

Sławomir Badura, Katarzyna Migacz*, Piotr Micek**

BADANIA NAD MOŻLIWOŚCIĄ ZASTOSOWANIA OBROTOWYCH ZĘBÓW NA NOŻACH CZERPAKÓW KOPAREK KOŁOWYCH

1. Wstęp

W koparkach kołowych zęby jako elementy skrawające stosowane są do uzbrojenia noży czerpaków koła czerpakowego jako zespołu urabiającego kopalinę. Próby stosowania różnego rodzaju zębów na nożach czerpaków trwają od chwili wprowadzenia do technologii urabiania nadkładu i węgla brunatnego koparek kołowych. Dla określonych warunków złożowych wprowadza się różnego rodzaju konstrukcje zębów. Analiza badań nowej konstrukcji zęba stożkowego z obrotowym wymiennym elementem skrawającym pozwala przypuszczać że znajdzie zastosowanie do urabiania kopaliny trudno urabialnej a w szczególności do bardzo trudno urabialnej.

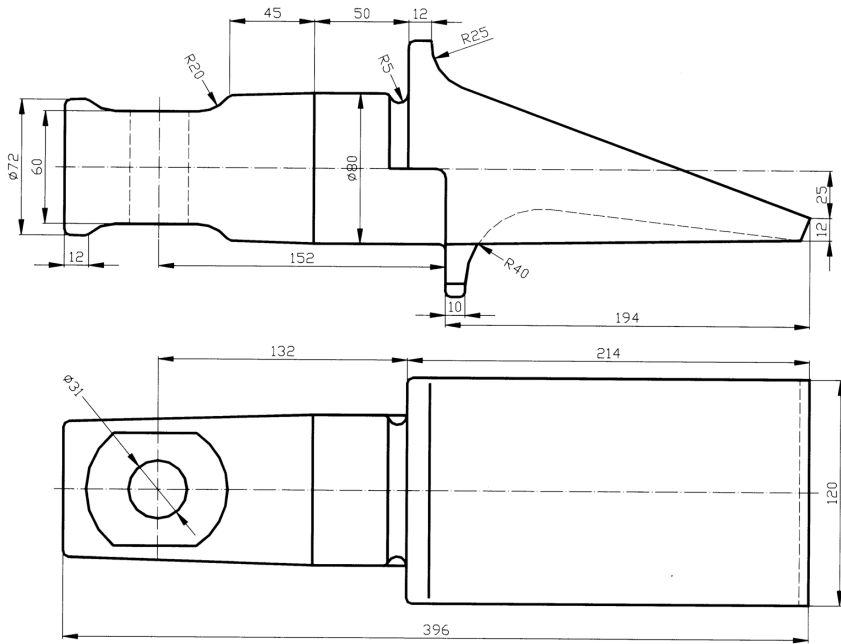
2. Charakterystyka aktualnie stosowanych zębów do zbrojenia noży czerpaków koparek kołowych

Na odkrywkowych kopalniach węgla brunatnego aktualnie stosowane są zęby o kształcie klinowym lub zbliżonym do ostrosłupa.

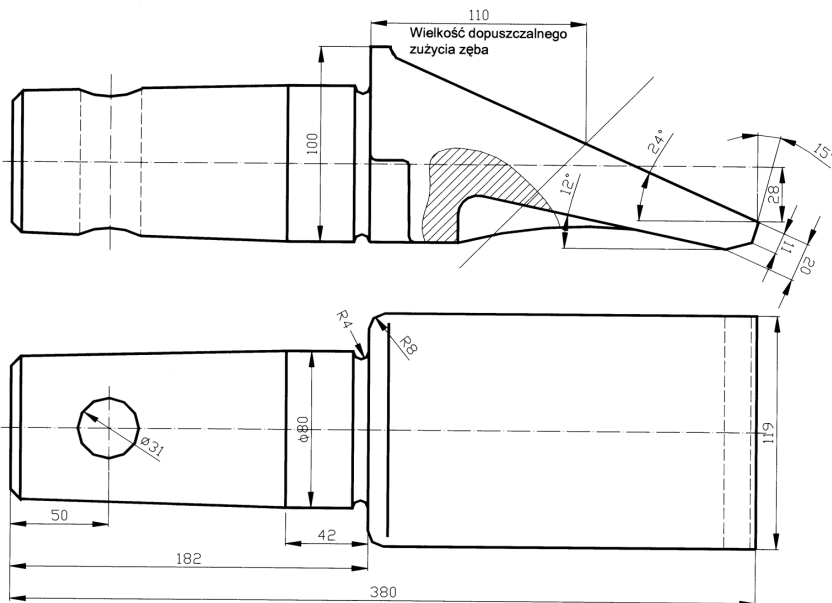
Na rysunkach 1–4 przedstawiono zęby:

- typu Fugo „Konin” [6],
- Legmet produkcji Legnica [9],
- WKL produkcji FMGO-Zgorzelec [11]
- zęby kute o kształcie klinowym [11].

* Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki, Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków



Rys. 1. Zarys poprawionego zęba wymiennego do czerpaków koparek produkcji „Fugo” Konin [6]



Rys. 2. Ząb odlewany produkcji „Legmet” Legnica [9]



Rys. 3. Ząb WKL-3 na nożu czerpaka R.12.OM [11]



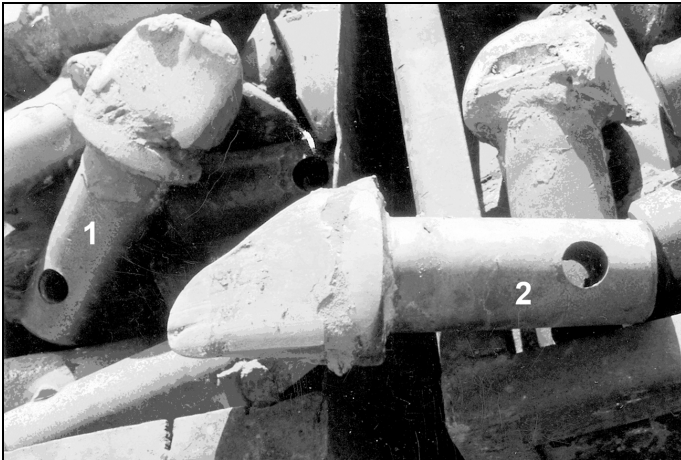
Rys. 4. Zęby kute o kształcie ostrosłupowo-klinowym
wspawane na nożu czerpaka

2.1. Ogólna charakterystyka zębów o kształcie klinowym

Najczęściej stosowanymi zębami skrawającymi do uzbrojenia czerpaków koparek kołowych pracujących w gruntach kategorii średnio i trudno urabialnej szczególnie w kopalniach konińskiego zagłębia odkrywkowych kopalń węgla brunatnego są zęby o kształcie klinowym typu „Legmet” Legnica i „Fugo”.

Jak wynika z badań [6, 9] zęby odlewane „Fugo” Konin mają porównywalną trwałość z zębami typu „Legmet” Legnica która wynosi w zależności od urabianej kopaliny około 32 do 55 godzin lub nawet około 60 godzin. Zęby te są o kształcie klinowym i były wielokrotnie modyfikowane a końcówki zębów napawane różnymi typami spoin [9, 10].

Przeprowadzona analiza numeryczna i wytrzymałościowa tych zębów potwierdziła tezę, że w dotychczas stosowanych zębach klinowych największe naprężenia występują na krawędzi tnącej. Przykładowo na rysunku 5 przedstawiono zużyte zęby typu klinowego. Stępienie zęba będącego wynikiem ścierania w konsekwencji prowadzi do zniszczenia zęba.



Rys. 5. Zużyte zęby typu klinowego

2.2. Ogólna charakterystyka zębów WKL-3

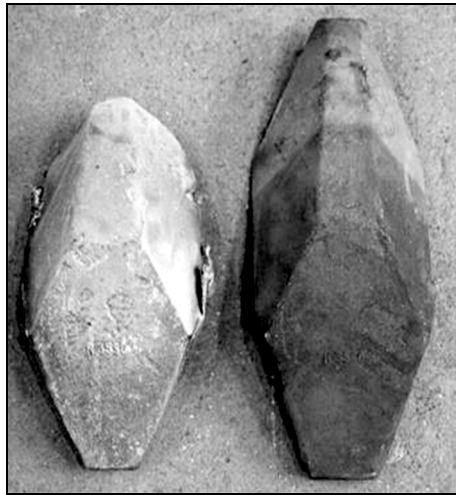
Zęby WKL-3 produkcji „FMGO” Zgorzelec są zębami o kształcie zbliżonym do ostrosłupa i są w całości odlewane ze staliwa. Korpus zęba jest wyprofilowany do zamocowania go na nożu czerpaka w specjalnym uchwycie. Zębami tymi zbrojone są w większości kopalarki pracujące w nadkładzie KWB „Turów”. Konstrukcja tego zęba charakteryzuje się stosunkowo małą krawędzią skrawającą co jest korzystne ze względu na odpajanie gruntu a kształt zbliżony do ostrosłupa zwiększa jego trwałość.

2.3. Ogólna charakterystyka zębów kutyh wspawanych bezpośrednio na noże czerpaków

Zęby te są typem zębów o kształcie „płaskiego” ostrosłupa z wydłużoną krawędzią skrawającą w stosunku do zęba WKL-3 lecz zdecydowanie mniejszą w stosunku do zębów typu „Fugo” i „Legmet”. Stosowane są do zbrojenia noży koparek pracujących w nadkładzie bardzo trudno urabialnym kopalni „Turów”. Kształt ich jest kompilacją zęba kształtu ostrosłupowego „płaskiego” i kształtu klinowego. Kończówki tych zębów są napawane.

W przypadkach nadmiernego zużycia ostrzy noża pomiędzy zębami, gdy zęby nie wykazują nadmiernego zużycia [7], napawany jest nóż pomiędzy zębami. Zęby pracując w bardzo trudnych warunkach złożowych ulegają bardzo szybko zużyciu a noże i czerpaki uszkodzeniu. Zęby tego typu przy pracy w średnio trudnych warunkach złożowych ulegają przede wszystkim ścieraniu.

Na rysunku 6 pokazano ząb nowy i zużyty przez ścieranie [7]. Natomiast na rysunku 7 przedstawiono zarówno nóż jak i ząb napawany [7]. Przykładowe zużycie zębów kutych pokazano na rysunku 8.



Rys. 6. Ząb kuty nowy i zużyty ścieranie [7]



Rys. 7. Napawane zęby kute i nóż pomiędzy zębami [7]



Rys. 8. Zużyte zęby kute i uszkodzony nóż czerpaka

2.4. Ogólna charakterystyka zębów firmy ESCO

Kopalnie Węgla Brunatnego przeprowadziły próby zastosowania zębów firmy ESCO do uzbrojenia noży czerpaków koparek wieloczerpakowych kołowych. Zęby tego typu stosowane są przeważnie do koparek jednoczerpakowych stąd ich geometria ostrza dostosowana jest do innych trajektorii ruchu zęba skrawającego (trajektorie o charakterze ewolwentowym). Zęby firmy ESCO składają się z tzw. adaptera i wymiennego zęba o kształcie klinowym lub zęba będącego kombinacją kształtu zęba klinowego z ostrosłupowym. Zęby firmy ESCO przedstawiono na rysunku 9.



Rys. 9. Zęby firmy ESCO [12]

Zastosowanie tych zębów wymaga zmian konstrukcyjnych noży czerpakowych. Próby ich zastosowania wykazały uszkodzenia noży czerpaków i zbyt duże zużycie ostrzy noży pomiędzy zębami. Pękanie i wyłamywanie noży czerpaków spowodowane jest nadmierną długością zębów co przy bardzo dużym „wytarciu” noży między zębami powoduje niekorzystny układ sił działających na czerpak i w konsekwencji jego uszkodzenie.

Na rysunku 10 przedstawiono zamontowane adaptory i zęby firmy ESCO na nożu czerpaka koparki kołowej a na rysunku 11 przedstawiono przykładowe uszkodzenia noży czerpaka z zębami firmy ESCO.



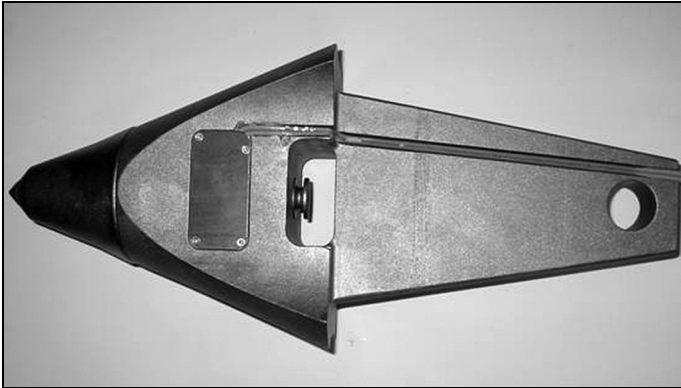
Rys. 10. Ząb firmy ESCO i adaptory zamontowane na nożu czerpaka [12]



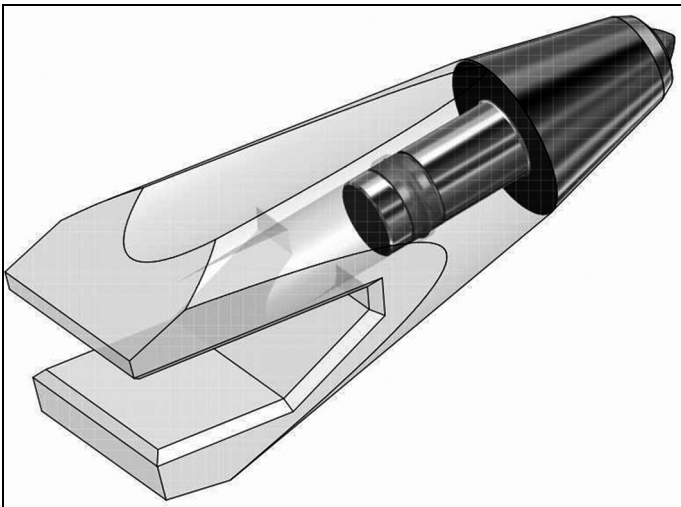
Rys. 11. Uszkodzenie noża z zębami firmy ESCO [12]

2.5. Ogólna charakterystyka nowatorskich typów zębów stożkowych

Zaprojektowane nowe zęby typu stożkowego ACX i CX-25/28 przedstawiono na rysunku 12 i 13.



Rys. 12. Ząb stożkowy typu ACX [11]



Rys. 13. Ząb stożkowy typu CX-25/28 [12]

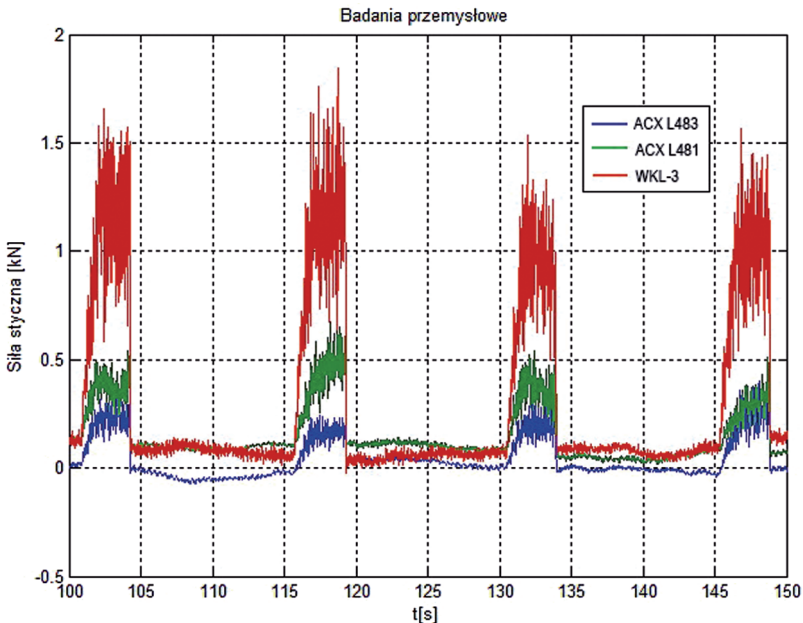
Zęby typu ACX składają się z korpusu wymiennego i końcówki skrawającej również wymiennej. Konstrukcja jest dostosowana do noży z gniazdami w których mocowane mogą być zęby typu WKL-3 i ACX. Zęby CX-25/28 są częścią zespołu skrawającego G-3 który składa się z uchwytu korpusu przystosowanego do wspawania go w określonym miejscu na nożu czerpaka, korpusu który jest odpowiednio wyprofilowany w zależności od umiejscowienia

wienia go na nożu czerpaka oraz obrotowej wymiennej głowicy skrawającej. Zespół G-3 w zależności od miejsca położenia zęba na nożu czerpaka ustawia odpowiednio głowicę urabiającą tak, aby w czasie realizowania skrawania trajektoria ruchu była optymalna. Zęby stożkowe charakteryzują się odmienną dynamiką pracy niż zęby dotychczas stosowane. Siły skrawania występujące przy urabianiu calizny zębami stożkowymi są zdecydowanie mniejsze niż przy zębach dotychczas stosowanych [11]. Również charakter obciążenia czerpaka kopalni jest bardziej korzystny, gdyż siły zewnętrzne powodujące niszczenie struktury skały, pochodzące od ostrza skrawającego powodują spękanie minerału w różnych kierunkach.

3. Wyniki badań nowego typu zębów stożkowych i porównanie ich z aktualnie stosowanymi zębami

Przeprowadzone badania laboratoryjne oraz przemysłowe zębów stożkowych potwierdziły możliwości ich wykorzystania zarówno do urabiania kopaliny trudno urabialnej a przede wszystkim do urabiania utworów bardzo trudno urabialnych [3–5]. Przeprowadzone badania rzeczywistych obciążeń działających na zęby w procesie skrawania potwierdziły zalety zębów typu stożkowego.

Przykładowo na rysunku 14 przedstawiono wykresy obciążeń rzeczywistych sił dla zębów stożkowych i zęba WKL-3 (rys. 4).



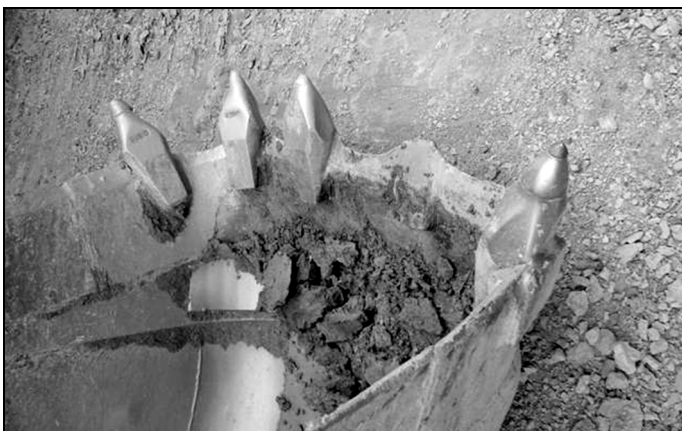
Rys. 14. Wykres siły stycznej skrawania dla zębów stożkowych i WKL-3 [11]

Jak widać nie tylko wartość siły skrawania jest znacznie mniejsza dla zębów stożkowych ale również charakter obciążeń jest bardziej korzystny. Zęby ACX i CX-25/28 również przebadano w aspekcie ich trwałość. Stwierdzono, że w przypadku zębów ACX stosowanych do gruntów trudno urabialnych w stosunku do aktualnie stosowanych zębów typu WKL-3 trwałość jest podobna i oscyluje w granicach około 50 godzin. Natomiast trwałość zębów CX-25/28, na podstawie badań prototypów jest prawie dwukrotnie większa w stosunku do zębów odkuwanych dla pracy w złożu bardzo trudno urabialnym. Przykładowo na rysunku 15 przedstawiono zużycie zębów ACX i WKL-3 po 29 godzinach pracy.



Rys. 15. Zużycie zębów ACX i WKL-3 po 29 godzinach pracy [11]

W przypadku stosowania zęba CX-25/28 do urabiania gruntów bardzo trudno urabialnych trwałość zębów wynosiła 46 godzin 29 minut przy jednorazowej wymianie ostrzy. Na rysunku 16 pokazano zużycie zębów CX-25/28 po 48 godzinach pracy.



Rys. 16. Zużycie zębów CX-25/28 po 48 godzinach pracy [12]

Wyraźnie widać, że korpus zęba jest bardzo mało zużyty, natomiast obrotowa głowica skrawająca może jeszcze pracować. Wycofanie czerpaka z dalszej eksploatacji nastąpiło na skutek wyłamania jednego z korpusu zębów wstawianych do noży czerpaków (pierwsza wersja prototypowa). Ząb CX-25/28 w nowej wersji prototypowej (rys. 13) posiada uchwyt korpusu dostosowany do miejsca montażu zęba na nożu i po wstawieniu go do noża czerpaka trwałość korpusu powinna odpowiadać trwałości noża czerpakowego. Natomiast stożkowa głowica skrawająca jest wymienna w zależności od stopnia zużycia.

4. Wnioski

Analizując opracowania i badania dotyczące zębów dotychczas stosowanych w kopalniach odkrywkowych węgla brunatnego można stwierdzić, że zastosowanie zębów stożkowych może okazać się bardzo korzystne nie tylko z punktu widzenia obciążeń, szczególnie dynamicznych konstrukcji koparki, ale również z punktu widzenia ekonomicznego.

Badania obciążeń napędu koła czerpakowego koparki kołowej przy pełnym uzbrojeniu noży czerpaków zębami typu CX są aktualnie prowadzone i wyniki ich nie były jeszcze poddane analizie w czasie oddawania artykułu do druku.

LITERATURA

- [1] *Alenowicz J.*: Kształtowanie nowej generacji zębów do koparek kołowych wieloczynnościowych eksploatowanych w utworach trudno urabialnych kopalń odkrywkowych. *Górnictwo Odkrywkowe*, Wrocław, 2003
- [2] *Alenowicz J.*: Zastosowanie zębów wymiennych napawanych w koparkach górnictwa odkrywkowego. *Górnictwo Odkrywkowe*, Nr1, str.1–9, Wrocław, 2000
- [3] *Badura S., Bando D., Migacz K., Krakowski M.*: Wytrzymałościowa analiza porównawcza zębów czerpakowych koparek kołowych z uwzględnieniem rzeczywistych warunków przy użyciu metody elementów skończonych. *Nowoczesne metody eksploatacji węgla i skał zwięzłych AGH TUR 2007*, str. 185–192
- [4] *Badura S., Łopata A., Migacz K.*: Badania dynamiczne i statyczne zębów czerpakowych koparek kołowych. „Technical Systems Degradation”. *Polskie Naukowo-Techniczne Towarzystwo Eksploatacyjne Liptawski Mikulas 7–10.04.2010*, str. 66–68
- [5] *Bęben A., Łopata A., Tella K., Tomczyk P.*: Analiza obciążeń napędu koparki kołowej KWK 1500s w zależności od jej wydajności urabiania i zużycia zębów”, *Nowoczesne metody eksploatacji węgla i skał zwięzłych AGH TUR 2007*, str. 155–168
- [6] *Łopata A., Michurski J., Stamblewski B., Kras R.*: Badanie trwałości zębów wykonanych przez 'FUGO' Konin na koparce KWK 1500s. *Sprawozdanie z pracy naukowo badawczej KWB „Konin”*, 2002
- [7] *Materiały wewnętrzne KWB „Turów” S.A.*, „Analiza gospodarki czerpakami KWB Turów”, Turów, 2006
- [8] *Musiał W., Alenowicz J.*: Kinematyka współdziałania zębów czerpaków koparek z calizną w czasie urabiania. *Górnictwo Odkrywkowe*, Nr 4–5, str.94–107, Wrocław, 1999
- [9] *Orzechowski J., Alenowicz J., Urbaniak Z.*: Badanie w warunkach rzeczywistych trwałości zębów doświadczalnych i dostosowanie ich konstrukcji w oparciu o uzyskane wyniki. *Instytut Górnictwa Odkrywkowego „Poltegor-Instytut”*, Wrocław, 1998
- [10] *Orzechowski J., Alenowicz J.*: Badania strukturalne napoin oraz wybór optymalnej technologii napawania. *Instytut Górnictwa Odkrywkowego „Poltegor-Instytut”*, Wrocław, 1998
- [11] *Praca zbiorowa Projekt Badawczy kier. A. Łopata*: „Badania nad możliwością zastosowania nowych konstrukcji zębów czerpaków dla organów urabiających koparek kołowych do urabiania nadkładu i węgla brunatnego”, AGH Kraków, 2010
- [12] *Praca zbiorowa Projekt Badawczo-Rozwojowy kier. A. Łopata*: „Projekt nowej konstrukcji zębów, noży czerpaków dla organów urabiających koparek kołowych do urabiania twardych kopalni w kopalniach węgla brunatnego”, AGH Kraków, 2010