

Zmiany wartości parametrów jakościowych węgla koksowego w procesie przeróbczym (SW część GZW)

Changes of coal quality parameters in the preparation process of coking coal (SW, the part of USCB)



Prof. dr hab. inż. Krystian Probiez*)



Dr inż. Adam Wasilczyk*)

Treść: Przedstawiono charakterystykę zmian wartości wybranych parametrów jakości węgla koksowego w procesie przeróbczym na przykładzie jednej z kopalń SW części Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (GZW). Celem badań było wyjaśnienie zmian wartości wybranych parametrów chemiczno-technologicznych w oparciu o charakterystykę składu petrograficznego. Wykonane analizy mikroskopowe pozwoliły bowiem wskazać, jak zmienia się jakość węgla w trakcie jego wzbogacania w procesie nadawa – węgiel handlowy. Zmiany wartości analizowanych parametrów prześledzono w wytypowanych trzech liniach technologicznych, w wyniku których uzyskuje się jeden produkt finalny, będący węglem handlowym. Linie technologiczne obejmowały wzbogacanie odpowiednio w osadzkach miałowych, cieczach ciężkich i procesie flotacji. Charakterystyki jakości węgla w procesie przeróbczym dokonano na podstawie skonstruowanych wykresów, przedstawiających opis zmian zawartości popiołu (A^d , %), części lotnych (V^{daf} , %), siarki (S^d , %), wskaźnika wolnego wydymania (SI , -), wartości dylatacji (b , %), refleksyjności wityryny (R_r , %) oraz składu petrograficznego (grupy macerałów i mikrolitotypy). Wyniki badań zmienności wartości parametrów jakościowych węgla koksowego w procesie przeróbczym dowiodły, że niektóre parametry wykazały nieznaczne wahania wartości lub wartości stabilne, inne wykazały wyraźną zmienność. W procesie przeróbczym zaobserwowano systematyczny spadek zawartości popiołu, substancji mineralnej, karbominerytu i minerytu, nieznaczny wzrost udziału wityryny, wityrytu, nieregularne zmiany udziału inertynytu, trimacerytu, wityrynertytu. W przypadku pozostałych parametrów jakościowych ogólnie nie stwierdzono wyraźnych zmian ich wartości. W świetle uzyskanych wyników badań wydaje się, że tylko zmiany zawartości popiołu można w przekonujący sposób tłumaczyć wynikami analiz petrograficznych. W przypadku pozostałych parametrów (V^{daf} , S^d , oraz SI i b) trudno jest, w sposób jednoznaczny, tłumaczyć zmiany ich wartości składem petrograficznym.

Abstract: Changes of selected quality parameters in the preparation process of coking coal from SW, the part of Upper Silesian Coal Basin (USCB) were analyzed – from raw coal to commercial coal. Explanations of changes of quality chemical-technological parameters through the analysis of characteristics of the petrographic composition were the purpose of this study. Three technological lines of preparation process with the only one final product – commercial coal – were analyzed. All of the technological lines were analyzed. The results of tests were depicted on graphs. The graphs show changes of values of ash content (A_d , %), volatile matter content (V_{daf} , %), sulphur content (S^d , %), Swelling Index (SI , -), dilatation (b , %), vitrinite reflectance (R_r , %) and petrographic composition (maceral and microlitotype composition). The results of the study on changes of coking coal quality in the preparation process proved that some parameters showed slight fluctuations of values or stable values, different parameters showed clear changeability. A regular decrease of ash contents, mineral matter, carbominerite and minerite, a significant increase of vitrinite content, irregular changes of the contents of inertinite, trimacerite and vitrinertite in individual technological lines was observed. The rest of the parameters show general stability of values. It seems thus, that only the changes of ash content could be convincingly explained with the results of petrographic analyses. In the case of the rest of coal quality parameters (V_{daf} , S^d , SI and b), it is difficult to explain their changes with petrographic composition unambiguously.

Słowa kluczowe:

Jakość węgla, linie technologiczne, proces przeróbczy, skład petrograficzny, GZW.

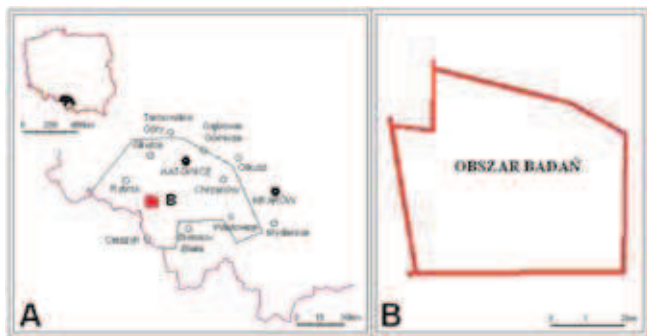
Key words:

quality of coal, technological lines, preparation process, petrographic composition, USCB

*) Politechnika Śląska, Gliwice.

1. Wprowadzenie

Badania wchodzące w zakres niniejszej pracy wykonano dla węgla jednej z kopalń, występującej w południowo-zachodniej części Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (GZW) na terenie miasta Jastrzębie-Zdrój i miejscowości Pawłowice (rys. 1).

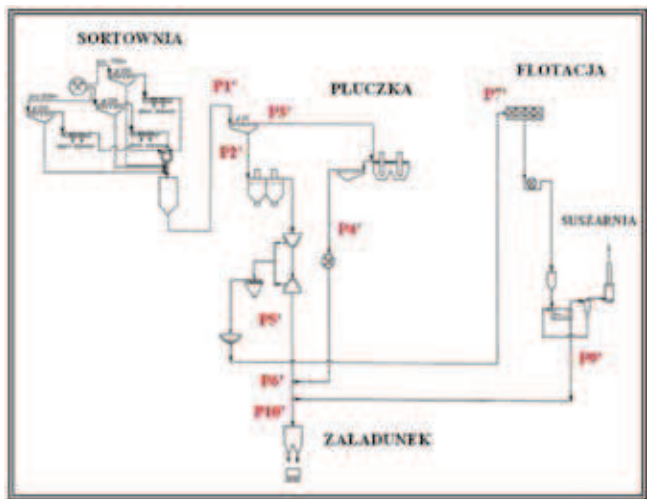


Rys. 1. Lokalizacja obszaru badań na tle GZW
Fig. 1. Location of the research field in the USC B

Obszar badań, często określany jako „rejon Jastrzębia”, zawiera węgle koksowe, stanowiące główną część polskiej bazy zasobowej węgla koksowych [1, 4, 5].

Na przykładzie jednej z kopalń SW części GZW prześledzono, od nadawy na zakład przeróbczy do węgla handlowego, zmiany wartości wybranych parametrów chemiczno-technologicznych, składu maceralnego i mikrolitotypowego węgla, a także dokonano charakterystyki stopnia uwęglenia.

Opróbowanie objęło swoim zasięgiem, w zakładzie przeróbczym, oddziały płuczki i flotacji (rys. 2). Zestawienie próbek węgla pobranych z zakładu przeróbki przedstawia tablica 1.



Rys. 2. Schemat wzbogacania węgla w procesie przeróbczym wraz z punktami opróbowania
Fig. 2. Scheme of coal enrichment in the preparation process with sampling points

Kryterium wyboru miejsc pobrania próbek stanowiły wszystkie, jak się wydaje, newralgiczne punkty (węzły) procesu przeróbczego, w których zaistniała możliwość zmiany wartości parametrów jakościowych węgla (rys. 2).

Zmiany wartości analizowanych parametrów prześledzono w wytypowanych trzech liniach technologicznych, w wyniku których uzyskuje się jeden produkt finalny, będący węglem

Tablica 1. Zestawienie próbek węgla pobranych z zakładu przeróbki

Table 1. Samples of coal from the preparation process

Lp.	Symbol próbki	Wielkość ziarn, mm	Opis próbek
1.	P1'	0–200	Nadawa na zakład przeróbczy
2.	P2'	0–20	Nadawa na osadzarki OM
3.	P3'	20–200	Nadawa na wzbogacalnik DISA
4.	P4'	20–200	Koncentrat po wzbogacalniku DISA
5.	P5'	1–20	Koncentrat węglowy po osadzarkach OM
6.	P6'	1–20	Koncentrat węglowy z połączenia P4' i P5'
7.	P7'	0–1	Nadawa na flotację
8.	P9'	0–1	Flotokoncentrat po procesie suszenia
9.	P10'	0–20	Koncentrat węglowy zbiorczy, WĘGIEL HANDLOWY

handlowym. Linie technologiczne obejmowały wzbogacanie odpowiednio w osadzarkach mialowych, cieczach ciężkich i w procesie flotacji.

Charakterystyki jakości węgla w procesie przeróbczym dokonano na podstawie skonstruowanych wykresów, przedstawiających opis zmian:

- zawartości popiołu, A^d , %,
- zawartości części lotnych, $Vdaf$, %,
- zawartości siarki całkowitej, S_t^d , %,
- wartości wskaźnika wolnego wydymania, SI , -,
- wartości dylatacji, b , %,
- wartości refleksyjności wityrynytu, R_f , %,
- oraz składu petrograficznego (tj. udziału grup macerałów, mikrolitotypów, karbominerytu i minerytu).

Ponadto podjęto próbę wyjaśnienia zmian wybranych parametrów chemiczno-technologicznych w procesie przeróbczym za pomocą wyników badań składu petrograficznego

2. Omówienie wyników badań

Charakterystykę zmian wartości wybranych parametrów jakości węgla koksowego w analizowanym procesie przeróbczym przedstawiono na rysunkach 3, 4 i 5.

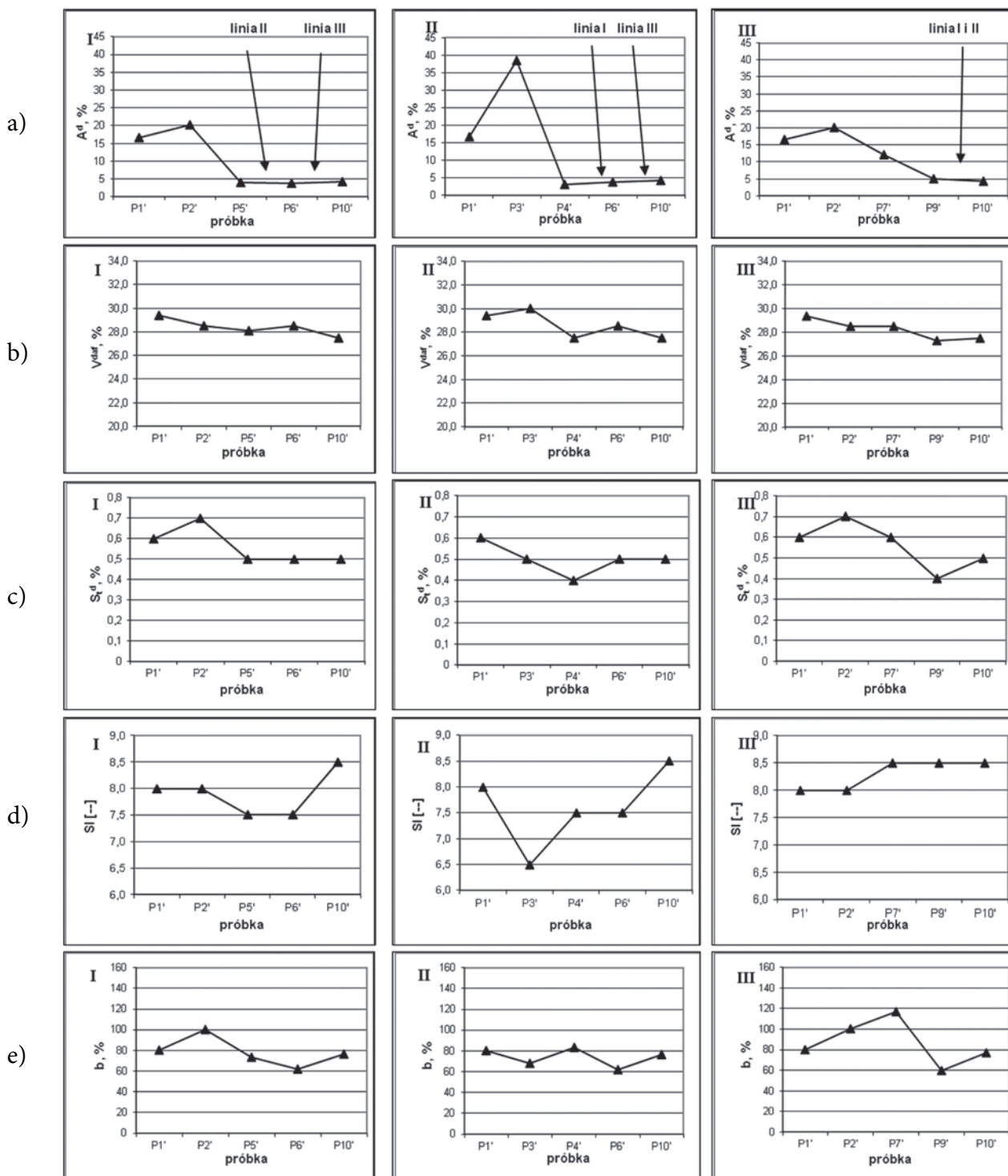
Jak wynika z rysunku 3a, zawartość popiołu A^d w próbkach z I, II i III linii technologicznej zmienia się w zakresie od 3,1 do 38,4 %. Oznaczone zawartości popiołu w poszczególnych liniach technologicznych systematycznie maleją, osiągając wartości minimalne po procesach wzbogacania. Zawartości A^d w procesie wzbogacania węgla w osadzarkach mialowych (I linia technologiczna) maleją od 20,1 (próbka P2') do 3,9% (próbka P5'). W wyniku wzbogacania węgla w cieczy ciężkiej (II linia technologiczna) następuje spadek wartości tego parametru od 38,4 (próbka P3') do 3,1 % (próbka P4'). Wzbogacając węgiel w procesie flotacji (III linia technologiczna), zawartości popiołu maleją od 12,2 (próbka P7') do 5,1% (próbka P9'). Zwraca uwagę wysoka skuteczność procesów wzbogacania, szczególnie w procesie wzbogacania w cieczy ciężkiej i w osadzarkach mialowych.

Zawartości części lotnych V_{daf} w badanych próbkach węgla wahają się w przedziale od 27,3 do 30,0 % (rys. 3b). Nie stwierdzono wyraźnych zmian wartości tego parametru w poszczególnych liniach technologicznych.

Zawartości siarki całkowitej S_t^d oscylują się w zakresie od 0,4 do 0,7 % (rys. 3c). W procesie przerobczym nie zaobserwowano wyraźnych zmian wartości tego parametru.

Nie stwierdzono wyraźnej różnicy pomiędzy zawartością siarki w węglu handlowym (próbka P10') a zawartością siarki w nadawie na zakład przerobczy (próbka P1').

Wartości wskaźnika wolnego wydymania (SI) w próbkach węgla z I, II i III linii technologicznej wahają się w przedziale od 6,5 do 8,5 (rys. 3d). Analiza zakresu zmian wartości wskaźnika wolnego wydymania w poszczególnych liniach



Rys. 3. Zmiany wartości parametrów jakościowych węgla w próbkach z procesu przeróbki;

a – zawartości popiołu (stan suchy), b – zawartość części lotnych (stan suchy bezpopiołowy), c – zawartość siarki całkowitej (stan suchy), d – wskaźnik wolnego wydymania, e – dylatacja. I – pierwsza linia technologiczna, II – druga linia technologiczna, III – trzecia linia technologiczna, \blacktriangleleft – połączenie linii technologicznych

Fig. 3. Changes of quality parameters values of coal in samples from preparation process;

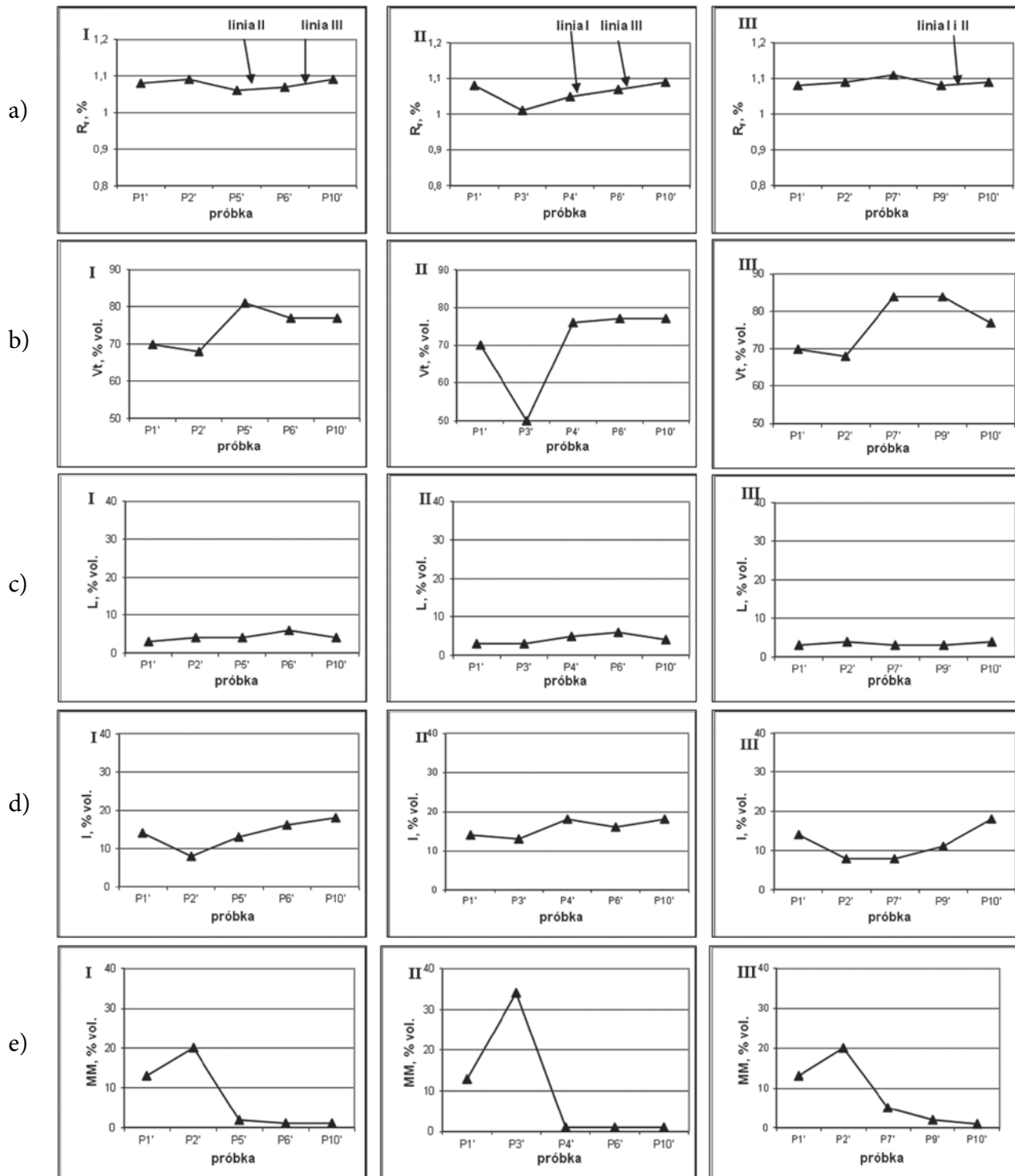
a – ash content (dry state), b – volatile matter (dry ash free state), c – total sulphur content (dry state), d – Swelling Index, E – dilation. I – first technological line, II – second technological line, III – third technological line, \blacktriangleleft – technological lines connecting

technologicznych wykazała względną ich stabilność. Wyjątek może stanowić próbka P3' (nadawa na wzbogacalnik DISA), w której nastąpił wyraźny spadek wartości SI.

Zawartości dylatacji b wahają się w granicach od 62 do 117 % (rys. 3e). W węglu handlowym (próbka P10') wartości tego parametru nie odbiegają wyraźnie od ich wartości w nadawie na zakład przerobczy (próbka P1'). W procesie przerobczym nie stwierdzono wyraźnych zmian zawartości dylatacji.

Wyjątek może stanowić próbka P7' (nadawa na flotację), w której nastąpił wyraźny wzrost zawartości dylatacji.

Wartość refleksyjności wityritu R_r w próbkach z I, II i III linii technologicznych waha się w granicach od 1,01 do 1,11 % (rys. 4a), przy odchyleniu standardowym $S_{R_r}=0,06-0,07$ %. Zdolność odbicia światła wityritu w procesie przerobczym charakteryzuje się stabilnością wartości (w granicach odchylenia standardowego).



Rys. 4. Stopień uwęglenia, udział grup maceralów i substancji mineralnej w próbkach węgla z procesu przeróbki; a – wartość refleksyjności wityritu, b – zawartość wityritu, c – zawartość liptynitów, d – zawartość inertynitów, e – zawartość substancji mineralnej. Oznaczenia jak na rys. 3

Fig. 4. Rank of coal, content of maceral groups and mineral matter of coal in samples from the preparation process: a – vitrinite reflectance value, b – vitrinite content, c – liptinite content, d – inertinite content, e – mineral matter content. Explanations as in fig. 3

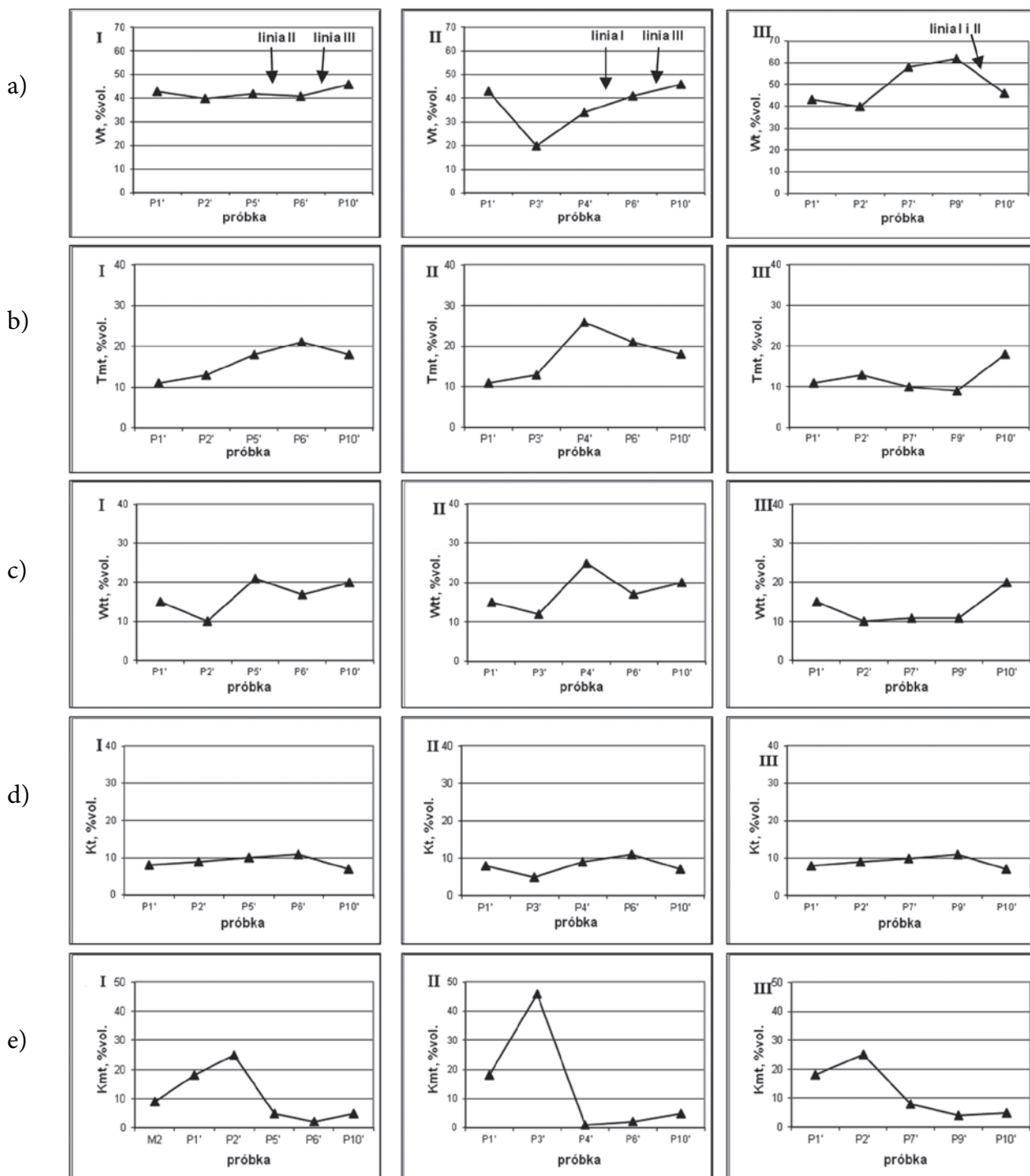
Zawartość macerałów grupy wityritu Vt zmienia się w zakresie od 50 do 84 % vol. (rys. 4b). W procesie przerobczym ogólnie stwierdzono wzrastający udział wityritu, począwszy od nadawy na zakład przerobczy (próbka P1'), aż do węgla handlowego (próbka

P10'). Wyjątek może stanowić próbka P3' (nadawa na wzbogacalnik DISA), w której nastąpił wyraźny spadek udziału wityritu.

W poszczególnych liniach produkcyjnych obserwuje się praktycznie stały udział macerałów grupy liptynitów L (rys. 4c). Udział liptynitów waha się w przedziale 3 do 6 % vol.

Nie stwierdzono różnic pomiędzy udziałem liptynitów w węglu handlowym (próbka P10'), a udziałem w nadawie na zakład przerobczy (próbka P1').

Udział macerałów grupy inertynitów I waha się w zakresie od 8 do 18 % vol. (rys. 4d) i wykazuje zmienny przebieg war-



Rys. 5. Udział mikrolitotypów, karbominerytu i milerytu w próbkach z procesu przeróbki; wykresy przedstawiają jedynie udziały mikrolitotypów o zawartości powyżej 10 %: a – zawartość wityritu, b – zawartość trimacerytu, c – zawartość wityrineritu, d – zawartość klarytu, e – zawartość karbominerytu i minerytu. Oznaczenia jak na rys. 3

Fig. 5. Content of microlithotypes, carbominerites and minerite in samples from the preparation process; the diagrams show only microlithotypes, content of which is above 10 % in one production point at least: a – vitrite content, b – trimacerite content, c – witrinertite content, d – clarite content, e – carbominerite and minerite content. Explanations as in fig. 3

tości w poszczególnych liniach technologicznych. Zawartości inertnytu w węglu handlowym (próbka P10') nie różni się znacznie od zawartości w nadawie na przeróbkę (próbka P1').

Zawartość substancji mineralnej (MM) w próbkach z I, II i III linii technologicznej waha się w zakresie od 1 do 34% vol. (rys. 4e). Uzyskane wyniki badań wykazały, że w procesie przeróbczym bardzo systematycznie obniża się zawartość substancji mineralnej, podobnie jak zawartość popiołu, szczególnie po procesach wzbogacania w cieczy ciężkiej i w osadzarkach mialowych.

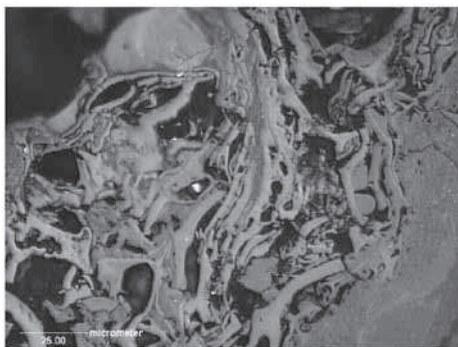
Analiza mikrolitotypów wykazała, że w próbkach z procesu przeróbczego dominuje wityryt, trimaceryt, wityrynertyt i klaryt. Inertyt i duryt występuje w mniejszych ilościach (<5% vol.). Nie stwierdzono udziału liptytu.

Zawartości wityrytu (Wt) zmieniają się w zakresie od 20 do 62% vol. (rys. 5a). Wartości tego parametru w procesie przeróbczym (szczególnie w II i III linii technologicznej) wykazują nieregularne zmiany. Udział wityrytu w węglu handlowym (próbka P10') jest nieznacznie wyższy aniżeli w nadawie na zakład przeróbczy (próbka P1').

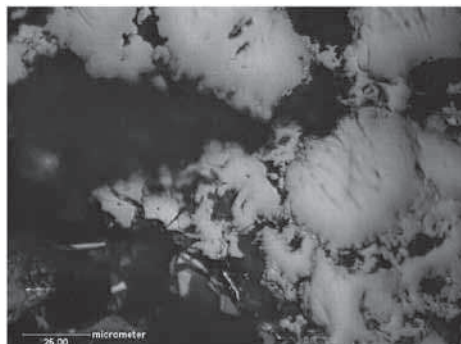
Zawartości trimacerytu (Tmt) wahają się w przedziale od 9 do 26% vol. (rys. 5b). Wartości tego parametru w procesie przeróbczym wykazują nieregularne zmiany. Udział trimacerytu w węglu handlowym (próbka P10') jest nieznacznie wyższy od jego udziału w nadawie na przeróbkę (próbka P1').

Zawartości wityrynertytu (Wtt) wahają się w przedziale od 10 do 25% vol. (rys. 5c). Wartości tego parametru w próbkach poszczególnych linii technologicznych wykazuje ogólnie nieregularne zmiany. Udział wityrynertytu w węglu handlowym (próbka P10') jest nieznacznie wyższy od udziału w nadawie (próbka P1').

Udział klarytu (Kt) w próbkach z I, II i III linii technologicznej wykazuje nieznaczne zmiany (rys. 5d). Wartości tego parametru wahają się w granicach od 5 do 11% vol. Nie stwierdzono wyraźnej różnicy między udziałem klarytu w węglu handlowym (próbka P10') i w nadawie (próbka P1').



Fot.1. Semifuzynit – przestrzenie komórkowe wypełnione FBS
Photo 1. Semifusinite filled by FBS



Fot.3. Makrynit scementowany FBS
Photo 3. Macrinites cemented by FBS

Udział karbominerytu i minerytu (*Kmt*) w badanych próbkach waha się w zakresie od 1 do 46% vol. (rys. 5e). Stwierdzono, że w procesie przeróbczym bardzo systematycznie obniża się zawartość karbominerytu i minerytu, podobnie jak w przypadku zawartości popiołu i substancji mineralnej, szczególnie po procesach wzbogacania w cieczy ciężkiej i w osadzarkach mialowych.

Uzyskane wyniki badań petrograficznych, jak się wydaje, mogą posłużyć do wytłumaczenia zmian wartości parametrów chemiczno-technologicznych węgla.

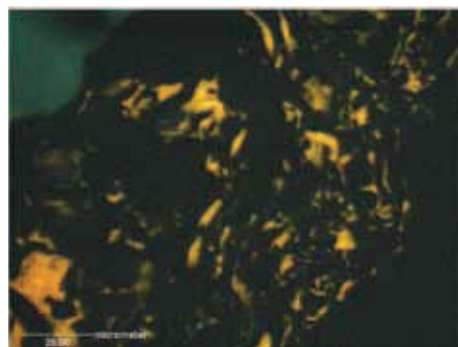
Obserwowany spadek zawartości popiołu (rys. 3a), znajduje odzwierciedlenie zarówno w spadku udziału substancji mineralnej (rys. 4e), jak i w spadku udziału karbominerytu i minerytu (rys. 5e). Wydaje się zatem, że wykazane zmiany zawartości popiołu można w przekonujący sposób tłumaczyć uzyskanymi wynikami analiz petrograficznych.

Zmiany wartości pozostałych parametrów jakościowych węgla, w świetle uzyskanych wyników badań, tylko w nielicznych przypadkach można tłumaczyć składem petrograficznym.

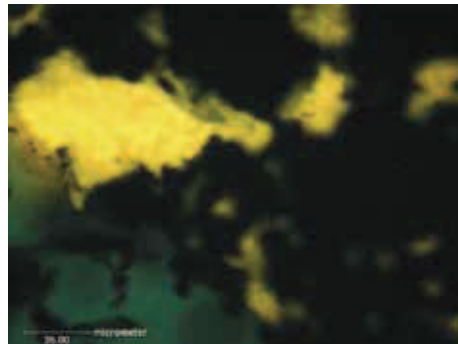
Obserwowany spadek wartości wskaźnika wolnego wydymania (rys. 3dII) oraz dylatacji (rys. 3eII) w nadawie na wzbogacalnik DISA (próbka P3'), w II linii technologicznej, mogą być tłumaczone niskim udziałem wityrynu (rys. 4bII), wityrytu (rys. 5aII) i klarytu (rys. 5dII).

Obserwowany wzrost wartości wskaźnika wolnego wydymania (rys. 3dIII) oraz dylatacji (rys. 3eIII) w nadawie na flotację (próbka P7'), w III linii technologicznej, mogą być tłumaczone wyższym udziałem wityrynu (rys. 4bIII), wityrytu (rys. 5aIII) oraz niższym udziałem inertnytu (rys. 4dIII).

Badania petrograficzne węgla z procesu przeróbczego wykazały, oprócz znaczących różnic ilościowych udziału poszczególnych macerałów, także obecność składników/macerałów, które opisano jedynie jakościowo. Do tych składników należy zaliczyć obecność tzw. fluoryzującej substancji bitumicznej – [FBS] (fot. 1, 2, 3 i 4).



Fot. 2. Obraz we fluorescencji jak na fot. 1
Photo 2. The same field as in Photo 1 under fluorescence



Fot.4. Obraz we fluorescencji jak na fot. 3
Photo 4. Same field as in Photo 1. under fluorescence

Stwierdzona obecność FBS w próbkach węgla z procesu przerobczego może wpływać, jak się wydaje, zarówno na wzrost zawartości V^{daf} , SI oraz b . Wielkość tego wpływu jest jednakże trudna do określenia, bowiem FBS nie jest możliwa do wykazania podczas standardowych oznaczeń składu petrograficznego [2, 3, 6].

3. Wnioski

Wyniki badań zmienności wartości parametrów jakościowych węgla koksowego w procesie przerobczym dowiodły, że niektóre parametry wykazały nieznaczne wahania wartości lub wartości stabilne, inne wykazały wyraźną zmienność. W wyniku poszczególnych procesów wzbogacania węgla zaobserwowano systematyczny spadek zawartości popiołu, substancji mineralnej, karbominerytu i minerytu, nieznaczny wzrost udziału wityrynu, wityrytu, nieregularne zmiany udziału inertynitu, trimacerytu, wityrynerytu. W przypadku pozostałych parametrów jakościowych (V^{daf} , S_t^d , SI , b oraz R_p , L i Kt) ogólnie nie stwierdzono wyraźnych zmian ich wartości.

Stwierdzono, że wyraźny spadek zawartości popiołu, substancji mineralnej, karbominerytu i minerytu następuje głównie jako efekt procesów wzbogacania w cieczy ciężkiej i w osadzkach miałowych.

Analiza wartości parametrów jakościowych węgla w procesie przerobczym wykazała, że różnice jakości między węglem handlowym a nadawą na zakład przeróbki dotyczą głównie zawartości popiołu, substancji mineralnej, wityrynu, wityrytu oraz karbominerytu i minerytu. W przypadku pozostałych parametrów jakościowych węgla nie stwierdzono wyraźnych różnic.

W świetle uzyskanych wyników badań wydaje się, że tylko zmiany zawartości popiołu można w przekonujący sposób tłumaczyć wynikami analiz petrograficznych. W przypadku pozostałych parametrów (V^{daf} , S_t^d oraz SI i b) trudno jest, w sposób jednoznaczny, tłumaczyć zmiany ich wartości składem petrograficznym.

Literatura

1. *Marcisz M.*: Ocena bazy zasobowej węgla koksowego w KWK Zofiówka i KWK Pniówek JSW SA. Gospodarka Surowcami Mineralnymi, tom 26, zeszyt 2, IGSMiE PAN, Kraków 2010, s. 5÷23.
2. *Probiez K.*: Wpływ metamorfizmu termalnego na stopień uwęglenia i skład petrograficzny pokładów węgla w obszarze Jastrzębia (GZW). Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Seria: Górnictwo z. 176, Gliwice 1989.
3. *Probiez K. et al.*: Monitoring jakości węgla kamiennego od złoża poprzez procesy eksploatacji i przeróbki do produktu handlowego. Monografia, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2003.
4. *Probiez K., Marcisz M., Sobolewski A.*: Znaczenie badań geologicznych w rozpoznaniu bazy zasobowej węgla koksowych Górnośląskiego Zagłębia Węglowego dla potrzeb projektu „Inteligentna koksownia spełniająca wymagania najlepszej dostępnej techniki”, Karbo, nr 3, Katowice 2011, s. 123÷135.
5. *Probiez K., Marcisz M., Sobolewski A.*: Od torfu do węgla koksowych monokliny Zofiówki w obszarze Jastrzębia (południowo-zachodnia część Górnośląskiego Zagłębia Węglowego). Monografia, Wydawnictwo Instytutu Chemicznej Przeróbki Węgla, Zabrze 2012.
6. *Wasilczyk A.*: Jakość węgla koksowego w złożu oraz jej zmiany w procesie produkcyjnym KWK Pniówek. Praca doktorska, Archiwum Instytutu Geologii Stosowanej, Politechnika Śląska, Gliwice 2004.