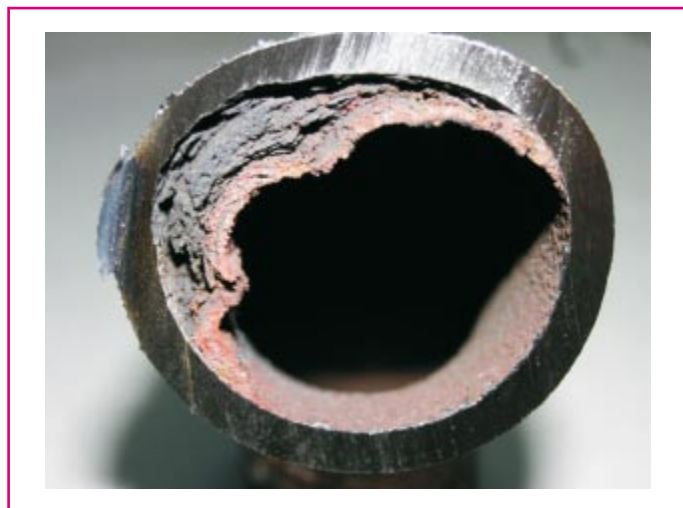
Obecność dużych ilości miedzi na powierzchniach wewnętrznych rur zakłóca, a w niektórych przypadkach uniemożliwia prawidłowe przeprowadzenie procesów technologicznych, tak jak spawanie czy obróbka cieplna, utrudniając tym samym prace remontowe. Występowanie miedzi w osadach jest szczególnie nie wskazane w przypadku prowadzenia prac remontowych. Powoduje to, że z dużą uwagą należy obserwować objawy podwyższenia stężeń miedzi w czynniku obiegowym i jej zawartości w osadach znajdujących się na powierzchniach wewnętrznych rur kotłowych.

1. Problem występowania miedzi w procesach eksploatacyjnych

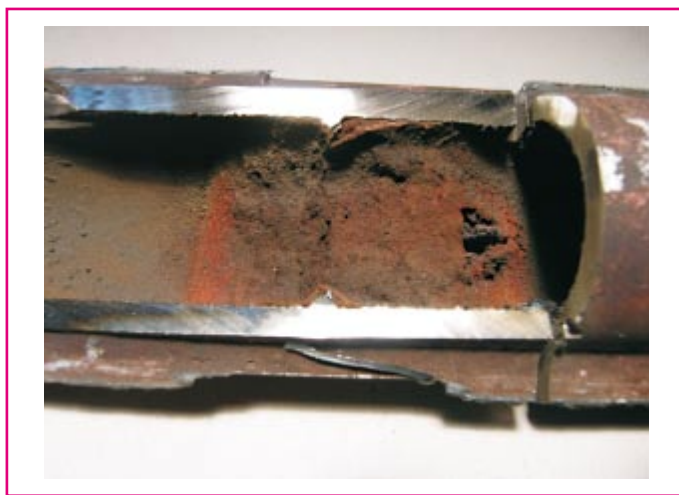
Jednym z głównych źródeł emisji związków miedzi do czynnika obiegowego są skraplacze i wymienniki regeneracyjne, w których postępujące procesy korozyjne skutkują przechodzeniem do wody miedzi w postaci jonowej. Utrzymywanie niewłaściwego reżimu wodno-chemicznego, a zwłaszcza zawyżonych stężeń amoniaku lub stosowanie koregentów aminowych tworzących liczne kompleksy z miedzią powoduje zanieczyszczenie wody zasilającej jonami miedzi. Tworzenie kompleksów, zwłaszcza bardzo trwałych kompleksów chelatowych, oprócz problemu analitycznego ich oznaczenia, powoduje niekontrolowaną emisję związków miedzi, która w warunkach temperatury pracy kotła wydziela się w formie osadów. I tak, jak w przypadku miedzi jonowej możemy kontrolować i ograniczać jej przedostawanie się do kotła, tak w przypadku związków chelatowych kontroli nad ich stężeniem w wodzie nie mamy. Bardzo groźnym jest również zjawisko rozpuszczania się warstwek magnetytowych przez związki chelatowe. Korozji chelatowej ulegają rury parownika, powierzchnia wewnętrzna walczaka łącznie z separacją, cały obieg wody zasilającej oraz podgrzewacze wody. Ponadto miedź może przechodzić do wody zasilającej w formie tlenków miedzi oraz miedzi metalicznej. Jest to wynikiem procesów erozyjnych lub korozyjno-erozyjnych wywołanych oddziaływaniem kropeł na rurki skraplacza lub zbyt dużych prędkości przepływu wody przez rurki wymienników regeneracji niskoprężnej, zwłaszcza przez rurki o najmniejszych promieniach gięcia. Emisja miedzi do kondensatów i wody zasilającej, czy to w wyniku procesów korozyjnych czy erozyjnych jest dużym problemem eksploatacyjnym powoduje problemy z rozszczelnianiem się rurek w kondensatorach i wymiennikach ciepła co pociąga za sobą konieczność odstawień urządzeń energetycznych.

Na rys. 1 i 2 przedstawiono widok powierzchni wewnętrznej rury ekranowej kotła OP-380 z zwykle niespotykaną, ilością osadów z udziałem związków miedzi ponad 13%.

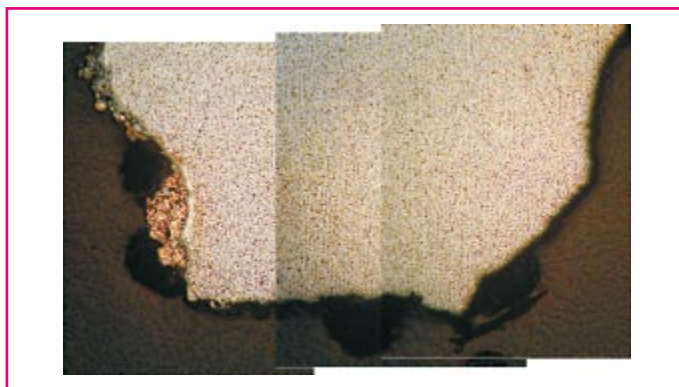
Nie wnikając w teorie dotyczące mechanizmu korozyjnego oddziaływania związków miedzi z materiałem rur kotłowych stwierdza się, bardzo liczne przypadki obecności miedzi (metalicznej) w obszarach porażonych korozyjnie, co wyraźnie wskazuje na jej pośredni lub bezpośredni udział w procesie korozyjnym (rys. 3 i 4).



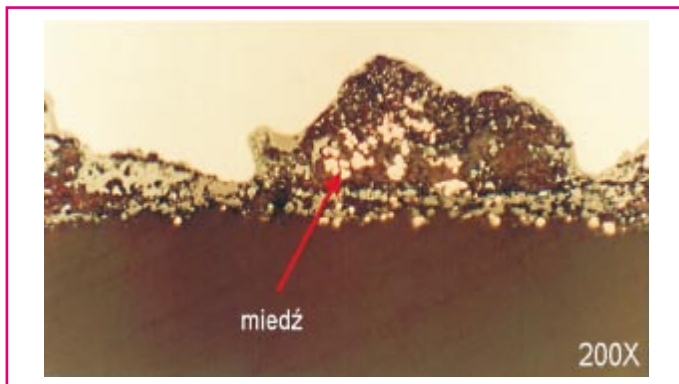
Rys. 1.



Rys. 2.



Rys. 3.



Rys. 4.

Na rys. 5 i 6 przedstawiono uszkodzenia rur wymienników regeneracji niskoprężnej powodowanych procesami erozyjнокorozyjnymi.

Na rys. 7 przedstawiono wygląd powierzchni zewnętrznych rur kondensatora pozbawionych warstewki ochronnej tlenku miedzi jako efekt procesów korozji chelatowej. Brak tlenkowej warstewki ochronnej jest powodem dużej emisji miedzi wraz z wodą zasilającą do kotła.

Obecność osadów z miedzią stwierdza się również na łopatkach turbin części wysokoprężnej co może skutkować nawet kilkuprocentowym spadkiem mocy turbiny.

Na rys. 8 i 9 przedstawiono osady miedzi wytrącone na łopatkach 5 i 6 stopnia części wysokoprężnej turbiny 100 MW. W skład osadów wchodziły również związki stosowane przy korekacji wody kotłowej.

Oprócz kotła i turbiny miedź może występować praktycznie na wszystkich elementach układu wody zasilającej oraz kondensacji. Związki miedzi stwierdzano w kondensatorze, zbiorniku wody zasilającej, na wirniku pompy zasilającej, przegrzewaczach pary, na powierzchniach zaworów szybkozamykających oraz innych elementach armatury.



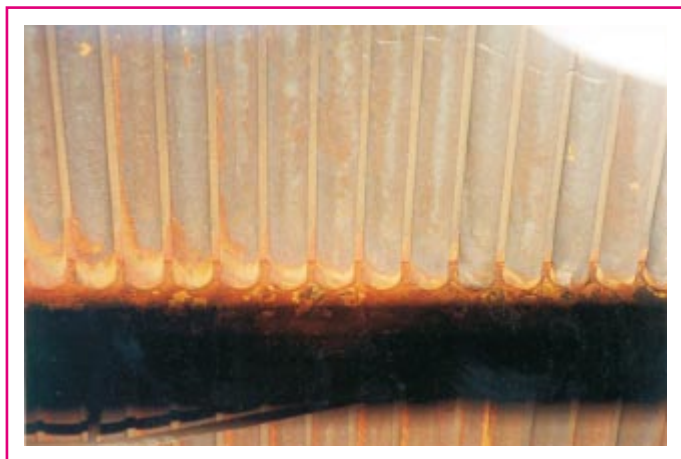
Rys. 5.



Rys. 6.

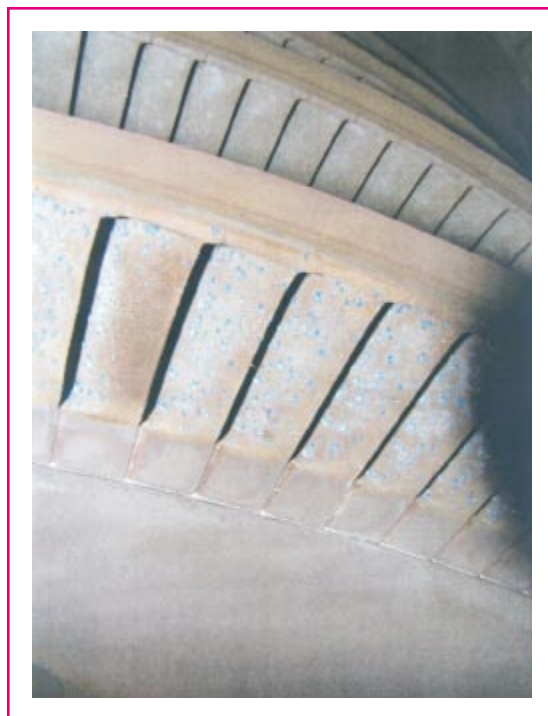
2. Problem występowania miedzi w pracach remontowych

Podstawowym problemem przy pracach remontowych jest skuteczne usunięcie powstałych osadów eksploatacyjnych w tym szczególnie związków miedzi. Stosowane metody chemicznego usuwania miedzi z powierzchni ogrzewalnych nie zawsze dają pozytywne rezultaty. Jak już wspomniano przeprowadzane badania wycinków kontrolnych rur z kotłów po chemicznym oczyszczaniu i odmiedziowaniu wykazują obecność miedzi metalicznej nie usuniętej w trakcie tych procesów. Problem pogłębia się jeżeli udział miedzi w osadach prze-



Rys. 7.

Rys. 8.



kracza 10%. Nie usunięta miedź w procesie chemicznego czyszczenia stanowi porowatą warstewkę tzw. miedzi kontaktowej, która może być przyczyną powstawania wżerów korozyjnych lub wybrzuszeń spowodowanych lokalnym przegrzaniem materiału. Dodatkowym poważnym problemem obecności miedzi na powierzchni wewnętrznej rur kotłowych w czasie prac remontowych są problemy spawalnicze. W trakcie spawania miedź dyfunduje w strukturę metalu zwiększając znacznie twardość spoiny co skutkuje pękaniem powierzchni spawów. Na jednym z kotłów fluidalnych, na którym wystąpiły problemy pęknięcia spawów stwierdzono występowanie znacznych ilości miedzi w osadach na powierzchniach wewnętrznych rur parownika. Udział miedzi w osadach wahał się od 30–60% przy całkowitej ilości osadów wynoszącej 160–260 g/m². Usunięcie osadów z wycinka kontrolnego rury parownika wymagało zastosowania odpowiedniej kąpieli czyszczącej, a pomimo to znaczna część miedzi pozostała wyniesiona w postaci łusek, których widok przedstawiono na rys. 10.



Rys. 9.



Rys. 10.

W wyniku badań stwierdzono, że przyczyną dużej ilości miedzi w osadach były procesy erozyjнокorozyjne wymienników regeneracji niskoprężnej po stronie czynnika grzewczego. Jeżeli uwzględnimy fakt, że bardzo trudno badaniami chemicznymi w czasie pracy bloku stwierdzić obecność miedzi w formie metalicznej, tlenkowej czy chelatowej w wodzie zasilającej to jedynym wskaźnikiem jej obecności w układzie, a szczególnie w kotle są kontrolne badania wycinków rur pobranych z parownika.

GRAŻYNA MIĄDLIKOWSKA

Niebezpieczeństwo rodzi ratunek

Autorzy podejmujący dziś zadanie napisania pracy na temat, na ile współczesny człowiek ma świadomość zagrożenia życia, muszą przygotować się na liczne trudności. Nie dlatego, że temat sam w sobie jest wymagający, ale dlatego, że problematyka świadomości niebezpieczeństw nie ma wystarczającego aparatu pojęciowego dla przyjęcia jednoznacznego stanowiska praktycznego. Z tego względu, w części wstępnej pracy, podejmuję próbę przedstawienia dotychczasowych ujęć tego, czym jest świadomość niebezpieczeństwa w kontekście procesu pracy, co jest koniecznym tłem aksjologicznym, adekwatnym do omawianego problemu.

Kwestie przeciwdziałania zagrożeniom od wieków powracają w bardzo różnych ujęciach i kontekstach. Nie sposób przywołać tu wszystkich, chociażby typowych, poglądów w tych sprawach. Zdaniem P. Rymaszewskiego: „Psychologia i socjologia behawioralna, mikroekonomia i ekonomia behawioralna, czy teoria zarządzania pozwalają na stworzenie prawa optymalizującego ludzkie zachowania w procesie pracy, optymalizujące w kierunku wzrastania świadomości zagrożeń, jakie to miejsce pracy stwarza¹⁾”.

Niemal każdej działalności człowieka towarzyszy świadomość niebezpieczeństwa. Wprawdzie metaforycznie, ale trafnie, oddaje konieczność wiedzy o zagrożeniu myśl niemieckiego poety J.Ch. F.Hölderlina (1770–1843): „Lecz gdzie jest niebezpieczeństwo, rośnie także ratunek²⁾”.

¹⁾ P. Rymaszewski, *W niewoli człowieka grupowego*, „Tygodnik Powszechny”, 2005, nr 24.

3. Podsumowanie

Niezależnie od teorii dotyczącej roli miedzi w procesach niszczenia rur kotłowych i innych elementów układu wodnoparowego bloku, jej obecność w osadach należy ograniczać. Na potrzebę ograniczania ilości miedzi w wodach i parach wskazują również m.in. wytyczne opracowane przez VGB i inne zakłady pomiarowo-badawcze.

Osady miedzi wraz z innymi osadami powodują obniżenie odbioru ciepła z powierzchni ogrzewalnej tym samym wpływają na obniżenie sprawności, jak również jak z doświadczeń eksploatacyjnych i remontowych wynika mają wpływ na niszczenie korozyjne metalu. Osady miedzi na łopatkach turbin wpływają również na obniżenie mocy turbiny. Z uwagi na trudności w oznaczaniu związków miedzi metalicznej, tlenkowej i chelatowej w wodzie zasilającej najprostszym sposobem na określenie jej obecności i tempa przyrostu są badania wycinków rur parownika. Problem skutecznego usuwania miedzi w procesie chemicznego czyszczenia powinien przemawiać za koniecznością ograniczenia jej zawartości w osadach eksploatacyjnych przez utrzymywanie odpowiednich parametrów fizyko-chemicznych wód i par w czasie eksploatacji. Korekcja czynnika obiegowego powinna być prowadzona koregentami, których obecność, w określonym stężeniu, nie powoduje rozpuszczania się miedzi w kondensatach i wodzie zasilającej. Proces chemicznego czyszczenia powinien być wykonywany dla zawartości miedzi w osadach pozwalającej na jej efektywne usunięcie. Brak takich działań będzie powodował wyłączenia bloków energetycznych z eksploatacji, a w czasie prac remontowych trudności w procesach spawalniczych (pękanie złączy spawanych).

Słowa poety uspakajają, nawet koją, bo podpowiadają, że tam, gdzie jest niebezpieczeństwo, człowiek odnajdzie także ratunek. Lęk zaś jest czymś naturalnym i towarzyszy wszelkim zagrożeniom. Słowa te zachowują swoją ważność o tyle, o ile lęk nie jest paraliżujący, tj. taki, który uniemożliwia w ogóle myślenie. W swojej filogenezie człowiek wielokrotnie udowodnił, że będąc w sytuacji zagrożenia, umiejętnie ją pokonał, znajdując rozwiązanie odpowiednie dla swojego rozwoju.

Kwestią najważniejszą w tej materii jest więc to, aby umieć to niebezpieczeństwo zdefiniować, a sposób rozumienia bezpieczeństwa wskaże metodę ratunku. Można przyjąć, że: „podstawę definicji stanowią stosunki wzajemne rzeczy, a każdą rzecz należałoby definiować nie jako coś, czym jest ona sama przez się, lecz jaka ona jest w stosunkach z innymi rzeczami³⁾”.

Odnosząc tę myśl do relacji człowiek–maszyna, możemy zdefiniować niebezpieczeństwo jako zagrożenie spowodowane niewłaściwą eksploatacją urządzeń technicznych. Natomiast desygnatem ratunku będzie pojęcie kontroli technicznej. Jej podstawowym celem ma być zapobieganie tym zagrożeniom, między innymi poprzez kształtowanie odpowiednich postaw osób obsługujących urządzenia techniczne.

Kształtowanie się świadomości przemysłowej wyraża również definicja maszyny, sporządzona w wydawnictwie encyklopedycznym

²⁾ F. Hölderlin, *Poezje wybrane*, [przeł.] M. Jastrun, Warszawa 1964, s. 99.

³⁾ Za: W. Walker: *Przygoda z komunikacją*, Bateson, Perls, Satir, Erickson. *Początki NLP*, Gdańsk 2001.